

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS  
Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade



Dissertação

**Resposta de capim pé-de-galinha (*Eleusine* spp.) ao  
herbicida glyphosate**

**André da Rosa Ulguim**

Pelotas, 2012

**ANDRÉ DA ROSA ULGUIM**

**RESPOSTA DE CAPIM PÉ-DE-GALINHA (*Eleusine spp.*) AO HERBICIDA  
GLYPHOSATE**

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

Coorientadores: Dr. Dirceu Agostinetto

Dra. Taísa Dal Magro

Pelotas, 2012

**Banca examinadora:**

---

Eng. Agr. Dr. Dirceu Agostinetto

---

Eng.<sup>a</sup> Agr.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Fabiane Pinto Lamego

---

Eng. Agr. Dr. Nelson Diehl Kruse

---

Eng. Agr. Dr. Leandro Vargas  
(Orientador)

Aos meus pais, Armando e Neida;  
Ao meu irmão Rafael;  
À minha noiva, Natália.

**OFEREÇO E DEDICO**

## **Agradecimentos**

À Deus, pelo dom da vida e por ter-me proporcionado força e coragem durante o transcorrer desta etapa.

Aos meus pais, Armando e Neida por terem me concedido a vida e terem me dado todo carinho, amor, educação e suporte que possibilitaram trilhar este caminho.

Ao meu irmão, Rafael, pelo exemplo de profissionalismo, caráter, dedicação e principalmente pelo amor e amizade.

À minha noiva Natália, pelo amor e carinho incondicionais, por me fornecer inspiração, e por estar sempre presente durante todas as etapas desta pesquisa, com incansável disposição, dedicação e incentivo, não me deixando desanimar, para que eu pudesse concluir esta etapa.

Ao Professor Leandro Vargas, pela orientação, paciência, incentivo, amizade, e por ter-me demonstrado confiança e segurança, que foram essenciais durante a execução do trabalho.

Ao Professor Dirceu Agostinetti, pelos ensinamentos, amizade, confiança, conselhos, disponibilidade, e por não ter medido esforços para ajudar-me na garantia do bom andamento da pesquisa.

À Professora Taísa Dal Magro por ter me confiado o material para a realização da pesquisa e pela disponibilidade e aconselhamento para a melhoria do trabalho.

Às Professoras Raquel Lüdtker e Juliana Fernando pelo auxílio para o cumprimento de etapas importantes da pesquisa.

À Pós-Doutoranda Roberta Manica-Berto pela disponibilidade, paciência, amizade e ensinamentos de estatística.

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

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

Aos colegas e amigos do CEHERB pela amizade, momentos de convívio, incentivo e auxílio na execução das atividades, em especial aos alunos de Pós-Graduação Nixon Westendorff e Marcos Nohatto, e alunos de Graduação Bruno da Silva, Thiago Duarte, Lucas Thürmer e Marcelo Holz.

A todos os que contribuíram para a realização deste trabalho.

## Resumo

ULGUIM, André da Rosa. **Resposta de capim pé-de-galinha (*Eleusine spp.*) ao herbicida glyphosate**. 2012. 71f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

O capim pé-de-galinha (*Eleusine spp.*) é uma planta anual, presente em cultivos agrícolas do Rio Grande do Sul (RS), onde tem-se observado falhas de controle em resposta a aplicação de glyphosate, sugerindo a resistência da espécie a esse herbicida. Diante disso, os objetivos da pesquisa foram identificar a ocorrência da resistência de capim pé-de-galinha ao glyphosate no RS, determinar a  $DL_{50}$  e  $GR_{50}$ , identificar o mecanismo de resistência, avaliar os fatores envolvidos nas falhas de controle observadas, e propor alternativas para o controle químico destes biótipos. Para isso, sementes de plantas oriundas de falhas de controle do glyphosate, suspeitas de resistência, foram coletadas em lavouras de oito municípios produtores de soja no RS, e utilizadas nos experimentos. Os resultados demonstraram que todas as plantas oriundas das sementes coletadas foram controladas pelo glyphosate quando aplicado na dose de 2160 g e.a.  $ha^{-1}$ . O biótipo 12.3, oriundo de Boa Vista do Incra, apresenta resistência de nível baixo ao glyphosate, com fator de resistência (FR) de 1,17, baseado na  $DL_{50}$ , e o mecanismo que confere a resistência não é decorrente de metabolismo do glyphosate pelo complexo cyt-P450 ou absorção do herbicida. Os biótipos com suspeita de resistência apresentam controle inferior quando o glyphosate é aplicado em estádios de crescimento avançados, como um ou dois afilhos, podendo ser a causa das falhas de controle observadas em lavouras. Os herbicidas inibidores da ACCase (clethodim e fluazifop-p-butyl) e o amoníum-glufosinate controlam eficientemente estes biótipos, nos estádios de quatro folhas a um afilho, sendo alternativa para o controle químico desta planta daninha.

Palavras-chave: Controle químico. *Glycine max* (L.) Merrill. Resistência de nível baixo.

## Abstract

ULGUIM, André da Rosa. **Response of goosegrass (*Eleusine spp.*) to the herbicide glyphosate**. 2012. 71f. Master of Science - Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

The goosegrass (*Eleusine spp.*) is an annual plant, found in agricultural crops in Rio Grande do Sul (RS), where has been control failures in response to glyphosate application, suggesting the resistance of the species to this herbicide. The objectives of this research were to identify the occurrence of resistance of goosegrass to glyphosate in RS, determine the LD50 and GR50, identify the mechanism of resistance, evaluate the factors involved in the observed control failures, and propose alternatives to chemical control to these biotypes. Thus, plant seeds of failures herbicide control, suspected of resistance, were collected in eight cities soybean producers in RS, and used in the experiments. The results showed that all the plants from seeds collected has been controlled by glyphosate when applied at a rate of 2160 g a.e. ha<sup>-1</sup>. The biotype 12.3, from Boa Vista do Incra, show a low level resistance to glyphosate, with resistance factor (RF) of 1.17, according to LD50, and the mechanism that confers resistance is not due to the metabolism of glyphosate by cyt-P450 complex, or herbicide absorption. The suspected resistant biotypes have lower control when glyphosate is sprayed in advanced stages of growth, as one or two tillers, that may be the cause of control failures observed in crop area. The ACCase inhibiting herbicides (clethodim and fluazifop-p-butyl) and amonium-glufosinate efficiently control these biotypes, at four leaves to a one tiller stage, being an alternative to chemical control of this weed.

Key words: Chemical control. *Glycine max* (L.) Merrill. Low level resistance.

## Lista de Figuras

Figura 1	Localização geográfica dos municípios onde foram coletadas as sementes dos biótipos de <i>Eleusine</i> spp. com suspeita de resistência ao herbicida glyphosate no estado do Rio Grande do Sul. Fonte: GEOLIVRE – Mapas temáticos RS, 2011.....	22
Figura 2	Tempo de cultivo contínuo de soja Roundup Ready® em lavouras com suspeita de ocorrência de <i>Eleusine</i> spp. resistente ao herbicida glyphosate no Estado do Rio Grande do Sul. Capão do Leão, 2011.....	28
Figura 3	Métodos de manejo da área na entre safra da cultura da soja Roundup Ready® e porcentagem de agricultores que realizam rotação de culturas em lavouras com suspeita de ocorrência de <i>Eleusine</i> spp. resistente ao herbicida glyphosate no Estado do Rio Grande do Sul. Capão do Leão, 2011.....	28
Figura 4	Número e época de aplicações de glyphosate em lavoura de soja Roundup Ready® com suspeita de ocorrência de <i>Eleusine</i> spp. resistente ao herbicida glyphosate no Estado do Rio Grande do Sul. Capão do Leão, 2011.....	31
Figura 5	Dose (g e.a. ha <sup>-1</sup> ) de glyphosate utilizada em lavouras de soja Roundup Ready®, na dessecação (a) e pós-emergência (b), com ocorrência de <i>Eleusine</i> spp. com suspeita de resistência a este herbicida, no Estado do Rio Grande do Sul. Capão do Leão, 2011.....	31
Figura 6	Controle (%) de biótipos de <i>Eleusine indica</i> com suspeita de resistência ao glyphosate, 12.1 (●) e 12.3 (○), e suscetível (▲), aos dez dias após a aplicação de diferentes doses do herbicida (0, 135, 270, 540, 1080, 1620 e 2160 g e.a. ha <sup>-1</sup> ). Capão do Leão, 2011.....	40

Figura 7	Controle (%) de biótipos de <i>Eleusine indica</i> com suspeita de resistência ao glyphosate, 12.1 (●) e 12.3 (○), e suscetível (▲), aos vinte dias após a aplicação de diferentes doses do herbicida (0, 135, 270, 540, 1080, 1620 e 2160 g e.a. ha <sup>-1</sup> ). Capão do Leão, 2011.....	40
Figura 8	Controle (%) de biótipos de <i>Eleusine indica</i> com suspeita de resistência ao glyphosate, 12.1 (●) e 12.3 (○), e suscetível (▲), aos trinta dias após a aplicação de diferentes doses do herbicida (0, 135, 270, 540, 1080, 1620 e 2160 g e.a. ha <sup>-1</sup> ). Capão do Leão, 2011.....	41
Figura 9	Massa seca da parte aérea (%) de biótipos de <i>Eleusine indica</i> com suspeita de resistência ao glyphosate, 12.1 (●) e 12.3 (○), e suscetível (▲) aos trinta dias após a aplicação de diferentes doses do herbicida (0, 135, 270, 540, 1080, 1620 e 2160 g e.a. ha <sup>-1</sup> ). Capão do Leão, 2011.....	44
Figura 10	Cortes transversais do limbo foliar de capim pé-de-galinha ( <i>Eleusine indica</i> ), evidenciando a nervura central e a região compreendida entre a nervura central e a margem do limbo dos biótipos 12.1 (A e B, respectivamente), 12.3 (C e D, respectivamente) e suscetível (E e F, respectivamente). Capão do Leão, 2011.....	58

## Lista de Tabelas

Tabela 1	Controle, aos 28 dias após a aplicação de glyphosate, na dose de 2160 g e.a. ha <sup>-1</sup> , e determinação da espécie de biótipos de capim pé-de-galinha ( <i>Eleusine</i> spp.) com suspeita de resistência, coletados em lavouras de soja Roundup Ready <sup>®</sup> no Estado do Rio Grande do Sul. Capão do Leão, 2011.....	26
Tabela 2	Dose necessária para controlar 50% da população (DL <sub>50</sub> ) e fator de resistência (FR) de biótipos de <i>Eleusine indica</i> com suspeita de resistência ao glyphosate, 12.1 e 12.3, e suscetível, em resposta à aplicação de diferentes doses do herbicida (0, 135, 270, 540, 1080, 1620 e 2160 g e.a. ha <sup>-1</sup> ). Capão do Leão, 2011.....	42
Tabela 3	Dose necessária para reduzir 50% a produção de massa seca da parte aérea (GR <sub>50</sub> ) e fator de resistência (FR) de biótipos de <i>Eleusine indica</i> com suspeita de resistência ao glyphosate, 12.1 e 12.3, e suscetível, em resposta à aplicação de diferentes doses do herbicida (0, 135, 270, 540, 1080, 1620 e 2160 g e.a. ha <sup>-1</sup> ). Capão do Leão, 2011.....	45
Tabela 4	Controle (%) e massa seca da parte aérea planta <sup>-1</sup> (g) de biótipos de <i>Eleusine indica</i> com suspeita de resistência ao glyphosate, 12.1 e 12.3, e suscetível, em resposta à aplicação do herbicida na dose de 1080 g e.a. ha <sup>-1</sup> em diferentes estádios de crescimento. Capão do Leão, 2011.....	46
Tabela 5	Controle (%), aos 9, 18 e 27 dias após a aplicação do tratamento, de biótipos de <i>Eleusine indica</i> com suspeita de resistência ao glyphosate, 12.1 e 12.3, e suscetível, em resposta à aplicação de diferentes herbicidas. Capão do Leão, 2011.....	47
Tabela 6	Controle (%) de biótipos de capim pé-de-galinha ( <i>Eleusine indica</i> ) após aplicação de glyphosate (1080 g e.a. ha <sup>-1</sup> ), antecedido em trinta minutos de aplicação do inibidor de Cyt-P450 monooxigenase malathion (1000 g i.a. ha <sup>-1</sup> ), aos dez dias após a aplicação dos tratamentos. Capão do Leão, 2011.....	56

## Sumário

1 Introdução.....	13
2 Capítulo I - Identificação e caracterização de <i>Eleusine</i> spp. com suspeita de resistência ao herbicida glyphosate e avaliação do manejo de lavouras de soja do Rio Grande do Sul.....	19
2.1 Introdução.....	19
2.2 Material e Métodos.....	22
2.3 Resultados e discussão.....	25
2.4 Conclusões.....	33
3 Capítulo II - Resposta de capim pé-de-galinha ( <i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn) à aplicação de glyphosate em diferentes doses, estádios de crescimento e alternativas de controle químico para a espécie.....	34
3.1 Introdução.....	34
3.2 Material e Métodos.....	36
3.3 Resultados e discussão.....	39
3.4 Conclusões.....	49
4 Capítulo III - Avaliação da metabolização de glyphosate e caracterização anatômica de biótipos de capim pé-de-galinha ( <i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn).....	51
4.1 Introdução.....	51
4.2 Material e Métodos.....	54
4.3 Resultados e discussão.....	56
4.4 Conclusão.....	59
5 Conclusões.....	61

<b>6 Referências.....</b>	<b>62</b>
<b>Vita.....</b>	<b>71</b>

## 1 Introdução

O Brasil é o segundo maior produtor e exportador mundial de soja, atrás apenas dos Estados Unidos (FAO, 2012), com produção total superior a 68 milhões de toneladas de grãos e área colhida de aproximadamente 23 milhões de hectares, no ano de 2010 (IBGE, 2012). A região Centro-Oeste possui a maior área plantada e maior produção nacional, seguido pela região Sul (IBGE, 2012). Dentre os estados brasileiros, o Rio Grande do Sul (RS) apresenta a terceira maior produção, representando aproximadamente 15% da produção de soja do país (IBGE, 2012).

A produtividade da soja pode ser afetada por diversos fatores, tais como: condições ambientais desfavoráveis; sistemas de cultivo; práticas culturais; e, manejo de pragas. Dentre as pragas, as plantas daninhas possuem destaque, visto que podem ser responsáveis por prejuízos de até 80% (GAZZIERO; VARGAS; ROMAN, 2004). Os prejuízos da competição de plantas daninhas na cultura da soja derivam, principalmente, da influência negativa na formação dos trifólios, acúmulo de massa seca, número de vagens, número de grãos por vagem e peso de grãos (PITTELKOW et al., 2009). Estas alterações são dependentes da população e espécie de planta daninha que compete com a cultura (GAZZIERO; VARGAS; ROMAN, 2004).

As plantas daninhas magnoliopsidas normalmente são mais competitivas com a cultura da soja devido à proximidade fenotípica, porém, as espécies liliopsidas destacam-se por ocorrer em elevadas populações. Dentre as espécies liliopsidas que competem com a soja, destacam-se papuã (*Brachiaria plantaginea*), milhã (*Digitaria* spp.) e capim-pé-de-galinha (*Eleusine* spp.). O capim pé-de-galinha é bastante competitivo, principalmente quando presente no início do ciclo da cultura, podendo causar danos irreversíveis na produtividade (BENEDETTI et al., 2009). Esta planta

daninha foi considerada uma das cinco espécies de maior dificuldade de controle em lavouras de soja do RS que utilizam o herbicida glyphosate para o manejo de plantas daninhas (NOHATTO, 2010), evidenciando a sua importância no sistema produtivo da cultura.

O gênero *Eleusine* possui duas espécies com ocorrência predominante no RS, que são *Eleusine indica* e *Eleusine tristachya*. As plantas deste gênero possuem como características a baixa exigência em relação ao tipo de solo, compreendendo ampla faixa de pH e obtendo assim, vantagem competitiva sobre muitas espécies. São espécies autógamas com ciclo fotossintético do tipo C4, reprodução via sementes, podendo produzir até 40 mil sementes por planta (KISSMANN, 2007).

Estas espécies diferem quanto ao ciclo e às estruturas morfológicas, bem como região de ocorrência e origem (BOLDRINI; LONGHI-WAGNER; BOECHAT, 2005). *Eleusine tristachya* normalmente é pouco competitiva e não é comumente relatada como espécie daninha, encontrada facilmente em ambientes não agrícolas (BOLDRINI; LONGHI-WAGNER; BOECHAT, 2005; GALVANI; FERNANDES; FREITAS, 1994). Já, a espécie *Eleusine indica* possui como característica a alta capacidade competitiva, tornando-se planta daninha importante de diversas culturas (ERASMO; PINHEIRO; COSTA, 2004; AGRASAR; STEIBEL; TROIANI, 2005; KISSMANN, 2007).

As sementes de *Eleusine indica* apresentam germinação em ampla faixa de condições ambientais. A germinação é facilitada em casos de alternância de temperaturas de 30/20°C ou 35/20°C durante doze horas de luz (ISMAIL et al., 2002). Já, a emergência é influenciada pela umidade do solo e pela profundidade onde estão depositadas as sementes, em que as maiores proporções de plântulas emergem de sementes dispostas na superfície do solo (CHAUHAN; JOHNSON, 2008; ISMAIL et al., 2002).

A existência de resíduo vegetal sobre o solo pode ser medida de controle eficiente, impedindo a emergência de sementes de *Eleusine indica*, de modo que taxas de quatro a seis toneladas ha<sup>-1</sup> de cobertura do solo reduzem a emergência de plântulas (CHAUHAN; JOHNSON, 2008). Assim, práticas de manejo como uso de espécies para formar cobertura de solo (palhada) e a semeadura direta podem auxiliar no manejo e controle desta espécie.

Todavia, a semeadura direta ou o controle químico não estão sendo eficientes no controle de *Eleusine* spp. no RS, pois tem sido relatado problemas de

plantas deste gênero em lavouras de soja transgênica Roundup Ready® (RR®), devido a falhas de controle com o herbicida glyphosate. Dessa forma, surge hipótese que o uso repetido do herbicida glyphosate, induzindo alta pressão de seleção, pode ter selecionado biótipos de *Eleusine* spp. resistentes.

A resistência é a capacidade adquirida de uma planta ou biótipo sobreviver e reproduzir-se após determinados tratamentos herbicidas que, sob condições normais, controlam os demais integrantes da população (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO, 2003; GAZZIERO et al., 2009). Atualmente, existem 372 biótipos de plantas daninhas resistentes a herbicidas, pertencentes a 200 espécies (HEAP, 2012). A resistência de *Eleusine indica* foi registrada em seis países, para sete mecanismos de ação herbicida, dentre eles os inibidores da 5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintase (EPSPs), especificamente ao herbicida glyphosate (HEAP, 2012). Os biótipos desta planta daninha resistentes ao glyphosate foram encontrados na Malásia, Colômbia e Estados Unidos, todos envolvendo áreas com grande tempo de uso consecutivo do herbicida (HEAP, 2012).

Os casos de resistência de plantas daninhas ao glyphosate foram registrados em 21 espécies, sendo na América do Sul, onze espécies relatadas onde o Brasil é o país com o maior número de casos (HEAP, 2012). O glyphosate é um herbicida não seletivo, sistêmico que inibe a enzima da rota do ácido chiquímico EPSPs, que catalisa a reação de ligação dos compostos shikimato-3-fosfato e fosfoenolpiruvato, produzindo enolpiruvilshikimato-3-fosfato e fosfato inorgânico (ROMAN et al., 2007; VELINI et al., 2009). A inibição da EPSPs cessa a síntese de aminoácidos aromáticos (triptofano, fenilalanina e tirosina) bem como a produção de alcalóides, flavonóides, lignina, compostos fenólicos, que podem representar até 35% da biomassa vegetal, entre outros (ROMAN et al., 2007; VELINI et al., 2009). Este herbicida move-se no floema, seguindo a rota dos produtos da fotossíntese, das folhas fotossinteticamente ativas (fonte) para as partes em crescimento (dreno) (FERREIRA et al., 2008). O número de casos de resistência a este herbicida tem aumentado, principalmente após a introdução dos cultivos transgênicos (BECKIE, 2011; GIVENS et al., 2011; HEAP, 2012; KAUNDUN et al., 2008; POWLES; YU, 2010; SHAW et al., 2011).

Dentre os fatores que influenciam a seleção de biótipos de plantas daninhas resistentes a herbicidas, destacam-se a intensidade de uso do herbicida e a ausência de métodos de controle alternativos (LAMEGO; VIDAL, 2008; ROMAN et

al., 2004; ZELAYA; OWEN; VANGESSEL, 2004). O uso de glyphosate há mais de trinta anos para o manejo de plantas daninhas e o elevado número de aplicações deste herbicida, mais de quatro vezes por ano em alguns casos, evidenciam este cenário (NOHATTO, 2010; POWLES; YU, 2010; VARGAS et al., 2007; VARGAS et al., 2009). A maioria dos produtores de soja no RS utiliza a cultura da soja RR<sup>®</sup> por mais de cinco anos consecutivos na mesma área, sendo que menos da metade faz uso de rotação de culturas (NOHATTO, 2010). A ausência deste e de outros métodos de manejo integrado, aliado ao uso exclusivo de glyphosate, tem selecionado biótipos de plantas daninhas com resistência a este herbicida em lavouras de soja do Brasil.

Para a confirmação da resistência há a necessidade da realização de estudos apropriados que envolvem o cálculo do fator de resistência (FR), a partir da determinação da dose necessária para o controle de 50% da população (DL<sub>50</sub>) e da dose necessária para reduzir em 50% a massa da parte aérea da população (GR<sub>50</sub>) suspeita de resistência (GAZZIERO et al., 2009; HEAP, 2010). O FR refere-se 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). A resistência é confirmada se houver diferença estatística na DL<sub>50</sub> e/ou GR<sub>50</sub> do biótipo supostamente resistente em relação ao biótipo suscetível (GAZZIERO et al., 2009).

No entanto, em alguns casos o FR pode ser considerado baixo ou ainda serem observadas diferenças entre a DL<sub>50</sub> e/ou GR<sub>50</sub> dos biótipos resistente e suscetível em subdoses do herbicida. Nestes casos, o pesquisador discute a necessidade de uma definição científica, ou resistência de nível baixo, na qual a dose de registro do herbicida proporciona o controle das populações resistente e suscetível (GAZZIERO et al., 2009; CHRISTOFOLLETI; LÓPEZ-OVEJERO, 2008). Defini-se como resistência de nível baixo aquela em que não é considerada a dose registrada constante na bula do herbicida, ou seja, havendo diferença estatística entre os biótipos considerados resistente e suscetível em subdoses do herbicida, considera-se a planta daninha resistente, mesmo que na dose máxima registrada o controle de ambos os biótipos não apresente diferença (GAZZIERO et al., 2009; HEAP, 2010). Como exemplo, pode-se citar o caso de *Euphorbia heterophylla* com resistência de nível baixo ao glyphosate no RS (VIDAL et al., 2007; NOHATTO, 2010).

As plantas daninhas que desenvolveram resistência ao glyphosate possuem diferentes níveis de resistência. O FR é dependente principalmente do mecanismo de resistência envolvido, em que no caso do glyphosate, quando há alteração do local de ação têm-se níveis mais baixos de resistência comparados com os casos em que ocorre alteração na absorção e translocação do herbicida (BECKIE, 2011; KAUNDUN et al., 2008; KAUNDUN et al., 2011; LORRAINE-COLWILL et al., 2003; POWLES; YU, 2010; ZELAYA; OWEN; VANGESSEL, 2004). Até o presente momento, não foi relatado nenhum caso de resistência ao herbicida glyphosate por metabolização do herbicida nas plantas resistentes (ROSO; VIDAL, 2010; POWLES; YU, 2010; BECKIE, 2011). Entretanto, a tolerância de *Commelina benghalensis* ao glyphosate é devida a metabolização do herbicida pelas plantas (MONQUERO et al., 2004), sugerindo que podem ocorrer casos de resistência a este herbicida, devido a este mecanismo.

Outro fator que pode alterar o FR é o estágio de desenvolvimento em que as plantas recebem a aplicação do herbicida. O controle de *Conyza canadensis* resistente ao glyphosate foi superior a 80% quando o herbicida foi aplicado em plantas com 10cm de estatura, enquanto que, quando as plantas receberam o herbicida com 15-20cm, o controle não atingiu 50% (VANGESSEL et al., 2009). A aplicação de glyphosate em *Ipomoea hederaceae* e *Convolvulus arvensis* proporcionou controle 40% maior quando as plantas receberam o herbicida com aproximadamente 15cm de estatura, comparado com as plantas em que o herbicida foi aplicado com 40cm (SHARMA; SINGH, 2007). Plantas em estádios avançados de crescimento normalmente são mais tolerantes e dificilmente controladas por herbicidas do que plantas jovens (SILVA; FERREIRA, A.; FERREIRA, L., 2007), sendo, por isso, importante que o manejo químico seja realizado no momento correto, com as plantas daninhas em estágio de crescimento que apresentem maior sensibilidade.

O manejo de áreas infestadas com plantas daninhas resistentes é realizado por medidas que visem a redução da pressão de seleção e práticas que têm por finalidade impedir a dominância de biótipos resistentes (VARGAS et al., 2009). A associação de herbicidas e utilização de herbicidas com mecanismos de ação diferentes são preconizadas para o manejo de plantas daninhas resistentes em cultivos geneticamente modificados, resistentes ao glyphosate (JOHNSON; GIBSON, 2006; SHANER, 2000; VARGAS et al., 2009). Para o controle de *Eleusine indica* existem 75 herbicidas registrados de 22 ingredientes ativos diferentes,

incluindo o glyphosate (AGROFIT, 2012). Desta forma, outros herbicidas podem ser utilizados para o controle das plantas de capim pé-de-galinha em lavouras de soja no RS.

Sendo assim, o conhecimento dos locais de ocorrência de casos de resistência de *Eleusine* spp. ao glyphosate no RS pode auxiliar na determinação da gravidade do problema e na proposição de alternativas para o controle. Para isso, devem ser realizados estudos específicos que visem confirmar a ocorrência de biótipos resistentes ao glyphosate, determinar o nível de resistência destes biótipos, e identificar os fatores envolvidos no desenvolvimento deste fenômeno. Assim, busca-se evitar que ocorra a disseminação dos biótipos resistentes, de forma que o uso de glyphosate nessas áreas não prejudique o manejo de plantas daninhas na cultura da soja transgênica e que aumente o tempo de utilização do herbicida.

Este trabalho teve como hipóteses que existem biótipos de capim pé-de-galinha, os quais pertencem à espécie *Eleusine indica*, resistentes ao glyphosate no RS e que estes são sensíveis a herbicidas de outros mecanismos de ação. Os objetivos foram identificar a ocorrência da resistência de capim pé-de-galinha ao glyphosate no RS, determinar a  $DL_{50}$  e  $GR_{50}$ , investigar o possível mecanismo de resistência, avaliar os fatores envolvidos nas falhas de controle observadas a campo, e propor alternativas para o controle químico destes biótipos.

## **2 CAPÍTULO I – Identificação e caracterização de *Eleusine* spp. com suspeita de resistência ao herbicida glyphosate e avaliação do manejo de lavouras de soja do Rio Grande do Sul**

### **2.1 Introdução**

A resistência de plantas daninhas a herbicidas é um problema que ganhou importância no Brasil devido ao surgimento de grande número de casos de espécies resistentes ao glyphosate nos últimos anos. Define-se resistência como a capacidade inerente e herdável de um biótipo, dentro de determinada população, de sobreviver e se reproduzir após exposição à dose de registro do herbicida para controle da espécie, obedecidos os critérios de aplicação (estádio vegetativo indicado, condições de clima, dentre outros) (GAZZIERO et al., 2009).

No Brasil, foram registrados 13 casos de espécies de plantas daninhas resistentes a herbicidas nos últimos 10 anos e dessas, seis apresentaram resistência ao herbicida glyphosate (HEAP, 2012). No Rio Grande do Sul (RS), das espécies registradas, pelo menos quatro ocorrem em lavouras de soja transgênica Roundup Ready® (RR®), resistente a glyphosate, sendo elas: *Conyza bonariensis*, *Conyza canadensis*, *Euphorbia heterophylla* e *Lolium multiflorum* (HEAP, 2012; LAMEGO; VIDAL, 2008; ROMAN et al., 2004; VARGAS et al., 2004; VARGAS et al., 2007).

No caso de *Euphorbia heterophylla*, em que todos os biótipos coletados em lavouras de soja RR® no RS foram controlados pela dose máxima de registro para a espécie (NOHATTO, 2010), pode-se atribuir um caso de resistência de nível baixo. Defini-se resistência de nível baixo aquela em que não é considerada a dose recomendada do herbicida, ou seja, havendo diferenças de controle abaixo da dose

recomendada do herbicida, considera-se a planta daninha resistente (GAZZIERO et al., 2009).

Das cinco plantas daninhas, referidas por produtores de soja RR<sup>®</sup> como de maior dificuldade de controle por glyphosate no RS (*Euphorbia heterophylla*, *Ipomoea* spp., *Conyza* spp., *Richardia brasiliensis* e *Eleusine* spp.) (NOHATTO, 2010), apenas duas (*Euphorbia heterophylla* e *Conyza* spp.) possuem registro de resistência ao herbicida, sendo *Euphorbia heterophylla* com resistência de nível baixo (HEAP, 2012). As espécies *Ipomoea* spp. e *Richardia brasiliensis* são consideradas tolerantes ao herbicida (MONQUERO, 2003). Assim, relatos de dificuldade de controle podem indicar novos casos de resistência. Entretanto, mesmo havendo dificuldade de controle de algumas plantas daninhas em determinada área, deve-se realizar testes específicos para a detecção da resistência (BECKIE et al., 2000; GAZZIERO et al., 2009; HEAP, 2010).

*Eleusine* spp. (capim pé-de-galinha) foi relatada como de difícil controle por 16% dos produtores de soja RR<sup>®</sup> (NOHATTO, 2010), o que sugere a seleção desta planta daninha com resistência ao herbicida glyphosate. Essa hipótese é reforçada pelo fato de, atualmente, o controle de plantas daninhas na soja RR<sup>®</sup> ser realizado predominantemente através de duas a três aplicações de glyphosate por ciclo da cultura (VARGAS et al., 2007). Dessa forma, o uso repetido do herbicida, caracterizando alta pressão de seleção, pode selecionar biótipos resistentes de plantas daninhas preexistentes na população (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO, 2003; POWLES; HOLTUM, 1994; VARGAS et al., 2009; VILA-AIUB et al., 2008).

O capim pé-de-galinha possui duas espécies com ocorrência descrita no RS, que são *Eleusine indica* e *Eleusine tristachya* (BOLDRINI; LONGHI-WAGNER; BOECHAT, 2005). Essas espécies diferem quanto ao ciclo e às estruturas morfológicas, bem como região de ocorrência e origem (BOLDRINI; LONGHI-WAGNER; BOECHAT, 2005). São espécies autógamas com ciclo fotossintético do tipo C4, reprodução via sementes, podendo produzir até 40 mil sementes por planta (KISSMANN, 2007).

Foram relatados casos de resistência de biótipos de *Eleusine indica* a sete mecanismos de ação, em seis países, dentre eles aos inibidores da 5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintase (EPSPs) (HEAP, 2012; LEE; NGIM, 2000). No Brasil, foi registrado a ocorrência de biótipo resistente aos inibidores da acetil-CoA

carboxilase (ACCase), no Estado do Mato Grosso (MT) (DAL MAGRO; AGOSTINETTO; VARGAS, 2009; HEAP, 2012; VIDAL et al., 2006).

Dentre as medidas preconizadas para o manejo da resistência de plantas daninhas aos herbicidas, é essencial a vigilância constante da lavoura, para identificar possíveis focos de resistência, sendo que as plantas suspeitas devem ser sistematicamente eliminadas (LAZAROTO; FLECK; VIDAL, 2008). Assim, é importante que os primeiros focos de plantas com suspeita de resistência sejam identificados precocemente, antes que o biótipo resistente predomine na área, para que se procedam de maneira imediata a adoção de práticas que visem a diminuição da população e disseminação do biótipo resistente.

Quando detectada a resistência, práticas como rotação do mecanismo de ação herbicida, rotação de culturas e associação de métodos de controle, devem ser adotadas para o manejo destas plantas (CHRISTOFFOLETI; LOPEZ-OVEJERO, 2003; VARGAS et al., 2009). A utilização de herbicidas com efeito residual teve seu uso incrementado nos últimos anos, nos Estados Unidos, como estratégia de manejo de plantas daninhas resistentes ao glyphosate em lavouras de soja RR<sup>®</sup> (OWEN et al., 2011). No RS, menos da metade de produtores de soja realizam a rotação de culturas (NOHATTO, 2010), reforçando o risco da seleção de novas espécies de plantas daninhas com resistência.

Diante disso, existe a necessidade da realização de estudos para confirmar ou refutar a ocorrência de populações de capim pé-de-galinha resistente ao herbicida glyphosate, permitindo assim, identificar os locais de ocorrência da resistência e os fatores agronômicos envolvidos nesse processo, além de identificar práticas que favoreçam este fenômeno. O domínio dessas informações, associado ao conhecimento das características biológicas da espécie, será importante para a definição futura de estratégias de prevenção, manejo e controle da resistência da planta daninha aos herbicidas.

Este trabalho teve como hipóteses que existem biótipos de capim pé-de-galinha, que pertencem à espécie *Eleusine indica*, resistentes ao herbicida glyphosate e que a ocorrência de biótipos resistentes decorre das práticas agronômicas adotadas pelos produtores. Os objetivos do trabalho foram identificar a ocorrência da resistência de capim pé-de-galinha ao herbicida glyphosate no Estado do RS, determinar as espécies predominantes do gênero *Eleusine* e obter dados para definir

os principais fatores agronômicos associados na seleção dos biótipos desta planta daninha.

## 2.2 Material e Métodos

Para a realização do estudo, visitou-se 24 propriedades rurais produtoras de soja, de oito municípios do Estado do RS, na região denominada Planalto Central, no ano de 2009. Os municípios foram escolhidos por serem os que apresentavam as maiores produções de soja registradas no Estado (IBGE, 2008), sendo eles: Boa Vista do Incra, Carazinho, Cruz Alta, Ijuí, Lagoa Vermelha, Passo Fundo, Santa Bárbara do Sul e Tupanciretã (Fig. 1). As plantas de capim pé-de-galinha, escapes ao controle do herbicida glyphosate, foram coletadas como suspeitas de apresentarem resistência ao herbicida.

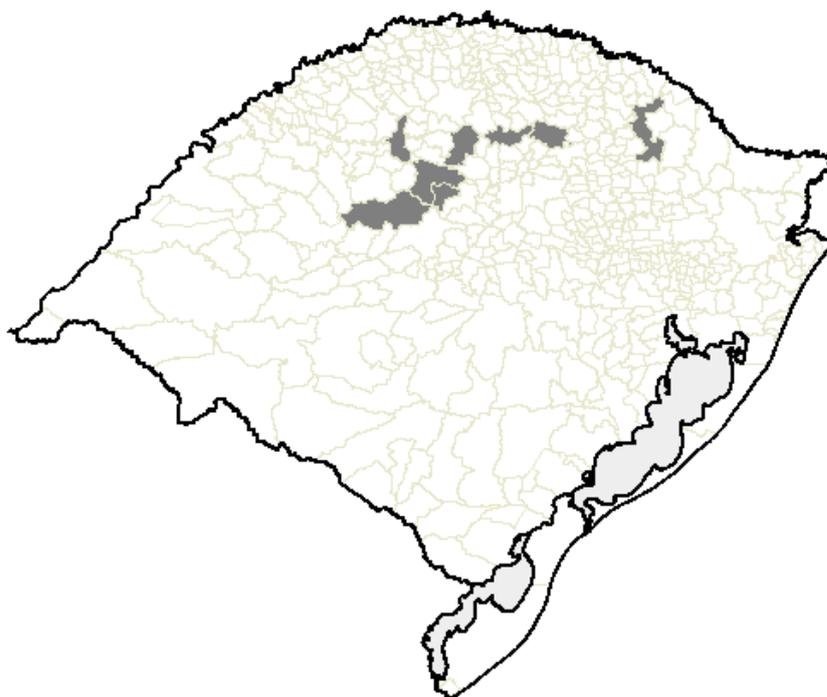


Figura 1 - Localização geográfica dos municípios onde foram coletadas as sementes dos biótipos de *Eleusine* spp. com suspeita de resistência ao herbicida glyphosate no estado do Rio Grande do Sul. Fonte: GEOLIVRE – Mapas temáticos RS, 2011.

Cada ponto de coleta foi georeferenciado e as plantas foram acondicionadas, individualmente, para a retirada das sementes e obtenção das plantas para a confecção de exsicatas utilizadas na identificação da espécie

ocorrente. Em cada local de coleta, realizou-se um questionário com os proprietários procurando-se estabelecer relações entre a distribuição de casos de capim pé-de-galinha com suspeita de resistência ao glyphosate e os prováveis fatores agronômicos envolvidos na resistência do gênero.

O estudo foi dividido em três etapas, sendo elas: resposta dos biótipos de capim pé-de-galinha coletados com suspeita de resistência ao herbicida glyphosate, identificação botânica dos biótipos pela análise morfológica das exsicatas, e análise dos questionários realizados com os produtores.

Na primeira etapa do estudo, conduziu-se experimento em casa de vegetação pertencente ao Departamento de Fitossanidade da Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” (FAEM), da Universidade Federal de Pelotas (UFPel) no ano período de outubro a fevereiro de 2010, em delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições, cujo fator de tratamento constou dos biótipos de diferentes locais de coleta. As unidades experimentais constituíram-se de vasos com capacidade para 1L, contendo solo do tipo Argissolo Vermelho-Amarelo, peneirado. O solo foi coletado em área livre da infestação de plantas do gênero *Eleusine* para evitar a emergência espontânea. Realizou-se adubação de correção, na dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de adubo da fórmula 05-20-20 (N-P-K), de acordo com análise de solo, seguindo-se a recomendação para a cultura da soja (COMISSÃO ..., 2004).

Para a realização do experimento, foi feita a superação da dormência das sementes, para posterior semeadura, através de escarificação mecânica (DAL MAGRO et al., 2010). Devido à dificuldade de estabelecimento da espécie, realizou-se a semeadura em três datas (22/10, 17/11, e 04/12/2010), sendo as duas primeiras realizadas em caixas do tipo “Gerbox”, sobre papel “mata-borrão” embebido em água destilada, que foram acondicionados em câmaras de desenvolvimento biológico, do tipo “BOD”, até a germinação. A temperatura neste período foi de 25°C e fotoperíodo de 12/12 horas de luz/escuro. Após a emissão da primeira folha, foram transplantadas quatro plântulas para cada recipiente, com posterior desbaste para duas plântulas vaso<sup>-1</sup>, acondicionados em casa de vegetação. Na terceira data, foi realizada a semeadura dos biótipos diretamente nos vasos, sendo realizado desbaste para ajustar a população para duas plantas vaso<sup>-1</sup>.

Quando as plantas estavam em estágio de quatro folhas a um afilho, foi aplicado o herbicida glyphosate na dose de 2160 g e.a. ha<sup>-1</sup>. Esta dose corresponde à dose máxima de registro do herbicida para manejo de dessecação ou pós-

emergente (AGROFIT, 2010). Para isso, utilizou-se pulverizador costal, pressurizado a CO<sub>2</sub>, calibrado para proporcionar volume de aplicação de 150L ha<sup>-1</sup> de calda herbicida, equipado com pontas de pulverização do tipo leque 110.015.

A variável analisada foi controle visual aos 28 dias após a aplicação do tratamento (DAT), utilizando-se escala percentual em que zero (0) e cem (100) corresponderam à ausência de injúria e morte das plantas, respectivamente (FRANS et al., 1986).

Os dados foram analisados conjuntamente quanto à normalidade e homocedasticidade (teste de Shapiro-Wilk e Hartley, respectivamente), e, posteriormente, foram submetidos à análise de variância ( $p \leq 0,05$ ). Quando foi observada significância, os biótipos foram analisados através de comparação de médias pelo teste de Duncan ( $p \leq 0,05$ ).

Na segunda etapa do trabalho, foi realizada a identificação dos biótipos de capim pé-de-galinha coletados, no Laboratório de Cultura de Células e Tecidos de Plantas do Departamento de Botânica do Instituto de Biologia (IB), pertencentes à UFPel. Para isso, encaminharam-se ao laboratório as exsiccatas confeccionadas pela coleta das plantas no campo, já florescidas. Realizaram-se estudos morfo-anatômicos, para identificar as espécies do gênero *Eleusine*. Para auxiliar na identificação das espécies, foi utilizada a chave de identificação das espécies da família Poaceae proposta por Boldrini, Longhi-Wagner e Boechat (2005), bem como a comparação das exsiccatas com o acervo do Herbário PEL (UFPel).

A terceira etapa do trabalho constou da obtenção dos dados referentes ao manejo adotado pelos produtores onde os biótipos foram coletados. As informações obtidas foram o tempo de cultivo consecutivo de soja RR<sup>®</sup> na área, o tipo de rotação e sucessão de culturas, quando estas eram utilizadas, o número de aplicações de glyphosate durante o ciclo da soja e a dose utilizada deste herbicida.

Os dados foram expressos em percentual, através da estatística descritiva, procurando-se estabelecer relações entre a distribuição de casos de capim pé-de-galinha com suspeita de resistência ao glyphosate e os prováveis fatores agrônômicos envolvidos na resistência da espécie.

## 2.3 Resultados e Discussão

Os testes de Shapiro-Wilk e Hartley evidenciaram não ser necessária a transformação dos dados, para o experimento realizado com o intuito de comparar os biótipos de *Eleusine* spp. quanto a sensibilidade ao herbicida glyphosate. Não foi observada significância estatística na fitotoxicidade evidenciada pelos biótipos em resposta à aplicação do herbicida glyphosate, na dose de 2160 g e.a. ha<sup>-1</sup> (tab. 1). Embora não tenha ocorrido diferença estatística, o biótipo coletado no Município de Boa Vista do Incra apresentou menor valor numérico de controle em relação aos demais, no qual foi observado o rebrote das plantas (tab. 1).

Resultados similares aos do estudo foram observados pela aplicação de glyphosate na mesma dose testada (2160 g e.a. ha<sup>-1</sup>), sobre biótipos de *Euphorbia heterophylla* com suspeita de resistência ao herbicida, oriundos de lavouras de soja RR<sup>®</sup> do RS (NOHATTO, 2010). Para biótipos de *Digitaria* spp., provenientes de lavouras de soja do RS, a aplicação de 1080 g e.a. ha<sup>-1</sup> proporcionou controle eficiente (FONTANA, 2011), confirmando que a espécie não apresenta resistência ao herbicida glyphosate.

O fato de serem observadas falhas de controle de capim pé-de-galinha, pela aplicação de glyphosate, em lavouras de soja RR<sup>®</sup> do RS, e o resultado deste estudo evidenciar controle acima de 95% ao tratamento herbicida, indica que a causa destas falhas deve-se a outros fatores. Práticas de manejo como uso de subdoses de glyphosate, utilização intensiva do herbicida e ausência de rotação de culturas foram sugeridas como causas das falhas no controle de *Euphorbia heterophylla* pelo herbicida no RS (NOHATTO, 2010), podendo também ser os motivos para tal observação em capim pé-de-galinha.

Assim, o resultado observado, nas condições em que foi conduzido o experimento, rejeita a hipótese da ocorrência da resistência de *Eleusine* spp. ao glyphosate, em lavouras de soja RR<sup>®</sup> do RS, entretanto não pode-se descartar a ocorrência de resistência de nível baixo. Para isso, outros estudos devem ser desenvolvidos para confirmar este resultado, tais como curvas de dose-resposta e determinação do fator de resistência dos biótipos (HEAP, 2010; GAZZIERO et al., 2009).

Tabela 1 - Controle, aos 28 dias após a aplicação de glyphosate, na dose de 2160 g e.a. ha<sup>-1</sup>, e determinação da espécie de biótipos de capim pé-de-galinha (*Eleusine* spp.) com suspeita de resistência, coletados em lavouras de soja Roundup Ready<sup>®</sup> no Estado do Rio Grande do Sul. Capão do Leão, 2011

Cidade	Biótipo	Coordenadas geográficas		Espécie	Controle (%)
		Latitude	Longitude		
Lagoa Vermelha	E 1.1	-28.223346	-51.582414	<i>E. indica</i> (L.) Gaertn.	100 <sup>ns1</sup>
	E 1.2	-28.223346	-51.582414	<i>E. indica</i> (L.) Gaertn.	100
	E 2.1	-28.220935	-51.596618	<i>E. indica</i> (L.) Gaertn.	100
	E 2.2	-28.220935	-51.596618	<i>E. indica</i> (L.) Gaertn.	100
	E 2.3	-28.220935	-51.596618	<i>E. indica</i> (L.) Gaertn.	100
	E 2.4	-28.220935	-51.596618	<i>E. indica</i> (L.) Gaertn.	100
Passo Fundo	E 3.1	-28.247413	-52.277758	<i>E. indica</i> (L.) Gaertn.	100
	E 3.2	-28.247413	-52.277758	<i>E. indica</i> (L.) Gaertn.	100
	E 3.3	-28.247413	-52.277758	<i>E. indica</i> (L.) Gaertn.	100
	E 4.1	-28.215843	-52.464400	<i>E. indica</i> (L.) Gaertn.	100
	E 4.2	-28.215843	-52.464400	<i>E. indica</i> (L.) Gaertn.	100
Carazinho	E 6.1	-28.333249	-52.846361	<i>E. indica</i> (L.) Gaertn.	100
	E 6.3	-28.333249	-52.846361	<i>E. tristachya</i> (Lam.) Lam.	100
	E 6.4	-28.333249	-52.846361	<i>E. indica</i> (L.) Gaertn.	100
St <sup>a</sup> Bárbara do Sul	E 7.2	-28.383678	-53.312778	<i>E. indica</i> (L.) Gaertn.	100
Cruz Alta	E 9.1	-28.622443	-53.689638	<i>E. indica</i> (L.) Gaertn.	100
	E 9.2	-28.622443	-53.689638	<i>E. indica</i> (L.) Gaertn.	100
	E 9.3	-28.622443	-53.689638	<i>E. indica</i> (L.) Gaertn.	100
	E 9.4	-28.622443	-53.689638	<i>E. indica</i> (L.) Gaertn.	100
	E 9.5	-28.622443	-53.689638	<i>E. indica</i> (L.) Gaertn.	100
	E 9.6	-28.622443	-53.689638	<i>E. indica</i> (L.) Gaertn.	100
	E 9.7	-28.622443	-53.689638	<i>E. indica</i> (L.) Gaertn.	100
	E 9.8	-28.622443	-53.689638	<i>E. indica</i> (L.) Gaertn.	100
Ijuí	E 10.1	-28.447276	-53.875819	<i>E. indica</i> (L.) Gaertn.	99
	E 10.3	-28.447276	-53.875819	<i>E. indica</i> (L.) Gaertn.	100
	E 10.4	-28.447276	-53.875819	<i>E. indica</i> (L.) Gaertn.	100
Boa Vista do Incra	E 11.1	-28.880085	-53.472223	<i>E. indica</i> (L.) Gaertn.	100
	E 11.2	-28.880085	-53.472223	<i>E. indica</i> (L.) Gaertn.	100
	E 11.3	-28.880085	-53.472223	<i>E. indica</i> (L.) Gaertn.	100
	E 11.4	-28.880085	-53.472223	<i>E. indica</i> (L.) Gaertn.	100
	E 11.5	-28.880085	-53.472223	<i>E. indica</i> (L.) Gaertn.	100
	E 12.1	-28.940277	-53.411684	<i>E. indica</i> (L.) Gaertn.	100
	E 12.2	-28.940277	-53.411684	<i>E. indica</i> (L.) Gaertn.	100
	E 12.3	-28.940277	-53.411684	<i>E. indica</i> (L.) Gaertn.	97
	E 13.1	-28.941941	-53.405295	<i>E. indica</i> (L.) Gaertn.	100
Tupanciretã	E 14.2	-29.037882	-53.674288	<i>E. indica</i> (L.) Gaertn.	100
	E 14.3	-29.037882	-53.674288	<i>E. indica</i> (L.) Gaertn.	100
	E 14.4	-29.037882	-53.674288	<i>E. indica</i> (L.) Gaertn.	100
	E 15.1	-29.049263	-53.717768	<i>E. indica</i> (L.) Gaertn.	100
C.V (%) <sup>2</sup>	-	-	-	-	1,03

<sup>1 ns</sup> = não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade. <sup>2</sup> Coeficiente de variação.

Em relação à determinação das espécies de capim pé-de-galinha ocorrente no RS, foi observado que todos os biótipos pertencem à espécie *Eleusine indica* (tab.

1), a exceção de um biótipo de *Eleusine tristachya* coletado no município de Carazinho. As diferenças entre estas duas espécies referem-se principalmente em relação à inflorescência e ao centro de origem. A espécie *Eleusine tristachya* é originária da América do Sul e as plantas possuem inflorescência formada por dois a quatro racemos digitados de 1-3cm de comprimento com cinco a treze espiguetas de 5-9mm de comprimento. Já, *Eleusine indica* possui como centro de origem a Ásia e Malásia e possui inflorescência formada por cinco a doze racemos digitados ou subdigitados com seis a dez espiguetas de 5-5,5mm de comprimento (AGRASAR; STEIBEL; TROIANI, 2005; BOLDRINI; LONGHI-WAGNER; BOECHAT, 2005).

A predominância de *Eleusine indica* pode ser atribuída ao fato de que as plantas dessa espécie têm maior competitividade comparada com as de *Eleusine tristachya*, tendo maior ocorrência em culturas (AGRASAR; STEIBEL; TROIANI, 2005; BOLDRINI; LONGHI-WAGNER; BOECHAT, 2005). Levantamento florístico realizado em campo natural no município de Uruguaiana (RS) evidenciou somente ocorrência de *Eleusine tristachya* (GALVANI; FERNANDES; FREITAS, 1994). Já, em trabalho semelhante realizado em área de produção de arroz irrigado rotacionada com a cultura da soja, *Eleusine indica* demonstrou ser uma das espécies com maior frequência, não sendo observada a presença de *Eleusine tristachya* (ERASMO; PINHEIRO; COSTA, 2004). Estes dados demonstram que plantas de *Eleusine indica* encontradas em lavouras de soja poderão ocorrer também em área de produção de arroz, evidenciando sua característica cosmopolita.

A análise dos questionários aplicados aos produtores nas áreas onde foram encontradas e coletadas as plantas de capim pé-de-galinha evidenciou que a maioria dessas áreas, representando 77%, é cultivada com soja a mais de cinco anos consecutivos (Fig. 2). Este resultado pode ser atribuído as vantagens que a tecnologia da soja transgênica proporciona aos agricultores, como utilização do glyphosate em pós-emergência da cultura, além da praticidade e eficiência do produto no controle de plantas daninhas (VARGAS; GAZZIERO, 2009). Em estudo semelhante, foi observado que mais de 80% dos produtores amostrados cultivam soja RR<sup>®</sup> de forma consecutiva a mais de cinco anos na mesma área (NOHATO, 2010). Entretanto, é importante ressaltar que esta prática de manejo apresenta alto risco de seleção de biótipos de plantas daninhas resistentes através do uso continuado de um mesmo herbicida por vários anos na mesma área.

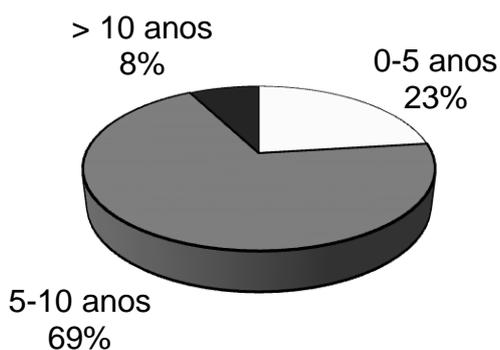


Figura 2 - Tempo de cultivo contínuo de soja Roundup Ready® em lavouras com suspeita de ocorrência de *Eleusine* spp. resistente ao herbicida glyphosate no Estado do Rio Grande do Sul. Capão do Leão, 2011.

Uma das principais práticas visando evitar o surgimento de resistência é a rotação de mecanismos de ação dos herbicidas, o que é facilitado quando se realiza rotação de culturas. Neste sentido, verificou-se que em 75% das lavouras amostradas, não é realizada a prática de rotação de cultura, sendo realizado apenas cultivo no inverno, ou seja, sucessão de culturas (Fig. 3). Nos 25% dos casos em que foi observado o uso da rotação de cultura na área, todos os produtores utilizam a cultura do milho como alternativa (Fig. 3).

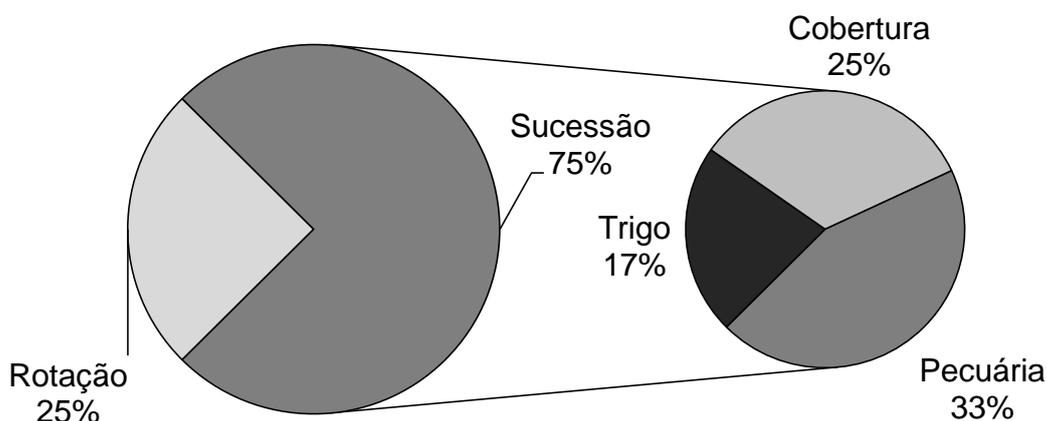


Figura 3 - Métodos de manejo da área na entre safra da cultura da soja Roundup Ready® e porcentagem de agricultores que realizam rotação de culturas em lavouras com suspeita de ocorrência de *Eleusine* spp. resistente ao herbicida glyphosate no Estado do Rio Grande do Sul. Capão do Leão, 2011.

Nesses casos, a área é manejada no inverno com trigo e o milho é implantado entre dois anos consecutivos de soja, utilizando-se predominantemente o

herbicida nicosulfuron para o manejo das plantas daninhas na cultura do milho. O milho também foi a principal alternativa de cultura em rotação/sucessão com soja RR<sup>®</sup> no RS, representando 45% dos casos, seguida por trigo, girassol e feijão (NOHATTO, 2010). Entretanto, é importante ressaltar o risco de utilizar a cultura do milho como única opção de rotação, visto que estão disponíveis para comercialização genótipos desta cultura com resistência ao herbicida glyphosate (CTNBIO, 2011), proporcionando dessa forma apenas a rotação de culturas, mas não de herbicidas.

Produtores de culturas RR<sup>®</sup> nos Estados Unidos classificaram a rotação de culturas, com cultivo não transgênico, como um dos métodos menos eficazes para mitigar a evolução de plantas daninhas resistentes ao glyphosate em cultivos resistentes a este herbicida, classificando a utilização de doses corretas e a aplicação do herbicida em plantas com estágio adequado, os aspectos mais importantes (GIVENS et al., 2011). Entretanto, a rotação de culturas e a sucessão verão/inverno possibilitam o uso de diferentes técnicas de manejo e de controle de plantas daninhas, o que oportuniza o uso de herbicidas com mecanismos de ação diferentes, diminuindo os riscos de falhas de controle e de seleção de plantas daninhas resistentes a herbicidas (BIANCHI, 1998).

A utilização de rotação de mecanismo de ação herbicida, proveniente da utilização de rotação de culturas, é uma das principais práticas que auxilia para o manejo de plantas daninhas resistentes, bem como é prática preconizada para diminuir a evolução de casos de resistência (BECKIE, 2011). Desta forma, é importante que, mesmo em culturas RR<sup>®</sup>, os produtores façam uso de alternativas para manejo da área, como por exemplo, a utilização de outros herbicidas e associações dos mesmos, e o manejo da área na entressafra, atenuando a emergência das plantas daninhas.

Observou-se que a maioria dos produtores realiza somente manejo de inverno nestas áreas (Fig. 3). Dentre os produtores que somente utilizam sucessão de culturas, os manejos de inverno predominantes foram à utilização de pecuária na área (33%), através de implantação de pastagem, seguido da utilização de cobertura do solo (25%), com objetivo de formar a palhada para a semeadura direta (Fig. 3). Praticamente todos os produtores questionados informaram que utilizam aveia branca (*Avena sativa*) associada a outra forma de cobertura do solo, como por

exemplo nabo-forrageiro (*Raphanus sativus*) e azevém (*Lolium multiflorum*) e pequena proporção utiliza o trigo (17%) como alternativa para sucessão.

O manejo das áreas durante o inverno reduz a população de plantas daninhas, conforme observado para *Conyza bonariensis* resistente ao glyphosate a qual diminuiu em 75% quando a área foi manejada com a utilização do trigo e 60% com aveia-preta, em relação à área mantida em pousio (PAULA, 2011). Também, observou-se redução de aproximadamente 67% da população desta planta daninha pela utilização do herbicida iodosulfuron-ethyl na cultura do trigo (PAULA 2011). Desta forma é evidenciada a importância de manejar-se a área mesmo no período da entressafra da cultura, neste caso a soja, pois reduz a emergência de plantas daninhas pela contínua ocupação do espaço e pelo efeito supressor das culturas e da palha, bem como pode haver efeitos favoráveis por possíveis aplicações de herbicidas.

Quanto ao uso de glyphosate nas áreas onde foram coletadas as plantas de *Eleusine* spp. com suspeita de resistência ao glyphosate, foi observado que 61% dos produtores realizam uma dessecação em pré-semeadura e uma aplicação em pós-emergência da soja RR<sup>®</sup> (Fig. 4). Em 84% dos casos são realizadas duas aplicações de glyphosate por cultivo da soja, divididas em pré-emergência e pós-emergência ou somente no último caso (Fig. 4). O número de aplicações anuais de glyphosate em áreas de soja RR<sup>®</sup> com suspeita de ocorrência de *Euphorbia heterophylla* resistente no RS é de três vezes ou mais, em aproximadamente 80% dos casos (NOHATTO, 2010). Diante disso, fica evidente a alta pressão de seleção nestas áreas que é exercida por consecutivas aplicações do herbicida glyphosate.

A combinação da alta frequência de aplicações de glyphosate e o cultivo sequencial de culturas resistentes a este herbicida favoreceu a rápida seleção de plantas daninhas resistentes, antes do tempo previsto (BECKIE, 2011). Como consequência da seleção da resistência, as vantagens advindas do controle das plantas daninhas na soja RR<sup>®</sup> poderão ser perdidas a curto ou médio período de tempo, inviabilizando rapidamente o uso dessa tecnologia (NOHATTO, 2010).

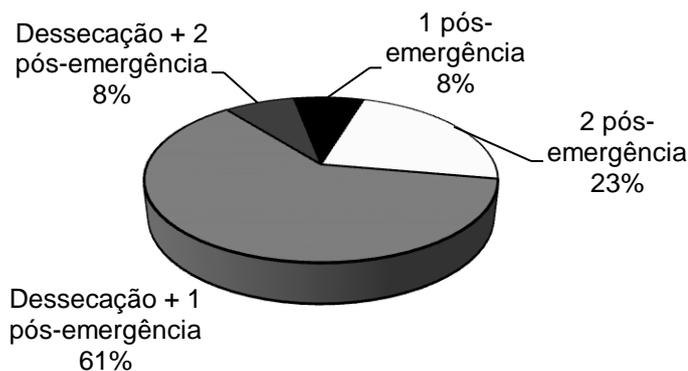


Figura 4 - Número e época de aplicações de glyphosate em lavoura de soja Roundup Ready® com suspeita de ocorrência de *Eleusine* spp. resistente ao herbicida glyphosate no Estado do Rio Grande do Sul. Capão do Leão, 2011.

Observou-se que na maior parte das lavouras amostradas, ou seja, em 67%, a dose de glyphosate utilizada tanto para a dessecação pré-semeadura como para as aplicações em pós-emergência encontra-se entre 720 e 1080 g e.a. ha<sup>-1</sup> (Fig. 5a). Nas lavouras de soja RR® do RS com suspeita de resistência de *Euphorbia heterophylla* ao glyphosate, a maioria das doses utilizadas também foi abrangida neste intervalo (NOHATTO, 2010), corroborando os dados encontrados nesta pesquisa. Esta faixa é a dose de registro do herbicida para a maioria das plantas daninhas que infestam o cultivo de soja nas lavouras do RS (AGROFIT, 2010), a exceção de *Euphorbia heterophylla*, onde estas doses encontram-se abaixo das recomendadas para o controle da espécie, porém com utilização por 95% dos produtores (NOHATTO, 2010).

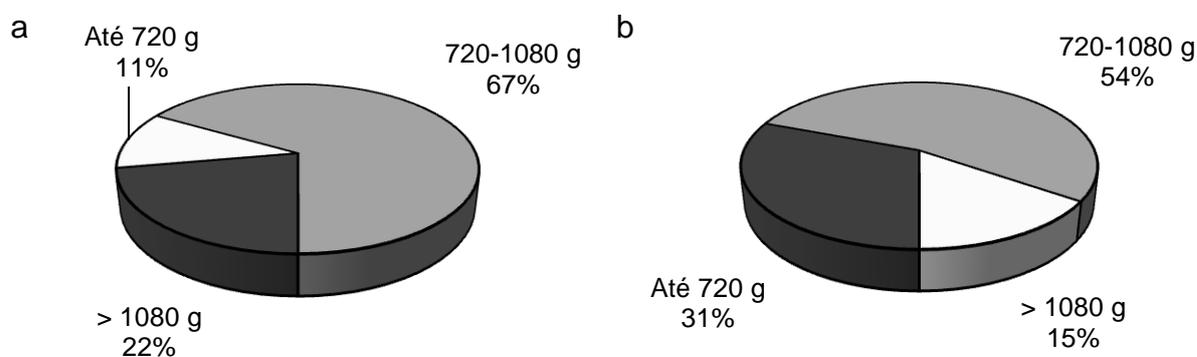


Figura 5 - Dose (g e.a. ha<sup>-1</sup>) de glyphosate utilizada em lavouras de soja Roundup Ready®, na dessecação (a) e pós-emergência (b), com ocorrência de *Eleusine* spp. com suspeita de resistência a este herbicida, no Estado do Rio Grande do Sul. Capão do Leão, 2011.

Doses de glyphosate abaixo das recomendadas, compreendidas entre 150 e 350 g e.a. ha<sup>-1</sup>, selecionaram população de *Lolium rigidum* resistente, após três ciclos de seleção (BUSI; POWLES, 2009). Foi sugerido que este mecanismo deu-se pelo fato de que subdoses de glyphosate cessam a biossíntese de flavonoides nas plantas tratadas com este herbicida, e que, aliado ao conhecimento do papel fundamental destes compostos no bloqueamento da radiação ultravioleta, pode ser gerado grande número de mutações, algumas das quais originando a resistência (GRESSEL, 2011). Entretanto, doses muito altas de herbicidas causam maior pressão de seleção, o que pode acelerar o surgimento, no campo, de biótipos de plantas daninhas resistentes, pois selecionam as plantas com maior grau de resistência.

Produtores de cultivos RR<sup>®</sup> classificaram como prática importante para reduzir o desenvolvimento da resistência a este herbicida a utilização de doses corretas do herbicida, na época e estágio das plantas daninhas adequados (GIVENS et al., 2011). Cabe salientar que foram poucos os registros de subdoses observadas neste estudo, o que leva a indícios de que esta prática não é responsável pelas falhas de controle de capim pé-de-galinha.

Os resultados obtidos neste trabalho demonstraram que a dose de 2160g e.a. ha<sup>-1</sup> de glyphosate controlou com eficiência todos os biótipos de capim pé-de-galinha avaliados com suspeita de resistência, em estágio entre quatro folhas e um afílio. Hipotetiza-se que a causa das falhas de controle observadas nas áreas onde as sementes foram coletadas sejam devido a outros fatores. Entre esses fatores destacam-se aqueles referentes à planta daninha, tal como o estágio em que as plantas recebem o herbicida, ao manejo destas áreas, como a utilização intensiva do herbicida glyphosate e ausência de rotação de culturas, associados à tecnologia de aplicação como: volume de calda, umidade relativa do ar e temperatura no momento da aplicação. Além disso, não se pode descartar a possibilidade da ocorrência de resistência de nível baixo de capim pé-de-galinha ao glyphosate.

Outros estudos devem ser realizados para a identificação das causas das falhas de controle apresentadas pelo glyphosate em capim pé-de-galinha. Todavia, é possível afirmar que a ausência de rotação de culturas nas áreas e a intensa utilização do herbicida glyphosate exercem alta pressão de seleção de biótipos resistentes.

## 2.4 Conclusões

Biótipos de capim pé-de-galinha são controlados pelo herbicida glyphosate, na dose de 2160 g e.a. ha<sup>-1</sup>, evidenciando que tais biótipos não possuem resistência a este herbicida.

A espécie de capim pé-de-galinha com ocorrência predominante nas lavouras de soja RR<sup>®</sup> do RS é *Eleusine indica*

As práticas agronômicas utilizadas pelos produtores pesquisados exercem alta pressão de seleção, sendo as principais a ausência de rotação de culturas e aplicações repetidas de glyphosate.

### **3 CAPÍTULO II – Resposta de capim pé-de-galinha (*Eleusine indica* (L.) Gaertn) à aplicação de glyphosate em diferentes doses, estádios de crescimento e alternativas de controle químico para a espécie**

#### **3.1 Introdução**

O manejo de plantas daninhas representa prática importante nos sistemas de produção agrícola que buscam aumentar a produtividade. As plantas daninhas competem com as culturas pelos recursos do ambiente causando impactos negativos na produção. Neste contexto, os herbicidas surgem como alternativa ao agricultor para manter as culturas livres de competição e proporcionar controle das espécies daninhas. Contudo, o uso exclusivo do controle químico tem resultado em crescente número de plantas daninhas resistentes.

Os fatores que mais influenciam na seleção de biótipos de plantas daninhas resistentes a herbicidas são a intensidade de uso, a eficiência e a persistência no ambiente do herbicida, a especificidade do mecanismo de ação, e a baixa eficiência dos métodos de controle alternativos utilizados em comparação aos métodos químicos (LAMEGO; VIDAL, 2008; ROMAN et al., 2004; ZELAYA; OWEN; VANGESSEL, 2004). O uso de glyphosate há mais de trinta anos para o manejo de plantas daninhas, intensificado com as culturas transgênicas, resultou no surgimento de plantas daninhas resistentes a este herbicida.

Devido às falhas de controle de capim pé-de-galinha (*Eleusine indica*) observadas em lavouras de soja tratadas com glyphosate suspeita-se que esta espécie adquiriu resistência a este herbicida. Entretanto, para confirmar a ocorrência da resistência há a necessidade de avaliar os biótipos suspeitos, sendo os estudos de curva de dose-resposta, determinação da dose necessária para promover o

controle de 50% da população ( $DL_{50}$ ) e dose necessária para reduzir em 50% a produção de massa seca da população ( $GR_{50}$ ) os mais adequados (GAZZIERO et al., 2009). 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).

Para espécies resistentes ao glyphosate o FR é variável, sendo observados valores de 2,0 a mais de 10,0 (POWLES; YU, 2010). Foram verificados FR de 5,3 e 3,1 para duas populações de *Lolium rigidum* resistentes ao glyphosate (KAUNDUN et al., 2011). Biótipo de *Eleusine indica* com resistência ao glyphosate, oriundo da Malásia, apresentou FR entre 8,0 e 12,0 (LEE; NGIM, 2000), enquanto que para o biótipo oriundo dos Estados Unidos o valor foi de 3,1 (MUELLER et al., 2011). Alterações desta variável podem ser devidas ao estágio de crescimento em que a planta recebe a aplicação do herbicida e ao mecanismo que confere a resistência.

O estágio de crescimento da planta interfere na eficiência dos herbicidas, sendo que plantas jovens são mais sensíveis e assim mais facilmente controladas do que plantas em estádios mais avançados (SILVA; FERREIRA, A.; FERREIRA, L., 2007). O mesmo vale para plantas resistentes, ou seja, o estágio vegetativo pode alterar a resposta ao herbicida, como no caso de *Conyza canadensis* resistente ao glyphosate, cujo controle quando da aplicação do herbicida em estágio de plântula foi próximo a 100%, enquanto que aplicações tardias proporcionaram controle insatisfatório (VANGESSEL et al., 2009). Aplicação de glyphosate em estágio de dez folhas em *Conyza* spp. resultou em controle 10% maior quando comparado com aplicação no pré-florescimento (MOREIRA et al., 2010). Deste modo, deve-se priorizar a aplicação do herbicida na época adequada, que proporciona melhor resposta.

Ainda assim, medidas complementares ao manejo com o herbicida cuja população apresenta resistência devem ser adotadas, podendo-se realizá-las através da aplicação de herbicidas com outros mecanismos de ação. A associação de herbicidas e utilização de herbicidas com mecanismos de ação diferentes são preconizadas para o manejo de plantas daninhas resistentes ao glyphosate (JOHNSON; GIBSON, 2006; SHANER, 2000; VARGAS et al., 2009). Para o controle de *Amaranthus palmeri* resistente ao glyphosate na cultura da soja Roundup Ready® (RR®), a aplicação de flumioxazin, s-metolachlor e chlorimurrom em pré-emergência,

e fomesafen em pré ou pós-emergência são alternativas eficientes de controle (WHITAKER et al., 2010). A associação de diuron com paraquat e glyphosate, em pré-semeadura da soja, apresentou eficiência para *Conyza bonariensis* resistente ao glyphosate, mesmo sob alta infestação da planta daninha (PAULA et al., 2011). Desta forma, à exemplo do que existe para estas plantas daninhas, alternativas para o manejo das plantas de capim pé-de-galinha que sobreviveram ao controle de glyphosate devem ser desenvolvidas e indicadas aos produtores.

Este trabalho teve como hipóteses que os biótipos de capim pé-de-galinha que sobreviveram ao controle com glyphosate em lavouras de soja do Rio Grande do Sul (RS) não são resistentes ao glyphosate, e que as falhas de controle ao herbicida observadas são relativas a outros fatores, tal como o estágio de crescimento das plantas, e que estes biótipos são controlados por herbicidas com outros mecanismos de ação. Diante disso, os objetivos deste trabalho foram determinar a DL<sub>50</sub> e GR<sub>50</sub> de dois biótipos de *Eleusine indica* com suspeita de resistência ao herbicida glyphosate para a confirmação desta, avaliar a resposta destes biótipos a aplicações do herbicida em diferentes estádios de crescimento, relacionar os fatores envolvidos nas falhas de controle da espécie pelo glyphosate, e propor alternativas de controle químico.

### 3.2 Material e Métodos

Foram realizados três experimentos, no período de outubro a dezembro de 2011, em casa de vegetação pertencente ao Departamento de Fitossanidade, da Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” (FAEM), da Universidade Federal de Pelotas (UFPeI). Os experimentos foram: curva de dose-resposta, épocas de aplicação de glyphosate e controle alternativo.

Para a realização dos experimentos, foi realizada a superação da dormência das sementes através de escarificação mecânica (DAL MAGRO et al., 2010). A instalação dos experimentos deu-se através da semeadura de três sementes de capim pé-de-galinha vaso<sup>-1</sup>, com capacidade para 0,5L contendo solo do tipo Argissolo Vermelho-Amarelo peneirado, com posterior desbaste para atingir população de duas plantas vaso<sup>-1</sup>. A adubação de correção foi realizada dois dias antes da semeadura, utilizando-se dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de adubo da fórmula 5-25-25

(N-P-K) de acordo com análise de solo e a recomendação para a cultura da soja (COMISSÃO ..., 2004).

O experimento de curva de dose-resposta foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os tratamentos foram arranjos em esquema fatorial cujo fator A constou dos biótipos 12.1 e 12.3, selecionados no primeiro estudo (tab. 1, Cap. I), oriundos do Município de Boa Vista do Incra, além de biótipo conhecidamente suscetível; e o fator B testou diferentes doses do herbicida glyphosate, sendo elas: 0; 6,25; 12,5; 25; 75; e 100% da dose máxima de registro do herbicida, que representaram 0; 135; 270; 540; 1080; 1620; e 2160 g e.a. ha<sup>-1</sup>, respectivamente. A escolha do biótipo 12.3 decorreu do fato de este apresentar o menor controle pela aplicação glyphosate (tab. 1, Cap. I). Já o biótipo 12.1 foi escolhido por ser oriundo da mesma área, e ter grande quantidade de sementes disponível.

A aplicação dos tratamentos foi realizada 27 dias após a semeadura, quando as plantas estavam em estágio de quatro folhas a um afilho. Para isso, foi utilizado pulverizador costal, pressurizado a CO<sub>2</sub>, com pontas do tipo leque 110.015, que proporcionaram volume de aplicação de 150L ha<sup>-1</sup>. As variáveis analisadas foram controle aos 10, 20 e 30 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT) e massa seca da parte aérea (MS) aos 30 DAT.

A avaliação de controle foi realizada utilizando-se escala percentual, onde zero representou ausência de sintomas e cem a morte das plantas (FRANS et al., 1986). Para a determinação da MS, realizou-se a coleta do material com posterior secagem em estufa de circulação forçada de ar a 60°C até obter-se massa constante, quando o material foi pesado e o valor transformado para MS planta<sup>-1</sup>. Posteriormente realizou-se a conversão para valores percentuais, comparando-se a MS obtida nos tratamentos que receberam herbicida com a testemunha, considerada 100%.

Os dados obtidos foram analisados quanto à sua normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e homocedasticidade (teste de Hartley), e posteriormente foram submetidos à análise da variância ( $p \leq 0,05$ ). Quando constatada significância estatística, realizou-se a análise por regressão não linear sigmoidal do tipo logístico, conforme segue:

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

onde:  $y$  = porcentagem de controle ou de redução de MS;  $x$  = 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.

Os valores de  $DL_{50}$  e  $GR_{50}$  foram obtidos através do cálculo aritmético do valor necessário para promover 50% da resposta, de acordo com os parâmetros gerados nas equações das curvas. A partir dos valores de  $DL_{50}$  e  $GR_{50}$ , obtiveram-se os FR para cada biótipo suspeito de resistência em comparação com o suscetível. Para a utilização do FR, foi necessário verificar o intervalo de confiança ( $p \geq 0,95$ ) do biótipo suscetível em relação aos demais. A sobreposição do intervalo de confiança do biótipo suscetível em relação aos resistentes avaliados indica que não ocorreu diferença significativa entre a  $DL_{50}$  e  $GR_{50}$  dos biótipos (AVILA et al., 2005).

O experimento de épocas de aplicação de glyphosate foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro repetições. Os tratamentos foram arranjos em esquema tri-fatorial,  $3 \times 3 \times 2$ , cujos fatores foram os biótipos de capim pé-de-galinha 12.1, 12.3 e suscetível; estádios de crescimento destas plantas, sendo eles duas folhas, quatro folhas e um ou dois afilhos; e, aplicação ou não do herbicida glyphosate. A aplicação do herbicida glyphosate deu-se conforme descrito no experimento anterior, na dose de  $1080 \text{ g e.a. ha}^{-1}$ , aos 22, 25 e 36 dias após a semeadura nos estádios de duas, quatro folhas e um ou dois afilhos, respectivamente. As variáveis analisadas foram controle aos 10, 20 e 30 DAT e MS aos 30 DAT, à semelhança do procedido no experimento de curva de dose-resposta.

Os dados foram analisados quanto à sua normalidade e homocedasticidade, testes de Shapiro-Wilk e Hartley, respectivamente, com posterior análise da variância ( $p \leq 0,05$ ). Quando foi observada significância estatística, foi realizado teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para os fatores biótipo e estádios de crescimento, e teste t ( $p \leq 0,05$ ) para o fator aplicação de glyphosate.

Para o experimento de controle alternativo dos biótipos de capim pé-de-galinha, foi utilizado o delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial em que o fator A testou os biótipos de capim pé-de-galinha 12.1, 12.3 e suscetível; e o fator B herbicidas, sendo eles: clethodim ( $108 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ ); fluazifop-p-butyl ( $187,5 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ ); clomazone ( $720 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ ); amonim-glufosinate ( $300 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ ); e, glyphosate ( $1080 \text{ g e.a. ha}^{-1}$ ). No herbicida

clethodim foi adicionado à calda adjuvante óleo mineral, na proporção de 0,05%. A aplicação dos tratamentos ocorreu da mesma maneira dos demais experimentos, aos 25 dias após a semeadura, quando as plantas estavam em estágio de quatro folhas a um afilho.

A variável analisada foi controle aos 9, 18 e 27 DAT, conforme descrito no experimento de curva de dose-resposta. Os dados obtidos foram analisados quanto à normalidade e homocedasticidade (teste de Shapiro-Wilk e Hartley, respectivamente), e posteriormente foram submetidos à análise da variância ( $p \leq 0,05$ ). Em caso de significância estatística, compararam-se as médias pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

### 3.3 Resultados e Discussão

Verificou-se interação entre os fatores estudados para todas as variáveis analisadas, em todos os experimentos. Os testes de normalidade e homocedasticidade indicaram não ser necessária a transformação dos dados.

Para o experimento de curva de dose-resposta, observou-se ajuste dos dados à equação de regressão sigmoidal do tipo logístico, para todas as variáveis analisadas, exceto para controle do biótipo 12.1 aos 10 DAT (Fig. 6, 7, 8, e 9).

De maneira geral, pode-se observar menor controle dos biótipos de capim pé-de-galinha suspeitos de resistência ao herbicida glyphosate em comparação com o biótipo conhecidamente suscetível para as doses acima de 270 g e.a. ha<sup>-1</sup> (Fig. 6, 7 e 8). Contudo, aos 20 DAT é possível perceber que na dose de 1080 g e.a. ha<sup>-1</sup> o controle de todos os biótipos foi superior a 90%, o que também foi observado aos 30 DAT (Fig. 7 e 8).

Em biótipos de *Euphorbia heterophylla* tolerantes ao glyphosate, a dose de 720 g e.a. ha<sup>-1</sup> foi suficiente para proporcionar a morte das plantas (NOHATTO, 2010; VARGAS et al., 2011). Entretanto, para biótipos de *Conyza bonariensis* e *Lolium multiflorum* resistentes ao glyphosate, as doses de 1200 e 1440 g e.a. ha<sup>-1</sup>, respectivamente, não foram suficientes para o controle destas plantas (LAMEGO; VIDAL, 2008; ROMAN et al., 2004; VARGAS et al., 2007).

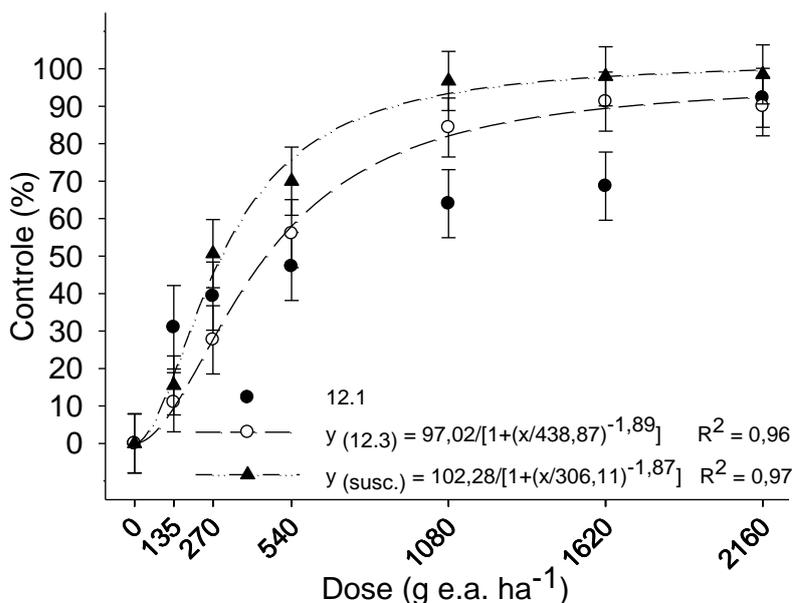


Figura 6 - Controle (%) de biótipos de *Eleusine indica* com suspeita de resistência ao glyphosate, 12.1 (●) e 12.3 (○), e suscetível (▲), aos dez dias após a aplicação de diferentes doses do herbicida (0, 135, 270, 540, 1080, 1620 e 2160 g e.a. ha<sup>-1</sup>). Capão do Leão, 2011. Os pontos representam os valores e as barras os respectivos intervalos de confiança da média. Coeficiente de variação (%) = 15,22.

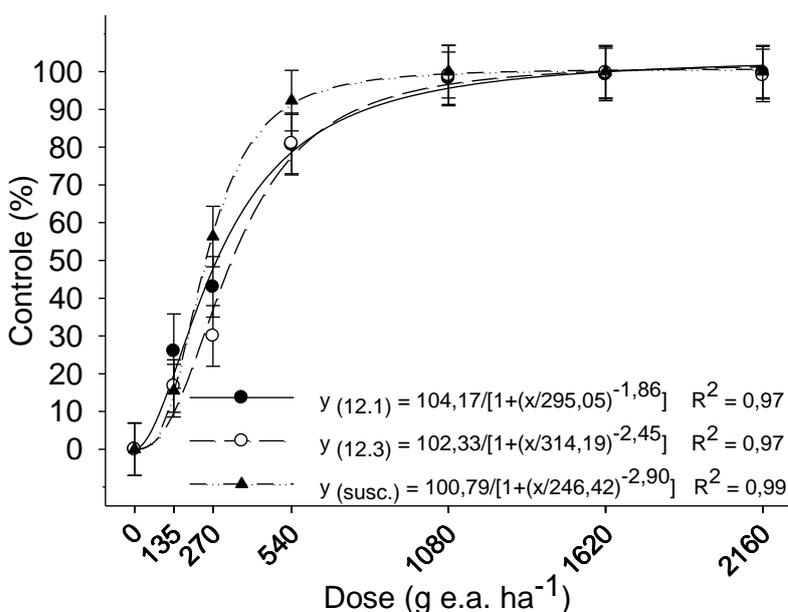


Figura 7 - Controle (%) de biótipos de *Eleusine indica* com suspeita de resistência ao glyphosate, 12.1 (●) e 12.3 (○), e suscetível (▲), aos vinte dias após a aplicação de diferentes doses do herbicida (0, 135, 270, 540, 1080, 1620 e 2160 g e.a. ha<sup>-1</sup>). Capão do Leão, 2011. Os pontos representam os valores e as barras os respectivos intervalos de confiança da média. Coeficiente de variação (%) = 10,80.

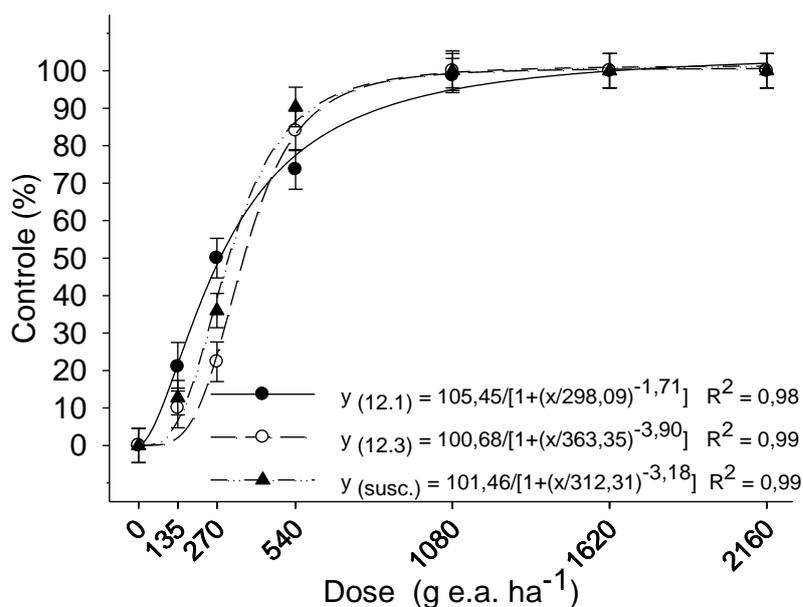


Figura 8 - Controle (%) de biótipos de *Eleusine indica* com suspeita de resistência ao glyphosate, 12.1 (●) e 12.3 (○), e suscetível (▲), aos trinta dias após a aplicação de diferentes doses do herbicida (0, 135, 270, 540, 1080, 1620 e 2160 g e.a. ha<sup>-1</sup>). Capão do Leão, 2011. Os pontos representam os valores e as barras os respectivos intervalos de confiança da média. Coeficiente de variação (%) = 7,26.

Para biótipo de *Eleusine indica* com resistência ao mesmo herbicida, a dose de 840 g e.a. ha<sup>-1</sup> recomendada para o manejo da espécie, proporcionou menos de 50% de controle, entretanto acima de 1680 g e.a. ha<sup>-1</sup> foi observado controle próximo a 100% (MUELLER et al., 2011). Cabe salientar que para as doses de glyphosate utilizadas pela maioria dos produtores em lavouras de soja no RS, situadas entre 720 e 1080 g e.a. ha<sup>-1</sup> (Fig. 5, Cap. I), o controle dos biótipos estudados foi superior a 85%. Contudo, se considerarmos a ocorrência de altas infestações, comuns para espécies liliopsidas, o nível de controle de 85% pode não ser adequado, e as falhas de controle podem ser explicadas dessa forma. Neste caso, os produtores estariam selecionando os biótipos com maior tolerância, levando a população a exigir, a cada ano, uma dose maior de glyphosate para obter-se controle satisfatório.

Observando-se os valores de DL<sub>50</sub> e considerando-se o nível de 5% de probabilidade, a DL<sub>50</sub> do biótipo 12.3 teve efeito significativo em todas as épocas de avaliação, comparando-se com o biótipo suscetível (tab. 2). Já, o biótipo 12.1 apresentou efeito significativo aos 20 e 30 DAT e o valor obtido na última avaliação

foi menor do que o encontrado para a  $DL_{50}$  do biótipo suscetível. Este resultado pode ser atribuído ao fato de que o biótipo 12.1, nas menores doses, apresentou controle superior aos demais biótipos, mesmo que em alguns casos esta resposta não teve efeito significativo (Fig. 7 e 8).

Tabela 2 - Dose necessária para controlar 50% da população ( $DL_{50}$ ) e fator de resistência (FR) de biótipos de *Eleusine indica* com suspeita de resistência ao glyphosate, 12.1 e 12.3, e suscetível, em resposta à aplicação de diferentes doses do herbicida (0, 135, 270, 540, 1080, 1620 e 2160 g e.a.  $ha^{-1}$ ). Capão do Leão, 2011

Biótipo	$DL_{50}$ (g e.a. $ha^{-1}$ )	Fator de Resistência (FR) <sup>1</sup>
10 DAT <sup>2</sup>		
12.1	-	-
12.3	453 (406-500) <sup>3</sup>	1,52 <sup>*4</sup>
Suscetível	299 (276-322)	-
20 DAT		
12.1	283 (259-306)	1,15*
12.3	335 (313-357)	1,37*
Suscetível	245 (237-253)	-
30 DAT		
12.1	281 (261-300)	0,91*
12.3	362 (350-374)	1,17*
Suscetível	309 (301-318)	-

<sup>1</sup> Fator de resistência ao herbicida glyphosate obtido pela divisão da  $DL_{50}$  dos biótipos em relação ao biótipo suscetível. <sup>2</sup> Dias após o tratamento. <sup>3</sup> Valores entre parênteses são relativos ao intervalo de confiança em nível de 95%, da média. <sup>4</sup> \* indica diferença significativa, caracterizada pela não sobreposição do intervalo de confiança da  $DL_{50}$  do biótipo suscetível em relação ao biótipo avaliado.

Os resultados observados no presente estudo foram semelhantes aos encontrados no biótipo suscetível de *Eleusine indica* ( $396 \pm 235$  g e.a.  $ha^{-1}$ ) em estudo de identificação da resistência desta espécie na Malásia, onde o biótipo resistente apresentou valor de  $DL_{50}$  ao redor de 4500 g e.a.  $ha^{-1}$  (LEE; NGIM, 2000). Em *Lolium rigidum* resistente ao glyphosate a  $DL_{50}$  encontrada foi semelhante à observada para o biótipo 12.3, entretanto na dose de 860 g e.a.  $ha^{-1}$  mais de 10% das plantas sobreviveram à aplicação do herbicida (KAUNDUN et al., 2011). Assim, os dados obtidos podem ser considerados similares aos encontrados em outros estudos de avaliação da resistência ao glyphosate.

Baseando-se no resultado obtido dos valores do FR, calculado a partir da  $DL_{50}$ , pode-se inferir que o biótipo de capim pé-de-galinha 12.1 não apresenta resistência ao glyphosate visto que apresentou valor inferior a 1,0 na última

avaliação (tab. 2). Para um biótipo ser considerado resistente, ele deve sobreviver, após exposição ao herbicida, e apresentar desempenho superior ao suscetível, evidenciada através da relação resistente:suscetível (GAZZIERO et al., 2009). Já, o biótipo 12.3 pode ser considerado resistente, pois os valores do FR foram superiores a 1,0 em todas as épocas de avaliação (tab. 2).

O FR de biótipos de *Eleusine indica* resistentes ao glyphosate esteve entre 7,0 e 12,0, baseando-se na  $DL_{50}$  dos biótipos (LEE; NGIM, 2000; MUELLER et al., 2011). Contudo, é mais comum verificar-se FR ao herbicida glyphosate que variam de 2,0 a 5,0, dependendo da espécie estudada (KAUNDUN et al., 2008; KAUNDUN et al., 2011; LAMEGO; VIDAL, 2008). Assim, de acordo com o resultado obtido, pode-se considerar que o biótipo de capim pé-de-galinha 12.3 apresenta resistência de nível baixo, considerando o baixo valor do FR aos 30 DAT (1,17) e devido ao fato de na dose máxima de registro do herbicida ocorrer a morte das plantas (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO, 2008; GAZZIERO et al., 2009; STECKEL et al., 2008).

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 agronômica 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-se considerar os biótipos resistentes. Para isso, definiu-se resistência de nível baixo ou acadêmica aquela que não leva em consideração a dose recomendada do herbicida, ou seja, havendo diferenças entre os biótipos em doses abaixo da registrada (constante na bula), como no caso deste estudo, pode-se considerar o biótipo com resistência de nível baixo ao herbicida (GAZZIERO et al., 2009; HEAP, 2010; CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO, 2008).

Os dados de MS corroboram com os resultados obtidos para controle, em que nas doses acima de 540 g e.a.  $ha^{-1}$ , ambos os biótipos com suspeita de resistência, 12.1 e 12.3, apresentaram MS maior que a do biótipo suscetível (Fig. 9). A partir da dose de 1080 g e.a.  $ha^{-1}$  não houve diferença entre biótipos e os valores aproximaram-se de zero, confirmando a eficiência de controle do herbicida nestas doses (Fig. 9).

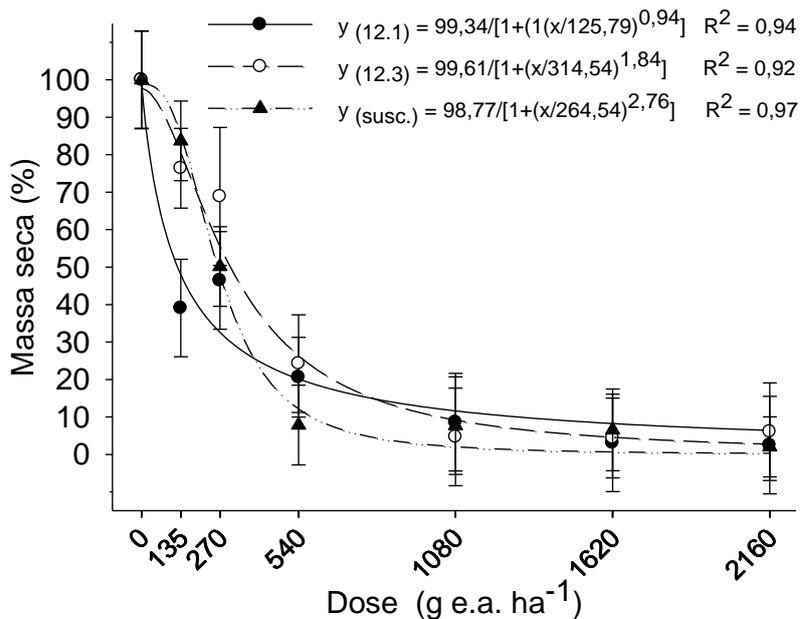


Figura 9 - Massa seca da parte aérea (%) de biótipos de *Eleusine indica* com suspeita de resistência ao glyphosate, 12.1 (●) e 12.3 (○), e suscetível (▲) aos trinta dias após a aplicação de diferentes doses do herbicida (0, 135, 270, 540, 1080, 1620 e 2160 g e.a. ha<sup>-1</sup>). Capão do Leão, 2011. Os pontos representam os valores e as barras os respectivos intervalos de confiança da média. Coeficiente de variação (%) = 23,58.

Os valores de GR<sub>50</sub> encontrados evidenciaram que não houve diferença entre o biótipo 12.3 e o suscetível, e para o biótipo 12.1, embora tenha havido diferença em relação ao suscetível, a GR<sub>50</sub> foi inferior, à semelhança do obtido para avaliação de controle aos 30 DAT (tab. 3). O FR baseado na GR<sub>50</sub> confirmou que o biótipo 12.1 não possui resistência ao herbicida glyphosate, pois apresentou valor inferior a 1,0 (tab. 3). No entanto, para o biótipo 12.3, mesmo não havendo diferença significativa entre os valores de GR<sub>50</sub>, pode-se observar que este valor foi 26% superior ao do biótipo suscetível, confirmando as evidências da resistência de nível baixo deste biótipo.

A GR<sub>50</sub> dos biótipos de *Eleusine indica* resistentes ao glyphosate foi de 261 g e.a. ha<sup>-1</sup> (MUELLER, et al., 2011). Resultado semelhante foi encontrado em outro biótipo resistente, cujo valor de GR<sub>50</sub> foi de 227 g e.a. ha<sup>-1</sup> (KAUNDUN et al., 2008). Estes valores foram muito próximos dos encontrados neste estudo indicando que, mesmo não havendo diferença significativa entre o biótipo 12.3 e o suscetível, há evidências que permitem afirmar que este biótipo possui resistência de nível baixo.

Tabela 3 - Dose necessária para reduzir 50% a produção de massa seca da parte aérea (GR<sub>50</sub>) e fator de resistência (FR) de biótipos de *Eleusine indica* com suspeita de resistência ao glyphosate, 12.1 e 12.3, e suscetível, em resposta à aplicação de diferentes doses do herbicida (0, 135, 270, 540, 1080, 1620 e 2160 g e.a. ha<sup>-1</sup>). Capão do Leão, 2011

Biótipo	GR <sub>50</sub> (g e.a. ha <sup>-1</sup> )	Fator de Resistência (FR) <sup>1</sup>
12.1	124 (102-146) <sup>2</sup>	0,47 <sup>*3</sup>
12.3	313 (273-353)	1,19 <sup>ns</sup>
Suscetível	262 (248-276)	-

<sup>1</sup> Fator de resistência ao herbicida glyphosate obtido pela divisão da GR<sub>50</sub> dos biótipos em relação ao biótipo suscetível. <sup>2</sup> Valores entre parênteses são relativos ao intervalo de confiança em nível de 95%, da média. <sup>3</sup> \* ou <sup>ns</sup> indicam diferença significativa e não significativa caracterizada pela sobreposição ou não, respectivamente, do intervalo de confiança da GR<sub>50</sub> do biótipo suscetível em relação ao biótipo avaliado.

Haja vista que são frequentes os relatos de falhas de controle de capim pé-de-galinha ao glyphosate em lavouras de soja do RS, e que a dose de 1080 g e.a. ha<sup>-1</sup> controla eficientemente estas plantas em condições controladas, outro fator deve ser responsável por este panorama. Assim, hipotetizou-se que a época de aplicação de glyphosate poderia ser a responsável por esta realidade.

Quando as plantas de capim pé-de-galinha receberam a aplicação de glyphosate em estágio de duas folhas o controle foi satisfatório, próximo ou igual a 100% em todas as avaliações, enquanto que quando a aplicação foi realizada nos estádios de quatro folhas e de um ou dois afilhos, mesmo o biótipo conhecidamente suscetível apresentou redução de controle (tab. 4). Para a variável MS, em geral, não houve diferença significativa entre os biótipos, confirmando que mesmo o biótipo suscetível em estádios mais avançados não apresenta significativa redução de parte aérea.

Apenas para as plantas que receberam o herbicida em estágio de um ou dois afilhos, aos 30 DAT, houve diferença significativa entre os biótipos 12.1 e 12.3 e o biótipo suscetível (tab. 4). Diante disso, existe a possibilidade desta ser a causa das falhas de controle de capim pé-de-galinha ao glyphosate em lavouras de soja, visto que a maioria dos produtores realiza apenas uma aplicação em pós-emergência da cultura (Fig. 4, Cap. I), momento em que as plantas podem estar em diferentes estádios vegetativos e, algumas podem estar em estágio de menor sensibilidade ao glyphosate, sobrevivendo ao herbicida.

Tabela 4 - Controle (%) e massa seca da parte aérea planta<sup>-1</sup> (g) de biótipos de *Eleusine indica* com suspeita de resistência ao glyphosate, 12.1 e 12.3, e suscetível, em resposta à aplicação do herbicida na dose de 1080 g e.a. ha<sup>-1</sup> em diferentes estádios de crescimento. Capão do Leão, 2011

Biótipo	Época de Aplicação					
	Duas folhas		Quatro folhas		Um ou dois afilhos	
	Com glyphosate	Sem glyphosate	Com glyphosate	Sem glyphosate	Com glyphosate	Sem glyphosate
Controle aos 10 DAT <sup>1</sup>						
12.1	99 * <sup>2</sup> A <sup>3</sup> a	0 A a	75 * B b	0 A a	45 * A c	0 A a
12.3	100 * A a	0 A a	97 * A a	0 A a	40 * A b	0 A a
Suscetível	100 * A a	0 A a	94 * A a	0 A a	44 * A b	0 A a
CV (%) <sup>4</sup>	10,14					
Controle aos 20 DAT						
12.1	100 * A a	0 A a	83 * B b	0 A a	74 * B c	0 A a
12.3	100 * A a	0 A a	92 * A b	0 A a	70 * B c	0 A a
Suscetível	100 * A a	0 A a	93 * A b	0 A a	88 * A b	0 A a
CV (%)	8,75					
Controle aos 30 DAT						
12.1	100 * A a	0 A a	70 * B c	0 A a	80 * B b	0 A a
12.3	100 * A a	0 A a	87 * A b	0 A a	74 * C c	0 A a
Suscetível	100 * A a	0 A a	92 * A b	0 A a	93 * A b	0 A a
CV (%)	9,89					
Massa seca da parte aérea planta <sup>-1</sup>						
12.1	0,0082 * A	0,2011 A	0,0343 * A	0,2105 AB	0,0924 * B	0,2769 A
12.3	0,0056 * A	0,2328 A	0,0135 * A	0,2253 A	0,1995 * A	0,2544 A
Suscetível	0,0047 * A	0,2246 A	0,0205 * A	0,1618 B	0,0879 * B	0,2789 A
CV (%)	26,47					

<sup>1</sup> Dias após o tratamento. <sup>2</sup> \* indica diferença significativa, pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ), para aplicação ou não de glyphosate, comparados na linha. <sup>3</sup> Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna, comparando biótipos, e minúsculas na linha, comparando estádios de crescimento, não diferem significativamente pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ). <sup>4</sup> Coeficiente de variação.

O efeito da época de aplicação de herbicidas em capim pé-de-galinha também foi observado em plantas tolerantes ao herbicida quinclorac. Plantas de *Eleusine indica* foram mais sensíveis ao quinclorac quando receberam a aplicação do herbicida em estágio de uma ou duas folhas, comparativamente com as plantas cujo herbicida foi aplicado em estágio de três ou quatro folhas e um ou dois afilhos, confirmando que a espécie possui capacidade diferencial de metabolização do herbicida de acordo com a fase do crescimento (ZAWIERUCHA; PENNER, 2001). Entretanto, casos de capacidade de metabolismo diferencial desta espécie ao glyphosate não foram encontradas na literatura.

Uma vez que existem falhas de controle de determinada espécie a um herbicida, alternativas de manejo são relevantes para impedir a dispersão e que assim estas plantas se tornem limitantes à produção. A rotação do mecanismo de ação utilizado para o controle destas plantas pode ser uma alternativa viável.

O experimento de controle alternativo de capim pé-de-galinha evidenciou não haver diferença significativa entre os herbicidas testados para o controle dos biótipos avaliados, apresentando, em geral, controle acima de 84% aos 27 DAT (tab. 5). O menor controle do biótipo 12.1 pode ser atribuído ao fato de que no momento da aplicação dos herbicidas as plantas deste biótipo apresentavam-se em estágio de crescimento mais avançado em relação aos demais, resultando em controle inferior.

Tabela 5 - Controle (%), aos 9, 18 e 27 dias após a aplicação do tratamento, de biótipos de *Eleusine indica* com suspeita de resistência ao glyphosate, 12.1 e 12.3, e suscetível, em resposta à aplicação de diferentes herbicidas. Capão do Leão, 2011

Herbicida	Biótipo					
	12.1		12.3		Suscetível	
Clethodim	74	A <sup>2</sup> a	74	B a	70	B a
Fluazifop-p-butyl	90	A a	91	A a	76	B a
Clomazone	82	A a	86	AB a	80	AB a
Amonium-glufosinate	90	A a	99	A a	96	A a
Glyphosate	76	A a	85	AB a	94	A a
CV (%) <sup>3</sup>	7,87					
Herbicida	18 DAT					
	12.1		12.3		Suscetível	
Clethodim	89	A a	88	B a	87	A a
Fluazifop-p-butyl	99	A a	98	A a	93	A a
Clomazone	85	A a	88	A a	86	A a
Amonium-glufosinate	84	A a	100	A a	98	A a
Glyphosate	77	A b	94	AB a	99	A a
CV (%)	8,26					
Herbicida	27 DAT					
	12.1		12.3		Suscetível	
Clethodim	96	A a	98	A a	95	A a
Fluazifop-p-butyl	100	A a	100	A a	95	A a
Clomazone	90	AB a	94	A a	84	A a
Amonium-glufosinate	85	AB a	100	A a	100	A a
Glyphosate	65	B b	96	A a	100	A a
CV (%)	9,77					

<sup>1</sup> Dias após o tratamento. <sup>2</sup> Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). <sup>3</sup> Coeficiente de variação.

Os herbicidas clethodim e fluazifop-p-butyl (inibidores da acetil-CoA carboxilase - ACCase) e amonium-glufosinate mostram-se eficientes para o controle dos biótipos de capim pé-de-galinha (tab. 5). De forma semelhante, outro estudo apontou que os herbicidas clethodim e amonium-glufosinate proporcionaram controle eficiente desta espécie, sendo que o primeiro foi eficiente em plantas de até seis afilhos (BURKE et al., 2005). Entretanto, existem relatos de *Eleusine indica* com resistência aos inibidores da ACCase (DAL MAGRO; AGOSTINETTO; VARGAS, 2009; SENG et al., 2010; VIDAL et al., 2006), apontando o risco da resistência caso haja alta pressão de seleção. O amonium-glufosinate pode ainda ser alternativo para a utilização em rotação de culturas, visto que existem disponíveis no mercado genótipos de milho geneticamente modificado com a característica de resistência a este herbicida.

O fato de a aplicação de clomazone ter sido realizada em pós-emergência pode ter proporcionado menor eficiência deste herbicida, uma vez que possui maior eficácia sobre esta espécie quando aplicado em pré-emergência (tab. 5). Outros herbicidas pré-emergentes da cultura da soja com recomendação para o controle de *Eleusine indica* são alachlor, sulfentrazone e s-metolachlor (AGROFIT, 2012; REUNIÃO ..., 2010). O uso de herbicidas com efeito residual é estratégia eficiente recomendada para o manejo de plantas daninhas resistentes ao glyphosate em lavouras de soja RR<sup>®</sup> nos Estados Unidos (OWEN et al., 2011).

Embora o controle de plantas daninhas na cultura da soja RR<sup>®</sup> seja realizada quase que exclusivamente com glyphosate, deve-se tomar os devidos cuidados para evitar o surgimento de novos casos de resistência a este herbicida, que podem inviabilizar esta tecnologia ao longo do tempo. Portanto, a preocupação com as falhas de controle de *Eleusine indica* são pertinentes, e os resultados deste trabalho indicam resistência de nível baixo que pode evoluir para resistência, se as práticas de manejo desta espécie não forem alteradas.

Tem sido argumentado que a resistência de nível baixo ao glyphosate pode ser superada através do ajuste da dose do herbicida para níveis superiores (OWEN et al., 2011). Contudo, o uso de doses maiores acarretará no aumento da pressão de seleção, podendo assim, os biótipos evoluírem para a resistência em curto espaço de tempo. Além disso, a sensibilidade das plantas desta espécie ao glyphosate é diferencial e dependente do estágio de crescimento das mesmas. Assim, as falhas de controle de capim pé-de-galinha observadas não podem ser

atribuídas somente à ocorrência de resistência de nível baixo, havendo outros fatores envolvidos como a dose utilizada, o estágio de crescimento das plantas, fatores relativos à tecnologia de aplicação, entre outros.

É recomendável que os produtores utilizem alternativas de controle envolvendo a aplicação de herbicidas alternativos, como evidenciado neste trabalho, a fim de mitigar a evolução da resistência de capim pé-de-galinha ao glyphosate. Outra forma eficiente pode ser o uso de outras culturas que apresentem resistência a outros herbicidas, aliando-se assim, a rotação de culturas e de mecanismo de ação herbicida, como no caso de milho resistente ao amônio-glufosinate. Já, no caso de desejar-se utilizar o herbicida glyphosate, é necessário que os produtores estejam atentos ao estágio de crescimento das plantas de capim pé-de-galinha, para que não haja falhas de controle.

Deve-se ainda buscar elucidar o mecanismo da resistência de *Eleusine indica* ao glyphosate, visto que foram detectadas alterações de aminoácidos na enzima EPSPs que proporcionaram a resistência da espécie em outros biótipos, gerando, todavia, níveis de resistência superiores ao encontrado neste estudo (BAERSON et al., 2002; KAUNDUN et al., 2008; NG et al., 2003). Mesmo assim, é mais provável que a resistência seja devida à alteração no local de ação, pois este tipo de mecanismo proporciona menores níveis de resistência ao glyphosate (KAUNDUN et al., 2008; POWLES; YU, 2010), e o conhecimento deste mecanismo é importante para a caracterização da resistência da planta daninha.

### 3.4 Conclusões

Os valores de  $DL_{50}$  e  $GR_{50}$  evidencia que o biótipo de *Eleusine indica* 12.1 não é resistente ao glyphosate e que o biótipo 12.3 apresenta resistência de nível baixo.

O controle de *Eleusine indica* é superior quando as plantas recebem a aplicação do herbicida glyphosate em estágio vegetativo de duas folhas, sendo reduzido quando é realizado em estádios de crescimento mais avançados como um ou dois afilhos.

As falhas de controle observadas nas lavouras podem ser devido a diversos fatores tais como: uso de doses herbicidas com níveis de controle igual ou menor que 85%; aplicações realizadas com parte da população de plantas em estádios

avançados de desenvolvimento e assim menor sensibilidade ao glyphosate; e resistência de nível baixo.

Os herbicidas inibidores da ACCase clethodim e fluazifop-p-butyl, e o herbicida amoníum-glufosinate, são alternativas eficientes ao herbicida glyphosate no controle de *Eleusine indica*.

## **4 CAPÍTULO III – Avaliação da metabolização de glyphosate e caracterização anatômica de biótipos de capim pé-de-galinha (*Eleusine indica* (L.) Gaertn)**

### **4.1 Introdução**

O capim pé-de-galinha (*Eleusine indica*) é planta infestante de vários cultivos, podendo promover danos irreversíveis na produtividade da soja, principalmente quando compete nos estádios iniciais da cultura (BENEDETTI et al., 2009). Além de sua elevada capacidade competitiva, que interfere diretamente na produção das culturas, esta planta daninha tem apresentado elevado número de casos de resistência a herbicidas, sendo relatada a resistência de *Eleusine indica* a sete mecanismos de ação, em seis países (HEAP, 2012).

A resistência de plantas daninhas a herbicidas é um processo evolucionário que depende de fatores como a frequência dos genes de resistência, dominância destes genes, capacidade da espécie em produzir propágulos e dispersá-los, especificidade do local de ação do herbicida e sua atividade residual, e intensidade de uso de herbicidas, entre outros (POWLES; YU, 2010). O mecanismo pelo qual as plantas daninhas apresentam resistência aos herbicidas é importante e determina o nível da mesma (KAUNDUN et al., 2008; POWLES; YU, 2010), sendo dessa forma, o seu conhecimento essencial na caracterização da resistência.

Os mecanismos de resistência podem decorrer da alteração ou não do local de ação do herbicida (POWLES; PRESTON, 2006; POWLES; YU, 2010; VARGAS et al., 2009). 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 (POWLES; YU, 2010; VARGAS et al., 2009), ou ainda, pela super expressão da enzima alvo (GAINES et al., 2009; POWLES; YU, 2010).

Já, 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; LORRAINE-COLWILL et al., 2003; PEREZ-JONES et al., 2007; POWLES; YU, 2010).

Para o herbicida glyphosate, foram detectadas alterações no local de ação apenas em um local altamente conservado do gene da 5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintase (EPSPs), na posição Prolina-106 (BAERSON et al., 2002; KAUNDUN et al., 2011; NG et al., 2003; POWLES; YU, 2010). O primeiro caso detectado de alteração de aminoácidos conferindo resistência a este herbicida foi devido à alteração de prolina por serina em biótipo de *Eleusine indica* oriundo da Malásia (BAERSON et al., 2002). Posteriormente, na mesma espécie foi identificada a substituição de prolina por alanina, e por treonina e leucina em *Lolium* spp. (KAUNDUN et al., 2011; NG et al., 2003; POWLES; YU, 2010). Recentemente, outro mecanismo que envolve alteração do local de ação foi encontrado em plantas de *Amaranthus palmeri* referente a super expressão da EPSPs devido a amplificação do gene da enzima (GAINES et al., 2009).

Alterações na posição 106 da EPSPs conferem baixo nível de resistência ao herbicida glyphosate, gerando um fator de resistência na ordem de 2,0 a 4,0 vezes (KAUNDUN et al., 2008; KAUNDUN et al., 2011; POWLES; YU, 2010). Entretanto, quando a resistência a este herbicida não é devida a alteração no local de ação, os níveis de resistência têm sido mais elevados (KAUNDUN et al., 2008).

Nos casos de metabolização do herbicida, podem ocorrer ação do complexo Cyt-P450 monooxigenase ou glutathione S-transferase, cujas plantas adquirem a habilidade de decompor o herbicida mais rapidamente do que as sensíveis, tornando os herbicidas inativos antes que cheguem ao local de ação (ROSO; VIDAL, 2010). A inibição do complexo Cyt-P450 pela aplicação de malathion e amitrole evidenciou a resistência múltipla a chlorsulfuron e a diclofop, respectivamente, em biótipo de *Lolium rigidum*, relacionada a metabolização dos herbicidas (YU et al., 2009). O inibidor 1-aminobenzotriazole também indicou o metabolismo do herbicida

chlortuluron, via Cyt-P450, proporcionando a resistência de *Bromus tectorum* ao herbicida (MENENDEZ; BATISTA; DE PRADO, 2006). Até o presente momento não há nenhum caso registrado de resistência ao glyphosate que envolva a metabolização do herbicida pelas plantas, entretanto a tolerância de *Commelina benghalensis* ao glyphosate foi atribuída à metabolização diferencial do herbicida (MONQUERO et al., 2004).

O maior número de casos de resistência de plantas daninhas ao glyphosate é devido à redução da absorção ou translocação do herbicida (DINELLI et al., 2008; FENG et al., 2004; FERREIRA et al., 2008; KAUNDUN et al., 2011; LORRAINE-COLWILL et al., 2003; POWLES; YU, 2010; YU et al., 2009). A eficácia deste herbicida é dependente de processos como a retenção da molécula na superfície foliar, penetração foliar, translocação na planta até o sítio de ação e inibição da enzima-alvo (EPSPs) (FERREIRA et al., 2008; ROMAN, et al., 2007; SATICHIVI et al., 2000). Dessa forma, a alteração na absorção e translocação e o metabolismo do herbicida podem afetar a sensibilidade da planta, pois este precisa atingir o sítio de ação numa concentração adequada (FERREIRA et al. 2006).

As características da superfície e anatomia foliar podem afetar a eficácia da absorção do glyphosate em plantas daninhas através de sua influência na adesão e absorção do herbicida na folha (HUANGFU; SONG; QIANG, 2009). Características da superfície da folha, tais como a cutícula (cera epicuticular, cutina e pectina), ângulo e posição da folha, número de estômatos, tricomas e glândulas interferem na absorção foliar de herbicidas (HUANGFU; SONG; QIANG, 2009; MALPASSI, 2006; SILVA et al., 2007). O padrão de morfologia, anatomia e crescimento das plantas de *Amaranthus powelli* resistente aos inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS) foi diferente daquele observado nas populações suscetíveis durante os estádios iniciais de desenvolvimento (TARDIF; RAJCAN; COSTEA, 2006).

A população de *Brassica juncea*, tolerante ao glyphosate, tem o tecido foliar com menos espaços livres entre as células do que a população suscetível, sendo considerada uma das causas da tolerância, pela redução da absorção foliar do herbicida (HUANGFU; SONG; QIANG, 2009). No entanto, para o biótipo de *Lolium multiflorum* resistente ao glyphosate, verificou-se maior quantidade de espaços intercelulares no mesofilo e menor quantidade de floema em relação ao xilema, em comparação com o biótipo suscetível, não podendo ser atribuído a estas diferenças a menor absorção ou translocação do herbicida (GALVAN, 2009).

O fato da resistência de *Eleusine indica* ao glyphosate no Rio Grande do Sul (RS) ser de nível baixo (Cap. 2) pode ser indicativo que a resistência seja decorrente de alteração do local de ação, seja pela troca de aminoácidos na enzima alvo ou super expressão da enzima, visto que os demais relatos da resistência da espécie ao herbicida apresentam níveis de resistência maiores do que o encontrado neste estudo. Assim, o conhecimento do mecanismo pelo qual as plantas de capim pé-de-galinha apresentam redução de controle ao glyphosate em lavouras de soja do RS, é importante para caracterizar este cenário.

Este trabalho teve como hipóteses que os biótipos de *Eleusine indica* oriundos de falhas de controle ao glyphosate em lavouras de soja do RS não apresentam alteração na metabolização do herbicida e na anatomia foliar das plantas. Os objetivos deste trabalho foram avaliar a resposta de biótipos de capim pé-de-galinha à aplicação de glyphosate, após tratamento com inibidor de metabolismo da cyt-P450 monooxigenase e, identificar alterações na anatomia foliar destas plantas que sugiram alteração na absorção do herbicida.

## 4.2 Material e Métodos

Foram realizados dois estudos, no período de maio a dezembro de 2011, em casa de vegetação pertencente ao Departamento de Fitossanidade, da Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” (FAEM) e Laboratório de Anatomia Vegetal, do Departamento de Botânica, do Instituto de Biologia, da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL). O primeiro foi referente à metabolização do herbicida glyphosate por biótipos de capim pé-de-galinha e o segundo de análise da anatomia foliar destes biótipos.

O experimento de metabolização de glyphosate foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os tratamentos foram arranjos em esquema fatorial cujo fator A testou os biótipos de capim pé-de-galinha 12.1 e 12.3, selecionados a partir de estudo prévio (tab. 1, Cap.1), e outro biótipo conhecidamente suscetível; e, o fator B constou da aplicação ou não do inseticida malathion, inibidor de cyt-P450 monooxigenase.

As unidades experimentais foram compostas de vasos, com capacidade de 0,5L, contendo solo do tipo Argissolo Vermelho-Amarelo. Dois dias antes da semeadura, realizou-se adubação de correção na dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de adubo da

fórmula 5-25-25 (N-P-K) de acordo com análise de solo e a recomendação para a cultura da soja (COMISSÃO ..., 2004). Para a realização da semeadura, foi realizada a superação da dormência das sementes através de escarificação mecânica (DAL MAGRO et al., 2010), sendo posteriormente semeadas três sementes de capim pé-de-galinha vaso<sup>-1</sup>, com ajuste da população para atingir duas plantas vaso<sup>-1</sup>, aos 18 dias após a semeadura.

A aplicação dos tratamentos foi realizada 27 dias após a semeadura, quando as plantas estavam em estágio de quatro folhas a um afilho. Trinta minutos antes da aplicação do herbicida glyphosate, na dose de 1080 g e.a ha<sup>-1</sup>, foi aplicado o inibidor de metabolização malathion na dose de 1000 g i.a. ha<sup>-1</sup> (YU et al., 2009). Para ambas as aplicações, foi utilizado pulverizador costal, pressurizado a CO<sub>2</sub>, com pontas de pulverização do tipo leque 110.015, que proporcionaram volume de aplicação de 150L ha<sup>-1</sup>.

As variáveis analisadas foram: controle aos 10, 20 e 30 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT); e, massa seca da parte aérea (MS) aos 30 DAT. A avaliação de controle foi realizada utilizando-se escala percentual, onde zero representou ausência de injúrias e cem a morte das plantas (FRANS et al., 1986). Para a determinação da MS, realizou-se a coleta do material com posterior secagem em estufa de circulação forçada de ar a 60°C até obter-se massa constante, quando o material foi pesado e o valor transformado para MS planta<sup>-1</sup>.

Os dados foram analisados quanto à normalidade e homocedasticidade, testes de Shapiro-Wilk e Hartley, respectivamente, com posterior análise da variância ( $p \leq 0,05$ ). Quando foi observada significância estatística, foi realizado teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para o fator biótipo e teste t ( $p \leq 0,05$ ) para o fator aplicação de malathion.

Para a avaliação anatômica das folhas de *Eleusine indica*, sementes dos biótipos 12.1, 12.3 e suscetível foram semeadas em vasos com capacidade para 1L, contendo solo do tipo Argissolo Vermelho-Amarelo. Quando as plantas estavam em estágio de quatro folhas a um afilho, foi realizada a coleta de amostras da quarta folha das plantas para a realização das análises.

As amostras das folhas coletadas foram fixadas em solução de Karnovsky (KARNOVSKY, 1965), modificado com a utilização de tampão fosfato pH 7,2, desidratadas em série etílica ascendente e infiltradas em resina plástica (Leica Histoiresin<sup>®</sup>) segundo as instruções do fabricante. As amostras foram seccionadas

em micrótomo rotativo manual (ANCAP) com navalha descartável (Feather<sup>®</sup>). As secções com 5µm de espessura foram coradas com azul de toluidina 0,05% (SAKAI, 1973) em tampão fosfato e citrato (MCILVAINE, 1921) pH 4,5 e montadas em resina sintética “Entellan” (Merck<sup>®</sup>).

A documentação dos resultados foi realizada através da captura de imagens, a partir das lâminas, usando câmera Leica<sup>®</sup> DC 300F acoplada ao microscópio Leica<sup>®</sup>DM LB. Foram realizadas análises qualitativas das imagens obtidas, com posterior comparação entre os biótipos.

### 4.3 Resultados e Discussão

No experimento de metabolização, os testes de Shapiro-Wilk e Hartley evidenciaram não ser necessária a transformação dos dados. Foi verificada interação entre os fatores estudados aos 10 DAT (tab. 6), entretanto para as demais épocas de avaliação e para a variável MS, não foi observada significância estatística (dados não apresentados).

Tabela 6 - Controle (%) de biótipos de capim pé-de-galinha (*Eleusine indica*) após aplicação de glyphosate (1080 g e.a. ha<sup>-1</sup>), antecedido em trinta minutos de aplicação do inibidor de Cyt-P450 monooxigenase malathion (1000 g i.a. ha<sup>-1</sup>), aos dez dias após a aplicação dos tratamentos. Capão do Leão, 2011

Biótipo	Malathion	
	Com	Sem
12.1	74 * <sup>1</sup> a <sup>2</sup>	53 b
12.3	68 <sup>ns</sup> a	65 b
Suscetível	71 * a	93 a
CV (%)	8,92	

<sup>1</sup> \* ou <sup>ns</sup> indicam diferença significativa ou não, respectivamente, pelo teste “t” (p≤0,05) para aplicação de malathion. <sup>2</sup> Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem significativamente pelo teste Tukey (p≤0,05).

A aplicação de malathion antes do herbicida proporcionou aumento do controle do biótipo de capim pé-de-galinha 12.1, e redução do controle do biótipo suscetível (tab. 6). O biótipo 12.3 não apresentou diferença entre a aplicação ou não do inibidor de metabolismo. Devido a não significância observada para as demais épocas de avaliação (20 e 30 DAT) e variável massa seca, descarta-se a hipótese de que os biótipos de capim pé-de-galinha estudados apresentam redução de

controle pelo glyphosate por metabolização diferenciada do herbicida, envolvendo o complexo enzimático P450. Entretanto, outras enzimas pertencentes a este grupo e que não são inibidas por malathion podem estar presentes atuando como forma de metabolização do herbicida.

Os casos de resistência de *Eleusine indica* ao glyphosate, observados na literatura, são devido a alteração do local de ação do herbicida, ou seja, da enzima EPSPs (BAERSON et al., 2002; NG et al., 2003; POWLES; YU, 2010). Entretanto para outros mecanismos de ação existem relatos da ocorrência da metabolização via cyt-P450. Plantas de *Lolium rigidum* com resistência múltipla a EPSPs, ALS e acetil-CoA carboxilase (ACCCase) apresentaram mecanismo de resistência ao primeiro mecanismo de ação por redução da translocação do herbicida, e para os demais por metabolização diferenciada do herbicida, com atuação do complexo P450 monooxigenase (YU et al., 2009).

A cyt-P450 é uma grande família de genes de monooxigenases desempenhando papel importante no metabolismo de diversas substâncias (SCHULER; WERCK-REICHHART, 2003; ZHU et al., 2008), atuando na oxidação de xenobióticos e promovendo a desintoxicação do organismo (ZHU et al., 2008). Plantas de soja com resistência ao glyphosate expressaram genes relacionados à atuação de cyt-P450 após uma, quatro e 24 horas da aplicação do herbicida, sendo a expressão reduzida neste período (ZHU et al., 2008).

A indução destes genes pela aplicação do glyphosate sugere que eles podem atuar na metabolização do herbicida ou podem ser uma resposta ao estresse, como por exemplo, a geração de espécies reativas de oxigênio. Também, tem sido relatado que o glyphosate pode inibir a atividade da enzima cyt-P450, aumentando assim sua toxicidade (LAMB et al., 1998; XIANG et al., 2005; ZHU et al., 2008). Nenhum caso de resistência ao glyphosate por atuação deste complexo enzimático foi detectada, sendo os principais casos de plantas daninhas resistentes a este herbicida por alteração na absorção ou translocação reduzidas do herbicida.

As análises anatômicas descritivas da folha de capim pé-de-galinha não permitiram identificar alterações que possam caracterizar uma absorção diferencial do herbicida glyphosate entre os biótipos estudados (Fig. 10).

A anatomia foliar de *Eleusine indica* mostra epiderme unisseriada em ambas as faces do limbo (Fig. 10). Os estômatos encontram-se tanto na epiderme adaxial (superior) (Fig. 10B, 10D e 10F) quanto na epiderme abaxial (inferior) (Fig. 10A, 10D

e 10E), caracterizando a folha como anfiestomática. A presença de células buliformes também é característica da espécie, tanto na nervura central (Fig. 10A, 10C e 10E) quanto na porção compreendida entre a nervura central e a margem do limbo (Fig. 10B, 10D e 10F). Também, verificou-se a presença de esclerênquima localizado nas porções adaxial e abaxial dos feixes vasculares (Fig. 10).

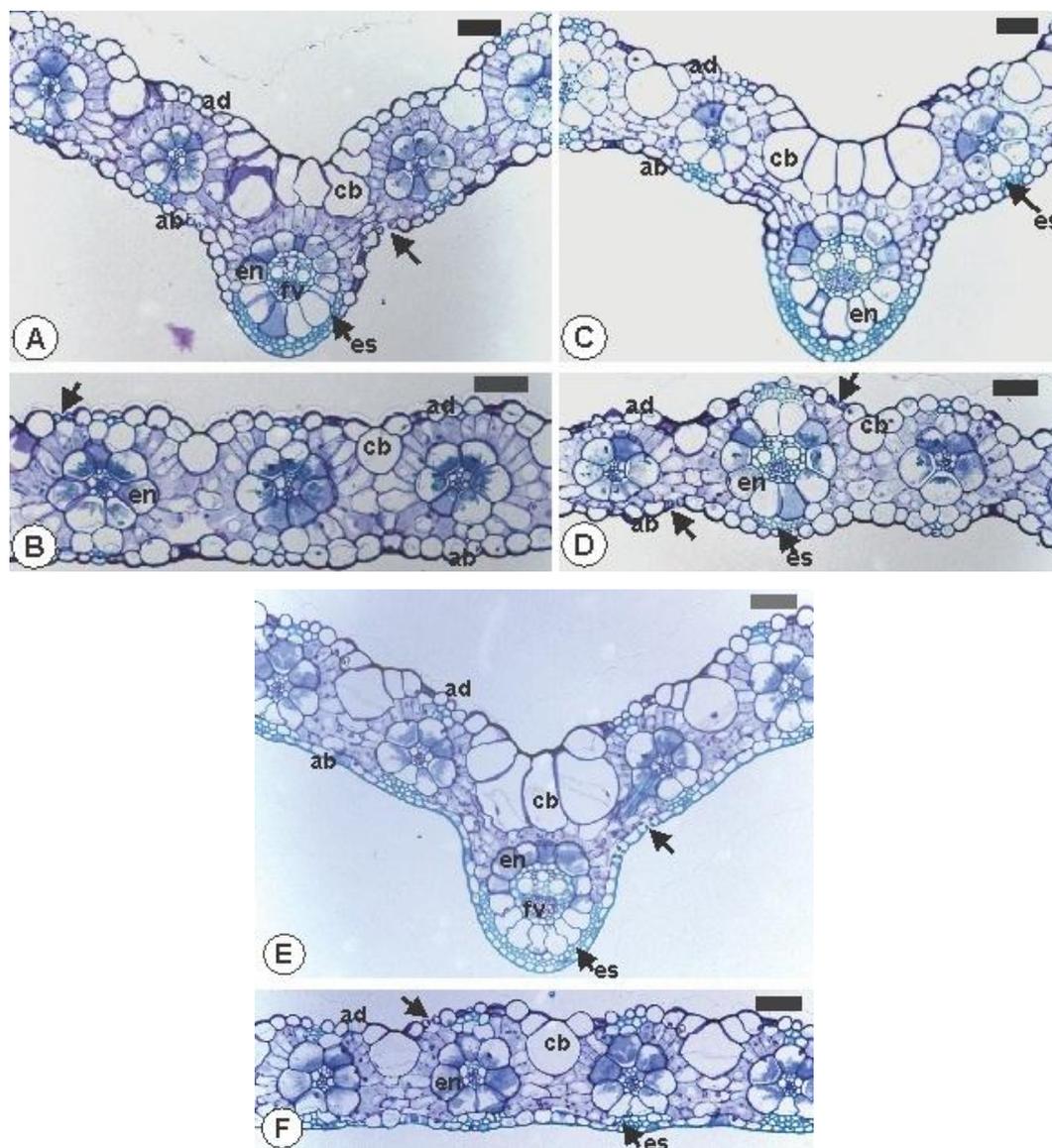


Figura 10 - Cortes transversais do limbo foliar de capim pé-de-galinha (*Eleusine indica*), evidenciando a nervura central e a região compreendida entre a nervura central e a margem do limbo dos biótipos 12.1 (A e B, respectivamente), 12.3 (C e D, respectivamente) e suscetível (E e F, respectivamente). Capão do Leão, 2011. Setas = epiderme unisseriada com a presença de estômatos. ad = epiderme adaxial; ab = epiderme abaxial; cb = células buliformes en = endoderme; es = esclerênquima; fv = feixe vascular. Barras = 50 µm.

Mesmo não sendo detectadas diferenças anatômicas nos biótipos de capim pé-de-galinha, é importante ressaltar que estudos anatômicos quantitativos, bem como análises ao microscópio eletrônico poderiam fornecer subsídios que expliquem uma possível resposta diferencial quanto à absorção e translocação de glyphosate. O biótipo de *Lolium multiflorum* resistente ao herbicida glyphosate apresentou as células do mesofilo menos compactadas, bem como menor proporção de floema em relação ao xilema, quando comparado com o suscetível (GALVAN, 2009). Entretanto, estas características não foram suficientes para confirmar a menor absorção e translocação do glyphosate, embora haja indícios que possam interferir.

Plantas de *Eleusine indica* que apresentam menor resposta à aplicação de quizalofop em estádios de crescimento avançados, apresentaram mais ceras epicuticulares quando as plantas possuem dois filhotes ou mais e maior espessura da cutícula, comparadas com plantas mais jovens (MALPASSI, 2006). A diminuição da espessura da cutícula de cera epicuticular pode ser vantajosa à penetração de glyphosate e, portanto, pode levar a aumento da absorção do herbicida (HUANGFU; SONG; QIANG, 2009; SANTIER; CHAMEL, 1992).

O glyphosate se movimenta no floema seguindo a rota dos produtos da fotossíntese, das folhas fotossinteticamente ativas em direção às partes das plantas em crescimento (HETHERINGTON et al., 1998; POWLES; YU, 2010; ROMAN et al., 2007), sendo que alterações anatômicas que interfiram nestes parâmetros podem levar a uma menor translocação deste herbicida nas plantas. Populações tolerantes de *Brassica juncea* ao glyphosate apresentaram maior espessura da folha, da cutícula adaxial e maior densidade de tricomas na epiderme superior, bem como menor número de feixes vasculares, em comparação com as plantas suscetíveis, sugerindo que estas diferenças podem contribuir para a tolerância ao herbicida glyphosate (HUANGFU; SONG; QIANG, 2009).

Os biótipos de *Eleusine indica* estudados não apresentam alterações quanto ao metabolismo e anatomia foliar que expliquem a redução de controle pelo herbicida glyphosate observada nas lavouras do RS. Mesmo o biótipo 12.3, em que foi constatada a resistência de nível baixo, não evidenciou alterações quanto ao metabolismo do glyphosate e anatomia da folha, comparado com o biótipo suscetível. Assim, outros estudos devem ser realizados para confirmar estes resultados, tais como a quantificação de metabólitos do herbicida, avaliação de

translocação de glyphosate por carbono marcado, sequenciamento da enzima EPSPs, entre outros.

#### **4.4 Conclusões**

Os biótipos de capim pé-de-galinha não apresentam metabolismo do glyphosate, evidenciado pela aplicação do inibidor do complexo cyt-P450 malathion.

Pelo presente trabalho não existem evidências anatômicas que permitam determinar a absorção diferencial do herbicida glyphosate pelas plantas de capim pé-de-galinha.

## 5 Conclusões

Biótipos de capim pé-de-galinha não são resistentes ao glyphosate, sendo controlados pelo herbicida na dose de 2160 g e.a. ha<sup>-1</sup>.

Os valores de DL<sub>50</sub> evidenciaram que o biótipo de *Eleusine indica* 12.3, oriundo de Boa Vista do Incra, apresenta resistência de nível baixo.

O mecanismo de resistência do biótipo 12.3 não é relativo ao metabolismo do glyphosate pela inibição do complexo cyt-P450 por malathion, e não existem evidências sobre absorção diferencial do herbicida glyphosate.

As falhas de controle observadas nas lavouras de soja podem ser devido a aplicações realizadas com parte da população de plantas em estádios avançados de desenvolvimento, e assim menor sensibilidade ao glyphosate, e resistência de nível baixo.

Os herbicidas inibidores da enzima ACCase clethodim e fluazifop-p-butyl, e o herbicida amonim-glufosinate, são alternativas eficientes no controle de *Eleusine indica*.

## 6 Referências

AGRASAR, Z.E.R. de; STEIBEL, P.E.; TROIANI, H.O. **Manual ilustrado de las gramíneas dela província de La Pampa**. La Pampa, Santa Rosa: Ed. Universidade Nacional de La Pampa, 2005. 374p.

AGROFIT. Disponível em: <[www.agricultura.gov.br](http://www.agricultura.gov.br)>. Acesso em 30 set. 2010.

AGROFIT. Disponível em: <[www.agricultura.gov.br](http://www.agricultura.gov.br)>. Acesso em 17 jan. 2012.

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, p.171-178, 2005.

BAERSON, S. R.; RODRIGUEZ, D. J.; TRAN, M.; FENG, Y.; BIEST, N. A.; DILL, G. M. Glyphosate-resistant goosegrass. Identification of a mutation in the target enzyme 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate syntase. **Plant Physiology**, v.129, p.1265-1275, 2002.

BECKIE, H.J. Herbicide-resistant weed management: focus on glyphosate. **Pest Management Science**. v.67, p.1037-1048; 2011.

BECKIE, H.J.; HEAP, I.M.; SMEDA, R.J.; HALL, L.M. Screening for herbicide resistance in weeds. **Weed Technology**, v.14, p.428-445, 2000.

BENEDETTI, J.G.R.; PEREIRA, L.; ALVES, P.L.C.A.; YAMAUTI, M.S. Período anterior a interferência de plantas daninhas em soja transgênica. **Scientia Agraria**, v.10, p.289-295, 2009.

BIANCHI, Mario Antonio. Manejo integrado de plantas daninhas no sistema plantio direto. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE MANEJO E CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS EM PLANTIO DIRETO, 1., 1998, Passo Fundo. **Palestras...** Passo Fundo: Aldeia Norte, 1998. p.108-118.

BOLDRINI, I.I.; LONGHI-WAGNER, H.M.; BOECHAT, S.de C. **Morfologia e taxonomia de gramíneas sul-riograndenses**. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2005. 96p.

BURKE, I.C.; ASKEW, S.D.; CORBETT, J.L.; WILCUT, J.W. Glufosinate antagonizes clethodim control of goosegrass (*Eleusine indica*). **Weed Technology**, v.19, p.664-668, 2005.

BUSI, R.; POWLES, S.B. Evolution of glyphosate resistance in a *Lolium rigidum* population by glyphosate selection at sublethal doses. **Heredity**, v.103, p.318-325, 2009.

CHAUHAN, B.S.; JOHNSON, D.E. Germination ecology of goosegrass (*Eleusine indica*): an important grass weed of rainfed rice. **Weed Science**, v.56, p.699-706, 2008.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; LÓPEZ-OVEJERO, R. Principais aspectos da resistência de plantas daninhas ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, v.21, 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.

CHUAH, T.S.; SALMIJAH, S.; TENG, Y.T.; ISMAIL, B.S. Changes in seed bank size and dormancy characteristics of the glyphosate-resistant biotype of goosegrass (*Eleusine indica* [L.] Gaertn.). **Weed Biology and Management**, v.4, p.114-121, 2004.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/ Núcleo Regional Sul, 2004. 400p.

CTNBIO. Comissão Técnica Nacional de Biossegurança. Disponível em: <<http://www.ctnbio.gov.br/index.php/content/view/12323.html>>. Acesso em 01 out. 2011.

DAL MAGRO, T.; AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L.; Resistência de *Eleusine indica* a herbicidas inibidores de ACCase. In: AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L. **Resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil**. Passo Fundo: Ed. Berthier, p.247-251, 2009.

DAL MAGRO, T.; SOLDATELLI, P.; AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L. Supressão da dormência de sementes de capim pé de galinha (*Eleusine indica*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27., 2010, Ribeirão Preto. **Anais do...** Ribeirão Preto: Funep, 2010. p.1177-1181.

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, p.257-265, 2008.

ERASMO, E.A.L.; PINHEIRO, L.L.A.; COSTA, N.V. Levantamento fitossociológico das comunidades de plantas infestantes em áreas de produção de arroz irrigado cultivado sob diferentes sistemas de manejo. **Planta Daninha**, v.22, p.195-201, 2004.

FAO. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em 17 jan. 2012.

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, p.498-505, 2004.

FERREIRA, E.A.; SANTOS, J.B.; SILVA, A.A.; OLIVEIRA, J.A.; VARGAS, L. Translocação do glyphosate em biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*). **Planta Daninha**, v. 24, p.365-370, 2006.

FERREIRA, E. A.; GALON, L.; ASPIAZÚ, I.; SILVA, A. A.; CONCENÇO, G.; SILVA, A. F.; OLIVEIRA, J. A.; VARGAS, L. Glyphosate translocation in hairy fleabane (*Conyza bonariensis*) biotypes. **Planta Daninha**, v.26, p.637-643, 2008.

FONTANA, Lisiane Camponogara. **Identificação de espécies, suscetibilidade a herbicidas e habilidade competitiva de milhã (*Digitaria* spp.) no Estado do Rio Grande do Sul**. 2011. 125f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

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.

GAINES, T.; ZHANG, W.; WANG, D.; BUKUNA, B.; CHISHOLM, S.; SHANER, D.; NISSEN, S.; PATZOLDT, W.; TRANEL, P.; CULPEPPER, A.; GREY, T.; WEBSTER, T.; VENCILL, W.; SAMMONS, R.; JIANG, J.; PRESTON, C.; LEACH, J.; WESTRA, P. Gene amplification confers glyphosate resistance in *Amaranthus palmeri*. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.107, p.1029-1034, 2009.

GALVAN, Jônatas. **Aspectos morfofisiológicos e anatômicos do azevém e controle de biótipos resistentes ao glifosato**. 2009. 110f. Dissertação (Mestre em Agronomia)-Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo.

GALVANI, F.R; FERNANDES, G.M.; FREITAS, M.R. Levantamento da flora de campo nativo no município de Uruguaiana. **Revista da FZVA**. v.1, p.15-23, 1994.

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.

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

**GEOLIVRE**. Mapas temáticos RS. Disponível em: <<http://www.geolivres.gov.br/>>. Acesso em: 03 abr. 2011.

GIVENS, W.A.; SHAW, D.R.; NEWMAN, M.E.; WELLER, S.C.; YOUNG, B.G.; WILSON, R.; OWEN, M.D.K.; JORDAN, D.L. Benchmark study on glyphosate-resistant cropping systems in the United States. Part 3: grower awareness, information sources, experiences and management practices regarding glyphosate-resistant weeds. **Pest Management Science**. v.67, p.758-770, 2011.

GRESSEL, J. Low pesticide rates may hasten the evolution of resistance by increasing mutation frequencies. **Pest Management Science**, v.67, p.253-257, 2011.

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, p.390-396, 1998.

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 19 ago. 2010.

HEAP, I. **Internacional survey of herbicide resistant weeds**. Disponível em: <[www.weedscience.org](http://www.weedscience.org)>. Acesso em: 20 jan. 2012.

HETHERINGTON, P.R.; REYNOLDS, T.L.; MARSHALL, G.; KIRKWOOD, R.C. The absorption, translocation and distribution of the herbicide glyphosate in maize expressing the CP-4 transgene. **Journal of Experimental Botany**, v.50, p.1567-1576, 1998.

HUANGFU, C.; SONG, X.; QIANG, S. Morphological disparities in the epidermal and anatomical features of the leaf among wild *Brassica juncea* populations. **Weed Biology and Management**, v.9, p.234-242, 2009.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – Produção Agrícola Municipal de 2006. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pamclo/2002\\_2006/pamclo\\_2002\\_2006.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pamclo/2002_2006/pamclo_2002_2006.pdf)> Acesso em: 25 abr. 2008.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa\\_201111.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201111.pdf)>. Acesso em 19 jan. 2012.

ISMAIL, B. S.; CHUAH, T. S.; SALMIJAH, S.; TENG, Y. T.; SCHUMACHER, R. W. Germination and seedling emergence of glyphosate-resistant and susceptible biotypes of goosegrass (*Eleusine indica* [L.] Gaertn.). **Weed Biology and Management**, v.2, p.177-185, 2002.

JOHNSON, W.G.; GIBSON, K.D. Glyphosate-resistant weeds and resistance management strategies: an Indiana grower perspective. **Weed Technology**, v.20, p.768-772, 2006.

KARNOVSKY, M.J. A formaldehyde-glutaraldehyde fixative of high osmolality for use in electron microscopy. **Journal of Cell Biology**, v.27, p.137-138, 1965.

KAUNDUN, S.S.; DALE, R.P.; ZELAYA, I.A.; DINELLI, G.; MAROTTI, I.; MCINDOE, E.; CAIRNS, A. A novel P106L mutation in EPSPS and an unknown mechanism(s) act additively to confer resistance to glyphosate in a South African *Lolium rigidum* population. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.59, p.3227-3233, 2011.

KAUNDUN, S.S.; ZELAYA, I.A.; DALE, R.P.; LYCETT, A.J.; CARTER, P.; SHARPLES, K.R.; MCINDOE, E. Importance of the P106S target-site mutation in conferring resistance to glyphosate in a goosegrass (*Eleusine indica*) population from the Philippines. **Weed Science**, v.56, p.637-646, 2008.

KISSMANN, K.G.; **Plantas infestantes e nocivas**. TOMO I. 3ª Ed. São Paulo: Basf Brasileira S. A., 2007. CD-ROM.

LAMB, D.C.; KELLY, D.E.; HANLEY, S.Z.; MEHMOOD, Z.; KELLY, S.L. Glyphosate is an inhibitor of plant cytochrome P450: functional expression of *Thlaspi arvensae* cytochrome P45071B1/reductase fusion protein in *Escherichia coli*. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v.244, p.110-114, 1998.

LAMEGO, F.P.; VIDAL, R.A. Resistência ao glyphosate em biótipos de *Conyza bonariensis* e *Conyza canadensis* no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Planta Daninha**, v. 26, p. 467-471, 2008.

LAZAROTO, C.A.; FLECK, N.G.; VIDAL, R.A. Biologia e ecofisiologia de buva (*Conyza bonariensis* e *Conyza canadensis*). **Ciência Rural**, v.38, p.852-860, 2008.

LEE, L.J.; NGIM, J. A first report of glyphosate-resistant goosegrass (*Eleusine indica* (L) Gaertn) in Malaysia. **Pest Management Science**, v.56, p.336-339, 2000.

LORRAINE-COLWILL, D.F.; POWLES, S.B.; HAWKES, T.R.; HOLLINSHEAD, P.H.; WARNER, S.A.J.; PRESTON, C. Investigations into the mechanism of glyphosate resistance in *Lolium rigidum*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.74, p.62-72, 2003.

MALPASSI, R.N. Herbicide effects on cuticle ultrastructure in *Eleusine indica* and *Portulaca oleracea*. **Biocell**, v.30, p.51-56, 2006.

MCILVAINE, T.C. A buffer solution for colorimetric comparison. **Journal of Biological Chemistry**, v.49, p.183-186, 1921.

MENENDEZ, J.; BASTIDA, F.; DE PRADO, R. Resistance to chlortoluron in a downy brome (*Bromus tectorum*) biotype. **Weed Science**, v.54, p.237-245, 2006.

MONQUERO, Patrícia Andrea. **Dinâmica populacional e mecanismos de tolerância de espécies de plantas daninhas ao herbicida glyphosate**. 2003. 99f. Tese (Doutorado em Fitotecnia)–Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

MONQUERO, P.A.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; OSUNA, M.D.; DE PRADO, R.A. Absorção, translocação e metabolismo do glyphosate por plantas tolerantes e suscetíveis a este herbicida. **Planta Daninha**, v.22, p.445-451, 2004.

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

MUELLER, T.C.; BARNETT, K.A.; BROSNAN, J.T.; STECKEL, L.E. Glyphosate-resistant goosegrass (*Eleusine indica*) confirmed in Tennessee. **Weed Science**, v.59, p.562-566, 2011.

NG, C. H.; WICKNESWARI, R.; SALMIJAH, S.; TENG, Y. T.; ISMAIL, B. S. Gene polymorphism in glyphosate-resistant and –susceptible biotypes of *Eleusine indica* from Malaysia. **Weed Research**, v.43, p.108-115, 2003.

NOHATTO, Marcos André. **Resposta de *Euphorbia heterophylla* proveniente de lavouras de soja Roundup Ready® do Rio Grande do Sul ao herbicida glyphosate**. 2010. 76f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

OWEN, M.D.K.; YOUNG, B.G.; SHAW, D.R.; WILSON, R.G.; JORDAN, D.L.; DIXON, P.M.; WELLER, S.C. Benchmark study on glyphosate-resistant crop systems in the United States. Part 2: Perspectives. **Pest Management Science**, v.67, p.747-757, 2011.

PAULA, J.M. de; VARGAS, L.; AGOSTINETTO, D.; NOHATTO, M.A. Manejo de *Conyza bonariensis* resistente ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, v.29, p.217-227, 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, p.395-404, 2007.

PITTELKOW, F. K.; JAKELATIS, A.; CONUS, L. A.; OLIVEIRA, A. A. de; GIL, J. de O.; ASSIS, F. C. de; BORCHARTT, L. Interferência de plantas daninhas na cultura da soja transgênica. **Global Science and Technology**, v.2, p.38-48, 2009.

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

POWLES, S.B.; YU, Q. Evolution in action: plants resistant to herbicides. **Annual Review Plant Biology**, v.61, p.317-347, 2010.

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

REUNIÃO DE PESQUISA DA SOJA DA REGIÃO SUL, 38., 2010, Cruz Alta. **Indicações Técnicas para a Cultura da Soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina 2010/2011 e 2011/2012**. Cruz Alta: FUNDACEP FECOTRIGO, 2010. 168p.

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

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

ROSO, A.C.; VIDAL, R.A. A modified phosphate-carrier protein theory is proposed as a non-target site mechanism for glyphosate resistance in weeds **Planta Daninha**, v.28, p.1175-1185, 2010.

SAKAI, W.S. Simple method for differential staining of paraffin embedded plant material using toluidine blue O. **Stain Technology**, v.48, p.247-249, 1973.

SANTIER, S.; CHAMEL, A. Penetration of glyphosate and diuron into and through isolated plant cuticles. **Weed Research**, v.32, p.337-347, 1992.

SATICHIVI, N. M.; WAZ, L.M.; STOLLER, E.W.; BRISKIN, D.P. Absorption and translocation of glyphosate isopropylamine and trimethylsulfonium salts in *Abutilon theophrasti* and *Setaria faberi*. **Weed Science**, v.48, p.675-679, 2000.

SCHULER, M.A.; WERCK-REICHHART, D. Functional genomics of P450s. **Annual Review of Plant Biology**, v.54, p.629-667, 2003.

SENG, C.T.; LUN, L.V.; SAN, C.T.; SAHID, I.S.B. Initial report of glufosinate and paraquat multiple resistance that evolved in a biotype of goosegrass (*Eleusine indica*) in Malaysia. **Weed Biology and Management**, v.10, p.229-233, 2010.

SHANER, D.L. The impact of glyphosate-tolerant crops on the use of other herbicides and on resistance management. **Pest Management Science**, v.56, p.320-326, 2000.

SHARMA, S.D.; SINGH, M. Effect of timing and rates of application of glyphosate and carfentrazone herbicides and their mixtures on the control of some broadleaf weeds. **Hortscience**, v.42, p.1221-1226, 2007.

SHAW, D.R.; OWEN, A.M.D.K.; PHILIPMDIXON, B.; WELLER, B.S.C.; YOUNG, C.B.G.; GWILSONE, D.R.; JORDANF, D.L. Benchmark study on glyphosate-resistant cropping systems in the United States. Part 1: Introduction to 2006–2008. **Pest Management Science**, v.67, p.741-746, 2011.

SILVA, A.A. da; FERREIRA, A.F.; FERREIRA, L.R. Herbicidas: classificação e mecanismos de ação. In: SILVA, A.A. da; SILVA, J.F.da.(Eds) **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: UFV, 2007. p.83-148.

SILVA, A.A. da; SILVA, J.F. da; FERREIRA, L.R.; FERREIRA, A.F. Herbicidas: absorção, translocação, metabolização, formulação e misturas. In: SILVA, A.A. da; SILVA, J.F.da.(Eds) **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: UFV, 2007. p.149-188.

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, p.119-123, 2008.

TARDIF, F.J.; RAJCAN, I.; COSTEA, M. A mutation in the herbicide target site acetohydroxyacid synthase produces morphological and structural alterations and reduces fitness in *Amaranthus powellii*. **New Phytologist**, v.169, p.251-264, 2006.

VANGESSEL, M.J.; SCOTT, B.A.; JOHNSON, Q.R.; WHITE-HANSEN, S.E. Influence of glyphosate-resistant horseweed (*Conyza Canadensis*) growth stage on response to glyphosate applications. **Weed Technology**, v.23, p.49-53, 2009.

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

VARGAS, L.; GAZZIERO, D. **Seleção de plantas daninhas tolerantes e resistentes ao glyphosate**. Disponível em: <<http://www.agrolink.com.br/downloads/GlifosatoeselecaopeciesCongressomilho.PDF>>. Acesso em: 10 dez. 2009.

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, p.1121-1128, 2011.

VARGAS, L.; ROMAN, E.S.; RIZZARDI, M.A.; SILVA, V.C. Identificação de biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*) resistentes ao herbicida glyphosate em pomares de maçã. **Planta Daninha**, v.22, p.617-622, 2004.

VARGAS, L.; SILVA, A.A. da.; AGOSTINETTO, D.; GAZZIERO, D. Resistência de Plantas Daninhas a Herbicidas. In: AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L. (Eds.) **Resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil**. Passo Fundo: Berthier, 2009. p.09-36.

- VELINI, E.D.; DUKE, S.O.; TRINDADE, M.L.B.; MESCHEDE, D.K.; CARBONARI, C.A. Modo de ação do glyphosate. In: VELINI, E.D; MESCHEDE, D.K.; CARBONARI, C.A.; TRINDADE, M.L.B. (Eds.) **Glyphosate**. Botucatu:FEPAF, 2009. p.113-134.
- VIDAL, R.A.; PORTES, E.S.; LAMEGO, F.P.; TREZZI, M.M. Resistência de *Eleusine indica* aos inibidores de ACCase. **Planta Daninha**, v.24, p.163-171, 2006.
- VIDAL, R.A.; TREZZI, M.M.; PRADO, R. de; RUIZ-SANTAELLA, J.P.; VILA-AIUB, M. Glyphosate resistant biotypes of wild poinsettia (*Euphorbia heterophylla* L.) and its risk analysis on glyphosate-tolerant soybeans. **International Journal of Food, Agriculture and Environment**, v.5, n.2, p.265-269, 2007.
- VILA-AIUB, M.M.; VIDAL, R.A.; BALBI, M.C.; GUNDEL, P.E.; TRUCCO, F.; GHERSA, C.M. Glyphosate-resistant weeds of South American cropping systems: an overview. **Pest Management Science**, v.64, p.366-371, 2008.
- WHITAKER, J.R.; YORK, A.C.; JORDAN, D.L., CULPEPPER, A.S. Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) control in soybean with glyphosate and conventional herbicide systems. **Weed Technology**, v.24, p.403-410, 2010.
- XIANG, W.S.; WANG, X.J.; REN, T.R.; JU, X.L. Expression of a wheat cytochrome P450 monooxygenase in yeast and its inhibition by glyphosate. **Pest Management Science**, v.61, p.402-406, 2005.
- YU, Q.; ABDALLAH, I.; HAN, H.; OWEN, M.; POWLES, S. Distinct non-target site mechanisms endow resistance to glyphosate, ACCase and ALS-inhibiting herbicides in multiple herbicide-resistant *Lolium rigidum*. **Planta**, v.230, p.713-723, 2009.
- ZAWIERUCHA, J.E.; PENNER, D. The relationship of goosegrass (*Eleusine indica*) stage of growth to quinclorac tolerance. **Weed Technology**, v.15, p.216-219, 2001.
- ZELAYA, I.A.; OWEN, M.D.K.; VANGESSEL, M.J. Inheritance of evolved glyphosate resistance in *Conyza canadensis* (L.) Cronq. **Theoretical and Applied Genetics**, v.110, p.58-70, 2004.
- ZHU, J.; PATZOLDT, W.L.; SHEALY, R.T.; VODKIN, L.O.; CLOUGH, S.J.; TRANEL, P.J. Transcriptome response to glyphosate in sensitive and resistant soybean. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.56, p.6355-6363, 2008.

## **VITA**

André da Rosa Ulguim é filho de Armando Farias Ulguim e Neida da Rosa Ulguim. Nasceu em 06 de dezembro de 1985, no Município de Piratini, Rio Grande do Sul. Formou-se pelo Conjunto Agrotécnico Visconde da Graça no ano de 2002. No ano de 2004 ingressou na Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” (FAEM) da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), onde se graduou como Engenheiro Agrônomo em 2009. No período de 2005 a 2008 desenvolveu atividades como estagiário no Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado da Embrapa, atuando na cultura de arroz-irrigado. Em 2010, iniciou o curso de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade da FAEM, UFPel, em Capão do Leão/RS.