

**FLÁVIA REGINA DA COSTA**

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE  
AZEVÉM E BUVA SUSCETÍVEIS E RESISTENTES A  
GLYPHOSATE**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-graduação de Produção Vegetal da Universidade do Estado de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Bianco de Carvalho

Co-orientadora: Profa. Dra. Cileide Maria Medeiros Coelho

**LAGES, SC, BRASIL**

2014

C837q

Costa, Flávia Regina da  
Qualidade fisiológica de sementes de azevém e buva  
suscetíveis e resistentes a glyphosate / Flávia Regina  
da  
Costa. - Lages, 2014.  
84 p.: il.; 21 cm

Orientador: Leonardo Bianco de Carvalho  
Co-orientadora: Cileide Maria Medeiros Coelho  
Bibliografia: p. 72-84

Dissertação (mestrado) - Universidade do Estado de  
Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias,  
Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages,  
2014.

1. *Lolium multiflorum*. 2. *Conyza bonariensis*.  
3. Resistência a glyphosate. 4. Qualidade de  
sementes.  
I. Costa, Flávia Regina da. II. Carvalho, Leonardo  
Bianco de. III. Universidade do Estado de Santa  
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Produção  
Vegetal. IV. Título

CDD: 581.1 - 20.ed.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Setorial do  
CAV/ UDESC

**FLÁVIA REGINA DA COSTA**

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE  
AZEVÉM E BUVA SUSCETÍVEIS E RESISTENTES A  
GLYPHOSATE**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-graduação de Produção Vegetal, da Universidade do Estado de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.


**Banca Examinadora:**

Orientador:

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Leonardo Bianco de Carvalho  
Universidade do Estado de Santa Catarina

Membro:

\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Maria Benta Cassetari Rodrigues  
Universidade do Estado de Santa Catarina

  
Profa. Rosete Pescador  
Centro de Ciências Agrárias/UFSC  
Coordenadora do Curso de Graduação em Agronomia  
Portaria 645/GR/2013

Membro:

Prof. Dra. Rosete Pescador  
Universidade Federal de Santa Catarina

**Lages, 23/07/2014**



À minha família dedico!



## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado a vida, sabedoria e inteligência para alcançar meus objetivos.

À minha família, em especial minha mãe Patrícia, minha irmã Paula e meus avós Fernando e Therezinha, que sempre me apoiaram e me ajudaram de todas as formas.

Ao meu namorado Diego, que me ajudou nas horas de nervosismo e ansiedade, me fez companhia dando e todo o seu amor e carinho, obrigada.

Ao meu orientador Prof. Dr. Leonardo Bianco de Carvalho pela oportunidade, pela orientação, amizade, dedicação e paciência durante os ensinamentos científicos, além de incentivar-me sempre, muito obrigada.

À minha co-orientadora Profa. Dra. Cileide Maria Medeiros Coelho, também pela oportunidade, orientação e dedicação ao repassar seus conhecimentos.

Às minhas amigas Priscilla Félix Schneider, Janice Regina Gmach e Jussara Cristina Stingen, foram essenciais para que esse trabalho fosse concluído, obrigada pelo apoio, parceria e troca de conhecimento.

Aos meus demais amigos: aqueles de infância, os vizinhos, os companheiros de sala de aula, obrigada por cada momento que passamos juntos, que estudamos juntos, cada dia foi importante para que eu chegasse aonde eu cheguei.

Aos integrantes do Laboratório de Análise de Sementes (LAS-CAV/UDESC) obrigada pela companhia, pelas risadas e troca de experiências.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

À Universidade do Estado de Santa Catarina, em especial ao Centro de Ciências Agroveterinárias por me acolher novamente e me proporcionar novas oportunidades.

Àqueles que, involuntariamente, omiti.

Muito obrigada!





“O saber a gente aprende com os mestres e os livros. A sabedoria, se aprende é com a vida e com os humildes.”

Cora Coralina.



## RESUMO

**COSTA, F. R. Qualidade fisiológica de sementes de azevém e buva suscetíveis e resistentes a glyphosate. 2014. 84 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós Graduação em Produção Vegetal, Lages, Santa Catarina, Brasil, 2014.**

Objetivou-se com o presente trabalho analisar a resposta de plantas de azevém (*Lolium multiflorum*) e buva (*Conyza bonariensis*) a doses crescentes do glyphosate para detecção de biótipos suscetíveis e resistentes ao herbicida e avaliar a qualidade fisiológica de sementes desses biótipos para verificar a relação entre a resistência e a qualidade fisiológica de sementes dessas plantas daninhas. Plantas de azevém e buva foram expostas a doses crescentes de glyphosate, variando de 0 a 1.440 g e.a. ha<sup>-1</sup>, com avaliação da massa fresca após 21 dias da aplicação. As sementes foram submetidas a testes de qualidade fisiológica (germinação, teste de frio e envelhecimento acelerado). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com dez repetições para o azevém e seis repetições para a buva no teste de dose-resposta e com quatro repetições para os testes de qualidade fisiológica de sementes. Todos os biótipos estudados de azevém e buva apresentaram resposta diferencial ao aumento de dose do herbicida glyphosate. Os biótipos de azevém resistentes apresentaram fatores de resistência (FR) igual a 3,0 (Passo Fundo) e 8,3 (Vacaria) enquanto os susceptíveis 1,5 (Ponte Serrada) e 1,0 (Lages). Os biótipos de buva resistentes apresentaram FR de 2,0 (Papanduva) e 15,5 (Campos Novos) e o biótipo susceptível FR de 1,0 (Lages). Nos testes de qualidade fisiológica o biótipo de azevém de Lages apresentou



melhor desempenho para os testes de germinação (64%) e envelhecimento acelerado (86%) em relação aos demais biótipos. Para o teste de frio, o biótipo de Vacaria apresentou o melhor resultado com 86%. Enquanto que o biótipo de Passo Fundo apresentou os piores resultados em todos os testes realizados. Os biótipos de buva não se diferenciaram no teste de germinação. Para os biótipos Lages e Papanduva foi verificado que o vigor desses biótipos responderam positivamente ao estresse pelo frio (66 e 61% respectivamente). O biótipo de Campos Novos, com elevada resistência ao herbicida, não suportou a exposição ao estresse, apresentando resultado semelhante ao teste de germinação (34%) em relação ao teste de frio (28%). As sementes dos biótipos de buva responderam negativamente ao teste de envelhecimento acelerado, em que o biótipo de Lages apresentou o melhor resultado com 12%, enquanto os biótipos de Papanduva e Campos Novos apresentaram 4,0 e 2,0% respectivamente. Os biótipos de azevém com resposta diferencial ao glyphosate apresentam porcentagem de germinação e vigor de sementes distintos, porém não diretamente dependentes da resistência ao herbicida. Os biótipos de buva suscetível e com baixo grau de resistência ao herbicida glyphosate são mais vigorosos que o biótipo resistente. A qualidade fisiológica de sementes de azevém e buva não está diretamente relacionada com a resistência ao herbicida glyphosate, sendo a influência do ambiente, provavelmente, mais significativa do que a resistência.

**Palavras-chave:** *Lolium multiflorum*. *Conyza bonariensis*. Resistência a glyphosate. Qualidade de sementes.



## ABSTRACT

**COSTA, F. R. Physiological seed quality of ryegrass and wavy-leaved fleabane susceptible and resistant to glyphosate.** 2014. 84 f. Dissertation (MSc in Plant Production) - Santa Catarina State University. Post graduate Program in Plant Production, Lages, Santa Catarina, Brazil, 2014.

The objective of the present work is to analyze the response of plants of ryegrass (*Lolium multiflorum*) and wavy-leaved fleabane (*Conyza bonariensis*) to increasing doses of glyphosate to detect herbicide susceptible and resistant biotypes and to evaluate the physiological quality of seeds of these biotypes to verify the relationship between the resistance and the physiological seed quality of these weeds. Ryegrass and wavy-leaved fleabane plants were exposed to increasing doses of glyphosate, ranging from 0 up to 1440 g ae ha<sup>-1</sup>, and the fresh weight were weighted 21 days after application, for dose-response tests. Seeds were subjected to tests of physiological quality (germination, cold test and accelerated aging). The experimental design was completely randomized, using ten replicates for ryegrass and six replicates for wavy-leaved fleabane in the dose-response tests, and four replicates for tests of physiological seed quality. All studied biotypes of ryegrass and wavy-leaved fleabane showed differential response due to increasing doses of glyphosate. Ryegrass resistant biotypes showed resistance factors (RF) of 3.0 (Passo Fundo) and 8.3 (Vacaria), while the susceptible ones showed FR of 1.5 (Ponte Serrada) and 1.0 (Lages). Wavy-leaved horseweed resistant biotypes showed FR 2.0 (Papanduva) and 15.5 (Campos Novos), and the susceptible biotype FR 1.0 (Lages). In the tests of physiological seed quality, ryegrass biotype of Lages showed the best performance for germination





(64%) and accelerated aging (86%) tests compared to the other biotypes. For the cold test, the biotype of Vacaria showed the best result with 86% of germination, while the biotype of Passo Fundo showed the worst results in all tests. Biotypes of wavy-leaved fleabane did not differ in germination. For Lages and Papanduva wavy-leaved fleabane, it was found the biotypes responded positively to cold stress (66 and 61%, respectively). The biotype of Campos Novos, with high resistance to the herbicide, did not withstand the stress exposure, presenting similar to germination (34%) compared to the cold test (28%) result. The seeds of the wavy-leaved fleabane biotypes responded negatively to accelerated aging, in that the biotype of Lages showed the best result (12%), while biotypes of Papanduva and Campos Novos showed 4.0 and 2.0%, respectively. Biotypes of ryegrass with differential response to glyphosate present distinct percentage of germination and vigor of seeds, although it is not directly dependent on herbicide resistance. Susceptible biotypes of wavy-leaved fleabane and the biotype with low degree of resistance to glyphosate are more vigorous than the resistant biotype. The physiological seed quality of ryegrass and wavy-leaved fleabane is not directly related to the resistance to glyphosate, and the influence of environment is probably more significant than the resistance.

**Key-words:** *Lolium multiflorum*. *Conyza bonariensis*. Glyphosate resistance. Seed quality.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 - Curvas de dose-resposta de biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*) provenientes de Santa Catarina (S1 – Lages; e S2 – Ponte Serrada) e Rio Grande do Sul (R1 – Passo Fundo; e R2 – Vacaria) resistentes e suscetíveis a glyphosate..... 54
- Figura 2 - Curvas de dose-resposta de biótipos de *Conyza bonariensis* provenientes de Santa Catarina (S1 – Lages; e S2 – Papanduva; e R – Campos Novos) resistentes e suscetíveis a glyphosate..... 58
- Figura 3 – Histograma representando as semelhanças entre os biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*) e buva (*Conyza bonariensis*), provenientes de diferentes municípios em Santa Catarina (Campos Novos, Lages, Papanduva e Ponte Serrada) e Rio Grande do Sul (Vacaria) e com resposta diferencial ao herbicida glyphosate..... 69
- Figura 4 - Análise exploratória de componentes principais de biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*) e buva (*Conyza bonariensis*), provenientes de diferentes municípios em Santa Catarina (Campos Novos, Lages, Papanduva e Ponte Serrada) e Rio Grande do Sul (Vacaria) e com resposta diferencial ao herbicida glyphosate..... 70



## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1- Parâmetros da equação usada para estimar a resposta de biótipos de *Lolium multiflorum* provenientes de Santa Catarina (S1 – Lages; S2 – Ponte Serrada) e Rio Grande do Sul (R1 – Passo Fundo; R2 – Vacaria) a glyphosate. .... 55
- Tabela 2 - Resumo da análise estatística usada para estimar a resposta de biótipos de *Lolium multiflorum* provenientes de Santa Catarina (S1 – Lages; S2 – Ponte Serrada) e Rio Grande do Sul (R1 – Passo Fundo; R2 – Vacaria) a glyphosate..... 56
- Tabela 3 - Parâmetros da equação usada para estimar a resposta de biótipos de *Conyza bonariensis* provenientes de Santa Catarina (S1 – Lages; e S2 – Papanduva; e R – Campos Novos) a glyphosate..... 59
- Tabela 4 - Resumo da análise estatística usada para estimar a resposta de biótipos de *Conyza bonariensis* provenientes de Santa Catarina (S1 – Lages; e S2 – Papanduva; e R – Campos Novos) a glyphosate..... 60
- Tabela 5 - Germinação em sementes de quatro biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*) com resistência diferencial ao herbicida glyphosate..... 62
- Tabela 6 - Teste de Frio em sementes de quatro biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*) com resistência diferencial ao herbicida glyphosate..... 63
- Tabela 7 - Teste de Envelhecimento Acelerado (EA) em sementes de quatro biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*) com resistência diferencial ao herbicida glyphosate. .... 63



Tabela 8 - Germinação, em sementes de três biótipos de buva (*Conyza bonariensis*) com diferentes níveis de suscetibilidade e resistência ao herbicida glyphosate. .... 64

Tabela 9 – Teste de Frio em sementes de três biótipos de buva (*Conyza bonariensis*) com diferentes níveis de suscetibilidade e resistência ao herbicida glyphosate. .... 65

Tabela 10 – Teste de Envelhecimento Acelerado (EA) em sementes de três biótipos de buva (*Conyza bonariensis*) com diferentes níveis de suscetibilidade e resistência ao herbicida glyphosate..... 66





## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>29</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>32</b>
2.1	PLANTAS DANINHAS .....	32
2.1.1	Azevém.....	34
2.1.2	Buva .....	35
2.2	GLYPHOSATE.....	36
2.3	RESISTÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS .....	39
2.4	QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES .....	42
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>46</b>
3.1	MATERIAIS VEGETAIS E LOCAIS DE COLETA. 46	
3.1.1	Azevém.....	46
3.1.2	Buva .....	47
3.2	TESTES DE DOSE RESPOSTA A GLYPHOSATE. 47	
3.3	TESTES DE QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES .....	48
3.3.1	Teste de germinação.....	49
3.3.2	Testes de vigor.....	49
3.3.2.1	Teste de envelhecimento acelerado .....	49
3.3.2.2	Teste de frio .....	50
3.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	51
3.4.1	Testes de dose-resposta a glyphosate .....	51
3.4.2	Testes de qualidade fisiológica de sementes .....	51
3.4.3	Análises exploratórias .....	51
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>53</b>
4.1	TESTES DE DOSE-RESPOSTA A GLYPHOSATE. 53	



4.1.1	Azevém.....	53
4.1.2	Buva .....	57
4.2	TESTES DE QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES .....	61
4.2.1	Azevém.....	61
4.2.2	Buva .....	64
4.3	ANÁLISES EXPLORATÓRIAS .....	66
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>71</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>72</b>



## 1 INTRODUÇÃO

As plantas daninhas têm na variabilidade genética sua base de sobrevivência e adaptação, o que permite a evolução das populações em resposta a mudanças ambientais ocasionadas por pressão de seleção biótica e abiótica, principalmente em ambientes perturbados pelo ser humano, como é o caso dos agroecossistemas. Dentre os mecanismos de sobrevivência que as plantas daninhas possuem, a grande produção de sementes é uma das mais importantes, pois permite a formação de um denso banco de sementes, garantindo infestações futuras e, praticamente, impossibilitando a erradicação dessas plantas em áreas de agricultura extensiva.

Embora o banco de sementes seja, em geral, mais denso em áreas de sistema convencional de cultivos agrícolas, as plantas daninhas que infestam áreas com sistema de plantio direto também apresentam grande capacidade reprodutiva. Ao se adotar o sistema de plantio direto, o uso do controle químico de plantas daninhas ganhou importância em substituição a outros métodos de controle realizados no sistema de cultivo convencional, principalmente o controle mecânico. Essa alteração de manejo, associada à presença de palha sobre o solo, permitiu que plantas daninhas com ciclo mais longo e com mecanismos alternativos de reprodução e propagação, que eram eficientemente manejadas com o controle mecânico, dominassem as áreas de plantio direto (PITELLI; PAVANI, 2005).

No sistema de plantio direto, o preparo do solo para semeadura foi substituído pela dessecação em pré-semeadura com uso de herbicidas enquanto que no sistema convencional primeiro era realizado o controle de plantas daninhas com o preparo do solo. Com a introdução do herbicida glyphosate para uso agrícola, que possibilitou o controle altamente eficiente das plantas daninhas em pós-emergência (VELLOSO;

SOUZA, 1993), passou a ser prática comum o uso deste herbicida para a dessecação em pré-semeadura. Além disso, o uso do glyphosate foi mais intensificado com o advento das culturas transgênicas tolerantes a este herbicida, a partir da década de 1990. Dessa maneira, o herbicida glyphosate passou a ser aplicado, além da dessecação em pré-semeadura, também em pós-emergência das culturas transgênicas, o que acarretou grande aumento na pressão de seleção sobre as populações de plantas daninhas.

O aumento na pressão de seleção com o uso frequente e contínuo de glyphosate, principalmente em culturas transgênicas, favoreceu a evolução de populações de plantas daninhas resistentes, conforme ressaltado por Monquero e Christoffoleti (2003), Roman et al. (2004) e Vargas et al. (2005). Portanto, com o uso indiscriminado de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação, os indivíduos susceptíveis são controlados, enquanto que os resistentes sobrevivem. Isso acarreta, ao longo do tempo, alteração na população de plantas, a qual se torna resistente, inviabilizando o uso destes herbicidas para o controle dessa população de planta daninha.

No Brasil, diversos biótipos de plantas daninhas foram identificados com resistência a vários herbicidas (HEAP, 2014). Dentre as espécies resistentes, o azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) e a buva (*Conyza* ssp.) destacam-se principalmente na região Sul do país. A resistência de azevém foi detectada a partir do ano de 2003 (VARGAS et al., 2005; HEAP, 2014), em lavouras anuais e perenes, enquanto que a resistência de buva (*Conyza bonariensis* (L.) Cronq. e *Conyza canadensis* (L.) Cronq.) foi detectada a partir de 2005 (MOREIRA et al., 2007; VARGAS et al., 2007; LAMEGO; VIDAL, 2008) e *Conyza sumatrensis* (Retz.) Wanker (HEAP, 2014).

Alguns autores têm observado diferenças biológicas e ecofisiológicas dos biótipos de plantas daninhas resistentes em comparação aos biótipos susceptíveis, como observado por

Martins (2013) em capim-amargoso (*Digitaria insularis*). Além disso, vários fatores ambientais, tais como temperatura, luz, pH do solo, além de características do solo, têm influência na germinação de sementes de *C. canadensis* e *C. bonariensis* (KÖGER et al., 2004; NANDULA et al., 2006). No entanto, não foram encontrados estudos relacionados à qualidade fisiológica de sementes.

Considerando que o azevém e, principalmente, a buva apresentam grande produção de sementes e alta variabilidade genética, espera-se que essas plantas daninhas tenham alta capacidade adaptativa, especialmente os biótipos resistentes quando presentes em populações submetidas à alta pressão de seleção por herbicidas. No entanto, a adaptação a diferentes ambientes pode gerar condições para a produção de sementes com diferentes potenciais fisiológicos (FERNANDES; CARVALHO; MELO, 1983; COELHO et al., 2010), provavelmente afetando a qualidade dessas sementes e as plantas oriundas dessas sementes.

O objetivo com o presente trabalho foi (i) analisar a resposta de plantas de azevém e buva a doses crescentes do glyphosate para detecção de biótipos suscetíveis e resistentes ao herbicida e (ii) avaliar a qualidade fisiológica de sementes desses biótipos para verificar a relação entre a resistência e a qualidade fisiológica de sementes dessas plantas daninhas.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 PLANTAS DANINHAS

Embora haja consenso geral a respeito do que são plantas daninhas, suas definições são quase tão numerosas quanto os autores que trabalham com essas plantas (BAKER, 1974). Pode-se definir planta daninha como a planta que cresce espontaneamente em um local de atividade humana e causa prejuízos a esta atividade (CARVALHO, 2013). De grande importância na agricultura, as plantas daninhas têm sido estudadas sob diferentes aspectos, desde a biologia e a ecofisiologia até o monitoramento e os métodos de controle, para que se compreenda sua dinâmica ambiental e seus processos evolutivos, com intuito de estabelecer estratégias eficientes de manejo e evitar sua interferência competitiva sobre os cultivos agrícolas.

As plantas daninhas são plantas pioneiras de sucessão secundária, ou seja, são plantas que ocupam local onde por qualquer motivo, a cobertura natural foi extinta e o solo tornou-se total ou parcialmente exposto (PITELLI, 1987). As espécies pioneiras possuem características de agressividade (DE WHET; HARLAN, 1975; KISMANN; GROTH, 1999), caracterizadas por grande capacidade de produzir diásporos com viabilidade e longevidade, que são capazes de germinar de maneira descontínua, em diversos ambientes e que possuem adaptações especiais para disseminação a curta e longa distância. Além disso, essas plantas normalmente apresentam rápido crescimento vegetativo e florescimento, são auto-compatíveis, mas não completamente autógamas ou apomíticas e, quando alógamas, utilizam-se de agentes de polinização inespecíficos ou o vento (PITELLI; PAVANI 2005).

Este tipo de vegetação não é exclusivo de ecossistema agrícola, sempre existiu e é considerada muito importante na recuperação de outras áreas onde a vegetação original foi



extinta, como ocorreu na deglaciação do Pleistoceno (PITELLI, 1987). Porém, o desenvolvimento das práticas agrícolas, visando estabelecer sempre condições ótimas para as culturas, também aumentou a pressão de seleção favorecendo a evolução dessas plantas pioneiras (CARVALHO; COSTA, 2014), as quais se adaptaram a essas práticas e, assim, puderam colonizar os agroecossistemas de maneira eficiente (PITELLI; PAVANI, 2005), dificultando seu controle.

Grime (1979) considera dois fatores que determinam a estratégia adaptativa das plantas no ambiente: o estresse e o distúrbio. O estresse refere-se aos fenômenos que limitam o crescimento e desempenho fotossintético das plantas, como as limitações de luz, água e nutrientes e a disponibilidade de espaço. O distúrbio refere-se à destruição parcial ou total da vegetação, podendo ser resultado das pressões bióticas ou abióticas, como inundações, incêndios, ataque de pragas e doenças entre outras, ou mesmo o controle da vegetação com preparo do solo, capinas e aplicações de herbicidas

Quando o estresse é baixo e o distúrbio é alto, as plantas desenvolvem a característica adaptativa chamada de ruderal (PITELLI; PAVANI, 2005). Quando são baixas as intensidades do estresse e do distúrbio, as plantas desenvolvem a característica competidora. Em situações de alto estresse e baixo distúrbio, a estratégia desenvolvida é tolerante ao estresse (GRIME, 1979). Nessa lógica, em situações que estresse e distúrbio são extremos não há estratégia viável para adaptação de plantas superiores.

Segundo Pitelli e Pavani (2005), a principal característica desenvolvida por plantas com características ruderais é um rápido e eficiente sistema reprodutivo, para formação de um banco de sementes denso e persistente, proporcionando uma nova colonização. Plantas ruderais são típicas de agroecossistemas com cultivo intensivo do solo, como hortas e cultivos anuais em sistema convencional. As plantas com característica competidora priorizam o máximo

crescimento vegetativo a fim de ocuparem eficientemente os recursos do meio, se estabelecendo de forma adaptativa no ambiente. Plantas competidoras são típicas de agroecossistemas sem revolvimento (ou com revolvimento mínimo) do solo, como cultivos anuais em sistema de plantio direto. As plantas tolerantes ao estresse apresentam características adaptativas para superar as limitações impostas pelo meio, principalmente no que se refere a interações planta-planta, ou seja, a interferência de um indivíduo sobre o outro. Plantas tolerantes ao estresse não são típicas de cultivos anuais, mas sim de cultivos perenes em estágios avançados de crescimento.

Grime (1979) ressalta, ainda, que em função da grande variabilidade genética, as plantas daninhas, em geral, podem desenvolver estratégias adaptativas complexas, com características de duas ou até das três estratégias apresentadas. Dessa maneira, é possível que as populações de plantas daninhas sejam altamente dinâmicas em relação a adaptação ambiental, bem como nos aparatos reprodutivos de recolonização das áreas.

### **2.1.1 Azevém**

O azevém, ou azevém anual, é uma espécie pertencente à família Poaceae (NELSON et al., 1997), com estratégia adaptativa complexa, apresentando características ruderais e também competidoras. Originário da bacia do Mediterrâneo (sul da Europa, norte da África e Ásia Menor), o azevém disseminou-se pela Europa e, sucessivamente, pela América do Norte (FLORES, 2006). Atualmente, o azevém ocorre em todos os continentes, nas regiões de clima mais ameno. No Brasil, as infestações de azevém concentram-se na região Sul do país, principalmente no Rio Grande do Sul, em Santa Catarina e na região Centro-Sul e Centro-Oeste do Paraná.

O azevém é uma gramínea de ciclo anual, que se constitui, com frequência, em planta indesejada em lavouras de trigo no Sul do Brasil, embora também seja utilizado como espécie forrageira durante o inverno (ROMAN et al., 2004). A espécie é adaptada a temperaturas mais baixas em climas mesotérmicos, não resistindo ao calor de verão de climas tropicais, desenvolvendo-se somente durante o inverno e na primavera (GALLI et al., 2005).

De fecundação cruzada, o azevém é uma espécie que se adapta bem a solos de baixa e média fertilidade, com boa resposta à adubação, de fácil dispersão e, por isso, está presente e caracteriza-se como planta daninha em praticamente todas as lavouras de inverno, em pomares e em vinhedos da região Sul do Brasil. Nas culturas de trigo, cevada, centeio e triticale, o azevém, muitas vezes, já está presente por ocasião da semeadura dessas culturas. Essa gramínea também é problema em lavouras de milho (VARGAS et al., 2007).

As plantas de azevém anual produzem sementes no final da primavera. Após a maturação fisiológica ocorre a abscisão das sementes. Quando não são colhidas, as sementes caem ao solo, aí permanecendo dormentes até o final do verão, quando iniciam a germinação (PIANA et al., 1986). Portanto, plantas voluntárias são fonte de permanência das sementes e de infestações futuras, quando da utilização destas na prática de rotação de culturas de cereais de inverno, como cevada, centeio, trigo e triticale (ROMAN et al., 2004).

### **2.1.2 Buva**

Cerca de 50 espécies são classificadas no gênero *Conyza*, em que *C. bonariensis*, conhecida no Brasil como buva ou voadeira, avaliada neste trabalho, vem alcançando nível de importância cada vez maior (KISSMANN; GROTH, 1999). A espécie *C. bonariensis* é originária da América do Sul, pertence à família Asteraceae e possui ciclo de desenvolvimento anual.

Sua reprodução é exclusiva por sementes (LORENZI, 2000), com maior germinação ao final do outono/inverno e encerrando seu ciclo na primavera/verão (VARGAS et al., 2007).

A buva é uma planta daninha ruderal (TREMMELE; PETERSON, 1983), extremamente prolífica, podendo produzir até 200.000 sementes viáveis por planta, que se estabelece em diversas condições climáticas e distribuição geográfica (WU; WALKER, 2004). Apresenta adaptações nos aquênios denominadas *papus* o que permite sua disseminação pelo vento a longas distâncias (ANDERSEN, 1993). No Brasil, geralmente germina em outubro e produz sementes em meados de janeiro, com possibilidade de germinação durante o ano todo dependendo das condições climáticas (MOREIRA, 2008; VIDAL et al., 2007).

As espécies de buva são plantas que apresentam adaptabilidade a sistemas conservacionistas de manejo de solo como: plantio direto, cultivo mínimo e áreas de fruticultura (BHOWIK; BEKECH, 1993). A habilidade de autopolinização das espécies aliada a grande produção de sementes facilmente dispersáveis são fatores que podem contribuir para a boa adaptabilidade ecológica, para sobrevivência de biótipos resistentes de buva e para as altas infestações (MOREIRA, 2008).

## 2.2 GLYPHOSATE

O glyphosate [*N*-(fosfonometil)glicina] é um herbicida pós-emergente, não-seletivo, de ação sistêmica, sem residual (FRANZ et al., 1997), exceto para culturas transgênicas, e que vem sendo utilizado na agricultura há mais de 35 anos. É o herbicida de maior importância mundial e isso se deve a sua grande versatilidade de uso na agricultura (MOREIRA; CHRISTOFFOLETI, 2008). Destaca-se em virtude da capacidade de controlar uma grande variedade de espécies vegetais, além de apresentar rápida ligação às partículas do

solo e biodegradação, bem como baixa toxicidade a mamíferos, aves e peixes (PRESTON; WAKELIN, 2008).

No ano de 1964, a molécula de glyphosate foi originalmente sintetizada como potencial agente quelante industrial, e, em 1971, foi descrito o seu uso como herbicida (LUCHINI, 2009). O glyphosate possui diferentes formulações, sendo fabricado como sal de isopropilamina, formulação concentrado solúvel, com 360 gramas de equivalente ácido (e.a.); como sal de amônio, formulado em grânulos dispersíveis em água, com 720 g e.a. kg<sup>-1</sup>; ou sal potássico, formulação concentrado solúvel, com 500 g e.a. kg<sup>-1</sup> (GAZZIERO et al., 2009).

O glyphosate é bem pouco solúvel em solventes orgânicos comuns, sendo altamente solúvel em água (11.600 mg L<sup>-1</sup> a 25° C) (FRANZ et al., 1997); possui elevado coeficiente de adsorção ao solo ( $K_d = 61 \text{ g cm}^{-3}$ ), principalmente aos óxidos de alumínio e ferro, meia vida em torno de 47 dias (CENTENO, 2009) e coeficiente de partição octanol/água muito baixo ( $K_{ow} = 0,00033$ ), por isso apresenta baixa mobilidade, com pouca tendência para lixiviação no solo (LINDERS et al., 1994). Apresenta-se como um produto com baixa pressão de vapor ( $7,5 \times 10^{-8} \text{ mm Hg}$ ) e ponto de fusão a 189,9° C (FRANZ et al., 1997), com baixo potencial de deriva.

O glyphosate é absorvido pelas folhas e translocado para os tecidos meristemáticos das plantas preferencialmente via floema (MONQUERO et al., 2004; CASELEY; COUPLAND, 1985; FRANZ et al., 1997) devido à armadilha iônica para as formas dissociadas do herbicida no floema. Após a penetração do glyphosate através da cutícula, o herbicida é transportado através da membrana plasmática dos tecidos fotossintetizantes por meio de carreadores de fosfato, finalizando o processo de absorção. A translocação do herbicida ocorre no simplasto, através dos tecidos vasculares até as zonas meristemáticas onde se localiza o sítio de ação do

glyphosate (enzima 5-enol-piruvil-chiquimato-3-fosfato sintase – EPSPS) (SATICHIVI et al., 2000).

A translocação do glyphosate pelo floema segue o fluxo de açúcares produzidos na fotossíntese, deslocando-se das folhas para as raízes ou frutos, onde serão utilizados na respiração, assimilação ou acumulação depois de sua conversão a substâncias como amido, por exemplo (RODRIGUES, 2009). O movimento do herbicida na planta é assim influenciado pela quantidade de açúcar translocada para cada uma dessas partes durante o ciclo de vida da planta (MONQUERO et al., 2004), o que influencia na eficácia do herbicida (WANAMARTA; PENNER, 1989), principalmente em dependência do estágio de aplicação.

A molécula do glyphosate atua na rota do ácido chiquímico competindo pelo mesmo sítio de ação da enzima EPSPS, que catalisa a reação na qual chiquimato-3-fosfato (S3P) reage com fosfoenolpiruvato (PEP), formando 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato (EPSP) e fósforo inorgânico (Pi) (GEIGER; FUCHS, 2002; KOGER et al., 2005; MARÍA et al., 2005; MOLDES et al., 2008; REDDY et al., 2008). Essa reação ocorre em duas etapas, iniciando pela ligação da enzima EPSPS ao S3P, formando o complexo EPSPs-S3P; em seguida, o PEP liga-se a esse complexo, permitindo o prosseguimento da reação, finalizando com a produção de EPSP; quando a planta é exposta ao produto herbicida, o glyphosate não irá se ligar à enzima EPSPS livre, mas sim ao complexo EPSPS-S3P, impedindo que ocorra a sua interação com PEP, ao formar o complexo inativo EPSPS-S3P-glyphosate (FRANZ et al., 1997; TAN et al., 2006).

A inibição da enzima EPSPS pela ação do glyphosate afeta a rota metabólica do chiquimato, a qual produz os três aminoácidos aromáticos fenilalanina, tirosina e triptofano. Além disso, essa rota é responsável pela formação dos compostos fenólicos, que podem representar até 35% da biomassa vegetal (BOUDET et al., 1985). Portanto, com a

inibição da enzima EPSPS, ocorre interferência na entrada de carbono na rota do chiquimato pelo aumento da atividade da enzima 3-deoxi-D-arabinoheptulose-7-fosfato sintase (DAHPS), que catalisa a condensação de eritrose-4-fosfato com PEP, considerada a enzima reguladora da rota (DEVINE et al., 1993). O aumento da atividade da DAHPS deve-se aos baixos teores de arogenato, que é um inibidor alostérico da DAHP, e é um composto posterior à EPSP na rota. Com a redução da inibição pelo arogenato, a DAHPS continua atuando, o que provoca altos níveis de ácido chiquímico, já que a rota é interrompida pela inibição da EPSPS.

Dessa forma, o glyphosate atua inibindo a síntese de aminoácidos aromáticos essenciais, que são precursores de outros produtos, como lignina, alcaloides, flavonoides e ácidos benzoicos (TAN et al., 2006; REDDY et al., 2008), substâncias indispensáveis para a síntese de proteínas e ao crescimento das plantas.

Os sintomas típicos de intoxicação das plantas pelo herbicida glyphosate são a paralisação do crescimento, o amarelecimento dos meristemas e das folhas jovens, folhas com estrias ou avermelhadas com posterior necrose e morte das plantas (KARAM; OLIVEIRA, 2007).

## 2.3 RESISTÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS

A resistência de plantas a herbicidas é definida como a capacidade inerente e herdável de alguns indivíduos dentro da população (biótipo) em sobreviver e se reproduzir após a exposição à dose do herbicida que é letal aos indivíduos susceptíveis da mesma população (CHRISTOFFOLETI; LOPEZ-OVEJERO, 2008), ou mesmo de outras populações, quando a aplicação é realizada segundo as recomendações da empresa fabricante. Dentre os casos de resistência de plantas daninhas a herbicidas, pode-se destacar a resistência ao glyphosate devido ao seu amplo e extensivo uso na agricultura

e áreas não agrícolas, em todo o mundo, e aos diversos casos de resistência relatados (DUKE; POWLES, 2008), principalmente nos últimos anos (HEAP, 2014).

O primeiro caso de resistência de plantas daninhas ao herbicida glyphosate foi registrado em 1996 na Austrália para a espécie *Lolium rigidum* Gaud. (POWLES et al., 1998), em áreas de cultivo de canola, trigo e outros cereais e beira de cercas em pastagem (HEAP, 2014). No Brasil, o primeiro biótipo com resistência a esse herbicida foi detectado em azevém, no ano de 2003 (VARGAS et al., 2005), em áreas de cultivo de soja e pomares de fruteiras no Rio Grande do Sul (HEAP, 2014); em 2005, biótipos de diferentes espécies de buva (*C. bonariensis* e *C. canadensis*) foram detectados com resistência a glyphosate (MOREIRA et al., 2007; VARGAS et al., 2007; LAMEGO; VIDAL, 2008) em áreas de cultivo de milho, soja, trigo e pomares de fruteiras no Rio Grande do Sul, Paraná e São Paulo (HEAP, 2014); em 2008, foi detectado biótipo de capim-amargoso resistente ao glyphosate em áreas de cultivo de soja e pomares de citros em São Paulo; em 2010, biótipo de outra espécie de buva (*C. sumatrensis*) foi detectado com resistência a esse herbicida (HEAP, 2014). A partir de 2010, em áreas agrícolas brasileiras, alguns biótipos de azevém e buva foram detectados com resistência múltipla (herbicidas com diferentes mecanismos de ação), como: azevém resistente a glyphosate e inibidores de acetil coenzima-A carboxilase (ACCase) em 2010 e buva resistente a glyphosate e inibidores de acetolactato sintase (ALS) em 2011 (HEAP, 2014). Segundo Heap (2014), atualmente estão registrados mais de 200 casos de biótipos resistentes ao herbicida glyphosate no mundo, em 28 espécies incluindo o azevém e a buva.

De acordo com Kissmann (1996), a variabilidade genética natural existente em qualquer população de plantas daninhas é a responsável pela fonte inicial de resistência em uma população suscetível de plantas daninhas. Ou seja, todas as populações de plantas daninhas, independentemente da



aplicação de qualquer produto, provavelmente contém indivíduos resistentes a herbicidas (KISSMANN, 2003). Desse modo, o surgimento de biótipos resistentes ocorre, com maior frequência, em áreas onde há uso repetido de herbicidas de um mesmo grupo químico ou pertencentes a diferentes grupos, mas com o mesmo mecanismo de ação (GRESSEL; SEGEL, 1990).

Para entender como a resistência a herbicidas ocorre numa população de plantas daninhas são propostos dois mecanismos: mutação (mudança gênica) ou genes pré-existentes que conferem resistência à população (seleção natural) (CHRISTOFFOLETI; LOPEZ-OVEJERO, 2008). Segundo esses autores, as mutações ocorrem ao acaso e são pouco frequentes. Essa mutação pode ter ocorrido antes ou após a aplicação do herbicida na área e não existem evidências que a mesma seja induzida pelos herbicidas. Esse mecanismo não é muito considerado atualmente; a seleção natural é amplamente aceita como explicação do desenvolvimento da resistência; dessa forma os biótipos resistentes a herbicidas sempre estão presentes em baixa frequência numa espécie de planta daninha.

As plantas com resistência desenvolvem mecanismos específicos de resistência, que no caso do glyphosate, segundo Carvalho et al. (2012), decorrem de: (i) limitação na absorção e/ou na translocação do herbicida na planta, que pode estar associado ao seu sequestro no vacúolo, o que impede que quantidades suficientes de herbicida atinjam seu sítio de ação, levando à inibição da via do chiquimato, (ii) mutação genética da enzima EPSPS, impedindo que o herbicida se ligue à enzima, (iii) amplificação da expressão gênica da EPSPS, o que aumenta a produção dessa enzima, permitindo que mais EPSPS exista na planta e, assim, a quantidade absorvida do herbicida não seja suficiente para matar a planta, e (iv) degradação do glyphosate na planta, reduzindo a quantidade do herbicida absorvido a níveis não letais.

## 2.4 QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES

A qualidade fisiológica das sementes é influenciada pelas características genéticas herdadas de seus progenitores, além da germinação e vigor, sendo estes dois últimos fatores afetados pelas condições ambientais (ANDRADE et al., 2001). Tanto o ambiente quanto o genótipo têm importante papel na qualidade de sementes, mas, apesar do evidente e notório efeito das condições de ambiente sobre a qualidade fisiológica das sementes, a importância do genótipo não deve ser negligenciada (GONDIM et al., 2006). O máximo potencial de qualidade de sementes, como germinação, emergência e vigor de plântulas, é controlado geneticamente, e as condições ambientais determinam como ele poderá se manifestar (PRETE; GUERRA, 1999).

As sementes de várias espécies de plantas daninhas são ortodoxas e, portanto, podem ser quiescentes se alguns dos fatores ambientais limitarem a germinação ou podem estar em estado de dormência (EGLEY, 1983). Assim, o conhecimento dos requerimentos para a germinação de sementes de espécies de plantas daninhas pode ser relevante tanto para uma perspectiva ecológica quanto agrônômica, pois, segundo Dias Filho (1998), o conhecimento do padrão e da influência de fatores ambientais sobre a germinação de sementes é essencial para o desenvolvimento de programas de controle preventivo de plantas daninhas.

A germinação de sementes de plantas daninhas é bastante variável ao longo do tempo, ocorrendo fluxos de emergência das plantas daninhas em determinados períodos do ano; esses fluxos são resultantes de condições ambientais favoráveis e da habilidade das sementes viáveis em responder a estes estímulos (CARMONA, 1992). Esse fato ocorre devido às sementes, provenientes da mesma planta-mãe, apresentarem diferentes graus de dormência, dependendo das condições

ambientais, época de desenvolvimento e posição da semente na inflorescência (DEKKER et al., 1996).

O teste de germinação de sementes em laboratório é realizado através da avaliação de emergência e desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião, demonstrando sua aptidão para produzir uma planta normal sob condições favoráveis no campo. Nos testes de laboratório, a porcentagem de germinação de sementes corresponde à proporção do número de sementes que produziu plântulas classificadas como normais, em condições e períodos especificados para que uma plântula possa continuar seu desenvolvimento até tornar-se uma planta normal, devendo apresentar as seguintes estruturas essenciais: sistema radicular, parte aérea, gemas terminais, cotilédones (um ou mais) e coleóptilo em Poaceae (BRASIL, 2009).

No entanto, devido aos resultados do teste de germinação não serem exatamente os mesmos das condições de solo, visto que as mesmas raramente são ótimas para a germinação das sementes, desenvolveu-se o conceito de testes de vigor. O termo vigor não surgiu para identificar um processo fisiológico definido da semente, mas para identificar as manifestações de seu comportamento em campo ou durante o armazenamento (MARCOS FILHO, 2005). O vigor de sementes, definido pela Associação Internacional de Teste de Sementes (ISTA, 1995), é um índice do grau de deterioração fisiológica e/ou integridade mecânica de um lote de sementes de alta germinação, representando sua ampla habilidade de estabelecimento no ambiente. A Associação Oficial de Analistas de Sementes (AOSA, 1983) destaca que o vigor de sementes é tido como aquela propriedade das sementes que determina o potencial para uma emergência rápida e uniforme e para o desenvolvimento de plântulas normais sob uma ampla faixa de condições de campo.

Existem vários testes de vigor, cada um mais adequado a um tipo de semente e condição. Esses testes determinam lotes

com baixo potencial de armazenamento, que germinam mal no frio, que não suportam seca etc. (PESKE; ROSENTHAL; ROTA; 2003).

Especialmente para as plantas daninhas, a qualidade fisiológica das sementes pode assumir papel importante na sobrevivência das espécies em decorrência da grande produção de estruturas de reprodução e formação de banco de sementes (montante de sementes e outras estruturas de reprodução viáveis que estão presentes no solo ou sobre o solo). O bancos de semente de plantas daninhas, em virtude do padrão de germinação e estabelecimento de plântulas, pode ser classificado em dois tipos, segundo Thompson e Grime (1979): transitório e persistente. No primeiro tipo, a germinação ocorre dentro do período de um ano após a dispersão, e no segundo tipo, a ocorrência da germinação das sementes dispersas excede a esse período. Dessa maneira, a formação de banco de sementes é dependente da sobrevivência das estruturas reprodutivas que o compõe, e a longevidade do banco de sementes, por sua vez, é dependente da qualidade das estruturas reprodutivas que o compõe.

Os diásporos das plantas daninhas podem ser dotados de mecanismos de dormência variáveis e de grande longevidade, que vai influenciar a capacidade de sobrevivência das estruturas reprodutivas neste banco e, como consequência, o tipo de banco formado. De acordo com Foley (2001), dormência é uma incapacidade temporária na capacidade das sementes para germinar mesmo dispondo de todas as condições ambientais favoráveis, sendo, segundo Murdock e Ellis (1992), influenciada por fatores genéticos e ambientais. Diferentemente, a quiescência ocorre quando a semente não está dormente, mas o ambiente não fornece condições favoráveis para sua germinação. Nesse sentido, plantas com sementes dormentes têm capacidade de formar bancos persistentes mais densos (caso do azevém), enquanto plantas com sementes quiescentes, bancos transitórios (caso da buva).

Considera-se que sementes de melhor qualidade possam formar bancos mais longevos, desde que as sementes apresentem dormência. Além disso, espécies ou biótipos de uma espécie que melhor se adaptam a uma determinada prática agrícola são selecionados e multiplicam-se rapidamente (HOLT; LEBARON, 1990), e portanto podem formar bancos mais densos. Por isso, a predição precisa da emergência de plantas daninhas do banco de sementes permitiria aos agricultores um planejamento mais eficiente do controle e impediria a aplicação inadequada de herbicidas em condições de pré-emergência (CARDINA; SPARROW, 1996). No caso de populações de plantas daninhas resistentes, conhecer o potencial de formação e de qualidade do banco de sementes pode auxiliar no entendimento da dinâmica dos biótipos na população e, assim, permitir tomadas de decisões mais precisas a respeito do seu manejo, principalmente, pois não se podem diferir biótipos sensíveis e resistentes em função de características morfológicas relativas ao vigor da planta (GALVAN et al., 2011). Portanto, é importante conhecer a biologia germinativa de plantas daninhas para compreender as informações básicas a respeito das estratégias de manejo e adoção de técnicas alternativas de controle (CANOSSA et al., 2007).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no município de Lages (SC), nas dependências do Centro Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina – CAV/UEDESC.

#### 3.1 MATERIAIS VEGETAIS E LOCAIS DE COLETA

Sementes de azevém (*L. multiflorum*) e buva (*C. bonariensis*) foram coletadas em terreno baldio sem histórico de aplicação do herbicida glyphosate e em agroecossistemas com suspeita de presença de biótipos resistentes ao herbicida. Estas amostras de sementes foram armazenadas em sacos de papel e acondicionadas em câmara seca (50% de UR e 10 °C) no Laboratório de Análise de Sementes (LAS) do CAV/UEDESC, para uso posterior em testes de dose-resposta e qualidade fisiológica de sementes.

##### 3.1.1 Azevém

As sementes de azevém foram coletadas em quatro locais distintos, localizados no Estado de Santa Catarina, nos municípios de Lages (biótipo S1) e Ponte Serrada (biótipo S2), e no Estado do Rio Grande do Sul, nos municípios de Passo Fundo (biótipo R1) e Vacaria (biótipo R2). As sementes de Lages foram coletadas em terreno baldio, as demais sementes foram coletadas em lavouras anuais.

Sabendo que as plantas daninhas apresentam maturidade desuniforme, a colheita dessas sementes foi realizada quando as plantas apresentavam coloração amarelo-palha e suas respectivas sementes já se desprendiam com facilidade das espiguetas. Três dos quatro biótipos foram coletados no mês de dezembro de 2012. O biótipo R1, cedido

pela Embrapa Trigo, foi coletado antes de 2012 e estava armazenado com prazo superior a 12 meses.

A quantidade de sementes coletada para cada biótipo foi a quantidade mínima para a espécie que, de acordo com Brasil (2009), deve ser de 60 gramas por amostra.

### **3.1.2 Buva**

A coleta das sementes de buva ocorreu em três locais do Estado de Santa Catarina, nos municípios de Lages (biótipo S), Papanduva (biótipo R1) e Campos Novos (biótipo R2). As sementes de Lages foram coletadas em terreno baldio, as demais sementes foram coletadas em lavouras anuais.

Para a realização da coleta de sementes, utilizou-se como parâmetro de maturação o desprendimento das sementes dos capítulos florais das plantas amostradas, no total de cinco por biótipo, pois, segundo Fenner (1983), a maturação das sementes ocorre três semanas após a fertilização.

Os biótipos S e R2 foram coletados em fevereiro e o biótipo R3 no mês de março de 2013.

## **3.2 TESTES DE DOSE RESPOSTA A GLYPHOSATE**

Plantas de azevém e buva foram cultivadas em copos de plástico com capacidade de 300 mL, contendo substrato comercial, e mantidas em câmara de crescimento (fitotron) com fotoperíodo de 12 h, fluxo luminoso de  $800 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , temperatura de  $25 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  e umidade relativa (UR) de  $60 \pm 2\%$ .

Por copo, foram mantidas duas plantas para o azevém, enquanto que para a buva, apenas uma planta, separadamente para cada biótipo estudado. Quando atingiram o estágio de 4-6 folhas (azevém) e três pares de folhas (buva), as plantas foram submetidas à aplicação do herbicida glyphosate.

Os tratamentos experimentais constaram das doses de glyphosate aplicadas sobre os diferentes biótipos de azevém e

buva, a saber: 0 (testemunha sem aplicação do herbicida), 5,625, 11,25, 22,5, 45, 90, 180, 360, 720 e 1.440 g e.a. ha<sup>-1</sup>, constituindo 10 tratamentos. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com dez repetições para o azevém e seis repetições para a buva.

Foi utilizada uma formulação comercial do herbicida glyphosate (Monsanto, Roundup Original<sup>®</sup>, Brasil), contendo 48% (m/v) de ingrediente ativo [sal de isopropilamina de *N*-(fosfonometil)-glicina] e 36% do equivalente ácido de *N*-(fosfonometil)-glicina. A aplicação do herbicida foi realizada a distância de 50 cm do alvo, com pulverizador costal pressurizado a CO<sub>2</sub>, munido de barra com duas pontas de jato plano (TeeJet, 110.02, EUA), mantido à pressão de 2 bar, usando volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup>.

As avaliações foram realizadas aos 21 dias após a aplicação do glyphosate quando as plantas foram cortadas rente ao substrato e pesadas em balança semi-analítica (0,001 g de precisão) para determinação da massa fresca individual. Os testes de dose-resposta foram baseados na metodologia utilizada por Carvalho (2011).

### 3.3 TESTES DE QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES

Para avaliar a qualidade das sementes de azevém e buva, utilizou-se como base as Regras de Análises de Sementes – RAS (BRASIL, 2009) com adaptações para os testes de germinação e vigor. Os testes de qualidade fisiológica das sementes foram realizados no LAS-CAV/UDESC.

Os tratamentos experimentais corresponderam aos quatro biótipos de azevém (Lages, Ponte Serrada, Passo Fundo e Vacaria) e aos três biótipos de buva (Lages, Papanduva e Campos Novos). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições de 50 sementes para todos os testes realizados em ambas espécies.



As sementes não passaram por nenhum processo de beneficiamento ou limpeza, apenas foram colhidas das plantas e armazenadas. Quando realizados os testes buscou-se apenas utilizar a fração semente pura.

### **3.3.1 Teste de germinação**

O teste de germinação para o azevém foi realizado em germinador, entre papel germitest, à temperatura constante de 20 °C, por 14 dias. A primeira contagem de germinação foi realizada, considerando-se a porcentagem de plântulas normais obtidas no quinto dia após a sementeira e a última contagem aos 14 dias.

Para a buva, o teste de germinação foi adaptado da metodologia de Yamashita et al. (2011) e Inacio et al. (2012), utilizando-se de caixa gerbox sobre papel, em câmara incubadora tipo BOD (demanda química de oxigênio) à temperatura de 25 °C com fotoperíodo de 12 horas de luz.

A avaliação da germinação se deu quando ocorreu a protrusão da radícula e visualização das estruturas de uma plântula normal. Neste caso as avaliações foram realizadas no terceiro, sétimo e décimo quarto dia.

### **3.3.2 Testes de vigor**

Dentre os testes de vigor descritos na literatura, optou-se pelo envelhecimento acelerado e o frio, pois os mesmos simulam condições de estresse que as sementes podem sofrer no campo além de serem reproduzíveis para as espécies estudadas.

#### **3.3.2.1 Teste de envelhecimento acelerado**

Foi adotada a metodologia recomendada por Garcia e Menezes (1999) para ambas as espécies, considerando os

mesmos tratamentos, delineamento experimental e repetições do teste de germinação.

Uma única camada de sementes foi colocada sobre tela metálica acoplada à caixa gerbox, contendo 40 mL de água destilada no fundo da caixa. As caixas foram tampadas, de modo a manter 100% de umidade relativa (UR) em seu interior, sendo mantidas em câmara de envelhecimento a uma temperatura de 42 °C, durante 48 horas.

Decorrido o período, sementes de cada biótipo e espécie foram colocadas para germinar, seguindo método descrito para o teste de germinação para cada espécie citado acima, com o mesmo critério de avaliação.

### 3.3.2.2 Teste de frio

As sementes de azevém foram postas em rolos de papel germitest umedecidos com água destilada, na proporção de 2,5 vezes de sua massa seca, revestidos com saco plástico poroso e colocados em refrigerador à temperatura de 8 °C durante sete dias, conforme Holbig et al. (2011). Após este período, os rolos foram transferidos para germinador mantendo as condições do teste de germinação, conforme Krzyzanowski et al. (1999).

Para a buva, as sementes foram colocadas em caixas gerbox sobre papel umedecido 2,5 vezes a sua massa, acondicionados em refrigerador a uma temperatura de 8 °C por um período de sete dias e transferidas para câmara tipo BOD à temperatura de 25 °C para o período de germinação.

As avaliações de ambas espécies seguiram o mesmo critério para o teste de germinação (item 3.3.1).

## 3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

### 3.4.1 Testes de dose-resposta a glyphosate

Os dados de massa fresca foram submetidos à análise de regressão, utilizando o programa computacional SigmaPlot® (Systat, versão 10.0, EUA). O ajuste da regressão foi feito através da equação não linear, log-logística:

$$y = c + \frac{d - c}{1 + \frac{x^b}{g}}$$

em que: y indica a massa fresca; c e d são coeficientes que expressam os valores mínimo e máximo de massa fresca; b é a inclinação da curva no ponto g; g é o ponto de inflexão da curva; e x representa a dose de glyphosate.

O ponto de inflexão (g), nesta curva, representa a dose requerida para reduzir a massa fresca da planta em 50% (EC50). Assim, o fator de resistência (FR) foi calculado pela relação da EC50 do biótipo mais susceptível com o EC50 dos biótipos menos susceptíveis (azevém, apenas) e resistentes.

### 3.4.2 Testes de qualidade fisiológica de sementes

Os dados de percentagem de germinação foram transformados em arco seno  $\sqrt{x/100}$  para normalização da distribuição dos resíduos. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando o programa computacional SAS® (Statistical Analysis System) (SAS Institute Inc., versão 9.3, EUA).

### 3.4.3 Análises exploratórias

Para avaliar a relação entre o local de coleta, a resistência a glyphosate e a qualidade fisiológica das sementes

de azevém e buva, foram efetuadas análises exploratórias de agrupamento e de componentes principais, utilizando-se dos resultados dos testes de germinação, frio, envelhecimento acelerado e do fator de resistência como variáveis. A análise de agrupamento foi efetuada utilizando o método de Ward e a distância métrica euclidiana, considerando todas as variáveis como ativas. A análise de componentes principais foi efetuada considerando os testes de germinação, frio e envelhecimento acelerado como variáveis ativas e o fator de resistência como variável suplementar. Para estas análises, o biótipo de azevém proveniente de Passo Fundo (R1) foi desconsiderado, pois suas sementes estavam pré-armazenadas, o que influenciou nos resultados de qualidade fisiológica de sementes, como se discute nos Resultados e Discussão, e, possivelmente, também afetou a resposta ao herbicida, influenciando o fator de resistência. Ambas as análises de agrupamento e de componentes principais foram procedidas utilizando o programa computacional Statistica<sup>®</sup> (Statsoft Inc., versão 8.0, EUA).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 TESTES DE DOSE-RESPOSTA A GLYPHOSATE

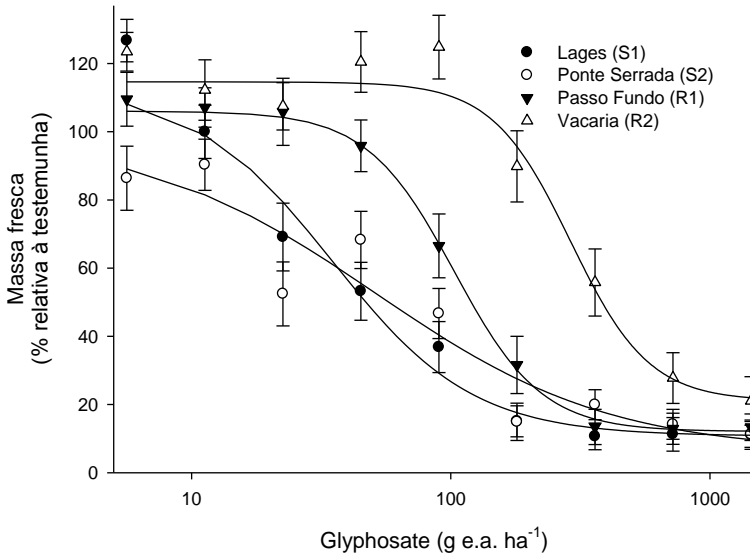
#### 4.1.1 Azevém

Os quatro biótipos estudados apresentaram resposta diferencial ao aumento de dose do herbicida glyphosate (Figura 1). Os biótipos S1 e S2 acumularam menor quantidade de massa fresca em doses de até 180 g e.a. ha<sup>-1</sup>. As doses de glyphosate acima de 360 g e.a. ha<sup>-1</sup>, os biótipos S1, S2 e R1 apresentaram menor quantidade acumulada de massa fresca em relação ao biótipo R2. Os biótipos R1 e R2 não tiveram sua massa fresca significativamente reduzida em doses de até 45 e 90 g e.a. ha<sup>-1</sup>, respectivamente, indicando sua baixa susceptibilidade ao glyphosate nessas doses, diferentemente do que ocorreu com os biótipos S1 e S2 que com dose de 45 g e.a. ha<sup>-1</sup> apresentavam redução de 47% e 32% na massa fresca acumulada, respectivamente. Além disso, na dose de 180 g e.a. ha<sup>-1</sup>, os biótipos S1, S2 e R1 apresentaram redução na massa fresca na ordem de 85%, 86% e 69%, respectivamente. Enquanto que apenas 11% de redução foi observado para o biótipo R2.

De acordo com a análise de regressão (com curvas ajustadas altamente significativas, resíduos de distribuição normal e variâncias homogêneas), a dose requerida para reduzir a massa fresca em 50% foi de 35 g e.a. ha<sup>-1</sup>, 52 g e.a. ha<sup>-1</sup>, 104 g e.a. ha<sup>-1</sup> e 290 g e.a. ha<sup>-1</sup>, respectivamente para os biótipos S1, S2, R1 e R2 (Tabelas 1 e 2). Esses resultados indicaram fatores de resistência distintos entre os biótipos, quando comparados ao biótipo com menor EC50. Assim, o biótipo S2 apresentou FR de 1,5, indicando que tolera doses 1,5 vez maiores que o biótipo S1; enquanto R1 apresentou FR de 3,0, indicando que tolera doses 3,0 vezes maiores que o biótipo S1; e R2 apresentou FR de 8,3, indicando que tolera

doses 8,3 vezes maiores que o biótipo S1. Vargas et al. (2005) realizaram testes de dose resposta em biótipos de outras localidades e encontraram fator de resistência de 16,8. Já Ribeiro (2008) observou fatores de resistência de 3, 6 e 11.

Figura 1 - Curvas de dose-resposta de biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*) provenientes de Santa Catarina (S1 – Lages; e S2 – Ponte Serrada) e Rio Grande do Sul (R1 – Passo Fundo; e R2 – Vacaria) resistentes e suscetíveis a glyphosate.



Fonte: produção do próprio autor.

Os resultados indicam que os biótipos R1 e R2 apresentaram-se resistentes a glyphosate, enquanto o biótipo S2, provavelmente, apenas apresentou grau de susceptibilidade menor ao glyphosate que o biótipo S1, mas ambos apresentaram-se susceptíveis ao herbicida.

Tabela 1- Parâmetros da equação usada para estimar a resposta de biótipos de *Lolium multiflorum* provenientes de Santa Catarina (S1 – Lages; S2 – Ponte Serrada) e Rio Grande do Sul (R1 – Passo Fundo; R2 – Vacaria) a glyphosate.

Biótipo	Parâmetros da Equação <sup>/1</sup>			
	C	D	g	b
S1	10,7	113,3	35	1,605
S2	6,1	99,1	52	0,960
R1	12,1	106,1	104	2,574
R2	21,1	114,6	290	2,871

Fonte: produção do próprio autor.

<sup>/1</sup> Equação de regressão:  $y = c + (d - c) / [1 + (x^b/g)]$ , onde c é o valor mínimo de massa fresca, d é o valor máximo de massa fresca, g é o ponto de inflexão da curva (representa a dose de herbicida requerida para reduzir a massa fresca em 50% - EC50) e b é a inclinação da curva no ponto g.

É importante destacar que apenas os biótipos susceptíveis (S1 e S2) morreram em doses de 1.440 g e.a. ha<sup>-1</sup>, enquanto que os resistentes (R1 e R2) sobreviveram. Além disso, apesar de ter ocorrido grande redução da massa fresca dos biótipos resistentes em doses abaixo daquelas recomendadas no campo (720 e 1.440 g e.a. ha<sup>-1</sup>), deve lembrar-se de que o experimento foi realizado em ambiente controlado e em recipientes pequenos (300 mL), com recursos limitados, o que, comprovadamente, aumenta a sensibilidade das plantas à exposição aos herbicidas, independente da resistência. Portanto, doses menores de 720 g e.a. ha<sup>-1</sup>, nas condições experimentais, certamente são mais eficientes, ou seja, promovem efeitos deletérios mais intensos, na redução do crescimento dos biótipos resistentes e susceptíveis em relação às condições de campo.

Tabela 2 - Resumo da análise estatística usada para estimar a resposta de biótipos de *Lolium multiflorum* provenientes de Santa Catarina (S1 – Lages; S2 – Ponte Serrada) e Rio Grande do Sul (R1 – Passo Fundo; R2 – Vacaria) a glyphosate.

Biótipo	ANOVA <sup>1</sup>			CVT <sup>2</sup>	NT <sup>3</sup>	FR <sup>4</sup>
	R <sup>2</sup>	F	P			
S1	0,94	45,57	< 0,001	0,101	0,581	1,0
S2	0,89	26,02	< 0,001	0,682	0,542	1,5
R1	0,99	532,75	< 0,001	0,086	0,752	3,0
R2	0,94	44,09	< 0,001	0,076	0,999	8,3

Fonte: produção do próprio autor.

<sup>1</sup> ANOVA: R<sup>2</sup>, F e P são os valores do coeficiente de determinação ajustado e do F e do P (significância), respectivamente, do teste F para análise de regressão não linear. <sup>2</sup> CVT é o valor de significância (P) do teste de homogeneidade de variância. <sup>3</sup> NT é o valor de significância (P) do teste de normalidade de resíduos. <sup>4</sup> FR indica o fator de resistência = EC50(S2, R1 ou R2) / EC50(S1).

A redução do crescimento de plantas expostas a glyphosate decorre da inibição da enzima 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase (EPSPS), na via metabólica do chiquimato. Essa inibição resulta em redução na síntese dos aminoácidos aromáticos que são requeridos na síntese proteica (SIEHL, 1997), assim como produtos derivados dessa via metabólica, como ácido indolacético, lignina e metabólitos secundários que atuam na defesa da planta (LYDON; DUKE, 1989).

A desregulação dessa via metabólica também causa carência de compostos necessários à fixação de carbono (SIEHL, 1997), processo rapidamente inibido pela ação do herbicida (SERVAITES et al., 1987). Como consequência final da inibição na síntese desses compostos tem-se a morte da planta exposta ao glyphosate. No entanto, plantas resistentes apresentam mecanismos que impedem que o glyphosate



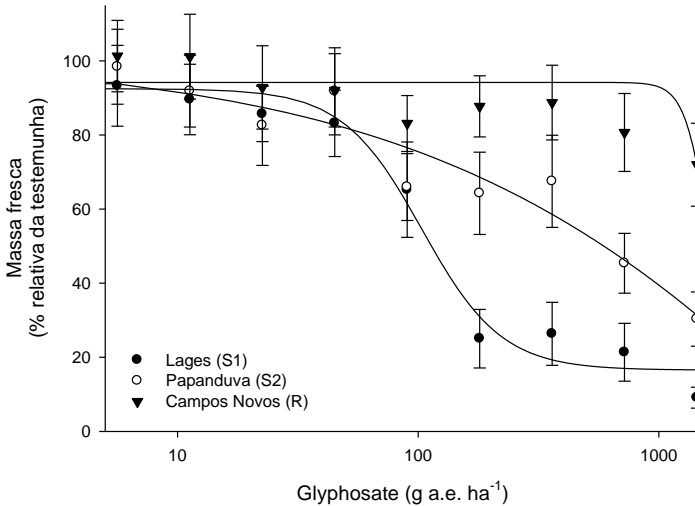
interrompa a via do chiquimato, permitindo que seu metabolismo permaneça ativo.

#### **4.1.2 Buva**

Os três biótipos estudados apresentaram resposta diferencial ao aumento de dose do herbicida glyphosate (Figura 2). Os biótipos S1 e S2 acumularam menor quantidade de massa fresca em doses de até 45 g e.a. ha<sup>-1</sup>. Em doses de glyphosate acima de 180 g e.a. ha<sup>-1</sup>, os três biótipos acumularam diferentes quantidades de massa fresca. Na dose de 45 g e.a. ha<sup>-1</sup>, a redução de massa fresca foi da ordem de 17%, 9% e 8%, enquanto na dose de 180 g e.a. ha<sup>-1</sup>, na ordem de 75%, 35% e 13%, respectivamente para os biótipos S1, S2 e R. Porém, na dose de 1.440 g e.a. ha<sup>-1</sup>, grande redução na massa fresca (91%), além da morte das plantas, foi observada no biótipo S1. Nessa dose, ainda, o biótipo S2 teve redução expressiva (sem morte das plantas) de 70%, enquanto o biótipo R (sem morte das plantas), de 29%. Esses resultados evidenciam a alta susceptibilidade do biótipo S1, a resistência, em nível baixo, do biótipo S2 e a alta resistência do biótipo R ao glyphosate.

De acordo com a análise de regressão (com curvas ajustadas altamente significativas, resíduos de distribuição normal e variâncias homogêneas), a dose requerida para reduzir a massa fresca em 50% foi da ordem de 105 g e.a. ha<sup>-1</sup>, 211 g e.a. ha<sup>-1</sup> e 1.623 g e.a. ha<sup>-1</sup>, respectivamente para os biótipos S1, S2 e R (Tabelas 3 e 4). Esses resultados indicaram fatores de resistência distintos entre os biótipos, quando comparados ao biótipo com menor EC50 (S). Desta forma, o biótipo S2 apresentou FR de 2,0, indicando que resiste a doses 2,0 vezes maiores que o biótipo S1, enquanto o biótipo R apresentou FR de 15,5 indicando que tolera doses 15,5 vezes maiores que o biótipo S1.

Figura 2 - Curvas de dose-resposta de biótipos de *Conyza bonariensis* provenientes de Santa Catarina (S1 – Lages; e S2 – Papanduva; e R – Campos Novos) resistentes e suscetíveis a glyphosate.



Fonte: produção do próprio autor.

Lamego e Vidal (2008) encontraram fator de resistência de 2,3, indicando que o biótipo resistente é 2,3 vezes menos sensível a glyphosate do que o biótipo susceptível. Segundo esses autores, esse nível de resistência é considerado baixo, mas tem implicações práticas, porque o agricultor encontrará indivíduos não controlados na dose normalmente utilizada para controle da espécie no campo, o que pode aumentar o montante de sementes no banco e garantir futuras infestações. Moreira et al. (2007), estudando *C. bonariensis*, verificaram que o fator de resistência caracterizado para as populações supostamente resistentes dessa planta daninha (R1 e R2) foi de 14,75 e 10,40.

Tabela 3 - Parâmetros da equação usada para estimar a resposta de biótipos de *Conyza bonariensis* provenientes de Santa Catarina (S1 – Lages; e S2 – Papanduva; e R – Campos Novos) a glyphosate.

Biótipo	Parâmetros da Equação <sup>1</sup>			
	c	d	g	b
S1	14,6	93,1	105	2,32
R1	15,7	99,7	211	0,87
R <sup>2</sup>	8,3	94,2	1.623	8,72

Fonte: produção do próprio autor

<sup>1</sup> Equação de regressão:  $y = c + (d - c) / [1 + (x^b/g)]$ , onde c é o valor mínimo de massa fresca, d é o valor máximo de massa fresca, g é o ponto de inflexão da curva (representa a dose de herbicida requerida para reduzir a massa fresca em 50% - EC50) e b é a inclinação da curva no ponto g. <sup>2</sup> Plantas do biótipo R2 não morreram com a aplicação de 1.440 g e.a ha<sup>-1</sup>, indicando resistência alta ao herbicida.

Vargas et al. (2007) dizem que 35% das plantas da população não são controladas com doses de até 1.440 g ha<sup>-1</sup> de glyphosate, 25% não respondem à dose de 2.880 g ha<sup>-1</sup> e 15% não são controladas com a dose de 5.760 g ha<sup>-1</sup> de glyphosate.

É importante ressaltar que plantas do biótipo R tiveram alto acúmulo de massa fresca mesmo na dose mais alta, sugerindo aplicações com doses mais altas para garantir o bom ajuste da curva segundo o comportamento biológico da planta. Os resultados indicam que os biótipos S2 e R apresentaram-se resistentes a glyphosate, enquanto o biótipo S1 apresentou-se susceptível ao herbicida.

Apesar de ter ocorrido redução expressiva da massa fresca do biótipo S2 em doses abaixo daquelas recomendadas no campo (720 e 1.440 g e.a. ha<sup>-1</sup>), deve lembrar-se de que o experimento foi realizado em ambiente controlado e em recipientes pequenos (300 mL), com recursos limitados, o que, comprovadamente, aumenta a sensibilidade das plantas à exposição aos herbicidas, independente da resistência, como

descrito anteriormente. Portanto, doses menores de 720 g e.a. ha<sup>-1</sup>, nas condições experimentais, certamente são mais eficientes, ou seja, promovem efeitos deletérios mais intensos na redução do crescimento dos biótipos resistentes e susceptíveis em relação a condições de campo. Levando ainda em consideração que o biótipo R apresentou redução de menos de 30% na maior dose recomendada no campo, há evidências que o aumento de dose não será eficaz no controle desse biótipo.

Tabela 4 - Resumo da análise estatística usada para estimar a resposta de biótipos de *Conyza bonariensis* provenientes de Santa Catarina (S1 – Lages; e S2 – Papanduva; e R – Campos Novos) a glyphosate.

Biótipo	ANOVA <sup>1</sup>			CVT <sup>2</sup>	NT <sup>3</sup>	FR <sup>4</sup>
	R <sup>2</sup>	F	P			
S	0,96	70,14	<0,001	0,14	0,94	1,0
R1	0,95	58,16	<0,001	0,95	0,97	2,0
R2 <sup>5</sup>	0,78	10,87	<0,05	0,23	0,96	15,5

Fonte: produção do próprio autor.

<sup>1</sup> ANOVA: R<sup>2</sup>, F e P são os valores do coeficiente de determinação ajustado e do F e do P (significância), respectivamente, do teste F para análise de regressão não linear. <sup>2</sup> CVT é o valor de significância (P) do teste de homogeneidade de variância. <sup>3</sup> NT é o valor de significância (P) do teste de normalidade de resíduos. <sup>4</sup> FR indica o fator de resistência = EC50(R1 ou R2) / EC50(S). <sup>5</sup> Plantas do biótipo R2 não morreram com a aplicação de 1.440 g e.a ha<sup>-1</sup>, indicando resistência alta ao herbicida.

Trezzi et al. (2011) discutem acerca da variação dos valores dos fatores de resistência encontrados até hoje, onde afirmam que além da variabilidade genética inerente aos biótipos de *Conyza* spp., outros fatores, como a idade fisiológica das plantas e as condições de ambiente, poderiam influenciar seus níveis de controle.

## 4.2 TESTES DE QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES

### 4.2.1 Azevém

Os biótipos apresentaram comportamento diferenciado tanto para o teste de germinação quanto para os testes de vigor (frio e envelhecimento acelerado) (Tabelas 5, 6 e 7). A presença de resistência ao herbicida glyphosate não foi fator determinante na qualidade das sementes, pois o biótipo mais susceptível (S1) e o mais resistente (R2) apresentaram os melhores resultados.

O biótipo S1 apresentou melhor desempenho para os testes de germinação (64%) (Tabela 5) e envelhecimento acelerado (86%) (Tabela 7) em relação aos demais biótipos e o que mais se aproximou dos valores mínimos de germinação de azevém para comercialização, se fosse o caso de um azevém para pastagem, onde o valor é de 70% (BRASIL, 2009). Para o teste de frio, o biótipo R2 apresentou o melhor resultado com 86% seguido dos biótipos S1 e S2 ambos com 66% (Tabela 6). Em relação ao teste de germinação o biótipo R2 apresentou valor de 56% (sem diferença significativa em relação a S1) e 68% no teste de envelhecimento acelerado, sendo o segundo melhor desempenho entre os biótipos estudados.

O biótipo S2 apresentou 47% de germinação, não diferindo de R2, e envelhecimento acelerado de 50%, apresentando o terceiro melhor desempenho entre os biótipos. Enquanto o biótipo R1 apresentou os piores resultados em todos os testes realizados com germinação de 31%, envelhecimento acelerado de 25% e frio com 30%. A baixa germinação e vigor do biótipo R1 deve estar relacionado ao tempo de armazenamento das sementes, pois estas estavam armazenadas por um período superior a 12 meses, enquanto as sementes dos demais biótipos ficaram armazenadas em câmara

seca (temperatura de 10 °C e 50% de umidade relativa) por um período máximo de 3 meses.

Tabela 5 - Germinação em sementes de quatro biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*) com resistência diferencial ao herbicida glyphosate.

Biótipos	Germinação (%)
Lages (S1)	64 a
Ponte Serrada (S2)	47 bc
Passo Fundo (R1)	31 c
Vacaria (R2)	56 ab
CV (%)	10,525
F	12,99
p > F	0,0004

Fonte: produção do próprio autor.

Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O teste de envelhecimento acelerado, normalmente empregado com o objetivo de avaliar o vigor relativo de lotes de sementes, indica, no entanto, efeito na superação da dormência, o que pode ser visualizado quando comparado à germinação. Um resultado semelhante foi encontrado por Lago e Martins (1998) para sementes de *Brachiaria brizantha*. Este teste conseguiu estratificar os quatro biótipos quanto ao vigor das sementes.

Pode-se inferir que os biótipos que são originários de diferentes ambientes (características edafo-climáticas) apresentaram diferença na qualidade fisiológica, o que corrobora com Vieira et al. (1993), que afirma que o componente fisiológico pode ser influenciado pelo ambiente em que as sementes são produzidas.

Tabela 6 - Teste de Frio em sementes de quatro biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*) com resistência diferencial ao herbicida glyphosate.

Biótipos	Frio (%)
Lages (S1)	66 b
Ponte Serrada (S2)	66 b
Passo Fundo (R1)	30 c
Vacaria (R2)	86 a
CV (%)	10,076
F	30,58
p > F	0,0001

Fonte: produção do próprio autor

Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 7 - Teste de Envelhecimento Acelerado (EA) em sementes de quatro biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*) com resistência diferencial ao herbicida glyphosate.

Biótipos	EA (%)
Lages (S1)	86 a
Ponte Serrada (S2)	50 c
Passo Fundo (R1)	25 d
Vacaria (R2)	68 b
CV (%)	8,419
F	61,12
p > F	0,0001

Fonte: produção do próprio autor

Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### 4.2.2 Buva

No teste de germinação, onde as sementes são expostas a condições ideais, os biótipos não se diferenciaram (Tabela 8). Os biótipos S1, S2 e R apresentaram germinação de 41, 49 e 34%, respectivamente. Segundo Delouche e Baskin (1973), lotes de sementes que possuem qualidade semelhante no teste de germinação requerem uma análise mais sensível para avaliar o potencial de desempenho.

Para o biótipo S1, que apresentou o menor valor de FR (1,0) seguido pelo biótipo S2 que apresentou baixo grau de resistência (FR = 2,0), foi verificado que o vigor desses biótipos responderam positivamente ao estresse pelo frio (66 e 61% respectivamente) (Tabela 9). Já o biótipo R, altamente resistente ao herbicida (FR = 15,5), não suportou a exposição ao estresse, apresentando resultado semelhante ao teste de germinação (34%) (Tabela 8) em relação ao teste de frio (28%) (Tabela 9).

Tabela 8 - Germinação, em sementes de três biótipos de buva (*Conyza bonariensis*) com diferentes níveis de suscetibilidade e resistência ao herbicida glyphosate.

Biótipos	Germinação (%)
Lages (S1)	41 a
Papanduva (S2)	49 a
Campos Novos (R)	34 a
CV (%)	17,29
F	1,83
p > F	0,2146

Fonte: produção do próprio autor

Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



Tabela 9 – Teste de Frio em sementes de três biótipos de buva (*Conyza bonariensis*) com diferentes níveis de suscetibilidade e resistência ao herbicida glyphosate.

Biótipos	Frio (%)
Lages (S1)	66 a
Papanduva (S2)	61 a
Campos Novos (R)	28 b
CV (%)	11,333
F	22,10
p > F	0,0003

Fonte: produção do próprio autor

Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Um dos efeitos principais da baixa temperatura é dificultar a reorganização das membranas celulares durante a embebição, tornando mais lentos tanto esse processo como o de germinação (BURRIS; NAVRATIL, 1979). Nessas condições, as possibilidades de sobrevivência das sementes vigorosas são maiores.

Quando expostos a alta umidade e temperatura pelo teste de envelhecimento acelerado, as sementes dos biótipos responderam negativamente, onde o biótipo S1 apresentou melhores resultados com 12%, enquanto S2 e R apresentaram 4,0 e 2,0% respectivamente (Tabela 10). Isso evidencia que o tempo e a temperatura utilizadas para o teste de envelhecimento acelerado foram excessivas.

Portanto os resultados indicam que o biótipo susceptível e com baixo grau de resistência ao herbicida glyphosate foram mais vigorosos que biótipo resistente, em ambos os testes de vigor realizados. E que mesmo oriundos de ambientes diferentes não ocorre a estratificação dos biótipos como no caso do azevém quando submetido ao teste de germinação.

Tabela 10 – Teste de Envelhecimento Acelerado (EA) em sementes de três biótipos de buva (*Conyza bonariensis*) com diferentes níveis de suscetibilidade e resistência ao herbicida glyphosate.

Biótipos	EA (%)
Lages (S1)	12 a
Papanduva (S2)	4 b
Campos Novos (R)	2 b
CV (%)	52,291
F	5,46
p > F	0,0280

Fonte: produção do próprio autor

Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Cabe destacar que se tratam de sementes de uma planta daninha que possui alta variabilidade genética com características ruderais para sobrevivência em alternância de estresses no ambiente em que sem encontra. A principal estratégia desenvolvida por plantas com características ruderais é um rápido e eficiente sistema reprodutivo, para formação de um banco de sementes denso e persistente, proporcionando uma nova colonização (GRIME, 1979). Ou seja, são estimuladas depois que passam por uma situação de estresse. Por isso os valores do teste de frio foram superiores aos valores de germinação.

#### 4.3 ANÁLISES EXPLORATÓRIAS

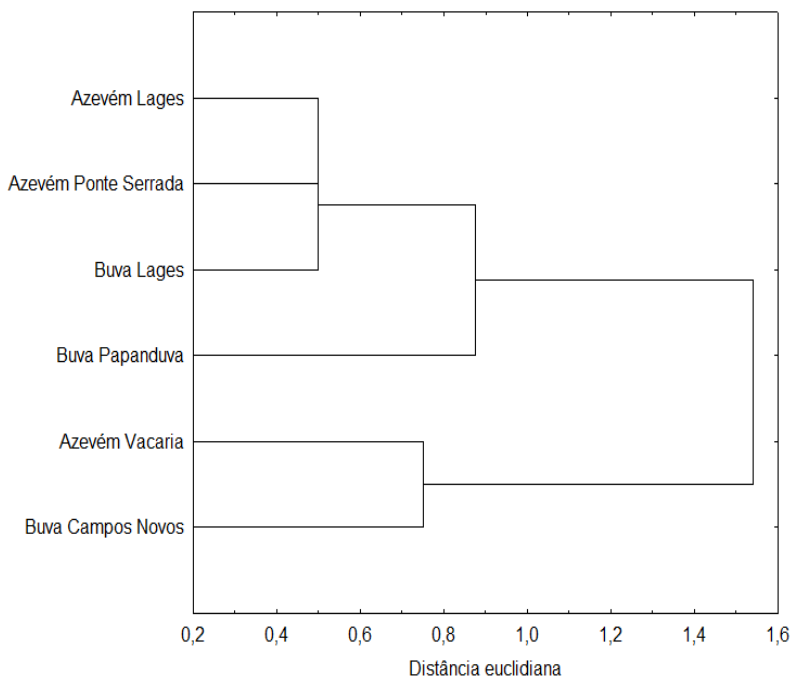
A análise de agrupamento é utilizada para separar grupos dissimilares (CARVALHO, 2011). Os biótipos estudados foram separados em dois grandes grupos, estando os biótipos de azevém de Lages e Ponte Serrada e os biótipos de buva de Lages e Papanduva agrupados em um grupo (Grupo 1) e os biótipos de azevém de Vacaria e buva de Campos Novos agrupados em outro grupo (Grupo 2) (Figura 3). No Grupo 1 foram agrupados os biótipos com os menores valores de fator de resistência (FR de 1,0 a 2,0), enquanto que no Grupo 2 foram agrupados os biótipos com maiores valores de fator de resistência (FR > 8,0). Nesta análise, o fator de resistência foi o parâmetro que mais influenciou na separação dos grupos, ou seja, os biótipos do Grupo 2 diferenciaram-se do Grupo 1 por apresentarem altos fatores de resistência, como observado nas Tabelas 2 e 4.

A análise de componentes principais complementa a análise de agrupamento, no sentido de evidenciar quais variáveis mais influenciaram na separação dos grupos (CARVALHO, 2011). Houve a separação dos biótipos em dois grandes grupos, estando os biótipos de azevém separados em um grupo (esquerda) e os biótipos de buva em outro grupo (direita) (Figura 4). Portanto, é evidente que há diferenças entre as espécies no que se refere à qualidade fisiológica das sementes. Em geral, os biótipos de azevém apresentaram maiores valores nos testes de germinação, frio e envelhecimento acelerado (Tabelas 5, 6 e 7) em comparação aos biótipos de buva (Tabelas 8, 9 e 10), por isso foram separados no grupo da esquerda na Figura 4, com maior relação aos referidos testes, como apresentado na Figura 4. Além disso, na análise de componentes principais (Figura 4), utilizou-se o fator de resistência como variável suplementar, por isto a separação não foi semelhante àquela da análise de agrupamento (Figura 3). Como variável suplementar, é evidente que o fator de resistência esteve mais relacionado ao

biótipo de buva de Campos Novos (Figura 4), o qual apresentou o fator de resistência mais alto (FR = 15,5) (Tabela 4).

Dessa maneira, fica evidente que altos níveis de resistência (observados nos biótipos de azevém de Vacaria e, principalmente, buva de Campos Novos) influenciaram na qualidade fisiológica das sementes de azevém e buva, conforme análise de agrupamento (Figura 3). No entanto, a relação entre resistência e qualidade fisiológica de sementes também foi dependente da espécie, conforme análise de componentes principais (Figura 4), sendo que, dentro da espécie, o nível de resposta a glyphosate e o local de coleta podem influenciar diferentemente a qualidade fisiológica das sementes dessas espécies.

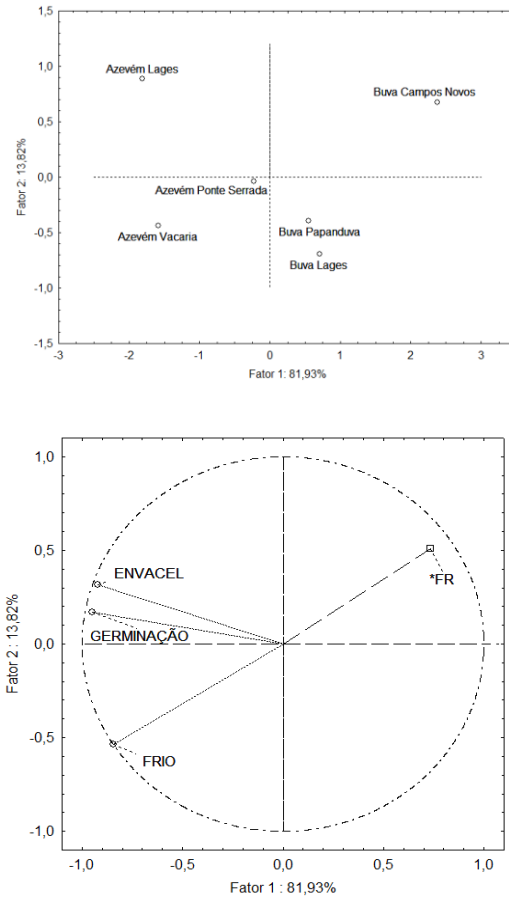
Figura 3 – Histograma representando as semelhanças entre os biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*) e buva (*Conyza bonariensis*), provenientes de diferentes municípios em Santa Catarina (Campos Novos, Lages, Papanduva e Ponte Serrada) e Rio Grande do Sul (Vacaria) e com resposta diferencial ao herbicida glyphosate.



Fonte: Produção do próprio autor.

Obs.: Consideram-se os resultados padronizados dos testes de germinação, frio, envelhecimento acelerado e do fator de resistência como variáveis ativas.

Figura 4 - Análise exploratória de componentes principais de biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*) e buva (*Conyza bonariensis*), provenientes de diferentes municípios em Santa Catarina (Campos Novos, Lages, Papanduva e Ponte Serrada) e Rio Grande do Sul (Vacaria) e com resposta diferencial ao herbicida glyphosate.



Fonte: produção do próprio autor.

Obs.: Considerou-se os resultados padronizados dos testes de germinação, frio e envelhecimento acelerado como variáveis ativas e do fator de resistência como variável suplementar.

## 5 CONCLUSÕES

Os biótipos de azevém com resposta diferencial ao glyphosate apresentam porcentagem de germinação e vigor de sementes distintos, porém não diretamente dependentes da resistência ao herbicida.

Os biótipos de buva susceptível e com baixo grau de resistência ao herbicida glyphosate são mais vigorosos que biótipo resistente.

A qualidade fisiológica de sementes de azevém e buva não está diretamente relacionada com a resistência ao herbicida glyphosate, sendo a influência do ambiente, provavelmente, mais significativa do que a resistência.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSEN, M. C. Diaspore morphology and seed dispersal in several wind-dispersed Asteraceae. **American Journal of Botany**, Columbus, v. 80, n. 5, p.487-492, 1993.

ANDRADE, R. V. et al. Qualidade fisiológica das sementes do Milho híbrido simples HS 200 em relação ao tamanho. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 25, n. 3, p. 576-582, maio/jun., 2001.

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS – AOSA. **Seed vigor testing handbook**. East Lansing: AOSA, 1983. 93p.

BAKER, H. G. The evolution of weeds. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 5, p. 1-24, 1974.

BHOWMIK, P. C.; BEKECH, M.M. Horseweed (*Conyza canadensis*) seed production, emergence and distribution in no-tillage and conventional tillage corn (*Zea mays*). **Agronomy**, New York, v. 1, n. 1, p. 67-71, 1993.

BOUDET, A. M. et al. Recent advances in the regulation of the prearomatic pathway. In: VAN SUMERE, C. F.; LEA, P. J. (Eds.). **Annual proceedings of the Phytochemical Society of Europe**. Oxford: Clarendon Press, 1985. v. 25, p. 135-159.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: MAPA/ACS, 399p. 2009.

BURRIS, J. S.; NAVRATIL, R.J. Relationship between laboratory cold test methods and field emergency in maize inbreds. **Agronomy Journal**, Madison, v. 71, n. 6, p. 985-988, 1979.



CANOSSA, R. S. et al. Profundidade de semeadura afetando a emergência de plântulas de *Alternanthera tenella*. **Planta Daninha**, v. 25, n. 4, p. 719-725, 2007.

CARDINA, J.; SPARROW, D. H. A comparison of methods to predict weed seedling populations from the soil seedbank. **Weed Science**, Champaign, v. 44, n. 1, p. 46-51, 1996.

CARMONA, R. Problemática e manejo de banco de sementes de invasoras em solos agrícolas. **Planta Daninha**, Brasília, v. 10, n. 1/2, p. 5-16, 1992.

CARVALHO, L. B. de. Interferência de *Digitaria insularis* em *Coffea arabica* e respostas destas espécies ao glyphosate. **Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista**, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2011.

CARVALHO, L. B. et al. Pool of resistance mechanisms to glyphosate in *Digitaria insularis*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, n. 2, p. 615-622, 2012.

CARVALHO, L. B. **Plantas Daninhas**. Editado pelo autor, Lages, SC, 1 ed. 82p, 2013.

CARVALHO, L. B.; COSTA, F. R. **Interferência de plantas daninhas**. In: CARVALHO, L. B. (Org.). Monitoramento e manejo de plantas daninhas em videiras de altitude. 1. ed., v. único, p. 1-9, 2014.

CASELEY, J. C.; COUPLAND, D. Environmental and plant factors affecting glyphosate uptake movement and acidity. In: GROSSBARD, E.; ATKINSON, D. A. **The herbicide glyphosate**. London: Butterworths, p. 92-123, 1985.

CENTENO, A. J. Glyphosate: uma visão ambiental. In: VELINI, E. D. et al. **Glyphosate**. Botucatu: Fepaf, 2009. p. 145-152.

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. (Coord.). **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 3. ed. Campinas: HRAC-BR, 2008. p. 9-34.

COELHO, C. M. M. et al. Potencial fisiológico em sementes de cultivares de feijão crioulo (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 3 p.097-105, 2010.

DEKKER, J. et al. Weed adaptation in *Setaria* spp. IV. Changes in the germinative capacity of *S. faberi* (Poaceae) embryos with development from anthesis to after abscission. **American Journal of Botany**, Columbus, v. 83, n. 8, p. 979-991, 1996.

DELOUCHE, J. C.; BASKIN, C. C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science and Technology**, v. 1, n. 2, p. 427-452, 1973.

DEVINE, M. D. et al. Temperature effects on glyphosate absorption, translocation and distribution quack grass (*Agropyron repens*). **Weed Science**, Champaign, v. 31, n. 4, p. 461-464, 1993.

DE WET, J. M. J.; HARLAN J. R. Weeds and domesticates: Evolution in the manmade habitat. **Economic Botany**, v. 29, p. 99-107, 1975.

DIAS-FILHO, M. B. Alguns aspectos da ecologia de sementes de duas espécies de plantas invasoras da Amazônia Brasileira: implicações para o recrutamento de plântulas em áreas manejadas. In: GASCON, C.; MOUTINHO, P. (Ed.). **Floresta amazônica: dinâmica, regeneração e manejo**. Manaus: INPA, p. 233-248, 1998.

DUKE, S. O.; POWLES, S.B. Glyphosate: A once in a century herbicide. **Pest Management Science**, v. 64, n. 4, p. 319-325, 2008.

EGLEY, G. H. Seed germination in soil: dormancy cycles. In: KIGEL, J.; GALILI, G. (Eds.). **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker, 1995. p. 529-543.

FENNER, M. Relationships between seed weight, ash content and seedling growth in twenty-four species of Compositae. **New Phytologist**, New York, v. 95, n. 4, p. 697-706, 1983.

FERNANDES, E. J.; CARVALHO, N. M.; MELO, W. J. Efeitos da origem sobre o comportamento das sementes de três cultivares de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 18 n. 3, p. 243-247, mar. 1983.

FOLEY, M. E. Seed dormancy: an update on terminology, physiological genetics, and quantitative trait loci regulating germinability. **Weed Science**, Lawrence, v. 49, n. 3, p. 305-317, 2001.

FLORES, R. A. Avaliação e Seleção de azevém anual (*Lolium multiflorum* L.) **Dissertação (Mestrado em Zootecnia – Plantas Forrageiras)**. Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (94 p.) Março, 2006.

FRANZ, J. et al. **Glyphosate**: a unique global herbicide. Washington, D.C.: ACS, 1997. 653p.

GALLI, A. J. B. et al. Ocorrência de *Lolium multiflorum* Lam. resistente a glyphosate no Brasil. In: Seminario Taller Iberoamericano Resistencia a Herbicidas y cultivos Transgénicos. **INIA-FAO**, Facultad de Agronomía Universidad de la República. Colonia, Uruguay. 2005.

Disponível em <  
[http://www.inia.org.uy/estaciones/la\\_estanzuela/webseminario\\_malezas/articulos/galliantonio.pdf](http://www.inia.org.uy/estaciones/la_estanzuela/webseminario_malezas/articulos/galliantonio.pdf) > Acesso em 20 de maio de 2014.

GALVAN, J. et al. Aspectos morfofisiológicos de biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*) sensíveis e resistentes ao glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 29, p. 1107-1112, 2011. Número Especial

GARCIA, D. C.; MENEZES, N. L. Teste de envelhecimento precoce para sementes de azevém, aveia preta e milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 2, p. 233-237, 1999.

GAZZIERO, D. L. P. et al. Plantio direto no Brasil e o glyphosate. In: VELINI, E. D. et al. **Glyphosate**. Fepaf: Botucatu, p. 191-210, 2009.

GEIGER, D. R.; FUCHS, M. A. Inhibitors of aromatic amino acid biosynthesis (glyphosate). In: BÖGER, P.; WAKABAYASHI, K.; HIRAI, K. (Eds.). **Herbicide classes in development**. Berlin: Springer-Verlag, p. 59-85, 2002.

GONDIM, T. C. O. et al. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho-crioulo sob estresse causado por baixo nível de nitrogênio. **Revista Ceres**, v. 53 p. 413-417, maio/junho 2006.

GRESSEL, J.; SEGEL, L. A. Modeling the effectiveness of herbicide rotations and mixtures as strategies to delay or preclude resistance. **Weed Technology**, Champaign, n. 4, p. 186-198, 1990.

GRIME, J. P. Plant strategies and vegetation processes. **Chichester**: John Wiley, 1979. 203p.

HEAP, I. International survey of herbicide resistant weeds. **Brazil**. Disponível em: <[www.weedscience.com](http://www.weedscience.com)>. Acesso em: 09 mai. 2014.

HOLBIG, L. S. et al. Diferenças na qualidade física e fisiológica de sementes de aveia preta e azevém comercializadas em duas regiões do Rio Grande do Sul. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v. 18, n. 2, p. 70-80. 2011.

INACIO, E. M. et al. Germinação de *Conyza bonariensis* e *Conyza canadensis* em diferentes condições de temperatura. **XXVIII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas**, 3 a 6 de setembro de 2012, Campo Grande, MS / Área 1 - Biologia das plantas daninha.

ISTA. INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. **Handbook of vigor tests methods**. 3.ed. Zürich: ISTA, 1995. 117p.

KARAM, D. et al. Características do herbicida tembotrione na cultura do milho. Sete Lagoas: **EMBRAPA Milho e Sorgo**, 2009. 6p. (Circular técnica, n. 129).

KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. 2.ed. São Bernardo do Campo: Basf., 1999. p. 152-156, 278-284.

KISSMANN, K. G. **Resistência de plantas daninhas a herbicidas**. São Paulo: BASF Brasileira, 1996. 33 p.

KISSMANN, K. G. **Resistência de plantas daninhas a herbicidas**. Paulínea: Associação Brasileira de Ação à Resistência de Plantas Daninhas aos Herbicidas – HRAC-BR, 2003. 32 p. Disponível em: <[http://www.hrac-br.com.br/arquivos/artigos/Texto\\_reisitencia\\_herbicidas.pdf](http://www.hrac-br.com.br/arquivos/artigos/Texto_reisitencia_herbicidas.pdf)>. Acesso em 15 de abril 2014.

KOGER, C. H. et al. Glyphosate resistant horseweed (*Conyza canadensis*) in Mississippi. **Weed Technology**, Champaing, v. 18, n. 3, p. 820-825, 2004.

KOGER, C. H. et al. Rice (*Oryza sativa*) response to drift rates of glyphosate. **Pest Management Science**, v. 61, n. 12, p. 1161-1167, 2005.

KRZYZANOWSKI, C. F. et al. **Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes**, Comitê de Vigor de Sementes. Londrina: ABRATES, 1999. 218p.

LAGO, A. A.; MARTINS, L. Qualidade fisiológica de sementes de *Brachiaria brizantha*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 2, p. 199-204, rev. 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, n. 2, p. 67-471, 2008.

LINDERS, J. B. H. J. et al. **Pesticides**: benefaction or andora's box? A synopsis of the environmental aspect of 243 pesticides. Bilthoven: National Institute of Public Health and Environment, 1994. 204 p. Report 67101014.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil**: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas. 3. ed. Nova Odessa: Plantarum, 2000. 608p.

LUCHINI, L. C. Considerações sobre algumas propriedades físico-químicas do glyphosate. In: VELINI, E. D. et al. **Glyphosate**. Botucatu: Fepaf, 2009. p. 21-30.

LYDON, J.; DUKE, S. O. Glyphosate induction of elevated levels of hydroxybenzoic acids in higher plants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 36, p. 813-818, 1989.

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

MARÍA, N. et al. Alterations induced by glyphosate on lupin photosynthetic apparatus and nodule ultrastructure and some oxygen diffusion related proteins. **Plant Physiology Biochemistry**, v. 43, n. 10-11, p. 985-996, 2005.

MARTINS, J. F. Aspectos ecofisiológicos e genético de biótipos de *Digitaria insularis* resistente e suscetível ao glyphosate. **Dissertação de Mestrado** (Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias) 63 p. 2013.

MEDINA, P. F.; MARCOS FILHO, J. Avaliação da qualidade fisiológica das sementes de milho (*Zea mays* L.). **Anais da ESALQ**, v. 47, p. 47-70, 1990.

MOLDES, C. A. et al. Biochemical responses of glyphosate resistant and susceptible soybean plants exposed to glyphosate. **Acta Physiology Plant**, v. 30, n. 4, p. 469-479, 2008.

MONQUERO, P. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Dinâmica do banco de sementes em áreas com aplicação frequente do herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, v. 21, n. 1, p. 63-69, 2003.

MONQUERO, P. A. et al. Absorção, translocação e metabolismo do glyphosate por plantas tolerantes e suscetíveis a este herbicida. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 3, p. 445-451, 2004.

MOREIRA, M. S. Detecção, crescimento e manejo químico alternativo de biótipos das espécies de Buva *Conyza canadensis* e *C. bonariensis* resistentes ao herbicida glyphosate. 2008. 73 p. **Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)** – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP, 2008.

MOREIRA, M. S.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Resistência de Plantas daninhas aos herbicidas inibidores da EPSPs (Grupo G). In: CHRISTOFFOLETI, P.J. (Coord.). **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 3. ed. Campinas: HRAC-BR, 2008. p. 9-34.

MOREIRA, M. S. et al. Resistência de *Conyza canadensis* e *C. bonariensis* ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, v. 25, n. 1, p. 157-164, 2007.

MURDOCK, A. J.; ELLIS, R. H. Longevity, viability and dormancy. In: FENNER, M (Ed.). **Seeds: the ecology of regeneration in plant communities**. Wallingford: CAB International, 1992. p. 193-229.



NANDULA, V. K. et al. Glyphosate tolerance mechanism in Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*) from Mississippi. **Weed Science**, v. 56, n. 3, p. 344-349, 2008.

NELSON, L. R. et al. Plant breeding for improved production in annual ryegrass. In: ROUQUETTE, F. M; NELSON, L. R. Ecology, production, and management of *Lolium* for forage in the USA. Madison: **Crop Science Society of America**, 1997. 138p.

PESKE, S. T.; ROSENTHAL, M.D.; ROTA, G.R.M. **Sementes: Fundamentos Técnicos e tecnológicos**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas. Ed. Universitária, p.192, 2003.

PIANA, Z. et al. Superação da dormência de sementes de azevém anual (*Lolium multiflorum* LAM.) **Revista Brasileira de Sementes**, v. 8, n. 1, p. 58-72, 1986.

PITELLI, R. A.; PAVANI, M. C. M. P. D. Feralidade e transgênese. In: BORÉM, A. **Biotecnologia e Meio Ambiente**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2005. p. 363-384.

PITELLI, R. A. Competição e controle das plantas daninhas em áreas Agrícolas. Série Técnica **IPEF**, Piracicaba, v. 4, n. 12, p. 1-24, Set.1987

POWLES, S. B. et al. Evolved resistance to glyphosate in rigid ryegrass (*Lolium rigidum*) in Australia. **Weed Science**, Inthaca, v. 46, n. 5, p. 604-607, 1998.

PRESTON, C.; WAKELIN, A. M. Resistance to glyphosate from altered herbicide translocation patterns. **Pest Management Science**, v. 64, n. 4, p. 372-376, 2008.

PRETE, C. E. C.; GUERRA, E. P. Qualidade fisiológica de sementes. In: DESTRO, D; MONTALVAN R (Eds.) **Melhoramento genético de plantas**. Londrina, UEL. 1999 p. 659-674.

REDDY, K. N. et al. Aminomethylphosphonic acid accumulation in plant species treated with glyphosate. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, n. 6, p. 2125-2130, 2008.

RIBEIRO, D. N. Caracterização da resistência ao herbicida glyphosate em biótipos da planta daninha *Lolium multiflorum* (Lam.) 2008. 102 p. **Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)** – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

RODRIGUES, J. D. **Absorção e transporte de solutos nas plantas**. In: VELINI, E. D. et al. Glyphosate. Botucatu: Fepaf, 2009. 493 p.

ROMAN, E. S. et al. Resistência de azevém (*Lolium multiflorum*) ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 2, p. 301-306, 2004.

SATICHIVI, N. M. et al. Absorption and translocation of glyphosate isopropylamine and trimethylsulfonium salts in *Abutilon theophrasti* and *Setaria faberi*. **Weed Science**, Champaign, v. 48, p. 675-679, 2000.

SERVAITES, J. C. et al. Glyphosate effects on carbon assimilation, ribulose biphosphate carboxylase activity, and metabolite levels in sugar beet leaves. **Plant Physiology**, v. 85, n. 2, p. 370-374, 1987.

SIEHL, D. L. Inhibitors of EPSPS synthase, glutamine synthetase and histidine synthesis. In: ROE, R. M. et al. (Eds). **Herbicide activity: toxicology, biochemistry and molecular biology**. IOS Press: Amsterdam, The Netherlands, 1997. p. 37-67.

TAN, S. Herbicidal inhibitors of amino acid biosynthesis and herbicide-tolerant crops. **Amino Acids**, v. 30, n. 2, p. 195-204, 2006.

THOMPSON, K.; GRIME, J. P. Seasonal variation in the seed banks of herbaceous species in ten contrasting habitats. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 67, n. 3, p. 893-921, 1979.

TREMMEL, C. D.; PETERSON, K.M. Competitive subordination of a piedmont old field successional dominant by an introduced species. **American Journal of Botany**, Columbus, v. 70, n. 8, p. 1125-1132, 1983.

TREZZI, M. M. et al. Resistência ao glyphosate em biótipos de buva (*Coryza* spp.) das regiões oeste e sudoeste do Paraná. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 29, p. 1113-1120, 2011. Número Especial

VARGAS, L. et al. Herança da Resistência de azevém (*Lolium multiflorum*) ao glifosato. **Planta daninha**, v. 25, n. 3, p. 567-571, 2007.

VARGAS, L. et al. Alteração das características biológicas de azevém (*Lolium multiflorum*) ocasionada pela resistência ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 153-160, 2005.

VELLOSO, J. A. R. O.; SOUZA, R. O. Plantas daninhas no sistema de plantio direto. In: EMBRAPA-CNPT, FUNDACEP-FECOTRIGO, FUNDAÇÃO ABC. **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1993. p. 61-75.

VIDAL, R. A. et al. Impacto da temperatura, irradiância e profundidade das sementes na emergência e germinação de *Conyza bonariensis* e *Conyza canadensis* resistentes ao glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 309-315, 2007.

VIEIRA, R. F.; VIEIRA, C.; RAMOS, J. A. O. Produção de sementes de feijão. Viçosa: EPAMIG/EMBRAPA, 1993. 131p.

YAMASHITA, O. M. et al. Germinação das sementes de *Conyza canadensis* e *Conyza bonariensis* em função da qualidade de luz. **Planta daninha**, v. 29, n. 4, p. 737-743, 2011.

WANAMARTA, G. D.; PENNER, D. Foliar absorption of herbicides. **Weed Science**, Champaign, v. 4, p. 215-231, 1989.

WU, H.; WALKER, S. **Fleabane**: fleabane biology and control. 2004. Disponível em [http://www.weeds.crc.org.au/documents/fleabane\\_proceedings%20\\_mar\\_04.pdf](http://www.weeds.crc.org.au/documents/fleabane_proceedings%20_mar_04.pdf). Acesso em 25 de maio de 2014.