

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade



Dissertação

**Resposta de duas gramas-boiadeira (*Leersia hexandra* Sw.
e *Luziola peruviana* Juss.) ao herbicida glyphosate**

Ananda Scherner

ANANDA SCHERNER

RESPOSTA DE DUAS GRAMAS-BOIADEIRA (*Leersia hexandra* Sw. e *Luziola peruviana* Juss.) AO HERBICIDA GLYPHOSATE

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

Orientador: Luis Antonio de Avila, Ph. D.

Coorientadores: Dr. Nelson Diehl Kruse

Dr. Dirceu Adostinetto

Dr. Jesus Juarez Oliveira Pinto

Pelotas, 2013

Banca Examinadora

José Alberto Noldin, Ph. D.

Jesus Juares Oliveira Pinto Dr.

Lúcio Zabot Dr.

Luis Antonio de Avila, Ph. D.
(Orientador)

Aos meus pais, Gilmar e Gislaine;
À minha irmã, Nayana.
Ao meu namorado, Fábio.

OFEREÇO E DEDICO

*“Ser sábio é melhor do que ser forte.
O conhecimento é o mais importante.
Afinal quando se entra em uma batalha,
é preciso planejar bem,
e quando há bons conselheiros
fica mais fácil vencer.”*

Pv. 24.21

Agradecimentos

A DEUS, por tudo.

A minha família, pelo apoio, carinho, dedicação, incentivo na minha formação e pelas horas de convivência que lhes foram suprimidas.

Ao meu namorado Fábio Schreiber que esteve presente em todos os momentos, pelo amor, confiança e incentivo.

Ao professor Luis Antonio de Avila, pela amizade, dedicação, ensinamento e orientação durante o curso de Pós-graduação.

Ao professor Dirceu Agostinetto pela coorientação, dedicação, apoio e amizade.

À Universidade Federal de Pelotas pela oportunidade de realização do curso de Pós-graduação e a Universidade Federal de Santa Maria pela oportunidade de realização da graduação. Ao Programa de Pós-graduação em Fitossanidade pela oportunidade de realização do curso de Mestrado.

Ao CNPq pela bolsa de Mestrado.

Aos meus colegas de pós-graduação Alfran Tellechea Martini, Angela da Cas Bundt, Carla Zemolin, Diogo Balbé Helgueira, Diogo da Silva Moura, Guilherme Vestena Cassol, Leonard Piveta, João Paulo Refatti, Karen Piraine Martins, Marcos Garcia Marquezan, Mariah Marques, pelo convívio, amizade, companheirismo e auxílio na execução dos trabalhos.

Aos estagiários e bolsistas do Laboratório de Dinâmica de Herbicidas: Andrey Pivetta, Cleiton Brandão, Igor Pacheco, Luciano Cassol, Marlon Ouriques Bastiani, Rodrigo Ribeiro Pestana, Thais D'Avila Rosa e Vinícios Rafael Gehrck, pela amizade e auxílio na execução dos experimentos.

A todos meus amigos e todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para o êxito do trabalho, os meus sinceros agradecimentos.

Resumo

SCHERNER, Ananda. **Resposta de duas gramas-boiadeira (*Leersia hexandra* Sw. e *Luziola peruviana* Juss.) ao herbicida glyphosate**. 2013. 77f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

As espécies de grama-boiadeira são plantas daninhas perenes, encontradas com frequência nas lavouras orizícolas na região Sul do Brasil. O controle destas espécies é realizado na entressafra e/ou no pré-plantio da cultura do arroz através da associação do manejo químico e mecânico. Entretanto, nos últimos anos, o controle químico destas espécies com a utilização de herbicidas dessecantes, como o glyphosate, não é eficiente em áreas com solo úmido ou mal drenadas, situação frequentemente encontrada nas lavouras de arroz irrigado. Nesse contexto, a investigação da susceptibilidade das espécies de grama-boiadeira ao controle químico pelo glyphosate torna-se de fundamental importância, uma vez que não estão disponíveis no mercado herbicidas seletivos para o controle em pós-emergência destas espécies na cultura do arroz. Em vista do exposto, os objetivos do presente trabalho foram: (i) avaliar a susceptibilidade das espécies de grama-boiadeira ao controle químico com diferentes formulações de glyphosate (Capítulo I); (ii) avaliar a susceptibilidade das espécies de grama-boiadeira ao controle químico com o herbicida glyphosate em diferentes níveis de umidade do solo. (Capítulo II). Com base nos resultados obtidos concluiu-se que as espécies de grama-boiadeira apresentam sensibilidade diferencial ao herbicida glyphosate, sendo a espécie *Leersia hexandra* mais sensível em comparação a *Luziola peruviana*. As formulações de glyphosate influenciam na susceptibilidade das espécies ao controle, sendo que, o Roundup Transorb® proporciona controle mais satisfatório de *Luziola peruviana*.

Roundup Transorb R[®] e Roundup Ultra[®] proporcionam melhor controle das espécies de grama-boiadeira. O teor de umidade do solo afeta a susceptibilidade das espécies de grama-boiadeira ao herbicida glyphosate, sendo que o controle das duas espécies é dificultado em condições de solo alagado. Em condição de solo alagado *Luziola peruviana* possui maior tolerância ao glyphosate quando comparada aos outros níveis de umidade do solo e à espécie *Leersia hexandra*.

Palavras-chave: Controle químico. Formulações. Plantas daninhas. Umidade do solo.

Abstract

SCHERNER, Ananda. **Response of Southern Cutgrass and Peruvian Watergrass (*Leersia hexandra* Sw. and *Luziola peruviana* Juss.) to the herbicide glyphosate**. 2013. 77f. Master of Science - Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

The southern cutgrass and peruvian watergrass are perennial weeds frequently found in paddy areas in southern Brazil. The control of these species is done in the winter and/or on the pre-planting of rice through the association of chemical and mechanical methods. However, in recent years, chemical control of these species with the use of non-selective herbicides such as glyphosate, has not been efficient in moist or poorly drained areas, a common situation found in flooded rice fields. In this context, the investigation of the efficiency of glyphosate to control this weeds is very important, since there are not herbicides commercially available to control this species in post-emergence applications of the rice crop. Therefore, the objectives of this study were: (i) to evaluate southern cutgrass and peruvian watergrass sensitivity to different formulations of glyphosate (Chapter I), (ii) evaluate southern cutgrass and peruvian watergrass control with different formulations of glyphosate at different soil moisture levels (Chapter II). Based on the results obtained it was concluded that these species exhibit differential sensitivity to glyphosate been *Leersia hexandra* is more sensitive than *Luziola peruviana*. Glyphosate formulation influences control efficiency, where Transorb Roundup® is more effective in controlling *Luziola peruviana*. Transorb R Roundup® and Roundup Ultra® provide the best control of the two species. The soil moisture content affects glyphosate efficacy, and the control of the both species is difficult in flooded soil conditions. At flooded soil condition *Luziola peruviana* has

increased tolerance to glyphosate compared to other soil moisture níveis and *Leersia hexandra*.

Keywords: Chemical control. Formulations. Soil Moisture. Weed.

Lista de Figuras

Figura 1	Folhas das espécies <i>Luziola peruviana</i> Juss. e <i>Leersia hexandra</i> Sw., com detalhe das lígulas (a). Lígula de <i>Luziola peruviana</i> , vista frontal (b) e lateral (d). Lígula de <i>Leersia hexandra</i> , vista frontal (c) e lateral (e) FAEM/UFPeI, Capão do Leão, RS, 2012.	20
Figura 2	Unidades experimentais alocadas em bandejas plásticas, contendo plantas de <i>Luziola peruviana</i> Juss.. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, RS, 2012.....	27
Figura 3	Unidades experimentais alocadas em bandejas plásticas, contendo plantas de <i>Luziola peruviana</i> Juss. e <i>Leersia hexandra</i> Sw.. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, RS, 2012.....	28
Figura 4	Curvas de dose resposta para o controle das plantas de <i>Luziola peruviana</i> Juss., submetidas a doses (zero; 175; 350; 700; 1400; 2800; 5600; 11200; 22400 g e.a. ha ⁻¹) avaliado aos 14 (a) dias após a aplicação (DAA) de glyphosate (sal Potássico e sal de Isopropilamina) e aos 28 (b) DAA. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, RS, 2012. Os pontos representam os valores de C ₅₀ (dose que proporciona 50% de controle) com seus respectivos intervalos de confiança da média ao nível de 95% de probabilidade de erro dos parâmetros.....	30
Figura 5	Curvas de dose resposta para a massa da matéria seca da parte aérea das plantas de <i>Luziola peruviana</i> Juss., submetidas a doses (zero; 175; 350; 700; 1400; 2800; 5600; 11200; 22400 g e.a. ha ⁻¹) aos 28 dias após a aplicação do glyphosate (sal Potássico e sal de Isopropilamina) em relação a testemunha, considerada 100%. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, RS, 2012. Os pontos representam os valores de GR ₅₀ (dose necessária para reduzir em 50% a massa da matéria seca das plantas) com seus respectivos intervalos de confiança da média ao nível de 95% de probabilidade de erro dos parâmetros.	31

Figura 6	Curvas de dose resposta para comprimento dos estolões das plantas de <i>Luziola peruviana</i> Juss., submetidas a doses (zero; 175; 350; 700; 1400; 2800; 5600; 11200; 22400 g e.a. ha ⁻¹) aos 28 dias após a aplicação de glyphosate (sal Potássico e sal de Isopropilamina) em relação a testemunha, considerada 100%. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, RS, 2012. Os pontos representam os valores de EST ₅₀ (dose necessária para reduzir em 50% o comprimento dos estolões das plantas) com seus respectivos intervalos de confiança da média ao nível de 95% de probabilidade de erro dos parâmetros.	32
Figura 7	Curvas de dose resposta para o controle das plantas de <i>Leersia hexandra</i> Sw. e <i>Luziola peruviana</i> Juss., submetidas a doses (zero; 87,5; 175; 350; 700; 1400; 2800; 5600; 11200 g e.a. ha ⁻¹) aos 28 dias após a aplicação de glyphosate (sal Potássico, sal Amônio e sal de Isopropilamina). FAEM/UFPeI, Capão do Leão, RS, 2012.	34
Figura 8	Curvas de dose resposta para a massa da matéria seca da parte aérea das plantas de <i>Leersia hexandra</i> Sw. e <i>Luziola peruviana</i> Juss., submetidas a doses (zero; 87,5; 175; 350; 700; 1400; 2800; 5600; 11200 g e.a. ha ⁻¹) aos 28 dias após a aplicação do glyphosate (sal Potássico, sal Amônio e sal de Isopropilamina) em relação a testemunha, considerada 100%. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, RS, 2012.	40
Figura 9	Rebrota das plantas de <i>Leersia hexandra</i> Sw. (□) e <i>Luziola peruviana</i> Juss. (■) submetidas a doses e formulações do herbicida glyphosate (Sal Potássico, Amônio e Isopropilamina), avaliada 30 dias após a coleta da massa da matéria seca das plantas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, RS, 2012.	42
Figura 10	Unidades experimentais alocadas em bandejas plásticas, contendo plantas da espécie <i>Luziola peruviana</i> Juss.. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, RS 2012.	49
Figura 11	Unidades experimentais alocadas em bandejas plásticas, contendo plantas das espécies <i>Luziola peruviana</i> Juss. e <i>Leersia hexandra</i> Sw.. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, RS 2012.	50
Figura 12	Curvas de dose resposta para o controle das plantas de <i>Luziola peruviana</i> Juss., submetidas a doses (zero; 175; 350; 700; 1400; 2800; 5600; 11200; 22400 g e.a. ha ⁻¹ de glyphosate) e níveis de umidade do solo (úmido, capacidade de campo e alagado) aos 14 (a) e aos 28 (b) dias após a aplicação do herbicida. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, RS, 2012. Os pontos representam os valores de C ₅₀ (dose que proporciona 50% de controle) com seus respectivos intervalos de confiança da média ao nível de 95% de probabilidade de erro dos parâmetros.	53

- Figura 13 Curvas de dose resposta para a massa da matéria seca da parte aérea das plantas de *Luziola peruviana* Juss., submetidas a doses (zero; 175; 350; 700; 1400; 2800; 5600; 11200; 22400 g e.a. ha⁻¹ de glyphosate) e níveis de umidade do solo (úmido, capacidade de campo e alagado) aos 28 dias após a aplicação do herbicida em relação a testemunha, considerada 100%. FAEM/UFPel, Capão do Leão, RS, 2012. Os pontos representam os valores de GR₅₀ (dose necessária para reduzir em 50% a massa da matéria seca das plantas) com seus respectivos intervalos de confiança da média ao nível de 95% de probabilidade de erro dos parâmetros.....55
- Figura 14 Curvas de dose resposta para o comprimento dos estolões das plantas de *Luziola peruviana* Juss., submetidas a doses (zero; 175; 350; 700; 1400; 2800; 5600; 11200; 22400 g e.a. ha⁻¹ de glyphosate) e níveis de umidade do solo (úmido, capacidade de campo e alagado) aos 28 dias após a aplicação do herbicida em relação a testemunha, considerada 100%. FAEM/UFPel, Capão do Leão, RS, 2012. Os pontos representam os valores de EST₅₀ (dose necessária para reduzir em 50% o comprimento dos estolões das plantas) com seus respectivos intervalos de confiança da média ao nível de 95% de probabilidade de erro dos parâmetros..56
- Figura 15 Curvas de dose resposta para o controle das plantas de *Leersia hexandra* Sw. e *Luziola peruviana* Juss., submetidas a doses (zero; 175; 350; 700; 1400; 2800; 5600; 11200; 22400 g e.a. ha⁻¹ de glyphosate) e níveis de umidade do solo (úmido, capacidade de campo e alagado) aos 28 dias após a aplicação do herbicida. FAEM/UFPel, Capão do Leão, RS, 2012.....59
- Figura 16 Curvas de dose resposta para a massa da matéria seca da parte aérea das plantas de *Leersia hexandra* Sw. e *Luziola peruviana* Juss., submetidas a doses (zero; 175; 350; 700; 1400; 2800; 5600; 11200; 22400 g e.a. ha⁻¹ de glyphosate) e níveis de umidade do solo (úmido, capacidade de campo e alagado) aos 28 dias após a aplicação do herbicida em relação a testemunha, considerada 100%. FAEM/UFPel, Capão do Leão, RS, 2012.64
- Figura 17 Rebrotas das plantas de *Leersia hexandra* Sw. (□) e *Luziola peruviana* Juss. (■) submetidas a doses e três níveis de umidade do solo (úmido, capacidade de campo (C.C.) e alagado), avaliada 30 dias após a coleta da massa da matéria seca das plantas. FAEM/UFPel, Capão do Leão, RS, 2012.....66

Lista de Tabelas

Tabela 1	Equações de regressão sigmoidal do tipo logístico, para o controle e massa da matéria seca das espécies de grama-boiadeira (<i>Leersia hexandra</i> Sw. e <i>Luziola peruviana</i> Juss.) avaliados aos 28 DAA ¹ com respectivos valores do coeficiente de determinação (R^2), valores de C_{50} e GR_{50} (g e.a. ha ⁻¹) e com intervalos de confiança (IC) em resposta a aplicação de doses (zero; 87,5; 175; 350; 700; 1400; 2800; 5600; 11200 g e.a. ha ⁻¹) em diferentes formulações do herbicida glyphosate. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, RS, 2012.	35
Tabela 2	Equações de regressão sigmoidal do tipo logístico, para o controle e massa da matéria seca de grama-boiadeira (<i>Leersia hexandra</i> Sw. e <i>Luziola peruviana</i> Juss.) avaliados aos 28 DAA ¹ com respectivos valores do coeficiente de determinação (R^2), valores de C_{50} e Gr_{50} (g e.a. ha ⁻¹) e intervalos de confiança (IC) em resposta a aplicação de diferentes doses de glyphosate (zero; 87,5; 175; 350; 700; 1400; 2800; 5600; 11200 g e.a. ha ⁻¹) e níveis de umidade do solo. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, RS, 2012.	61

Sumário

1	INTRODUÇÃO	16
2	CAPÍTULO I - Susceptibilidade das gramas-boiadeira (<i>Leersia hexandra</i> Sw. e <i>Luziola peruviana</i> Juss.) a diferentes formulações de glyphosate.....	22
2.1	Introdução	22
2.2	Material e Métodos.....	25
2.3	Resultados e Discussão.....	29
2.4	Conclusões	44
3	CAPÍTULO II - Susceptibilidade das gramas-boiadeira (<i>Leersia hexandra</i> Sw. e <i>Luziola peruviana</i> Juss.) ao glyphosate em função do nível de umidade do solo.....	45
3.1	Introdução	45
3.2	Material e Métodos.....	48
3.3	Resultados e Discussão.....	52
3.4	Conclusões	67
4	CONCLUSÕES	68
5	REFERÊNCIAS	69
VITA		77

1 INTRODUÇÃO

A população mundial ultrapassou em 2011 os sete bilhões de pessoas sendo que as projeções indicam que em 2050 esta alcançará a faixa de nove bilhões de pessoas (PRB, 2011). O rápido e contínuo aumento populacional acarreta em sérias implicações em quase todos os aspectos de vida. Em termos gerais, o crescimento populacional é maior nos países mais pobres, onde os governos carecem de recursos, principalmente financeiros, para atender a demanda da população por aspectos básicos de sobrevivência. Aspectos estes relacionados à saúde, urbanização da população, demanda por habitação, acesso à água potável e ao abastecimento de alimentos.

Em um estudo realizado na Universidade de Minnesota, foi constatado que a demanda por alimentos irá dobrar até 2050, sendo que as principais causas deste fenômeno são principalmente, o crescimento populacional e o aumento da renda dos países em desenvolvimento (TILMAN, 2011). Esse cenário acarreta em um desafio para agricultura brasileira, a qual possui papel fundamental na sobrevivência da humanidade, pois hoje o Brasil é o terceiro maior exportador mundial de produtos agrícolas. Caso a demanda por alimentos venha a crescer, como indicam as pesquisas, serão necessários estímulos e investimentos para o desenvolvimento do setor primário no país.

Dentre os principais produtos agrícolas produzidos no Brasil, destaca-se o arroz (*Oryza sativa* L.), por ser consumido pela maioria da população Asiática e da América Latina, estando entre os principais cultivos do mundo. O arroz é um alimento consumido em todas as classes e ocupa posição de destaque do ponto de vista econômico e social, sendo responsável por suprir considerável aporte de calorias e proteínas da dieta básica da população brasileira (EMBRAPA, 2004).

A produção de arroz, no Brasil, apresenta tendência de crescimento, em função do constante incremento na produtividade. O estado do Rio Grande do Sul (RS) produz aproximadamente 64% do total produzido no Brasil, com 1.170.538 hectares de área semeada na safra 2011/12 e com médias de 7.675 kg ha⁻¹ de produtividade (IRGA, 2012). Questões técnicas relacionadas à produção do arroz vêm sendo objeto de estudos com maior frequência nos últimos anos e apesar do RS ser o maior produtor nacional de arroz, em virtude do cultivo irrigado, essa produtividade ainda está aquém daquelas encontradas em lavouras que adotam alto nível tecnológico e do potencial obtido nas áreas experimentais. Fato este que pode ser facilmente explicado pela existência de áreas de cultivos em que o manejo é feito de forma inadequada, onde a redução na produtividade é influenciada pela alta severidade de doenças (CELMER et al., 2007), ataque de insetos praga (SILVA et al., 2004) e principalmente devido ao controle insatisfatório das plantas daninhas (GALON et al., 2007; AGOSTINETTO et al., 2008).

Dependendo da região de cultivo e do manejo utilizado, diferentes espécies de plantas daninhas podem ser infestantes das lavouras orizícolas. Essas são consideradas como o principal fator limitante do potencial produtivo da cultura por competirem diretamente por luz, água e nutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas (FERRAZ; PITELI; FURLAN, 1982). A ausência de controle de plantas daninhas pode provocar redução de 80 a 90% na produtividade de grãos (ANDRES; MACHADO, 2004), além de causar efeito direto na produtividade da cultura, as plantas daninhas podem também agir como hospedeiras intermediárias de pragas e doenças (AMARAL; SILVEIRA Jr., 1979).

A identificação das principais plantas daninhas na cultura do arroz é de grande importância para a definição da estratégia mais eficiente e econômica de manejo, pois existe uma grande variabilidade entre essas espécies quanto às características de crescimento, reprodução, recrutamento dos recursos do meio e distribuição dentro das áreas cultivadas. Na cultura do arroz, a redução da produtividade devido à presença de plantas daninhas está associada a redução da estatura, menor acúmulo de massa da matéria seca das plantas e aumento da esterilidade de espiguetas (DE DATTA, 1996). A eficiência da colheita e a qualidade do produto final também são afetadas, devido ao aumento da umidade dos grãos e contaminação das sementes com restos vegetais e sementes de plantas daninhas.

Estes fatores contribuem para o incremento no custo de produção, pela necessidade de limpeza e secagem das sementes (EMBRAPA, 2004).

No RS, áreas que eram utilizadas com pastagens nativas passaram a ser cultivadas com arroz irrigado, principalmente devido a implantação do sistema convencional de cultivo, estratégia que proporcionou a grande expansão da cultura (GOMES; MAGALHÃES, 2004). Com as constantes intervenções de preparo do solo ocorreu a gradativa substituição da flora, favorecendo a infestação das áreas com espécies anuais, especialmente o arroz-vermelho, principal planta daninha das lavouras de arroz irrigado atualmente (AGOSTINETTO et al., 2001; VILLA et al., 2006; SANTOS et al, 2006).

Como alternativa para resolver o problema relacionado ao controle de espécies anuais, foi introduzido o sistema de cultivo mínimo, chegando a ser utilizado em 61% da área produtiva de arroz irrigado no RS no ano de 2005 (IRGA, 2005). Entretanto, a redução no revolvimento do solo favoreceu o restabelecimento de populações de espécies perenes da família Poaceae, como *Luziola peruviana* Juss. e *Leersia hexandra* Sw., ambas denominadas de grama-boiadeira.

A espécie *Luziola peruviana* é uma planta nativa da América do Sul, de ocorrência natural no Brasil. Já a espécie *Leersia hexandra* é nativa da América Tropical e Sudeste Asiático onde é cultivada como forrageira. Ambas as espécies ocorrem concomitantemente na Região Sul do Brasil, em áreas de várzeas, canais de irrigação e lavouras de arroz irrigado (KISSMANN; GROTH, 1997). Sendo que os canais de irrigação são um local de difícil controle de plantas daninhas, favorecendo a proliferação das espécies de grama-boiadeira. Uma vez presentes nestes locais, as plantas acabam dificultando a passagem de água devido a grande quantidade de massa verde que produzem, o que também possibilita o estabelecimento destas na própria lavoura.

Luziola peruviana é uma planta perene, higrófito e de ocorrência em áreas úmidas e/ou alagadas, onde se apresenta como planta aquática semi-flutuante. Sua reprodução é via sementes e estolões prostrados e/ou cortados deixados sobre a superfície do solo úmido. Seus colmos estoloníferos medem de 10 a 60 cm os quais se caracterizam pela formação de tapetes sobre o solo, devido ao seu acamamento. Seu sistema basal ausente de rizomas se caracteriza por apresentar raízes fasciculadas a partir da base da planta e dos nós em contato com o solo. Suas folhas assemelham-se a lâminas lineares de até 25 cm de comprimento, com lígulas

membranáceas, ligeiramente ciliadas. Essa espécie desenvolve seu estágio vegetativo durante os meses mais frios, florescendo de novembro a março no RS e Santa Catarina (SC) (KISSMANN; GROTH, 1997).

Assim como *Luziola peruviana*, a espécie *Leersia hexandra* é uma planta perene, aquática, porém emergente no caso de solo úmido, mas não inundado, podendo atingir 1,3 m de altura. No caso de terrenos alagados, seus colmos finos e ocos, são suscetíveis ao acamamento, flutuando sobre a superfície da água. Possui reprodução por sementes e brotações a partir do colmo estolonífero. Suas condições ideais de desenvolvimento se encontram nos trópicos úmidos, porém se desenvolve satisfatoriamente em zonas temperadas. Seu sistema basal é dotado de raízes fasciculadas e longos e ramificados rizomas. Suas folhas de bordas ásperas medem aproximadamente 15-20 cm e possuem a base arredondada, estreitando levemente até a sua terminação pontiaguda. Possuem lígulas membranáceas, lisas e firmes, assimétricas, bi ou tri dentadas (KISSMANN; GROTH, 1997).

Conforme supracitado, ambas espécies assemelham-se em diversos fatores morfológicos, porém a sua diferenciação é possível através das seguintes características: a espécie *Luziola peruviana* possui folhas lisas, lígula mais alta que larga (Fig. 1 (a)) e se caracteriza pelo fruto na forma de aquênio; *Leersia hexandra* possui folhas pouco escabrosas, com aspereza em seus bordos, lígula curta e truncada (Fig. 1 (b)) e frutos na forma de cariopses raramente formados (KISSMANN; GROTH, 1997).

A ocorrência de grama-boiadeira tem aumentado gradualmente nas áreas de arroz irrigado. Sua proliferação tem sido mais intensa em áreas com drenagem deficiente na entressafra e/ou em áreas onde predomina o preparo de solo sob inundação. Além do prejuízo que causam, estas espécies se destacam pelo fato de serem dificilmente controladas (NOLDIN; EBERHARDT; SCHIOCCHET, 2002). Isso se deve principalmente à ausência de herbicidas registrados para o controle em pós-emergência da cultura do arroz.

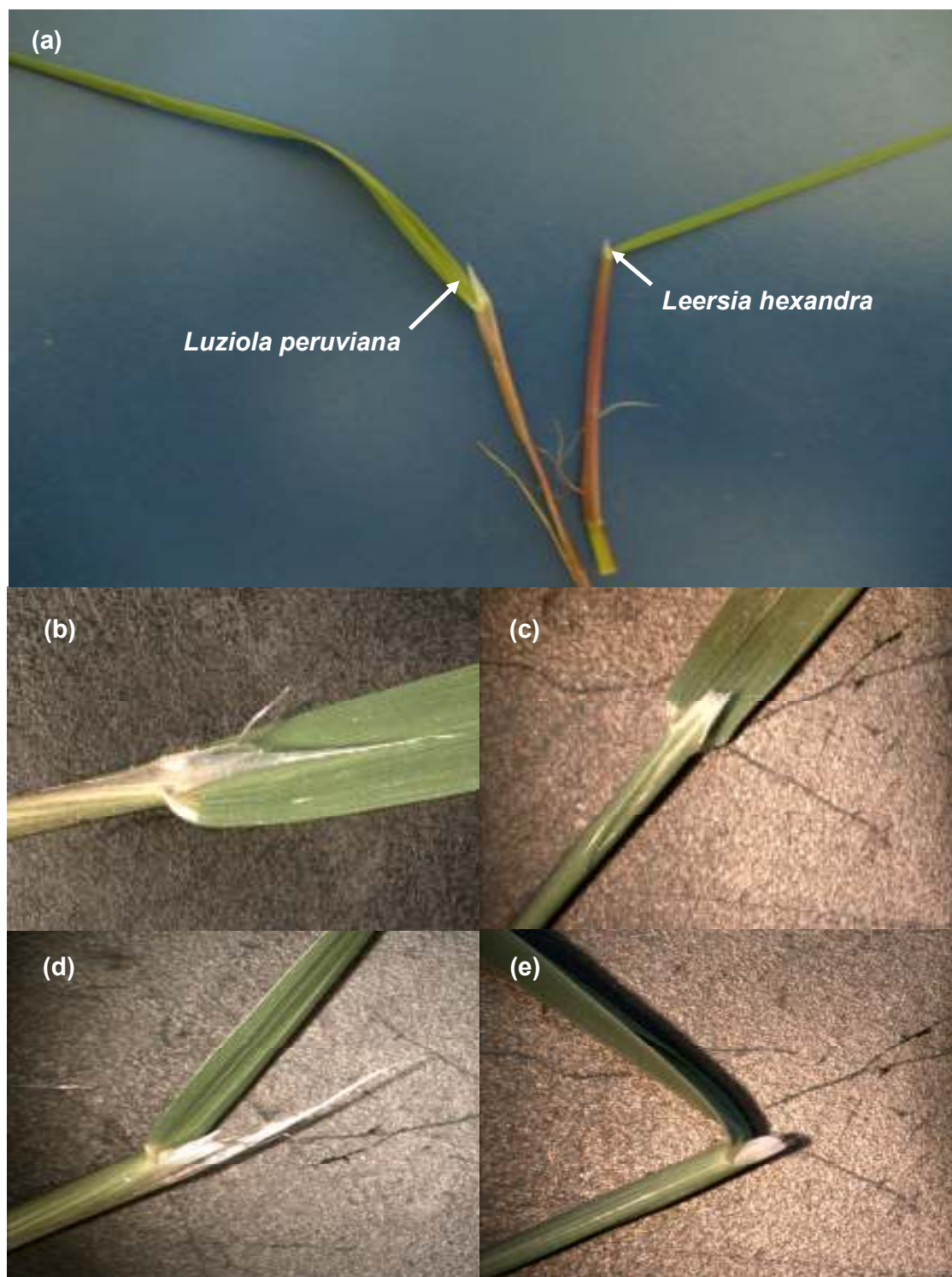


Figura 1 - Folhas das espécies *Luziola peruviana* Juss. e *Leersia hexandra* Sw., com detalhe das lígulas (a). Lígula de *Luziola peruviana*, vista frontal (b) e lateral (d). Lígula de *Leersia hexandra*, vista frontal (c) e lateral (e). FAEM/UFPel, Capão do Leão, RS, 2012.

Luziola peruviana e *Leersia hexandra* se caracterizam pela elevada persistência no ambiente, difícil controle e grande prejuízo causado ao cultivo de arroz irrigado (NOLDIN; EBERHARDT; SCHIOCCHET, 2002). O uso de herbicidas dessecantes no controle químico dessas espécies, como o glyphosate, é caracterizado pela baixa eficiência quando aplicado em condições de baixas temperaturas e elevada umidade do solo. Tal fato, ainda não completamente elucidado, pode estar relacionado com o declínio da translocação desses herbicidas durante tais condições. Por outro lado, estudos avaliando a eficiência do glyphosate em condições de solo úmido e temperatura favorável, apresentam bons resultados no controle dessas espécies (AMIBILIA, 2007).

Devido as dificuldades no controle das espécies de grama-boiadeira, a recomendação é a integração de diferentes práticas, principalmente a utilização de controle mecânico associado ao químico, em pré-semeadura e na entressafra (NOLDIN; EBERHARDT; SCHIOCCHET, 2002). Outras recomendações dizem respeito ao preparo do solo, que deve ser realizado sob baixas condições de umidade durante a entressafra, e posterior aplicação de herbicidas de ação total, como o glyphosate, no momento da emissão de folhas novas. No entanto, existe a necessidade de estudos que avaliem a susceptibilidade das espécies ao controle químico, a fim de elucidar as possíveis diferenças entre estas para a adoção de medidas adequadas que proporcionem controle satisfatório da maneira mais econômica e ambientalmente segura.

Em vista do exposto, os objetivos gerais do presente trabalho foram: (Capítulo I); (i) avaliar a susceptibilidade das espécies de grama-boiadeira ao controle químico com diferentes formulações de glyphosate (Capítulo II); (ii) avaliar a susceptibilidade das espécies de grama-boiadeira ao controle químico com o herbicida glyphosate em diferentes níveis de umidade do solo.

2 CAPÍTULO I - Susceptibilidade das gramas-boiadeira (*Leersia hexandra* Sw. e *Luziola peruviana* Juss.) a diferentes formulações de glyphosate.

2.1 Introdução

Sistemas de produção agrícola que buscam altas produtividades preconizam o controle eficiente de plantas daninhas. Entre os métodos utilizados para controle dessas espécies estão: o mecânico, principalmente gradagem e aração do solo; o cultural, relacionados à escolha de técnicas de manejo que favoreçam a cultura em detrimento das plantas daninhas; e o químico (BRIGHENTI, 2005). O método químico, efetuado por meio de herbicidas dessecantes e residuais, embora seja uma tecnologia relativamente recente, surgiu como alternativa viável devido a eficiência, economia de mão-de-obra e praticidade (EMBRAPA, 2004), se tornando em poucos anos o método mais utilizado pelos agricultores.

O glyphosate é um herbicida não seletivo, de ação sistêmica, usado no controle de plantas daninhas, anuais e perenes, e na dessecação de culturas para cobertura do solo. Este dessecante é absorvido pelas regiões clorofiladas das plantas, principalmente pelas folhas e outros tecidos verdes (GALLI; MONTEZUMA, 2005). Pertencente ao grupo químico das glicinas atua como inibidor da síntese de aminoácidos e contém o N-(phosphonomethyl)-glycine como ingrediente ativo. Atua como inibidor da atividade da 5-enolpiruvilshiquimato-3-fosfato sintase (EPSPS), que é a enzima catalisadora de uma das reações da síntese dos aminoácidos aromáticos como a fenilalanina, tirosina e triptofano, influenciando também outros processos, como a inibição da síntese de clorofila, estimulação da produção de etileno e redução da síntese de proteínas (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005).

Este herbicida controla eficientemente um grande número de plantas daninhas de folhas largas e estreitas, tanto anuais como perenes (ZAGONEL; MAROCHI, 2000). Entretanto, algumas espécies podem requerer doses mais elevadas e o emprego de aplicações sequenciais, ou ainda a adição de outro herbicida para que o controle seja satisfatório (ATEH; HARVEY, 1999).

Para exercer sua ação, o herbicida deve ser absorvido via apoplasto e/ou simplasto e alcançar o sítio de ação, geralmente localizado no interior de uma organela (HESS; FALK, 1990). No entanto, após atingir a superfície foliar, o herbicida está sujeito a vários destinos: escorrer; ser lavado pela ocorrência de chuva; secar e formar substância amorfa; cristalizar após a evaporação da calda ou, ainda, penetrar na cutícula; e permanecer retido nela, não sendo translocado (WERLANG et al., 2003). Como consequência imediata tem-se a menor absorção e, posteriormente, a menor eficiência do herbicida.

Na maioria das plantas daninhas, o glyphosate é rapidamente translocado das folhas tratadas para os drenos metabólicos, especialmente para tecidos meristemáticos e de armazenagem (BROMILOW; CHAMBERLAIN; EVANS, 1990), proporcionando eficiente controle, inclusive em espécies perenes. Entretanto, a absorção desse herbicida depende de outros fatores, como o uso de adjuvantes e das condições climáticas que as plantas estão submetidas (KRUSE; TREZZI; VIDAL, 2000).

O controle considerado eficiente é dependente da ação do herbicida na planta, porém, existem várias barreiras pelas quais a molécula herbicida necessita ultrapassar até alcançar o seu local de ação, e o glyphosate sozinho não passa facilmente por todas estas barreiras (LAERKE; STREIBIG, 1995). Neste contexto, a formulação é de extrema importância para a eficiência do herbicida, uma vez que se constitui de substâncias que melhoram as condições de permanência, absorção, solubilidade e translocação do ingrediente ativo na planta (LAERKE; STREIBIG, 1995), consequentemente influenciando a eficiência do controle das espécies (SILVA; SILVA, 2000).

Atualmente estão disponíveis no mercado diversas formulações de glyphosate, onde todas apresentam o mesmo mecanismo de ação, independentemente dos sais utilizados (HARTZLER, 2001). No Brasil, o herbicida é formulado como sal Potássico, sal de Isopropilamina e sal Amônio (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005). As particularidades de cada formulação incluem maior intoxicação

a organismos não-alvo, principalmente para a microbiota do solo (SANTOS et al, 2006), maior velocidade de translocação e de ação (MOLIN; HIRASE, 2005), melhor controle de algumas espécies de plantas daninhas (LI et al., 2005) e desbalanço no estado nutricional das plantas (DUKE et al., 1983).

A partir da década de 80 no RS, áreas que eram utilizadas com pastagens nativas passaram a ser cultivadas com arroz irrigado, principalmente devido a implantação do sistema convencional de cultivo, estratégia que proporcionou expansão da cultura (GOMES; MAGALHÃES, 2004). Devido às seguidas intervenções de preparo do solo, a flora foi gradativamente substituída, permanecendo espécies de rápido crescimento, como as de ciclo anual, principalmente o arroz-vermelho. Para resolver os problemas relacionados ao controle de espécies anuais foi introduzido o sistema de cultivo mínimo, onde a redução no revolvimento do solo favoreceu o restabelecimento de populações de espécies perenes da família Poaceae, como *Luziola peruviana* e *Leersia hexandra*, ambas denominadas de grama-boiadeira.

A ocorrência das espécies de grama-boiadeira tem aumentado gradualmente nas áreas de arroz irrigado. Sua proliferação tem sido mais intensa em áreas com drenagem deficiente na entressafra e/ou em áreas onde predomina o preparo de solo sob inundação. A espécie *Luziola peruviana* é uma planta nativa da América do Sul, de ocorrência natural no Brasil. Já a *Leersia hexandra* é nativa da América tropical e sudeste asiático onde é cultivada como forrageira. Ambas as espécies ocorrem concomitantemente na Região Sul do Brasil, em áreas de várzeas, canais de irrigação e lavouras de arroz irrigado (KISSMANN; GROTH, 1992).

Os principais problemas causados pela presença destas espécies estão relacionados ao considerável volume de massa verde produzido. Quando presentes em canais de irrigação dificultam a passagem de água e também podem se estabelecer na própria lavoura (KISSMANN; GROTH, 1992) causando danos à cultura do arroz. Preconiza-se que as práticas de controle de grama-boiadeira sejam efetuadas na entre safra e em pré-semeadura da cultura do arroz irrigado, já que essas espécies se destacam por serem dificilmente controladas no sul do Brasil. O uso de dessecantes como o glyphosate, apresenta baixa eficiência quando aplicado sob condições de baixas temperaturas e elevada umidade do solo (NOLDIN; EBERHARDT; SCHIOCCHET, 2002), condições facilmente encontradas em lavouras orizícolas no período de entre safra. Dessa forma o herbicida deve ser

critérios empregado, a fim de se eliminar os fatores que podem reduzir a eficiência deste e conseqüentemente para obtenção de controle satisfatório.

A ausência de herbicidas registrados para o controle em pós-emergência das espécies de grama-boiadeira na cultura do arroz irrigado, associada ao controle deficiente com dessecantes em pré-semeadura, bem como a possível diferença de susceptibilidade das espécies ao glyphosate e as formulações encontradas no mercado, despertam a necessidade de pesquisa. Diante do exposto no presente estudo foram desenvolvidos dois experimentos para avaliar a susceptibilidade das gramas-boiadeiras a diferentes formulações de glyphosate sendo o primeiro com o com *Luziola peruviana* e o segundo com *Leersia hexandra* e *Luziola peruviana*.

2.2 Material e Métodos

Para a realização deste estudo foram conduzidos dois experimentos em Casa de Vegetação do Departamento de Fitossanidade, da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM) situada junto a Universidade Federal de Pelotas (UFPel), localizada no município de Capão do Leão, RS.

O primeiro experimento (Susceptibilidade de *Luziola peruviana* Juss. a diferentes formulações de glyphosate) foi desenvolvido durante o período de dezembro de 2011 a janeiro de 2012. Arranjado em esquema fatorial (2x9) onde se utilizou o delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições. O fator A foi constituído por dois sais de glyphosate, Isopropilamina (Roundup Transorb®) e Potássico (Zapp QI 620®). O fator B se constituiu de nove doses dos herbicidas (zero; 175; 350; 700; 1400; 2800; 5600; 11200; 22400 g e.a. ha⁻¹) a fim de se determinar os valores de C₅₀ (dose necessária para obter 50% de controle da espécie), GR₅₀ e EST₅₀ (dose do herbicida que gera redução de 50% da massa da matéria seca e do comprimento dos estolões das plantas, respectivamente).

O segundo experimento (Susceptibilidade das espécies *Leersia hexandra* Sw. e *Luziola peruviana* Juss. a diferentes formulações de glyphosate) foi desenvolvido durante o período de outubro a novembro de 2012. Arranjado em esquema fatorial (2x3x9) onde se utilizou o delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições. O fator A constituiu-se de duas espécies de grama-boiadeira (*Luziola peruviana* e *Leersia hexandra*). O fator B de três sais de glyphosate:

Potássico (Roundup Transorb R[®]), Isopropilamina (Stinger[®]), e Amônio (Roundup Ultra[®]). E o fator C de nove doses dos herbicidas (zero; 87,5; 175; 350; 700; 1400; 2800; 5600; 11200 g e.a. ha⁻¹) a fim de determinar os valores de C₅₀, GR₅₀ e EST₅₀.

As unidades experimentais constituíram-se de vasos plásticos com capacidade de 1,5 L, sendo que no primeiro estudo (Fig. 2) estas foram preenchidas com 800 gramas de substrato comercial Plantimax[®], já para o segundo (Fig 3.) experimento estas foram preenchidas com 800 gramas de solo destorroado e peneirado. O solo utilizado, não tinha histórico de aplicação de herbicidas nos últimos cinco anos, sendo proveniente do horizonte A de área cultivada com arroz irrigado pertencente ao Centro Agropecuário da Palma (CAP) da UFPel. Classificado como Planossolo Hidromórfico eutrófico solódico (Unidade de Mapeamento Pelotas), com as seguintes características: pH água (1:1) = 5,1; CTC pH7 = 5,4 cmolc dm⁻³; Matéria Orgânica = 1,2 %; argila = 15 %; textura = 4; Ca = 1,8 cmolc dm⁻³; Mg = 1 cmolc dm⁻³; Al trocável = 0,2 cmolc dm⁻³; P disponível = 4,3 mg dm⁻³; K trocável = 30 mg dm⁻³. Após serem preenchidos, os vasos, foram posteriormente alocados em bandejas plásticas com capacidade para quatro potes. Nas bandejas foi mantida lâmina constante de água, com a finalidade de manter a umidade próxima à capacidade de campo.

Plantas de *Luziola peruviana* e *Leersia hexandra* foram identificadas, coletadas e posteriormente transplantadas para os vasos plásticos. As espécies foram coletadas em área cultivada com arroz irrigado e coletadas em área cultivada com arroz irrigado do Centro Agropecuário da Palma (CAP-UFPel). O transplante se deu através dos estolões das plantas coletadas, que foram seccionados, de forma que cada unidade experimental recebeu um estolão dando origem a uma planta por vaso. A adubação foi realizada de acordo com as recomendações técnicas da pesquisa para o cultivo de arroz irrigado no Sul do Brasil (SOSBAI, 2012). Após o estabelecimento das plantas, no segundo experimento, os estolões foram cortados a fim de se padronizar o tamanho destes (30 cm de comprimento). Por fim, após o estabelecimento das plantas, e no caso do segundo experimento 72 horas após o corte das plantas, os tratamentos herbicidas foram aplicados com o auxílio de pulverizador costal pressurizado a CO₂, munido com ponta tipo leque XR 110015, regulado com pressão de 210 kPa, calibrado para um volume de calda de 150 L ha⁻¹.



Figura 2 – Unidades experimentais alocadas em bandejas plásticas, contendo plantas de *Luziola peruviana* Juss.. FAEM/UFPel, Capão do Leão, RS, 2012.

As variáveis avaliadas foram controle, massa da matéria seca da parte aérea (MS) e comprimento dos estolões das plantas. No segundo experimento além das variáveis acima citadas também foi avaliada a rebrota das plantas. O controle foi avaliado visualmente, aos 14 e 28 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA), utilizando-se a escala percentual de zero a 100, onde zero representou ausência de controle e 100 a morte das plantas (FRANS et al., 1986). A MS foi coletada aos 28 DAA, para obtenção desta as plantas foram cortadas ao nível da superfície do solo e acondicionadas em sacos de papel pardo. Posteriormente foram submetidas à secagem em estufa de circulação forçada de ar à 60°C, até se obter massa constante, quando o material foi pesado. O comprimento dos estolões foi determinado aos 28 DAA, com o auxílio de réguas e a rebrota das plantas foi avaliado visualmente, aos 30 dias após a coleta da massa seca da parte aérea das plantas, com uso de frequência percentual. Corrigiram-se os valores encontrados de MS e comprimento dos estolões das plantas para valores percentuais, comparando-se os dados obtidos nos tratamentos que receberam herbicida com os obtidos na testemunha, considerada 100%.



Figura 3 – Unidades experimentais alocadas em bandejas plásticas, contendo plantas de *Luziola peruviana* Juss. e *Leersia hexandra* Sw.. FAEM/UFPel, Capão do Leão, RS, 2012.

Os dados obtidos foram analisados previamente quanto ao atendimento das pressuposições da análise de variância, normalidade (teste de Shapiro-Wilk), homocedasticidade (teste de Hartley), e posteriormente foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$). No caso de ser constatada significância estatística, realizou-se a análise de regressão, sendo procedida comparação entre os valores de C_{50} , GR_{50} e EST_{50} para as formulações do herbicida e espécies em estudo através dos intervalos de confiança em 95% de probabilidade de erro dos parâmetros. Os dados obtidos de rebrota das plantas foram analisados através de estatística descritiva com uso de frequência percentual.

A análise de regressão foi realizada ajustando-se os dados à equação de regressão sigmoidal do tipo logístico, conforme segue:

$$y = \frac{a}{\left[1 + \left(\frac{x}{x_0}\right)^b\right]}$$

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

2.3 Resultados e Discussão

Experimento 1 – Suceptibilidade de *Luziola peruviana* Juss. a diferentes formulações de glyphosate.

Os dados obtidos atenderam as pressuposições da análise de variância, sendo que houve interação ($p \leq 0,05$) entre os fatores estudados para todas as variáveis avaliadas. O controle de *Luziola peruviana* pelo glyphosate ajustou-se à equação de regressão sigmoidal do tipo logístico, nas duas épocas de avaliação, sendo que os valores do coeficiente de determinação (R^2) variaram de 0,98 a 0,99, demonstrando ajuste satisfatório do modelo aos dados. De acordo com os resultados obtidos, foi possível calcular os valores de C_{50} para as formulações em estudo. Com base na sobreposição do intervalo de confiança, não houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre o C_{50} nas formulações do herbicida aos 14 dias após a aplicação (Fig. 4(a)). Já aos 28 DAA (Fig. 4(b)) foi possível constatar diferença significativa no controle das plantas de *Luziola peruviana* entre as formulações, onde o herbicida glyphosate a base de sal de Isopropilamina necessitou de 393 g e.a. ha^{-1} para obter o C_{50} e para a formulação a base de sal Potássico foram necessários 937 g e.a. ha^{-1} para proporcionar o mesmo nível de controle.

A variação entre os valores de C_{50} obtidos pode estar relacionada às particularidades de cada formulação do herbicida, como diferenças na velocidade de absorção, translocação e ação (MOLIN; HIRASE, 2005). Os adjuvantes presentes nas formulações de glyphosate podem atuar no aumento da permeabilidade da cutícula e da membrana celular, além de melhorar a deposição e retenção do herbicida nas folhas (STOCK; HOLLOWAY, 1993). A formulação do Roundup Transorb[®] (sal de Isopropilamina), devido à sua composição, apresenta maior velocidade de absorção e translocação em relação às demais formulações encontradas no mercado (SANTOS et al., 2005), este fato pode possivelmente explicar que uma dose menor deste herbicida proporcionou 50% de controle da espécie de *Luziola peruviana* em relação ao outro herbicida.

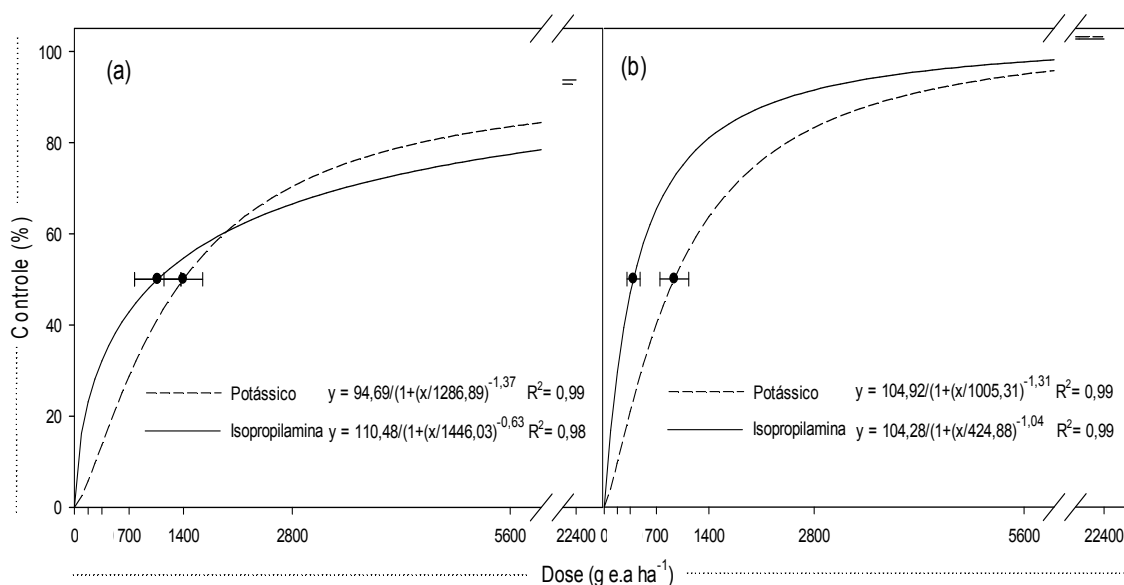


Figura 4 – Curvas de dose resposta para o controle de *Luziola peruviana* Juss., submetidas a doses (zero; 175; 350; 700; 1400; 2800; 5600; 11200; 22400 g e.a. ha⁻¹) avaliado aos 14 (a) dias após a aplicação (DAA) de glyphosate (Potássico e Isopropilamina) e aos 28 (b) DAA. FAEM/UFPeL, Capão do Leão, RS, 2012. Os pontos representam os valores de C₅₀ (dose que proporciona 50% de controle) com seus respectivos intervalos de confiança da média ao nível de 95% de probabilidade de erro dos parâmetros.

Para que a absorção do herbicida seja efetiva, é necessário que ocorra a formação de um gradiente de concentração entre o meio externo e o interno, sendo que a permanência da gota aspergida sobre a folha, bem como a concentração do herbicida presente na gota são os principais fatores que aumentam a taxa de absorção. Dessa forma, as formulações do mesmo herbicida podem proporcionar uma maior ou menor durabilidade da gota, interferindo na absorção e translocação do ingrediente ativo (SILVA; SILVA, 2000). Além dos fatores relacionados à formulação do herbicida, a eficiência do controle é dependente do estágio de desenvolvimento da planta daninha e dos fatores climáticos (JAKELAITIS et al., 2001).

Com relação à MS das plantas observou-se decréscimo nos valores à medida que houve aumento na dose do herbicida glyphosate tanto para o sal Potássico como para o sal de Isopropilamina. A variável ajustou-se à equação de regressão sigmoidal do tipo logístico no período de avaliação (28 DAA), sendo que os valores do coeficiente de determinação (R²) foram de 0,97 a 0,99, demonstrando ajuste satisfatório ao modelo (Fig. 5). A partir das equações foi possível calcular os valores de GR₅₀ das formulações do herbicida, e baseado na ausência de sobreposição do

intervalo de confiança, pode-se concluir que houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) nos valores de GR_{50} .

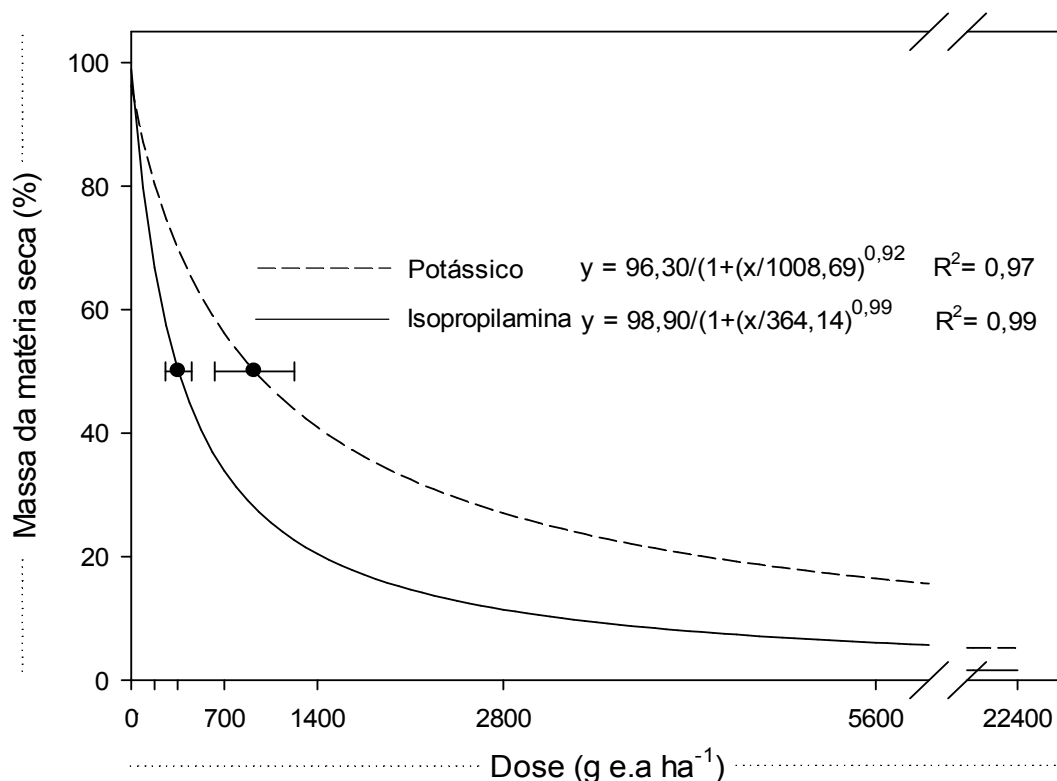


Figura 5 – Curvas de dose resposta para a massa da matéria seca da parte aérea das plantas (MS) de *Luziola peruviana* Juss., submetidas a doses (zero; 175; 350; 700; 1400; 2800; 5600; 11200; 22400 g e.a. ha⁻¹) aos 28 dias após a aplicação do glyphosate (Potássico e Isopropilamina) em relação a testemunha, considerada 100%. FAEM/UFPel, Capão do Leão, RS, 2012. Os pontos representam os valores de GR_{50} (dose necessária para reduzir em 50% a MS) com seus respectivos intervalos de confiança da média ao nível de 95% de probabilidade de erro dos parâmetros.

Verificou-se que para a formulação a base de sal Potássico o GR_{50} foi de 928 g e.a. ha⁻¹, já para na formulação a base de sal de Isopropilamina 356 g e.a. ha⁻¹ proporcionaram a mesma redução da MS. Em relação às formulações dos herbicidas estudados, foi possível verificar que o glyphosate a base de sal de Isopropilamina necessitou de dose inferior para reduzir em 50% a MS da espécie. Dessa forma, os dados dessa variável corroboram com aqueles obtidos no controle, onde a formulação a base de sal de Isopropilamina obteve o C_{50} em dose inferior quando comparado ao outro herbicida.

Assim como para a MS, foi possível verificar que o comprimento dos estolões decresceu à medida que as doses de glyphosate aumentaram, tanto para o sal Potássico como para o sal de Isopropilamina. A variável ajustou-se à equação de regressão sigmoidal do tipo logístico no período de avaliação (28 DAA), sendo que o valor do coeficiente de determinação (R^2) foi de 0,99 para as duas formulações, demonstrando ajuste satisfatório do modelo aos dados (Fig. 6). A partir das equações foi possível calcular os valores de EST_{50} e baseado na ausência de sobreposição dos intervalos de confiança foi possível constatar que houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) nos valores de EST_{50} entre as formulações.

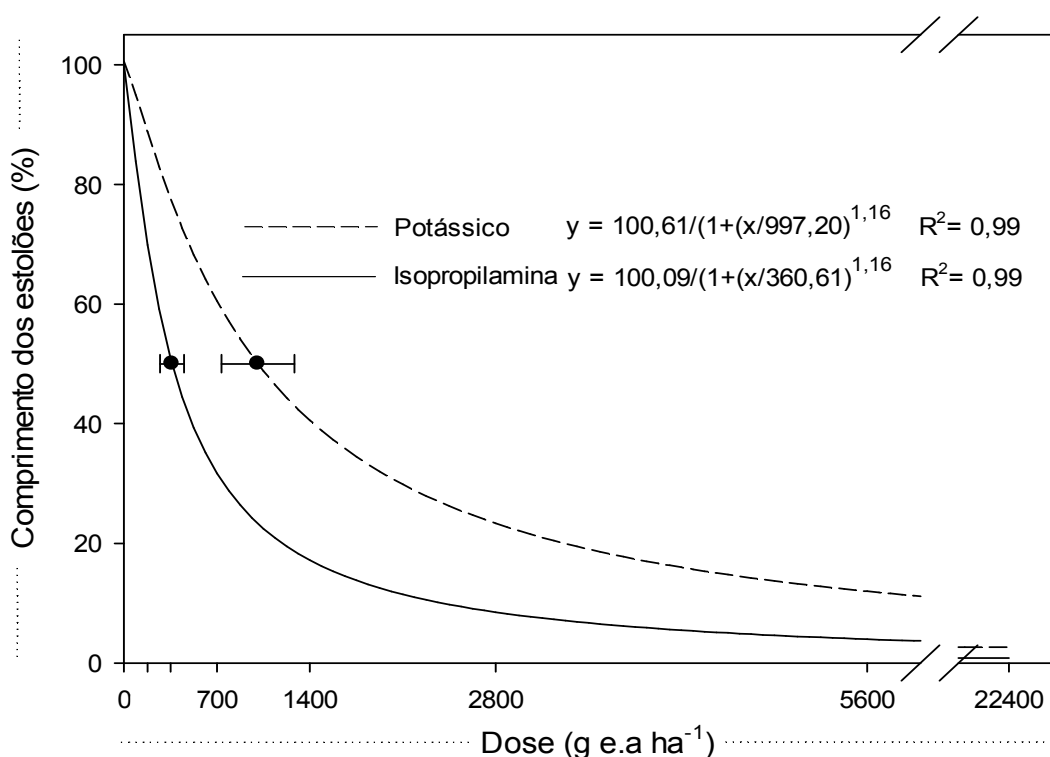


Figura 6 – Curvas de dose resposta para comprimento dos estolões das plantas de *Luziola peruviana* Juss., submetidas a doses (zero; 175; 350; 700; 1400; 2800; 5600; 11200; 22400 g e.a. ha⁻¹) aos 28 dias após a aplicação de glyphosate (Potássico e Isopropilamina) em relação a testemunha, considerada 100%. FAEM/UFPel, Capão do Leão, RS, 2012. Os pontos representam os valores de EST_{50} (dose necessária para reduzir em 50% o comprimento dos estolões das plantas) com seus respectivos intervalos de confiança da média ao nível de 95% de probabilidade de erro dos parâmetros.

A formulação a base de sal Potássico obteve o EST_{50} na dose de 1008 g e.a. ha^{-1} , enquanto que a formulação a base de sal de Isopropilamina a dose 361 g e.a. ha^{-1} foi suficiente para obter a mesma redução do comprimento dos estolões. Esta diferença é explicada possivelmente pelas particularidades das formulações comerciais de glyphosate. O herbicida a base de sal de Isopropilamina (Roundup Transorb[®]) por apresentar maior velocidade de absorção e translocação (SANTOS et al., 2006), causa a paralisação do crescimento das plantas reduzindo dessa forma o desenvolvimento das plantas mais rapidamente do que outras formulações.

No presente estudo a dose comercial recomendada (1400 g e.a. ha^{-1}) para o controle das espécies proporcionou controle de cerca de 90% das plantas aos 28 DAA em todas as variáveis avaliadas. Em condições de campo, as espécies de grama-boiadeira são conhecidas por serem dificilmente controladas (NOLDIN; EBERHARDT; SCHIOCCHET, 2002), porém, em condições experimentais, onde as plantas foram desenvolvidas em vasos plásticos e em substrato, a ação do herbicida pode ter sido potencializada.

Em condições de campo cada nó do estolão pode gerar uma nova planta quando entra em contato com o solo, formando dessa forma um tapete sobre o solo (KISSMANN; GROTH, 1997). Neste estudo, as unidades experimentais continham duas plantas e não foram proporcionadas condições para que os estolões gerassem novas plantas, o que possivelmente pode ter diminuindo as condições de sobrevivência sob a ação do herbicida glyphosate.

Outro fator que deve ser observado é o estágio de desenvolvimento das plantas no momento da aplicação dos tratamentos, pois quando estas se encontram bem desenvolvidas, como no caso deste experimento (estolões com aproximadamente 50 cm de comprimento), proporcionam boa interceptação e retenção das gotículas aspergidas. Uma vez que a atividade do glyphosate é influenciada por uma série de fatores, onde as condições ambientais adequadas no momento da aplicação e o estágio de desenvolvimento das plantas (atividade metabólica) são fatores considerados fundamentais para obter êxito na operação de controle (OZEKI; KUNZ, 1998) as condições em que as plantas de *Luziola peruviana* encontravam-se tornavam estas possivelmente mais susceptíveis a ação do herbicida, aumentando as chances de se obter um controle satisfatório.

Experimento 2 – Susceptibilidade das espécies *Leersia hexandra* Sw. e *Luziola peruviana* Juss. a diferentes formulações de glyphosate.

Os dados obtidos atenderam as pressuposições da análise de variância, sendo que houve interação ($p \leq 0,05$) entre todos os fatores estudados para as variáveis controle (28 DAA) e massa da matéria seca da parte aérea das plantas. O controle aos 28 DAA de *Leersia hexandra* e *Luziola peruviana*, tanto para a formulação de glyphosate a base de sal Potássico (Roundup Transorb R®), Isopropilamina (Stinger®) e Amônio (Roundup Ultra®), ajustou-se à equação de regressão sigmoidal do tipo logístico (Fig. 7), sendo que os valores do coeficiente de determinação (R^2) variaram de 0,98 a 0,99, demonstrando ajuste satisfatório do modelo aos dados. De acordo com os resultados obtidos, foi possível calcular os valores de C_{50} para as formulações do herbicida em estudo (tab. 1). O controle das espécies nas formulações seguiu o mesmo comportamento, onde a percentagem de controle foi crescente à medida que as doses aumentaram (Fig. 7).

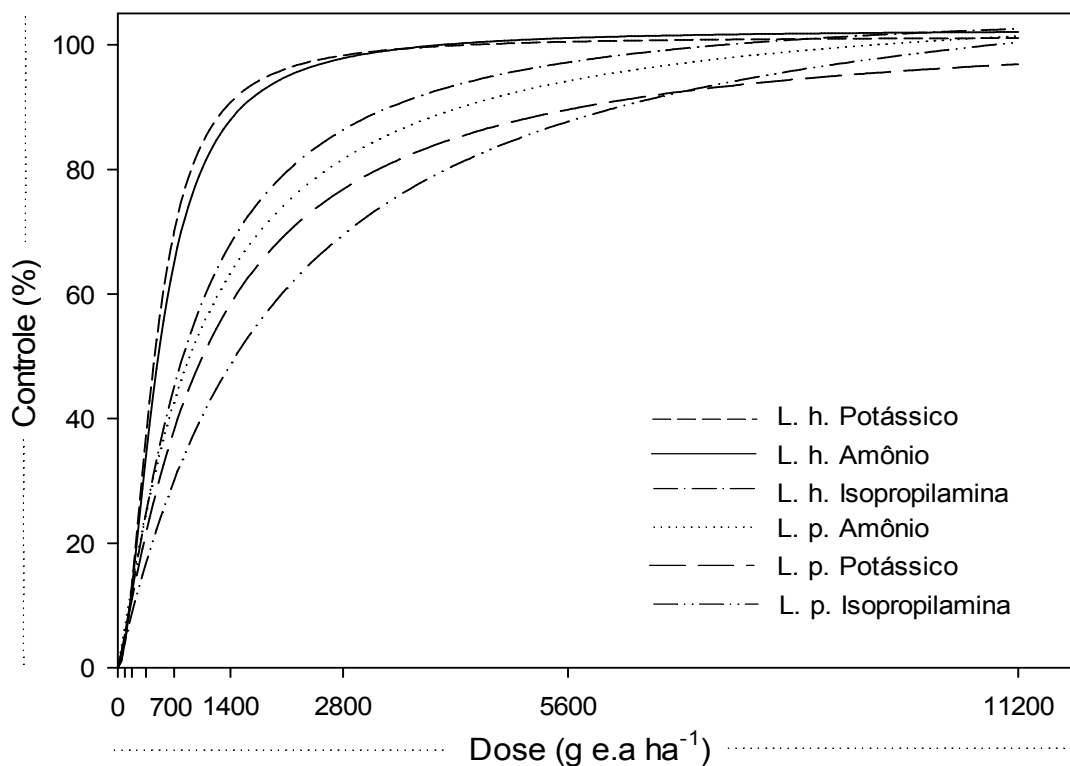


Figura 7 – Curvas de dose resposta para o controle de *Leersia hexandra* Sw. e *Luziola peruviana* Juss., submetidas a doses (zero; 87,5; 175; 350; 700; 1400; 2800; 5600; 11200 g e.a. ha⁻¹) aos 28 dias após a aplicação de glyphosate (Potássico, Amônio e Isopropilamina). FAEM/UFPel, Capão do Leão, RS, 2012.

Tabela 1 - Equações de regressão sigmoidal do tipo logístico, para o controle e massa da matéria seca de *Leersia hexandra* Sw. e *Luziola peruviana* Juss., avaliados aos 28 DAA¹ com respectivos valores do coeficiente de determinação (R^2), valores de C_{50} e GR_{50} (g e.a. ha^{-1}) e com intervalos de confiança (IC) em resposta a aplicação de doses (zero; 87,5; 175; 350; 700; 1400; 2800; 5600; 11200 g e.a. ha^{-1}) em diferentes formulações do herbicida glyphosate. FAEM/UFPel, Capão do Leão, RS, 2012.

Espécies/Formulação	Equação	R ²	C ₅₀ ²	
			g e.a. ha ⁻¹	IC ⁴
<i>Leersia hexandra</i> Sw.				
Potássico	y=101,28/[1+(x/462,42) ^{-1,94}]	0,99	457	384-530
Isopropilamina	y=106,77/[1+(x/896,40) ^{-1,26}]	0,99	811	644-977
Amônio	y=102,44/[1+(x/515,72) ^{-1,80}]	0,98	503	401-604
<i>Luziola peruviana</i> Juss.				
Potássico	y=103,92/[1+(x/1126,19) ^{-1,14}]	0,99	1055	908-1201
Isopropilamina	y=116,25/[1+(x/1914,90) ^{-1,04}]	0,99	1464	1228-1699
Amônio	y=108,59/[1+(x/1031,06) ^{-1,11}]	0,98	894	709-1078
			GR ₅₀ ³	
			g e.a. ha ⁻¹	IC ⁴
<i>Leersia hexandra</i> Sw.				
Potássico	y=97,62/[1+(x/446,48) ^{1,78}]	0,99	434	371-496
Isopropilamina	y=95,04/[1+(x/1430,13) ^{1,24}]	0,98	1315	1135-1495
Amônio	y=96,27/[1+(x/583,54) ^{1,79}]	0,98	559	441-677
<i>Luziola peruviana</i> Juss.				
Potássico	y=92,37/[1+(x/1634,59) ^{1,32}]	0,97	1440	1097-1783
Isopropilamina	y=96,41/[1+(x/1945,14) ^{1,32}]	0,98	1835	1609-2060
Amônio	y=97,45/[1+(x/991,39) ^{1,26}]	0,98	950	744-1156

¹ DAA = Dias após a aplicação.

² C_{50} = dose necessária para obter 50% de controle.

³ GR_{50} = dose necessária para reduzir em 50% a massa da matéria seca das plantas.

⁴ IC = Intervalor de confiança da média ao nível de 95% de probabilidade de erro dos parâmetros.

Com base na ausência de sobreposição do intervalo de confiança, foi possível observar que houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os valores de C_{50} para as formulações do herbicida, tanto para a espécie *Leersia hexandra* com para *Luziola peruviana* (tab. 1). Para *Leersia hexandra* as formulações do herbicida a base de sal Potássico (Roundup Transorb R[®]) e sal Amônio (Roundup Ultra[®]) diferiram estatisticamente da formulação a base de sal de Isopropilamina (Stinger[®]), sendo que as primeiras não diferiram entre si. O glyphosate a base de sal de Isopropilamina necessitou de 811 g e.a. ha⁻¹ para obter o C_{50} , sendo esta dose superior às outras formulações, onde 457 e 503 g e.a. ha⁻¹ (sal Potássico e Amônio, respectivamente) proporcionaram o mesmo nível de controle.

O controle das plantas de *Luziola peruviana* teve o mesmo comportamento do observado para a espécie *Leersia hexandra*, onde as formulações a base de sal Potássico e sal Amônio diferiram estatisticamente da formulação a base de sal de Isopropilamina, entretanto não diferiram entre si (tab. 1). O glyphosate a base de sal de Isopropilamina necessita de 1464 g e.a. ha⁻¹ para proporcionar o C_{50} , sendo que para obter o mesmo nível de controle as formulações a base de Sal Potássico e Amônio necessitaram de 1055 e 894 g e.a. ha⁻¹, respectivamente.

A variação entre os valores de C_{50} observados entre as formulações ocorre possivelmente pela diferenciação entre os adjuvantes em cada formulação (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005). Diversas formulações e marcas comerciais de glyphosate estão à disposição do produtor no mercado, nas formas de concentrado solúvel, solução aquosa concentrada e grânulos dispersíveis em água (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005). No presente estudo as formulações utilizadas de glyphosate Roundup Transorb R[®] e Stinger[®] são na forma de concentrado solúvel, já o Roundup Ultra[®] é comercializado na forma de grânulos dispersíveis em água.

O conhecimento do tempo que um produto leva para ser absorvido pelas plantas é uma informação técnica e prática de grande valor, isso porque até alcançar o local de ação, a molécula necessita passar por várias barreiras e o glyphosate sozinho não passa facilmente por todas elas (LAERKE; STREIBIG, 1995). Assim, a formulação do herbicida é de extrema importância na eficiência deste, uma vez que se constitui de substâncias que melhoram as condições de permanência, absorção, solubilidade e translocação do mesmo na planta (LAERKE; STREIBIG, 1995). Dessa forma possíveis diferenças na velocidade de absorção e translocação das

formulações testadas podem influenciar na eficiência do controle das espécies de grama-boideira.

Em estudo realizado por Machado et al. (2010), avaliando a absorção e o controle de plantas de azevém por diferentes formulações de glyphosate, os autores verificaram que a formulação na forma de grânulos dispersíveis em água apresentou taxa de absorção mais rápida quando comparada à formulações na forma de concentrado solúvel. No entanto, ao avaliarem o controle não foi verificada diferença significativa entre a formulação Roundup Transorb[®] (concentrado solúvel) e a formulação na forma de grânulos dispersíveis. Estes dados corroboram com os observados no controle das espécies de grama-boideira, onde a formulação na forma de grânulo dispersíveis em água (Roundup Ultra[®]) apresentou controle semelhante ao glyphosate na forma de concentrado solúvel (Roundup Transorb R[®]). Segundo informações fornecidas pela empresa que comercializa os produtos utilizados no experimento, o Roundup Transorb R[®] possui resposta mais rápida e eficiente, proporcionando dessa forma melhores resultados quando comparado a outra formulação de glyphosate (MONSANTO, 2009). No entanto o Roundup Ultra[®] proporcionou controle semelhante ao Roundup Transorb R[®], o que possivelmente pode estar relacionado à formulação deste herbicida.

Outro fator que pode influenciar na variação do C_{50} entre as formulações são os diferentes sais incorporados à molécula de glyphosate. Este herbicida é considerado um ácido fraco, ou seja, pode doar íons hidrogênio a outros compostos. Quando formulado como produto comercial, o íon hidrogênio é trocado por diferentes sais, que sozinhos não tem propriedades herbicidas. Uma vez que estes sais são incorporados com o glyphosate resultam em um produto de mais fácil manuseio, que mistura melhor com outros produtos químicos, tornando dessa forma o herbicida mais eficiente (HARTZLER, 2001). No entanto, a taxa de absorção dos diferentes sais também é influenciada pela interação destes com os surfatantes presentes nas formulações (NALEWAJA et al., 1996).

Segundo estudo realizado por Martini et al., (2003) formulações com o glyphosate a base de sal Potássico podem ser mais rapidamente absorvidas que as outras formulações. Assim o herbicida Roundup Transorb R[®], devido a sua composição já apresentar maior velocidade de absorção e translocação em relação as demais formulações encontradas no mercado (SANTOS et al., 2005) sua molécula é ainda constituída de sal Potássico, o que pode acarretar em incremento

na taxa de controle. Diante das características apresentadas dos herbicidas Roundup Ultra® e Roundup Transorb R®, possivelmente esteja à explicação da semelhança no controle das plantas de grama-boiadeira por estes. Agostinetto et al. (2009), avaliando o controle de várias plantas daninhas, entre estas a grama-seda, que é uma gramínea perene assim como as espécies do presente estudo, também não observou diferença entre estas duas formulações comerciais do glyphosate.

Baseado na ausência de sobreposição dos intervalos de confiança é possível observar que ocorreu diferença significativa do valor de C_{50} entre as duas espécies, quando a comparação foi a mesma formulação do herbicida (tab. 1). Ou seja, o valor de C_{50} obtido na formulação a base de sal Amônio para *Leersia hexandra* diferiu estatisticamente do valor obtido para a mesma formulação em *Luziola peruviana*, sendo que este comportamento se repetiu para as formulações a base de sal Potássico e de Isopropilamina. Dessa forma, existindo diferença na susceptibilidade das espécies aos produtos testados, onde a *Luziola peruviana* apresentou maior tolerância aos herbicidas em comparação a *Leersia hexandra*.

A eficiência no controle das plantas pelos herbicidas é influenciada por diversos fatores, relacionados principalmente ao herbicida, a espécie e ao ambiente. Entre os fatores relacionados à planta, a morfologia se destaca, exercendo grande influência no controle das mesmas. As diferenças de susceptibilidade ao controle com glyphosate entre as espécies de grama-boiadeira pode ter ocorrido devido as características morfofisiológicas particulares de cada espécie.

Uma das características morfológicas que diferencia as espécies é o hábito de crescimento, sendo que a espécie *Luziola peruviana* possui hábito de crescimento rasteiro, onde os estolões se desenvolvem prostrados no solo, já *Leersia hexandra* em condições de solo úmido e úmido, possui hábito ereto (KISSMANN; GROTH, 1997), e estas características interferem na disposição das folhas em relação ao caule, proporcionando maior ou menor ângulo foliar. O ângulo foliar é um dos fatores que influencia a interceptação do produto aspergido (MEROTTO Jr.; FISCHER, 2008) sendo que a retenção do herbicida pela folha determina a quantidade de produto que potencialmente estará disponível para a absorção.

Folhas que possuem maior ângulo foliar, ou seja, aquelas mais horizontais em relação ao caule possuem maior possibilidade de retenção do produto aspergido (SELLERS; SMEDA; JOHNSON, 2003), pois há maior exposição de área foliar para as gotas aspergidas. Devido à disposição das folhas de *Leersia hexandra* em relação

ao caule proporcionarem maior ângulo foliar quando comparadas as folhas de *Luziola peruviana*, na primeira espécie pode ter ocorrido possivelmente maior interceptação do herbicida, o que consequentemente estaria associado ao melhor controle observado para esta espécie.

A morfologia das plantas, principalmente das folhas, influencia na quantidade do herbicida interceptado e retido (PROCÓPIO et al., 2003). Contudo, estudos relacionados à anatomia das folhas, e o conhecimento dos componentes destas, podem auxiliar na determinação da facilidade com que os herbicidas são absorvidos (COSTA et al., 2012). Assim, o estudo anatômico das folhas de grama-boiadeira pode melhorar o entendimento sobre as barreiras que cada espécie impõe à absorção, fornecendo subsídios para a busca de estratégias que superem esses obstáculos, aumentando o entendimento da diferença de susceptibilidade das espécies ao glyphosate.

Ainda em relação ao controle das plantas foi possível observar, baseado na sobreposição dos intervalos de confiança, que não ocorreu diferença significativa ($p \leq 0,05$) nos valores de C_{50} entre a formulação a base de sal de Isopropilamina na espécie *Leersia hexandra*, sal Potássico e Amônio na espécie *Luziola peruviana* (tab. 1). Esse comportamento se deve provavelmente ao fato de que entre as formulações estudadas, a formulação a base de sal de Isopropilamina proporcionou o pior controle da espécie *Leersia hexandra* ao mesmo tempo em que esta mostrou ser mais facilmente controlada. Dessa forma, o valor de C_{50} não diferiu estatisticamente daquele obtido nas formulações que proporcionaram o melhor controle (Sal Potássico e Amônio) de *Luziola peruviana*.

Com relação a massa da matéria seca (MS) (Fig. 8) das plantas, observou-se decréscimo nos valores à medida que houve aumento na dose do herbicida glyphosate para todas as formulações nas duas espécies, sendo que os resultados obtidos para esta variável, no geral, corroboram com os observados no controle (28 DAA). A variável ajustou-se a equação de regressão sigmoidal do tipo logístico no período de avaliação (28 DAA), sendo que os valores do coeficiente de determinação (R^2) variaram de 0,97 a 0,99, demonstrando ajuste satisfatório ao modelo (tab. 1). A partir das equações foi possível calcular os valores de GR_{50} das formulações do herbicida e nas espécies em estudo. Baseado na ausência de sobreposição de intervalo de confiança pode-se concluir que houve diferença

significativa ($p \leq 0,05$) nos valores de GR_{50} para as formulações em estudo em cada uma das espécies.

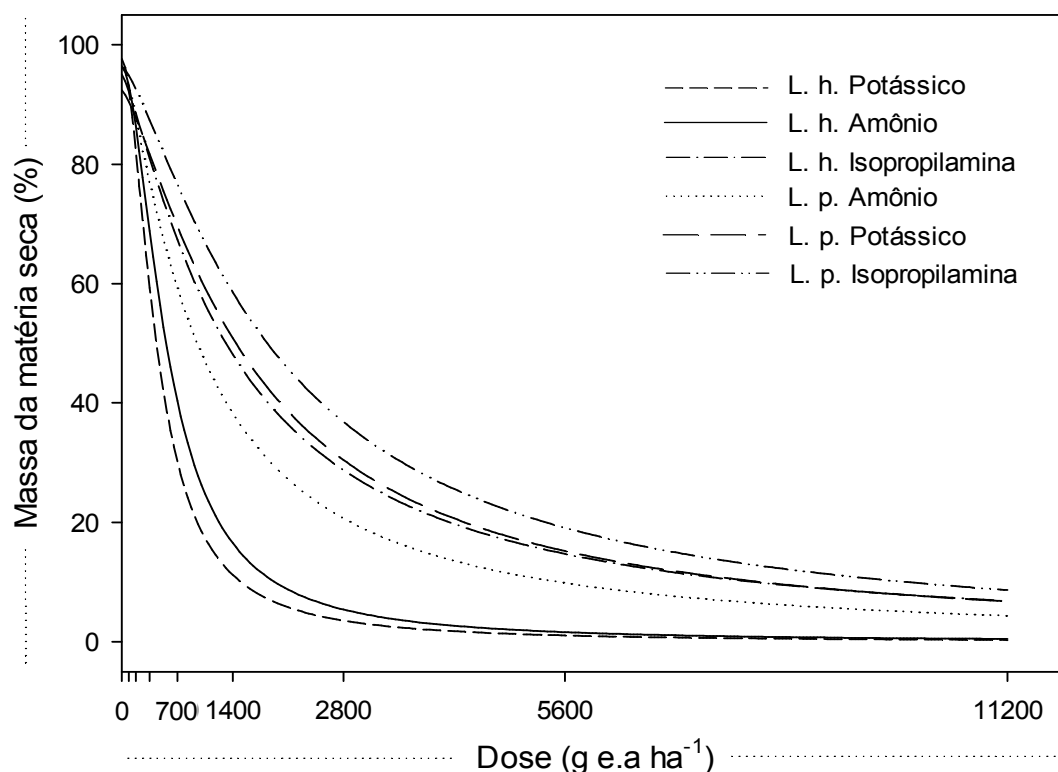


Figura 8 - Curvas de dose resposta para a massa da matéria seca da parte aérea das plantas de *Leersia hexandra* Sw. e *Luziola peruviana* Juss., submetidas a doses (zero; 87,5; 175; 350; 700; 1400; 2800; 5600; 11200 g e.a. ha⁻¹) aos 28 dias após a aplicação do glyphosate (Potássico, Amônio e Isopropilamina) em relação a testemunha, considerada 100%. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, RS, 2012.

Para *Leersia hexandra* as formulações do herbicida a base de sal Potássico (Roundup Transorb R[®]) e sal Amônio (Roundup Ultra[®]) diferiram estatisticamente da formulação a base de sal de Isopropilamina (Stinger[®]), sendo que as primeiras não diferiram entre si. O glyphosate a base de sal de Isopropilamina necessitou de 1315 g e.a. ha⁻¹ para obter o GR_{50} , sendo esta uma dose superior às das outras formulações, onde 434 e 559 g e.a. ha⁻¹ (Sal Potássico e Amônio, respectivamente) proporcionaram a mesma redução da MS plantas.

Para a espécie *Luziola peruviana* a formulação a base de sal Potássico não diferiu estatisticamente das demais formulações. Entretanto, as formulações a base de sal de Isopropilamina e Amônio diferiram entre si. O glyphosate a base de sal de Potássico e Isopropilamina necessitaram de 1440 e 1835 g e.a. ha⁻¹,

respectivamente, para proporcionar o GR_{50} , já na formulação à base de sal Amônio 950 g e.a. ha^{-1} proporcionaram o mesmo nível de redução da massa da matéria seca das plantas.

Baseado na ausência de sobreposição dos intervalos de confiança é possível observar que ocorreu diferença do valor de GR_{50} entre as duas espécies, quando a comparação foi à mesma formulação do herbicida (tab. 1). Ou seja, o valor de GR_{50} obtido na formulação a base de sal Amônio para *Leersia hexandra* diferiu estatisticamente do valor obtido para a mesma formulação em *Luziola peruviana*, sendo que este comportamento se repetiu para as formulações a base de sal Potássico e de Isopropilamina. Dessa forma existindo diferença na susceptibilidade das espécies aos herbicidas testados, onde *Luziola peruviana* necessitou de dose superior de glyphosate do que *Leersia hexandra* para reduzir em 50% a massa da matéria das plantas, levando em consideração a mesma formulação.

Ainda em relação à MS foi possível observar, baseado na sobreposição dos intervalos de confiança que não ocorreu diferença significativa ($p \leq 0,05$) nos valores de GR_{50} entre a formulação a base de sal de Isopropilamina na espécie *Leersia hexandra* e de sal Potássico, Amônio e de Isopropilamina na espécie *Luziola peruviana* (tab. 1). Esse comportamento, no geral, corrobora com aqueles observados para o controle (28 DAA), onde a espécie *Leersia hexandra* por ser mais facilmente controlada apresentou valores inferiores de GR_{50} . Contudo, a formulação a base de sal de Isopropilamina proporcionou o pior controle desta espécie, dessa forma o valor do GR_{50} desta formulação não diferiu daqueles obtidos em todas as formulações na espécie *Luziola peruviana*.

Para a variável rebrota das plantas (Fig. 9), foi possível observar que com o aumento das doses de glyphosate ocorreu decréscimo na taxa de rebrota, sendo que a espécie *Luziola peruviana* em comparação a *Leersia hexandra* apresentou maior percentagem de rebrota. Doses de até 350 g e.a. ha^{-1} proporcionaram 100% de rebrota das plantas nas duas espécies em todas as formulações testadas.

Doses superiores a 350 g e.a. ha^{-1} , em todas as formulações não evitaram a rebrota das plantas de *Leersia hexandra*. Já para *Luziola peruviana* 1400 g e.a. ha^{-1} (dose comercial recomendada para o controle das espécies de grama-boiadeira) não evitaram a completa rebrota das plantas nas formulações a base de sal Potássico e de Isopropilamina e menor rebrota para a formulação a base de sal Amônio. Na

formulação a base de sal de Isopropilamina foi possível observar até a dose de 5600 g e.a. ha⁻¹, que 25% das plantas de *Luziola peruviana* rebrotaram.

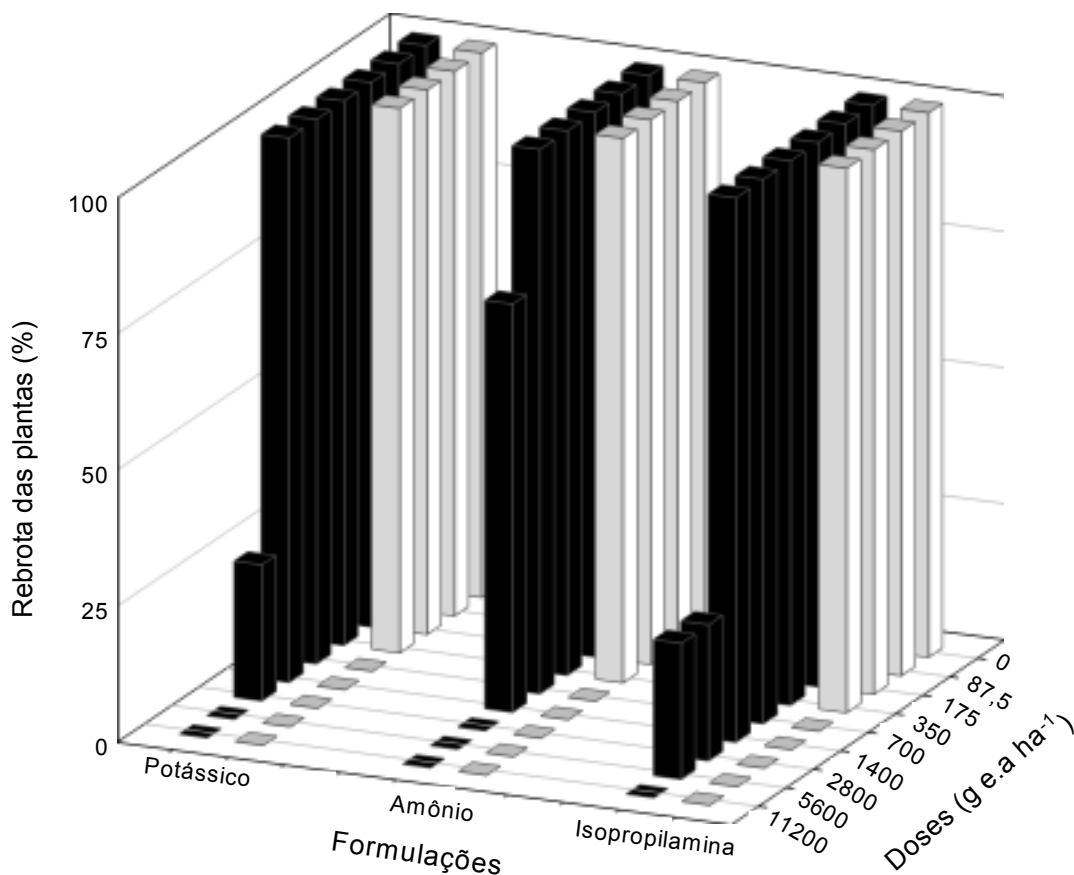


Figura 9 - Rebrotas das plantas de *Leersia hexandra* Sw. (□) e *Luziola peruviana* Juss. (■) submetidas a doses e formulações do herbicida glyphosate (Potássico, Amônio e Isopropilamina), avaliada 30 dias após a coleta da massa da matéria seca das plantas. FAEM/UFPEL, Capão do Leão, RS, 2012.

Os resultados observados em relação a rebrotas corroboram com aqueles encontrados para o controle (28 DAA) das plantas, onde a espécie *Luziola peruviana* foi mais dificilmente controlada pelo glyphosate em todas as formulações do que *Leersia hexandra*. A formulação a base de sal de Isopropilamina ao final do período experimental, necessitou de 1484 g e.a. ha⁻¹ do herbicida para proporcionar o C₅₀ na espécie *Luziola peruviana*, fato este que pode explicar a alta taxa de rebrotas desta espécie em doses mais elevadas.

Para que o controle seja considerado eficiente, além de ser absorvido, o herbicida deve ser translocado, sendo que este é um ponto fundamental para o controle de espécies perenes, como no caso as espécies de grama-boideira. Em espécies perenes o herbicida deve atuar sobre o sistema subterrâneo destas para obtenção de um controle satisfatório. Na maioria das plantas, o glyphosate é rapidamente translocado das folhas tratadas para os drenos metabólicos, especialmente tecidos meristemáticos e de armazenamento, sendo considerado um excelente herbicida para o controle de plantas daninhas perenes, desde que estas estejam em plena atividade metabólica por ocasião da aplicação do herbicida (BROMILOW; CHAMBERLAIN; EVANS, 1990).

Condições ambientais que proporcionem altas intensidades luminosas nos dias subsequentes à aplicação do herbicida aumentam a velocidade de translocação do glyphosate (SCHULTZ; BURNSIDE, 1980). Nas condições experimentais do presente estudo, as plantas de grama-boideira estavam alocadas em casa de vegetação, não recebendo diretamente alta intensidade de luz. Contudo, provavelmente este não foi o fator limitante da possível redução da translocação do herbicida nas plantas, uma vez que a espécie *Leersia hexandra* não apresentou altas taxas de rebrota devido ser facilmente controlada pelo herbicida. Sendo assim, é possível que exista diferença nas taxas de absorção e translocação dos herbicidas entre as espécies, o que explicaria a dificuldade de controle e consequentemente a alta taxa de rebrota de *Luziola peruviana*.

Outro fator que pode ter contribuído para a rebrota das plantas de *Luziola peruviana* é a morfologia desta espécie, a qual se desenvolve prostrada no solo, assim no momento da pulverização, em algumas regiões da planta pode não ter ocorrido deposição do produto, sendo preservados caracteres anatômicos capazes de regenerar a planta (COSTA et al., 2011). Mais estudos devem ser realizados para esclarecer os mecanismos que participam da diferença de susceptibilidade das espécies de grama-boideira ao herbicida glyphosate e, ainda, os possíveis efeitos destes mecanismos na atividade de outros herbicidas, além do comportamento biológico destas espécies. Essas informações são fundamentais para que alternativas de manejo possam ser planejadas e/ou para melhorar a eficiência dos herbicidas.

2.4 Conclusões

As gramas-boiadeira apresentam diferença de susceptibilidade ao controle com o herbicida glyphosate, sendo que *Leersia hexandra* é mais sensível a este quando comparada a *Luziola peruviana*.

Os herbicidas Roundup Transorb R[®] e Roudup Ultra[®] proporcionam melhor controle das espécies de grama-boiadeira quando comparados ao Stinger[®].

3 CAPÍTULO II - Susceptibilidade das gramas-boiadeira (*Leersia hexandra* Sw. e *Luziola peruviana* Juss.) ao glyphosate em função do nível de umidade do solo.

3.1 Introdução

Muitos são os fatores que podem comprometer a produtividade da lavoura arrozeira. Dentre esses, a presença de plantas daninhas aparece como um dos principais, podendo causar redução na produção de até 90% (ANDRES; MACHADO, 2004). Nos cultivos de arroz irrigado, existe ampla diversidade de plantas daninhas. A competitividade entre as espécies daninhas e cultivadas é determinada pela interação de fatores relacionados à comunidade infestante e à própria cultura. Além disso, fatores relacionados às condições edáficas, climáticas e aos tratos culturais (época de semeadura, sistema de irrigação entre outros) (PITELLI; PITELLI, 2004; SILVA et al., 2004) também interferem na produtividade das culturas.

Características específicas de cada espécie daninha como: porte e arquitetura; velocidade de germinação e estabelecimento da plântula; a velocidade do crescimento e extensão do sistema radicular; suscetibilidade às intempéries climáticas; a capacidade de produção e liberação de substâncias químicas com propriedades alelopáticas (TIRONI et al. 2009) influenciam diretamente no grau de competição dessas com as plantas cultivadas.

As espécies de grama-boiadeira (*Luziola peruviana* e *Leersia hexandra*) estão entre as plantas daninhas encontradas nas lavouras do arroz irrigado no Sul do Brasil. São plantas perenes e estoloníferas (KISMANN; GROTH, 1992), que se desenvolvem intensamente em áreas com drenagem deficiente, sendo consideradas plantas macrófitas aquáticas. Essas são plantas originalmente terrestres que

sofreram modificações adaptativas para colonizar ambientes aquáticos. Essas adaptações possibilitam o crescimento em solos saturados, até aqueles submersos na coluna d'água (BIANCHINI Jr; PACOBAHYBA; CUNHA-SANTINO, 2002). A distribuição das espécies no ambiente aquático depende do seu grau de adaptação, podendo ser classificadas como: flutuantes livres, flutuantes fixas, submersas livres, submersas fixas, emergentes e anfíbias (IRGANG; PEDRALLI; WAECHTER, 1984).

As plantas de grama-boiadeira são classificadas como anfíbias, vivendo dentro da água, mas também sobrevivem em solo sem inundação, possuindo plasticidade dos órgãos vegetativos, fator essencial para a sobrevivência em ambientes expostos a variação do nível da água. Quando se desenvolvem em ambientes distintos apresentam alterações na morfologia e anatomia, as folhas tornam-se emergentes e o colmo prolonga-se acompanhando o nível da água emitindo raízes nos nós ao longo do colmo (SPONCHIADO, 2008). O crescimento dos estolões é uma adaptação anfíbia que permite à espécie acompanhar as variações do nível de água dos ambientes. Extensas áreas da Região Costeira e da Depressão Central do Rio Grande do Sul apresentam numerosos ecossistemas com condições favoráveis para o desenvolvimento e proliferação das espécies de grama-boiadeira.

Neste contexto, estas espécies ganham conotação de plantas daninhas, e vem se tornando um problema nas lavouras orizícolas. A alta temperatura e umidade do solo, além da luminosidade abundante, são condições presentes nos agroecossistemas das lavouras arrozais, proporcionando condições ótimas para o desenvolvimento de diversas espécies potencialmente prejudiciais ao cultivo do arroz (HATSCHBACH et al., 2003). Para o controle e manejo adequado de grama-boiadeira é necessário o conhecimento das condições ambientais ideais para o seu crescimento e desenvolvimento, assim como os seus aspectos biológicos e autoecológicos (CAMARGO; PEZZATO; HENRY-SILVA, 2003) que serão fundamentais para o êxito na operação de controle.

Tanto *Luziola peruviana* quanto *Leersia hexandra* se destacam por serem dificilmente controladas (NOLDIN; EBERHARDT; SCHIOCCHET, 2002), principalmente nas áreas agrícolas com drenagem deficiente na entressafra e/ou em áreas onde predomina o preparo do solo sob inundação. Em condições de inundação as espécies podem prejudicar os usos múltiplos dos ecossistemas, consequência do crescimento excessivo dessas plantas. Este crescimento pode

estar vinculado às atividades humanas, que muitas vezes propiciam condições favoráveis ao seu desenvolvimento (SESHAVATHARAM, 1990), como por exemplo, as condições encontradas nas lavouras orizícolas. Dessa forma, o conhecimento dos fatores limitantes ou dos limites de tolerância das espécies as condições ambientais tem grande importância prática no manejo adequado do ambiente para a criação de condições que inibam ou retardem o crescimento destas (CAMARGO; PEZZATO; HENRY-SILVA, 2003).

O controle químico, atualmente, é o método mais utilizado na cultura do arroz para o controle de plantas daninhas, devido a sua alta eficiência, praticidade de uso (ANDRES; MACHADO, 2004) e economicidade (ERASMO; PINHEIRO; COSTA, 2004). A ausência de herbicidas registrados para o controle de grama-boiadeira em pós-emergência dessa cultura tem contribuído para a proliferação das espécies e consequentemente aumentado os prejuízos nos cultivos de arroz irrigado.

O uso de herbicidas dessecantes, como o glyphosate, no controle das espécies de grama-boiadeira, é caracterizado pela baixa eficiência quando aplicado em condições de baixas temperaturas e elevada umidade do solo (NOLDIN; EBERHARDT; SCHIOCCHET, 2002). O glyphosate pertence ao grupo químico dos inibidores da enzima EPSPs e contém o N-(fosfonometil) glicina como ingrediente ativo (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005). É um herbicida sistêmico, não-seletivo, altamente solúvel em água, e seu mecanismo de ação baseia-se na interrupção da rota do ácido chiquímico, responsável pela produção dos aminoácidos aromáticos como a fenilalanina, tirosina e triptofano, essenciais para a síntese de proteínas e divisão celular nas regiões meristemáticas da planta (HESS, 1993).

Partindo de uma determinada dose aspergida, somente uma fração é retida pelas folhas, absorvida, translocada e chega aos plastídeos, onde está localizada a rota metabólica para atuação do composto. Cada um desses processos é influenciado por variáveis físicas, ambientais e fisiológicas (FEN; SAMMONS; RYERSE, 2003). Condições ambientais (temperatura e umidade), concentração do surfactante, tamanho da gota (CASELEY; COUPLAND, 1985; FENG; SAMMONS; RYERSE, 2003) e o teor de umidade do solo (FILHO, 1985; KOGAN; BAYER, 1996) também influenciam na absorção e a translocação do herbicida.

Diante do exposto, faz-se necessária a investigação do comportamento das espécies de grama-boiadeira sob diferentes níveis de umidade de solo, a fim de se detectar a condição em que a planta é mais suscetível ao controle químico, e as

possíveis diferenças de susceptibilidade entre as espécies. Dessa forma, para a realização deste estudo foram desenvolvidos dois experimentos cujos objetivos foram avaliar a susceptibilidade de *Leersia hexandra* e *Luziola peruviana* ao herbicida glyphosate em função do nível de umidade do solo.

3.2 Material e Métodos

Para a realização deste estudo foram conduzidos dois experimentos em Casa de Vegetação pertencente à Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM) situada junto a Universidade Federal de Pelotas (UFPel), localizada no município de Capão do Leão, RS.

O primeiro experimento (Susceptibilidade de *Luziola peruviana* Juss. ao glyphosate em função do nível de umidade do solo) foi desenvolvido de dezembro de 2011 a janeiro de 2012, arranjado em esquema fatorial (3x9) utilizando-se delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições. Onde o fator A constituiu-se de três níveis de umidade do solo (úmido; capacidade de campo; alagado) e o fator B de nove doses do herbicida glyphosate (zero; 175; 350; 700; 1400; 2800; 5600; 11200; 22400 g e.a. ha⁻¹ da formulação comercial Zapp QI®) visando-se determinar os valores de C₅₀, GR₅₀ e EST₅₀ (dose necessária para obter 50% de controle, dose necessária para se obter 50% de redução na massa da matéria seca e do comprimento dos estolões das plantas, respectivamente).

O segundo experimento (Susceptibilidade das gramas-boiadeira *Leersia hexandra* Sw. e *Luziola peruviana* Juss. ao glyphosate em função do nível de umidade do solo) foi desenvolvido de setembro a outubro de 2012, arranjado em esquema fatorial (2x3x9) utilizando-se delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições. Onde o fator A constituiu-se de duas gramas-boiadeira (*Leersia hexandra* e *Luziola peruviana*), o fator B de três níveis de umidade do solo (úmido; capacidade de campo; alagado) e o fator C de nove doses do herbicida glyphosate (zero; 87,5; 175; 350; 700; 1400; 2800; 5600; 11200 g e.a. ha⁻¹ da formulação comercial Zapp QI®), visando-se determinar os valores de C₅₀, GR₅₀ e EST₅₀.

As unidades experimentais constituíram-se de vasos plásticos com capacidade de 1,5 L, previamente preenchidas com 800 g de substrato comercial PlantiMax® no caso do primeiro experimento (Fig. 10). Para a realização do segundo experimento os vasos plásticos foram preenchidos com 800 gramas de solo destorroado e peneirado (Fig. 11). O solo utilizado no experimento, não tinha histórico de aplicação de herbicidas nos últimos cinco anos, e foi coletado do horizonte A da área cultivada com arroz irrigado do Centro Agropecuário da Palma (CAP-UFPel) sendo este classificado como Planossolo Hidromórfico eutrófico solódico (Unidade de Mapeamento Pelotas), o qual tinha as seguintes características: pH água (1:1) = 5,1; CTC pH7 = 5,4 cmolc dm⁻³; Matéria Orgânica = 1,2 %; argila = 15 %; textura = 4; Ca = 1,8 cmolc dm⁻³; Mg = 1 cmolc dm⁻³; Al trocável = 0,2 cmolc dm⁻³; P disponível = 4,3 mg dm⁻³; K trocável = 30 mg dm⁻³. A análise química foi realizada no Laboratório de Análise de Solos do Departamento de Solos da UPel. Os vasos plásticos foram posteriormente alocados em bandejas plásticas (com capacidade para quatro potes), a fim de se aplicar os níveis de umidade.



Figura 10 - Unidades experimentais alocadas em bandejas plásticas, contendo plantas de *Luziola peruviana* Juss.. FAEM/UFPel, Capão do Leão, RS 2012.

Plantas de *Leersia hexandra* e *Luziola peruviana* foram previamente identificadas e coletadas em área cultivada com arroz do Centro Agropecuário da Palma (CAP-UFPeI). Essas foram posteriormente transplantadas para os vasos plásticos. O transplante se deu através dos estolões das plantas coletadas, que foram seccionados de forma que cada unidade experimental recebeu um estolão dando origem a uma plantas por vaso. A adubação foi realizada de acordo com as recomendações técnicas da pesquisa para o cultivo de arroz irrigado no Sul do Brasil (SOSBAI, 2012).

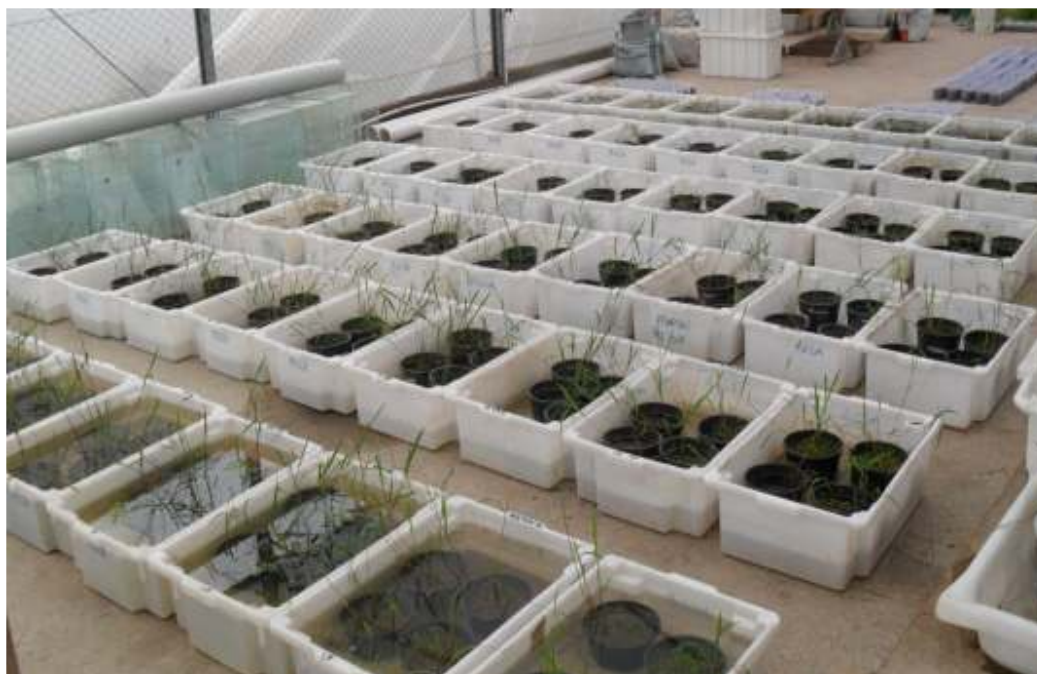


Figura 11 - Unidades experimentais alocadas em bandejas plásticas, contendo plantas de *Leersia hexandra* Sw. e *Luziola peruviana* Juss. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, RS 2012.

Após o estabelecimento das plantas (estolões com aproximadamente 50 cm de comprimento no primeiro experimento) os tratamentos herbicida foram aplicados com o auxílio de pulverizador costal pressurizado a CO_2 , munido com ponta tipo leque XR 110015, regulado com pressão de 210 kPa, calibrado para um volume de 150 L ha^{-1} . Um dia após a aplicação do herbicida os níveis de umidade foram aplicados e mantidos com irrigações diárias até a última avaliação do experimento. No caso do segundo experimento, as plantas permaneceram um mês acondicionadas sobre os respectivos níveis de umidade e posteriormente estas

foram seccionadas a fim de padronizar o tamanho dos estolões em todas as unidades experimentais, de forma que estes ficaram com 30 cm de comprimento. Após 72 horas do corte das plantas os tratamentos herbicida foram aplicados com o mesmo equipamento utilizado no primeiro experimento.

As variáveis avaliadas foram controle, massa da matéria seca da parte aérea (MS) e comprimento dos estolões das plantas. No segundo experimento, além das variáveis acima citadas também foi avaliada a rebrota das plantas. O controle foi avaliado aos 14 e 28 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA), utilizando-se a escala percentual de zero a 100, onde zero representou ausência de controle e 100 a morte das plantas (FRANS et al., 1986). A MS das plantas foi avaliada aos 28 DAA, para obtenção desta realizou-se a coleta das plantas, que foram cortadas ao nível da superfície do substrato e acondicionadas em sacos de papel pardo. Posteriormente foram submetidas à secagem em estufa de circulação forçada de ar a 60°C, até se obter massa constante, quando o material foi pesado. O comprimento dos estolões foi determinado aos 28 DAA com o auxílio de réguas e a rebrota das plantas foi avaliado visualmente aos 30 dias após a coleta da massa seca da parte aérea das plantas, com uso de frequência percentual.. Corrigiram-se os valores encontrados de MS e comprimento de estolões para valores percentuais, comparando-se os valores obtidos nos tratamentos que receberam herbicida com os obtidos na testemunha, considerada 100%.

Os dados obtidos foram analisados previamente quanto ao atendimento das pressuposições da análise de variância, normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e homocedasticidade (teste de Hartley), e posteriormente foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$). No caso de ser constatada significância estatística, realizou-se a análise de regressão, sendo procedida comparação entre os valores de C_{50} , GR_{50} e EST_{50} para as formulações do herbicida em estudo através dos intervalos de confiança em 95% de probabilidade de erro dos parâmetros. Os dados obtidos de rebrota das plantas foram analisados através de estatística descritiva com uso de frequência percentual.

A análise de regressão foi realizada ajustando-se os dados à equação de regressão sigmoidal do tipo logístico, conforme segue:

$$y = \frac{a}{1 + \left(\frac{x}{x_0}\right)^b}$$

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

3.3 Resultados e Discussão

Experimento 1 – Susceptibilidade de *Luziola peruviana* Juss. ao glyphosate em função do nível de umidade do solo.

Os dados obtidos atenderam as pressuposições da análise de variância, sendo que houve interação ($p \leq 0,05$) entre os fatores estudados para todas as variáveis avaliadas. O controle de *Luziola peruviana* pelo glyphosate ajustou-se a equação de regressão sigmoidal do tipo logístico, nas duas épocas de avaliação (14 e 28 dias após a aplicação do herbicida (DAA)), sendo que os valores do coeficiente de determinação (R^2) variaram de 0,97 a 0,99, demonstrando ajuste satisfatório do modelo aos dados. De acordo com os resultados obtidos, foi possível calcular os valores de C_{50} para os níveis de umidade do solo.

Com base na ausência de sobreposição dos intervalos de confiança foi possível observar que houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) no C_{50} aos 14 DAA (Fig. 12(a)), onde o valor do C_{50} para as plantas em condição de solo alagado diferiu do observado nos demais níveis de umidade. Para as plantas que se encontravam sob condições de alagamento, 5860 g e.a. ha^{-1} de glyphosate foram necessários para se obter 50% de controle, sendo que para solo úmido e capacidade de campo, 4177 e 4533 g e.a. ha^{-1} do herbicida, respectivamente, proporcionaram o mesmo nível de controle.

Aos 28 DAA (Fig. 12.(b)), a resposta das plantas submetidas aos diferentes níveis de umidade foi similar a avaliação aos 14 DAA, sendo que houve diferença

significativa ($p \leq 0,05$) no C_{50} , onde o valor na condição de alagamento diferiu estatisticamente do valor em solo úmido e em capacidade de campo. Plantas submetidas ao alagamento necessitaram de 1586 g e.a. ha^{-1} de glyphosate para obter o C_{50} , sendo esta dose superior as das plantas em solo úmido e capacidade de campo (679 e 892 g e.a. ha^{-1} , respectivamente), demonstrando que possivelmente a espécie apresente menor sensibilidade ao herbicida e/ou ocorra um decréscimo da atividade do herbicida com o aumento do teor de umidade do solo.

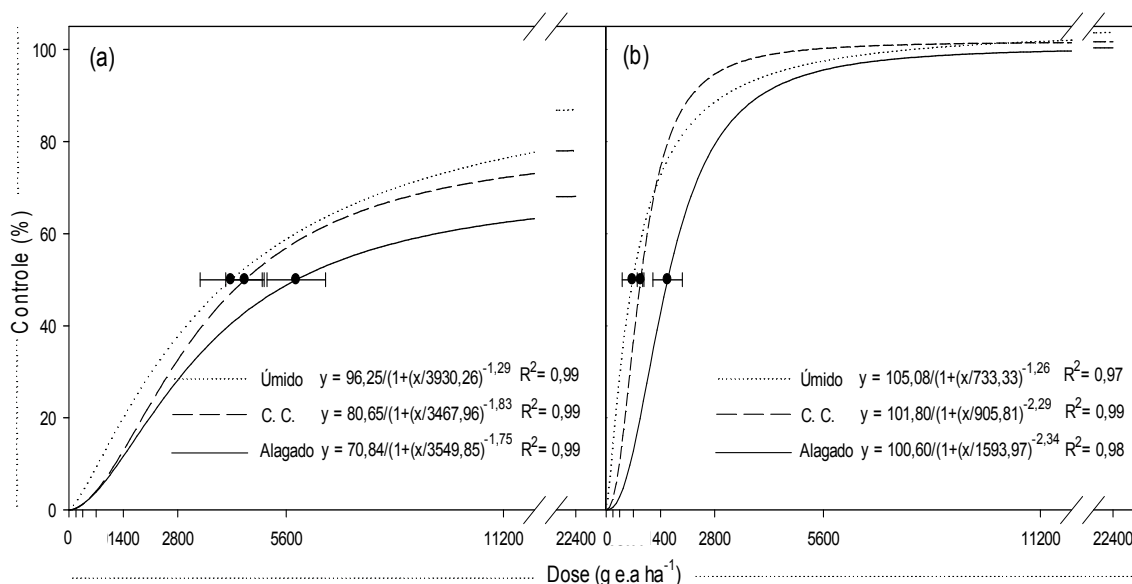


Figura 12 - Curvas de dose resposta para o controle de *Luziola peruviana* Juss., submetidas a doses (zero; 175; 350; 700; 1400; 2800; 5600; 11200; 22400 g e.a. ha^{-1} de glyphosate) e níveis de umidade do solo (úmido, capacidade de campo (C.C) e alagado) aos 14 (a) e aos 28 (b) dias após a aplicação do herbicida. FAEM/UFPel, Capão do Leão, RS, 2012. Os pontos representam os valores de C_{50} (dose que proporciona 50% de controle) com seus respectivos intervalos de confiança da média ao nível de 95% de probabilidade de erro dos parâmetros

A variação no controle entre os níveis de umidade do solo pode estar relacionada ao fato de que a espécie em condições de solo alagado apresenta maior tolerância ao herbicida. O glyphosate [n-(fosfonometil) glicina] é um herbicida pós-emergente, não seletivo em condições normais, apenas em plantas geneticamente modificadas ou com a resistência induzida, o herbicida se torna seletivo (MELDELSON, 1998). Algumas espécies são conhecidas por serem tolerantes ao glyphosate, sendo que possuem a capacidade de sobreviver e se reproduzir após o tratamento com o herbicida, mesmo que apresentem fitotoxicidade. A tolerância

pode estar relacionada ao estágio de desenvolvimento e/ou as características morfofisiológicas das espécies. São exemplos de espécies tolerantes a este herbicida a poaia-branca (*Richardia brasiliensis*), corriola (*Ipomoea sp.*) e a trapoeraba (*Commelina benghalensis*) (VARGAS; RIZZARDI; BIANCHI, 2007).

Luziola peruviana é uma planta que se adapta tanto a condições de inundação como de solo úmido. Entretanto, quando as condições ambientais são favoráveis para o seu desenvolvimento, pode ocorrer aumento na produção vegetativa e na reprodução da espécie (SESHAVATHARAM, 1990) o que possivelmente pode aumentar a tolerância desta ao controle químico. Condições de solos alagados são favoráveis para o desenvolvimento desta espécie, onde estas sofrem adaptações nas folhas, tornando-se emergentes, e seus colmos se prolongam acompanhando o nível da água, além de emitirem raízes nos nós ao longo dos estolões (SPONCHIADO, 2008), formando desta forma um tapete sobre a superfície da água (KISMANN; GROTH, 1992). Diante dos resultados observados no presente estudo a espécie *Luziola peruviana* apresentou menor sensibilidade ao herbicida, e dependendo das condições ambientais em que as plantas estão expostas, como por exemplo, elevada umidade do solo, o controle desta espécie foi dificultado ainda mais o que possivelmente ocorre devido ao maior tolerância da espécie ao herbicida nestas condições.

Com relação a MS das plantas observou-se decréscimo nos valores à medida que houve aumento na dose do herbicida glyphosate, tanto no regime de umidade do solo úmido, capacidade de campo e alagado. A variável ajustou-se à equação de regressão sigmoidal do tipo logístico no período de avaliação (28 DAA), sendo que os valores do coeficiente de determinação (R^2) variaram de 0,98 a 0,99 entre os níveis de umidade, demonstrando ajuste satisfatório ao modelo (Fig. 13). A partir das equações foi possível calcular os valores de GR_{50} e baseado na ausência de sobreposição de intervalo de confiança pode-se concluir que houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) nos valores de GR_{50} .

Para as plantas que se encontravam em condição de alagamento o GR_{50} diferiu estatisticamente das que estavam em condições de solo úmido e em capacidade de campo. O valor de GR_{50} em solo alagado foi de 1405 g e.a. ha^{-1} de glyphosate, já em solo úmido e em capacidade de campo esse valor foi inferior sendo de 450 e 534 g e.a. ha^{-1} , respectivamente. Demonstrando que os dados corroboram com aqueles observados para a variável controle.

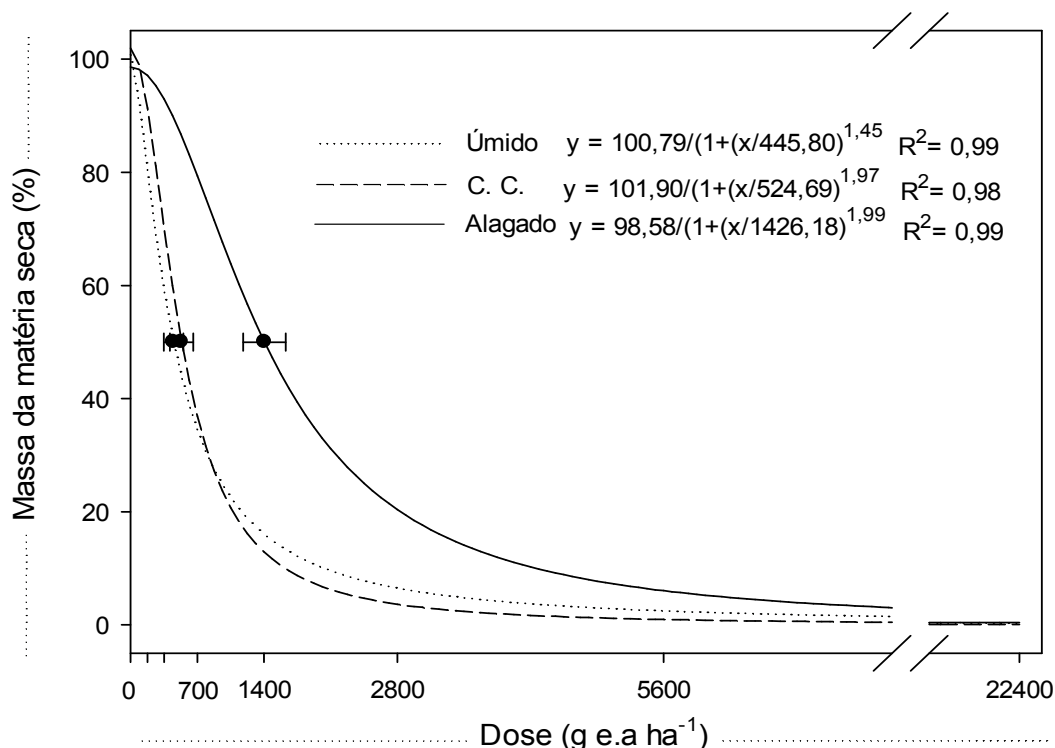


Figura 13 - Curvas de dose resposta para a massa da matéria seca da parte aérea das plantas de *Luziola peruviana* Juss., submetidas a doses (zero; 175; 350; 700; 1400; 2800; 5600; 11200; 22400 g e.a. ha⁻¹ de glyphosate) e níveis de umidade do solo (úmido, capacidade de campo (C.C) e alagado) aos 28 dias após a aplicação do herbicida em relação a testemunha, considerada 100%. FAEM/UFPel, Capão do Leão, RS, 2012. Os pontos representam os valores de GR₅₀ (dose necessária para reduzir em 50% a massa da matéria seca das plantas) com seus respectivos intervalos de confiança da média ao nível de 95% de probabilidade de erro dos parâmetros.

Assim como observado para a MS, houve um decréscimo no comprimento dos estolões à medida que as doses de glyphosate aumentaram, em todos os níveis de umidade do solo. A variável ajustou-se à equação de regressão sigmoidal do tipo logístico no período de avaliação (28 DAA), sendo que os valores do coeficiente de determinação (R²) variaram de 0,97 a 0,99 para os níveis de umidade do solo, demonstrando ajuste satisfatório do modelo aos dados (Fig. 14). A partir das equações foi possível calcular os valores de EST₅₀ e baseado na ausência de sobreposição dos intervalos de confiança, foi possível constatar que houve diferença significativa (p≤0,05) nos valores de EST₅₀ entre as formulações.

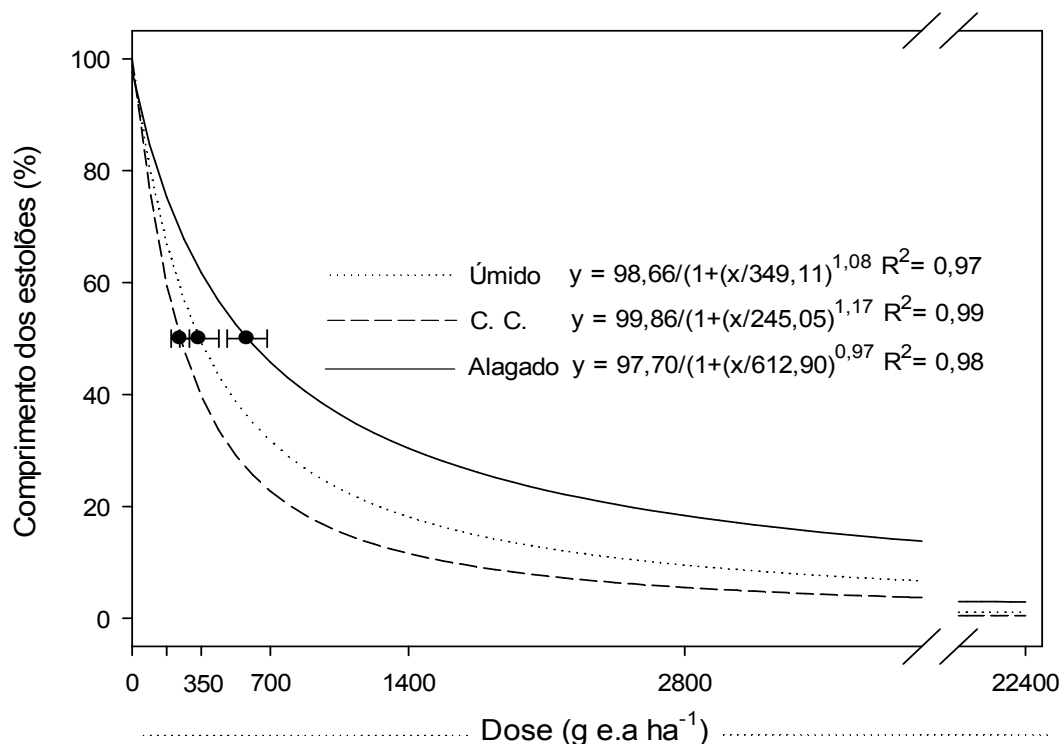


Figura 14 - Curvas de dose resposta para o comprimento dos estolões das plantas de *Luziola peruviana* Juss., submetidas a doses (zero; 175; 350; 700; 1400; 2800; 5600; 11200; 22400 g e.a. ha⁻¹ de glyphosate) e níveis de umidade do solo (úmido, capacidade de campo (C.C) e alagado) aos 28 dias após a aplicação do herbicida em relação a testemunha, considerada 100%. FAEM/UFPel, Capão do Leão, RS, 2012. Os pontos representam os valores de EST₅₀ (dose necessária para reduzir em 50% o comprimento dos estolões das plantas) com seus respectivos intervalos de confiança da média ao nível de 95% de probabilidade de erro dos parâmetros.

Na comparação entre os valores de EST₅₀ obtidos, o solo alagado diferiu estatisticamente das condições de solo úmido e capacidade de campo. Plantas de *Luziola peruviana* em condição de alagamento necessitaram de 538 g e.a. ha⁻¹ de glyphosate para proporcionar o EST₅₀, já em condição de solo úmido e em capacidade de campo 340 e 244 g e.a. ha⁻¹, respectivamente, foram necessários para se obter o mesmo nível de controle.

A partir dos resultados obtidos, para todas as variáveis avaliadas, foi possível constatar que *Luziola peruviana* é dificilmente controlada em condições de solo alagado, onde a espécie tem seu crescimento e desenvolvimento facilitado aumentando assim suas chances de sobrevivência. A habilidade de uma planta em desenvolver-se em solo alagado ou encharcado pode ser determinada pela eficiência com que essa ajusta seu comportamento morfofisiológico. A natureza

dessas respostas pode variar grandemente entre espécies, ou mesmo dentro da mesma espécie, de acordo com a capacidade de aclimação, que permite à planta intensificar a aquisição de recursos sob condições adversas (ARMSTRONG; BRÄNDLE; JACKSON, 1994).

As folhas de *Luziola peruviana* possuem bainha curta e carnosa, a qual é provida de aerênquimas, com a função de manter a flutuabilidade em condições de solo alagado (MOREIRA; BRAGANÇA, 2010). Lavouras orizícolas mal drenadas ou cultivadas no sistema pré-germinado são ambientes favoráveis ao desenvolvimento da espécie, onde esta compete com a cultura prejudicando seu desenvolvimento e produtividade (ANDRES; MACHADO, 2004), causando também efeitos indiretos por obstruírem canais de irrigação e drenagem (MACHADO, 1991). Dessa forma, proporcionar condições ambientais, como a redução da umidade do solo, que levem ao êxito da operação de controle é de suma importância para que as plantas de grama-boiadeira não causem prejuízos na produtividade do arroz.

A dose comercial de glyphosate recomendada para o controle da espécie é de 1400 g e.a. ha⁻¹, ao final do período de avaliação do presente estudo obteve-se com 1586 g e.a. ha⁻¹ o C₅₀ para as plantas que se encontravam em solo alagado. Dessa forma é possível observar que o controle da espécie varia de acordo com as condições ambientais. No entanto existe a necessidade de se realizarem estudos mais aprofundados a fim de verificar o comportamento da espécie e do herbicida em condições de elevada umidade do solo. Estudos que possam elucidar as possíveis modificações que as plantas apresentam nestas condições e/ou a redução da atividade do herbicida, para que o manejo adequado seja empregado no controle de *Luziola peruviana*.

Experimento 2 – Susceptibilidade das gramas-boiadeira (*Leersia hexandra* Sw. e *Luziola peruviana* Juss.) ao glyphosate em função do nível de umidade do solo.

Os dados obtidos atenderam as pressuposições da análise de variância, sendo que houve interação ($p \leq 0,05$) entre os fatores estudados para as variáveis controle (28 DAA) e massa da matéria seca da parte aérea das plantas. O controle aos 28 DAA de *Leersia hexandra* e *Luziola peruviana* pelo herbicida glyphosate nos níveis

de umidade, ajustou-se à equação de regressão sigmoidal do tipo logístico (Fig. 15), sendo que os valores do coeficiente de determinação (R^2) variaram de 0,98 a 0,99, demonstrando ajuste satisfatório do modelo aos dados (tab. 2). De acordo com os resultados obtidos, foi possível calcular os valores de C_{50} nos níveis de umidade do solo em estudo. O controle das espécies, tanto no regime de umidade do solo capacidade de campo, alagado e úmido seguiu o mesmo comportamento, onde a percentagem de controle foi crescente à medida que as doses do herbicida aumentaram (Fig. 15).

Com base na ausência de sobreposição dos intervalos de confiança (tab. 2), foi possível observar que houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) dos valores de C_{50} entre os níveis de umidade do solo, tanto na espécie *Leersia hexandra* como para *Luziola peruviana*. Para *Leersia hexandra* as plantas em condições de alagamento diferiram estatisticamente daquelas em condições de solo úmido e em capacidade de campo, sendo que as últimas não diferiram entre si. Foram necessários 2174 g e.a. ha^{-1} de glyphosate para proporcionar o C_{50} em solo alagado, sendo esta dose superior às observadas nos outros níveis de umidade do solo, onde 738 e 848 g e.a. ha^{-1} (solo úmido e em capacidade de campo, respectivamente) proporcionaram o mesmo nível de controle.

O controle das plantas de *Luziola peruviana* teve um comportamento semelhante ao observado em *Leersia hexandra*, onde as plantas em condições de solo alagado apresentaram maior dificuldade de controle. Ao final do período de avaliação do presente estudo, 8000 g e.a. ha^{-1} foram necessários para se proporcionar o C_{50} em solo alagado. Dessa forma, devido ao baixo nível de controle de *Luziola peruviana* em condições de solo alagado, não foi possível calcular o intervalo de confiança.

Com base na ausência de sobreposição dos intervalos de confiança foi possível observar que houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os níveis de umidade úmido e capacidade de campo para a espécie *Luziola peruviana* (tab. 2). Em condição de solo úmido, 1785 g e.a. ha^{-1} foram necessários para proporcionar o C_{50} , já para plantas em capacidade de campo, 803 g e.a. ha^{-1} proporcionaram o mesmo nível de controle.

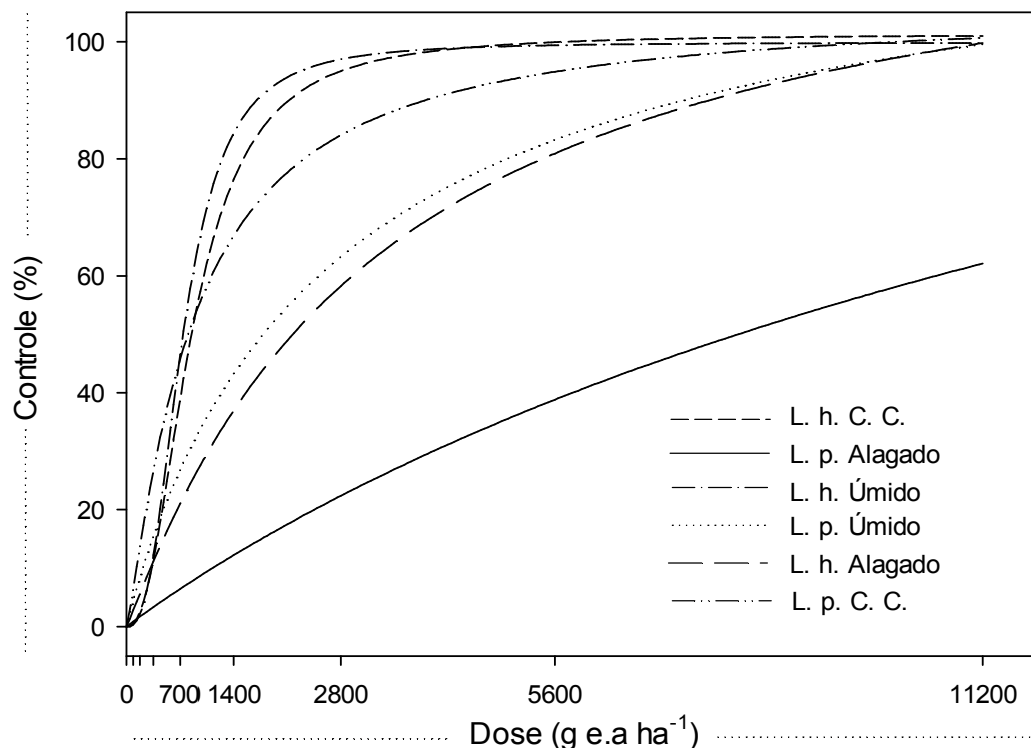


Figura 15 - Curvas de dose resposta para o controle das plantas de *Leersia hexandra* Sw. e *Luziola peruviana* Juss., submetidas a doses (zero; 175; 350; 700; 1400; 2800; 5600; 11200; 22400 g e.a. ha⁻¹ de glyphosate) e níveis de umidade do solo (úmido, capacidade de campo e alagado) aos 28 dias após a aplicação do herbicida. FAEM/UFPel, Capão do Leão, RS, 2012.

A variação entre os valores de C_{50} observados entre os níveis de umidade, tanto para a espécie *Leersia hexandra* como para *Luziola peruviana*, pode estar relacionado com a redução da atividade do herbicida em condições de alta umidade do solo. O controle de algumas espécies pelo glyphosate é variável (O'SULLIVAN; O'DONOVAN; WEISS, 1983; WICKS; FELTON; WELSBY, 1993). Esta variabilidade tem sido estudada através de experimentos de casa de vegetação, onde uma série de fatores ambientais tem sido identificados, incluindo a umidade do solo, como responsáveis pela redução da eficiência deste herbicida (ADKINS et al., 1998).

Por apresentar características hidrofílicas (MARTINI; PEDRINHO Jr; DURIGAN, 2003) a molécula do glyphosate, é altamente solúvel em água. Dessa forma, ao ser aplicado em solos com alto teor de umidade o efeito deste herbicida pode ser reduzido devido à solubilização do mesmo, o que pode impedir ou diminuir sua absorção (DORNBOS; PRUIM, 2012). Portanto, plantas daninhas situadas em

regiões com alta umidade do solo, como no caso as espécies de grama-boiadeira em condição de solo alagado no presente estudo, apresentam controle dificultado pelo glyphosate, uma vez que nestas condições elas são capazes de superar altas concentrações do herbicida (DORNBOS; PRUIM, 2012), possivelmente devido à solubilização deste.

Uma vez que pode ocorrer a solubilização do herbicida, elevar a concentração de ingrediente ativo não parece mostrar muito benefícios em solos úmidos (DORNBOS; PRUIM, 2012). Portanto, simplesmente aumentar as concentrações do herbicida não é uma boa estratégia para o controle das espécies de grama-boiadeira em solo com alta umidade. Por outro lado, em solos úmidos, mas em condições que não estejam causando estresse nas plantas, concentrações de glyphosate mais baixas podem ser utilizadas com maior eficiência no controle (DORNBOS; PRUIM, 2012). Neste estudo, foi observado que o regime de umidade em capacidade de campo, por oferecer uma boa condição de desenvolvimento das espécies de grama-boiadeira, sem causar estresses, proporcionou melhores resultados de controle dessas plantas.

Baseado na ausência de sobreposição dos intervalos de confiança foi possível observar que ocorreu diferença significativa do valor de C_{50} entre as espécies, quando comparado o mesmo regime de umidade do solo em cada uma destas (tab 2). Ou seja, o valor de C_{50} obtido no regime de umidade de solo úmido para *Leersia hexandra* difere estatisticamente do valor obtido para o mesmo regime de umidade em *Luziola peruviana*. Existindo dessa forma, diferença de susceptibilidade das espécies neste regime de umidade, onde a *Luziola peruviana* foi mais dificilmente controlada em comparação a *Leersia hexandra*.

Tabela 2 - Equações de regressão sigmoidal do tipo logístico, para o controle e massa da matéria seca de *Leersia hexandra* Sw. e *Luziola peruviana* Juss. avaliados aos 28 DAA¹ com respectivos valores do coeficiente de determinação (R²), valores de C₅₀ e GR₅₀ (g e.a. ha⁻¹) e intervalos de confiança (IC) em resposta a aplicação de diferentes doses de glyphosate (zero; 87,5; 175; 350; 700; 1400; 2800; 5600; 11200 g e.a. ha⁻¹) e níveis de umidade do solo. FAEM/UFPEL, Capão do Leão, RS, 2012.

Espécies/ Níveis de Umidade	Equação	R ²	C ₅₀ ²	
			g e.a. ha ⁻¹	IC ⁴
<i>Leersia hexandra</i> Sw.				
Úmido	y=99,88/[1+(x/736,96) ^{-2,64}]	0,99	738	688-789
Alagado	y=128,05/[1+(x/3330,40) ^{-1,04}]	0,98	2174	1197-3150
Capacidade de Campo	y=101,30/[1+(x/857,22) ^{-2,29}]	0,99	848	772-925
<i>Luziola peruviana</i> Juss.				
Úmido	y=126,37/[1+(x/2791,55) ^{-0,95}]	0,99	1785	1069-2500
Alagado	y=166,79/[1+(x/19197,3) ^{-0,96}]	0,99	8000	-
Capacidade de Campo	y=105,82/[1+(x/881,64) ^{-1,16}]	0,99	803	627-980
			GR ₅₀ ³	
			g e.a. ha ⁻¹	IC ⁴
<i>Leersia hexandra</i> Sw.				
Úmido	y=115,36/[1+(x/911,85) ^{1,63}]	0,97	1075	770-1379
Alagado	y=142,07/[1+(x/2114,3) ^{2,24}]	0,91	2773	1763-3783
Capacidade de Campo	y=112,29/[1+(x/1077,4) ^{2,88}]	0,92	1162	681-1643
<i>Luziola peruviana</i> Juss.				
Úmido	y=117,46/[1+(x/3022,8) ^{1,25}]	0,90	3830	1979-5680
Alagado	y=137,02/[1+(x/7965,1) ^{2,58}]	0,90	9870	-
Capacidade de Campo	y=101,1/[1+(x/555,03) ^{1,09}]	0,96	565	310-820

¹ DAA = Dias após a aplicação do herbicida.

² C₅₀ = dose necessária para obter 50% de controle.

³ GR₅₀ = dose necessária para reduzir em 50% a massa da matéria seca das plantas.

⁴ IC = Intervalo de confiança da média ao nível de 95% de probabilidade de erro dos parâmetros.

A susceptibilidade diferencial das espécies em relação ao controle em solo úmido pode estar relacionada ao fato de *Luziola peruviana* ter maior adaptação a condições de escassez de água em relação à *Leersia hexandra*. Plantas submetidas ao estresse hídrico, como no caso das espécies de grama-boiadeira em condições de solo úmido, podem ter um aumento na espessura e densidade da cutícula, o que consequentemente reduz a absorção e translocação dos herbicidas (MACHADO et al., 2000).

Em estudo realizado por Rahman e James (1991), os autores verificaram que quando a umidade do solo foi reduzida para 55% da capacidade de campo, houve diminuição na eficiência das nove sulfoniluréias utilizadas para o controle de *Sinapsis alba*. Os autores concluíram que é necessária umidade do solo adequada no momento da aplicação para se obter a máxima eficiência dos herbicidas. Resultados semelhantes foram obtidos por Zhang e Price (1993) para o glyphosate, dessa forma, o controle eficiente da espécie *Luziola peruviana* ocorre possivelmente quando as plantas encontram-se em condições ambientais ideais para o seu desenvolvimento.

Outro fator que deve ser observado diz respeito aos aspectos morfológicos das espécies de grama-boiadeira. Estas espécies se assemelham em diversas características morfológicas (KISSMANN; GROTH, 1997), no entanto, existem algumas características que podem diferenciá-las e, possivelmente, estarem relacionadas a susceptibilidade destas ao controle com o herbicida glyphosate nos diferentes níveis de umidade do solo. A diferenciação das espécies pode ser realizada através da observação das folhas, da lígula e do hábito de crescimento destas. *Luziola peruviana* possui folhas lisas, lígula mais alta que larga e seus estolões se desenvolvem prostrados no solo, já *Leersia hexandra* possui folhas pouco escabrosas, com aspereza em seus bordos, lígula curta e truncada e possui hábito crescimento ereto (KISSMANN; GROTH, 1997).

Estes aspectos morfológicos das plantas influenciam a quantidade de herbicida interceptado e retido pelas folhas. Entre os aspectos relacionados à morfologia da planta destacam-se a forma e a área do limbo foliar e também o ângulo ou a orientação das folhas em relação ao jato de pulverização (SILVA; FERREIRA; FERREIRA, 2002). Características anatômicas das folhas, como a presença e a quantidade de tricomas, estômatos e a espessura e composição da camada cuticular, que determinam a facilidade com que esses produtos serão

absorvidos (HESS; FALK, 1990; SILVA; FERREIRA; FERREIRA, 2002) também devem ser observadas. Santos et al. (2002), estudando caracteres anatômicos de duas espécies de trapoeira e a eficiência do glyphosate, relatam que as características anatômicas e morfológicas de *Commelina benghalensis* e *Commelina diffusa* podem estar envolvidas na diferença da susceptibilidade das espécies ao glyphosate.

Dessa forma faz-se necessário um estudo mais aprofundado da anatomia das espécies de grama-boidadeira, uma vez que as características da superfície e anatomia foliar podem afetar a eficácia da absorção do glyphosate em plantas daninhas, pela sua influência na adesão e absorção do herbicida na folha (HUANGFU; SONG; QIANG, 2009), o que pode proporcionar diferentes níveis de tolerância das espécies a este herbicida e possivelmente a outros.

Ainda em relação ao controle das plantas, foi possível observar que não ocorreu diferença significativa ($p \leq 0,05$) nos valores de C_{50} entre os níveis de umidade de solo úmido e capacidade de campo de *Leersia hexandra* com o regime de umidade de capacidade de campo de *Luziola peruviana*. No entanto, todos estes diferiram estatisticamente dos valores de C_{50} observados para os níveis de solo alagado de *Leersia hexandra* e úmido de *Luziola peruviana*, sendo que estes não diferiram entre si (tab. 2). Esse comportamento se deve provavelmente ao fato da espécie *Leersia hexandra* ser mais facilmente controlada em condição de solo úmido e em capacidade de campo. Contudo, o regime de solo alagado proporcionou o pior controle da espécie *Leersia hexandra* assemelhando-se ao controle de *Luziola peruviana* no regime de umidade de solo úmido.

A variável MS das plantas ajustou-se à equação de regressão sigmoidal do tipo logístico no período de avaliação (28 DAA), sendo que os valores do coeficiente de determinação (R^2) variaram de 0,90 a 0,97, demonstrando ajuste satisfatório ao modelo. A partir das equações foi possível calcular os valores de GR_{50} nos níveis de umidade e espécies em estudo.

Houve aumento na MS (Fig. 16) das plantas em doses subletais do herbicida, provavelmente devido ao efeito hormético causado por estas. Efeito hormético ocorre quando a substância considerada tóxica, em baixas doses, pode estimular o desempenho de organismos, ou como neste caso, estimular o desenvolvimento vegetal (CALABRESE; BALDWIN, 2002). O efeito hormético é observado em todos

os grupos de organismos como bactérias, fungos, plantas superiores e animais (CALABRESE, 2005).

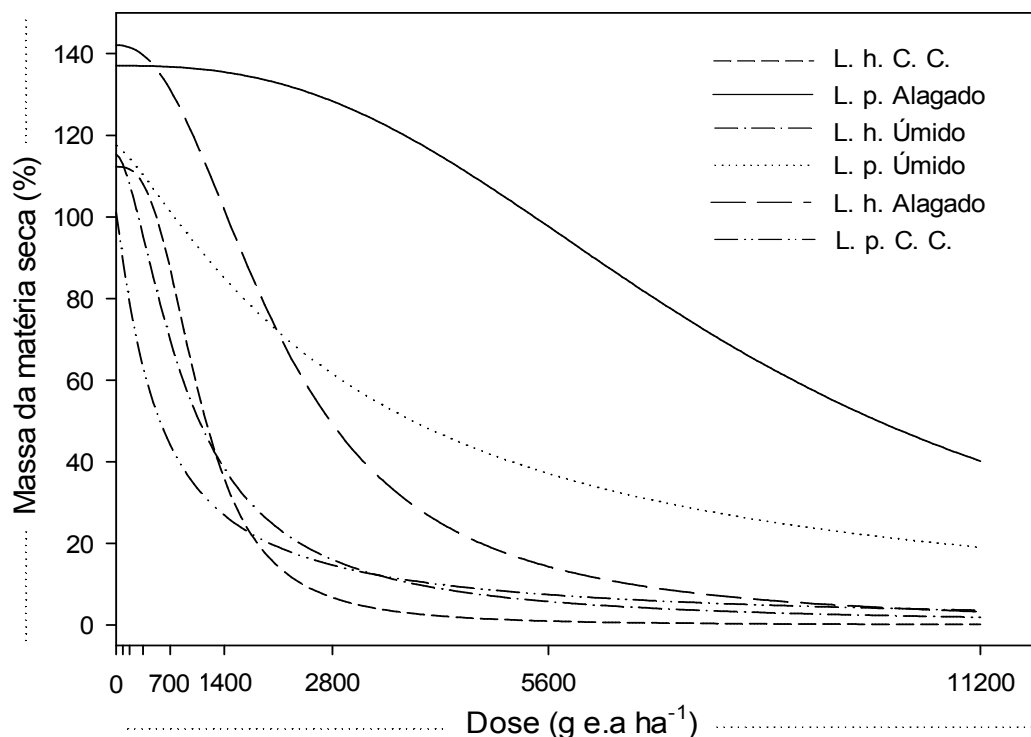


Figura 16 - Curvas de dose resposta para a massa da matéria seca da parte aérea das plantas de *Leersia hexandra* Sw. e *Luziola peruviana* Juss., submetidas a doses (zero; 175; 350; 700; 1400; 2800; 5600; 11200; 22400 g e.a. ha⁻¹ de glyphosate) e níveis de umidade do solo (úmido, capacidade de campo (C.C) e alagado) aos 28 dias após a aplicação do herbicida em relação a testemunha, considerada 100%. FAEM/UFPel, Capão do Leão, RS, 2012.

O incremento da MS em doses baixas de glyphosate se deve possivelmente ao fato de que este herbicida atua na enzima EPSPs que é codificada no núcleo e desempenha sua função no cloroplasto (STAUFFER et al., 2001), catalisando a ligação dos compostos chiquimato-3-fosfato e fosfoenolpiruvato produzindo o enolpiruvilchiquimato-3-fosfato e fosfato inorgânico (PETERSON et al., 1996). A inibição da EPSPs leva ao acúmulo de altos níveis de chiquimato nos vacúolos devido à perda de controle de realimentação e pelo fluxo desregulado de carbono na rota (VELINI et al., 2009). Estudos preliminares com o bloqueio parcial da enzima EPSPs através da aplicação de baixas doses de glyphosate em eucalipto indicaram que a redução da atividade da enzima a níveis que elevaram a concentração de ácido chiquímico (ou chiquimato) em 278 vezes, implicou em aumento de 69% na

taxa de crescimento de plantas jovens de eucalipto (MAUCH et al., 2001; RUUHOLA; JULKINEN-TITTO, 2003).

Baseado na ausência de sobreposição de intervalo de confiança houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) nos valores de GR_{50} (tab. 2) entre os níveis de umidade do solo, tanto na espécie *Leersia hexandra* como para *Luziola peruviana*. Na espécie *Leersia hexandra* todos os níveis de umidade do solo diferiram entre si. Em condição de alagamento foram necessários 2773 g e.a. ha^{-1} de glyphosate para proporcionar o GR_{50} , já para o solo úmido e em capacidade de campo, 1075 e 1162 g e.a. ha^{-1} , respectivamente, do herbicida proporcionaram a mesma redução da massa da matéria seca das plantas.

Para a espécie *Luziola peruviana* a condição de solo úmido diferiu estatisticamente do solo em capacidade de campo, onde foram necessários 3830 e 565 g e.a. ha^{-1} de glyphosate, respectivamente, para proporcionar o GR_{50} . Em relação a condição de alagamento nesta espécie, 9870 g e.a. ha^{-1} foram necessários para se proporcionar o GR_{50} . Os resultados obtidos para MS corroboram, com os observados no controle das espécies, onde a condição de alagamento proporcionou maiores dificuldades de controle para as plantas.

Baseado na ausência de sobreposição dos intervalos de confiança é possível observar que ocorreu diferença significativa do valor de GR_{50} entre as duas espécies, quando comparado o mesmo regime de umidade do solo em cada uma destas (tab. 2). O valor de GR_{50} obtido no solo úmido para *Leersia hexandra* diferiu estatisticamente do valor obtido para o mesmo regime de umidade em *Luziola peruviana*.

Ainda, em relação a MS, foi possível observar baseado na sobreposição dos intervalos de confiança, que não ocorreu diferença significativa ($p \leq 0,05$) nos valores de GR_{50} entre os níveis de umidade de solo úmido e capacidade de campo em *Leersia hexandra* e o regime de umidade de capacidade de campo em *Luziola peruviana*. No entanto, todos estes diferiram estatisticamente dos valores de GR_{50} observados para os níveis de solo alagado em *Leersia hexandra* e úmido em *Luziola peruviana*, sendo que estes não diferiram entre si (tab. 2). Estes dados apresentam o mesmo comportamento dos observados no controle das espécies, onde *Leersia hexandra* em solo alagado obteve resultados de controle semelhante à *Luziola peruviana* em solo úmido.

Para a variável rebrota das plantas (Fig. 17), foi possível observar que com o aumento das doses ocorreu decréscimo na rebrota das plantas, sendo que a espécie *Luziola peruviana* em comparação com *Leersia hexandra* apresenta maior taxa de rebrota. Estes dados corroboram com aqueles observados no controle das plantas, onde *Luziola peruviana* é dificilmente controlada, principalmente em condição de solo alagado, podendo assim rebrotar com mais facilidade.

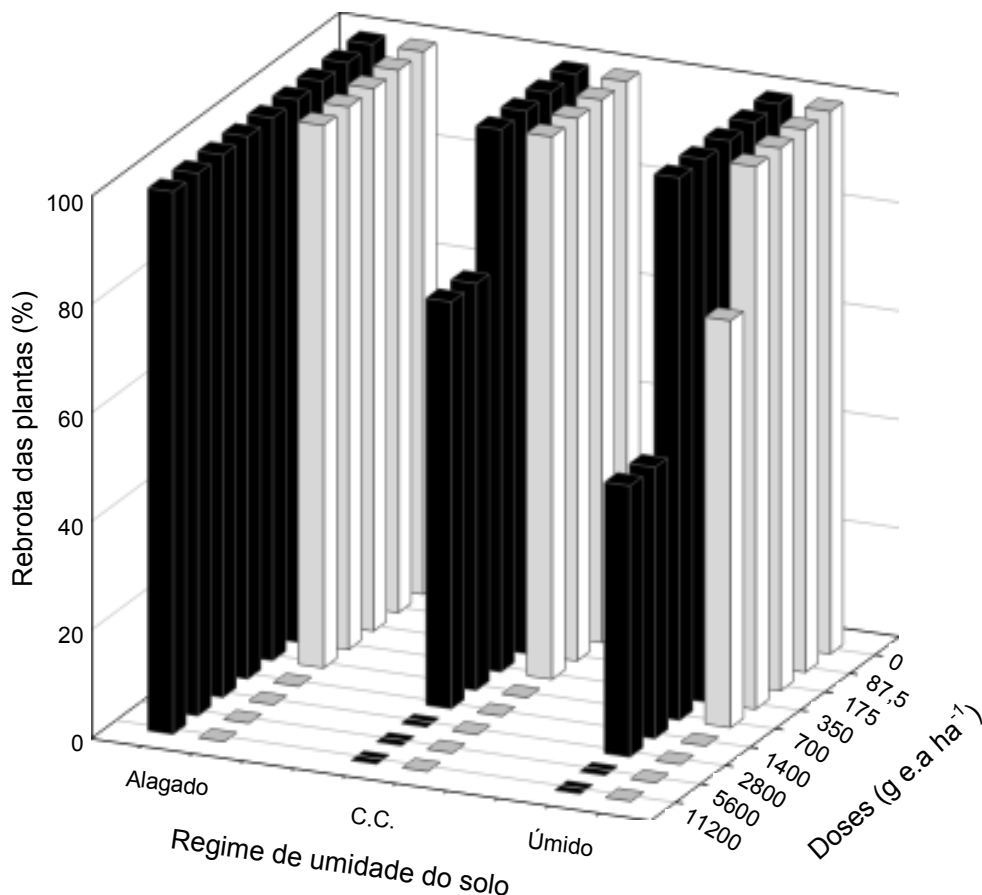


Figura 17 - Rebrota das plantas de *Leersia hexandra* Sw. (□) e *Luziola peruviana* Juss. (■) submetidas a doses e níveis de umidade do solo (úmido, capacidade de campo (C.C.) e alagado), avaliada 30 dias após a coleta da massa da matéria seca das plantas. FAEM/UFPEL, Capão do Leão, RS, 2012.

Doses de até 350 g e.a. ha⁻¹ proporcionam 100% de rebrota das plantas de *Leersia hexandra* e *Luziola peruviana*, em todos os níveis de umidade do solo estudados. Para as plantas de *Leersia hexandra* foi possível observar rebrota até a dose de 700 g e.a. ha⁻¹ nos níveis de umidade com o solo úmido e alagado, onde 75 e 100%,

respectivamente, das plantas rebrotaram. Já, para *Luziola peruviana* observou-se em condição de alagamento rebrota das plantas em até 100% na dose 11200 g e.a. ha⁻¹, dose esta que corresponde a oito vezes a dose comercial recomenda para o controle das espécies de grama-boiadeira.

A alta taxa de plantas que rebrotaram de *Luziola peruviana* em solo alagado, corrobora com os dados obtidos no controle desta espécie, onde a maior dose de herbicida utilizada no experimento (11200 g e.a. ha⁻¹) não proporcionou controle satisfatório das plantas. Dessa forma, era esperado que as plantas rebrotassem, pois possivelmente o herbicida não foi absorvido e translocado de maneira efetiva, a fim de alcançar o sistema radicular, fator determinante para se obter controle das espécies perenes, proporcionando assim a rebrota destas a partir da parte subterrânea.

Diante dos resultados observados em todas as variáveis, foi possível observar que existe diferença de susceptibilidade entre as espécies de grama-boiadeira ao herbicida glyphosate, e que as condições de umidade do solo influenciam diretamente na atividade do herbicida. Contudo, os mecanismos envolvidos na susceptibilidade das espécies e no comportamento do herbicida nas condições de umidade do solo não foram esclarecidos. Dessa forma, existe necessidade de realizar mais estudos para esclarecer estes fatores, que se constituem de informações fundamentais para que alternativas de manejo possam ser planejadas para o controle destas espécies.

3.4 Conclusões

Espécies de grama-boiadeira possuem sensibilidade diferencial ao herbicida glyphosate sendo que *Luziola peruviana* é mais tolerante do que *Leersia hexandra* independentemente do regime de umidade do solo.

As espécies de grama-boiadeira são menos sensíveis ao glyphosate, no geral, em condições de solo alagado seguido de capacidade de campo e úmido.

4 CONCLUSÕES

As espécies de gramas-boideira apresentam níveis diferenciais de susceptibilidade ao herbicida glyphosate.

Luziola peruviana apresenta menor susceptibilidade ao glyphosate em relação à *Leersia hexandra*.

A formulação de glyphosate Roundup Transorb[®], Roundup Ultra[®] e Roundup Transorb R[®] são mais eficientes no controle das espécies de grama-boideira.

O teor de umidade do solo influencia na susceptibilidade das espécies de grama-boideira ao herbicida glyphosate.

A dose comercial do herbicida glyphosate recomendada para as espécies de grama-boideira não proporciona controle eficiente de *Luziola peruviana* em condição de solo alagado.

5 REFERÊNCIAS

- ADKINS, S. W.; TANPIPAT, S.; SWARBRICK, J. T.; BOERSMA, M. Influence of environmental factors on glyphosate efficacy when applied to *Avena fatua* or *Urochloa panicoides*. **Weed Research**, v.38, n.4, p.129-138, 1998.
- AGOSTINETTO, D.; DAL MAGRO, T.; GALON, L.; MORAES, P. V. D.; TIRONI, S. P. Resposta de cultivares de soja transgênica e controle de plantas daninhas em função de épocas de aplicação e formulações de glyphosate. **Planta Daninha**, v.27, n.4, p.739-746, 2009.
- AGOSTINETTO, D.; FLECK, N. G.; RIZZARDI, M. A.; MEROTTO, A. Jr.; VIDAL, R. A. Arroz-vermelho: ecofisiologia e estratégias de controle. **Ciência Rural**, v.31, n.2, p.341-349, 2001.
- AGOSTINETTO, D.; GALON, L.; MORAES, P. V. D.; RIGOLI, R. P.; TIRONI, S. P.; PANOZZO, L. E. Competitividade relativa entre cultivares de arroz irrigado e biótipo de Capim-Arroz (*Echinochloa* spp.). **Planta daninha**, v.26, n.4, p.757-766, 2008.
- AMARAL, A.S.; SILVEIRA JUNIOR, P. Efeitos de herbicidas na emergência do arroz e controle de plantas daninhas. **Lavoura Arroeira**, v.32, n.313, p.35-37, 1979.
- AMIBILIA, E. P. Controle químico da grama-boiadeira na cultura do arroz irrigado. In: V CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2007, Pelotas, RS. **Anais do...** Pelotas, SOSBAI, 2007.
- ANDRES, A.; MACHADO, S. L. O. **Plantas daninhas em arroz irrigado**. In: GOMES, A. S.; MAGALHÃES Jr., A. M. (Eds.). Arroz irrigado no sul do Brasil. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004, 457-546p.
- ARMSTRONG, W.; BRÄNDLE, R.; JACKSON, M. B. Mechanisms of flood tolerance in plants. **Acta Botanica Neerlandica**, v.43, p.307-358, 1994.
- ATEH, C. A.; HARVEY, R. G. Annual weed control by glyphosate in glyphosate-resistant soybean (*Glycine max*). **Weed Technology**, v.13, n.1, p.394-398, 1999.
- BIANCHINI JR., I.; PACOBAHYBA, L. D.; CUNHA-SANTINO, M. B. 2002. Aerobic and anaerobic decomposition of *Montrichardia arborescens* (L.) Schott. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v.14, n.3, p.27-34, 2002.

BRIGHENTI, A. Controle sistêmico dá resultados. In: Revista Rural. São Paulo. Embrapa Soja. 2005. p.84. Disponível em: <http://w.revistarural.com.br/edicoes/2005/artigos/rev84_daninhas.htm> Acessado em: 2012.

BROMILOW, R. H.; CHAMBERLAIN, K.; EVANS, A. A. Physiochemical aspects of phloem translocation of herbicide. **Weed Science**, v.38, p.305-314, 1990.

CALABRESE, E. J. Paradigm lost, paradigm found: The reemergence of hormesis as a fundamental dose response model in the toxicological sciences. Geneva, **Environment Pollution**, v.138, n.3, p.378-411, 2005.

CALABRESE, E. J.; BALDWIN, L. A. Applications of hormesis in toxicology, risk assessment and chemotherapeutics. **Trends Pharmacology**, v.23, n.7, p.323-331, 2002.

CAMARGO, A. F. M.; PEZZATO, M. M.; HENRY-SILVA, G. G. **Fatores limitantes à produção primária de macrófitas aquáticas**. In: Thomaz, S. M. & Bini, L. M. Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas. Editora da Universidade Estadual de Maringá. 2003, 83p.

CASELEY, J. C.; COUPLAND, D. **Environmental and plant factors affecting glyphosate uptake, movement and activity**. In: GROSSBARD, E.; ATKINSON, D. (Eds.). The herbicide glyphosate. London:Marcel Dekker, 1985, 123p.

CELMER, A.; MADALOSSO, M. G.; DEBORTOLI, M. P.; NAVARINI, L.; BALARDIN, R. S. Controle químico de doenças foliares na cultura do arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.6, p.901-904, 2007.

CONCENÇO, G.; LOPES, N. F.; ANDRES, A.; MORAES, D. M.; SANTOS, M. Q.; RIEFFEL, J. A.; VILELLA, J. V. Controle de plantas daninhas em arroz irrigado em função de doses de herbicidas pré-emergentes e início da irrigação. **Planta Daninha**, v.24, n.2, p.303-309, 2006.

COSTA, N. V.; MARTINS, D.; RODELLA, R. A.; RODRIGUES-COSTA, A. C. P. Alterações anatômicas foliares em *Eichhornia crassipes* submetidas à aplicação de herbicidas. **Planta Daninha**, v.29, n.1, p.17-23, 2011.

COSTA, N. V.; MARTINS, D.; RODELLA, R. A.; RODRIGUES-COSTA, A. C. P. Alterações anatômicas foliares em plantas de *Brachiaria subquadrifida* submetidas à aplicação de herbicidas. **Planta Daninha**, v.30, n.2, p.253-261, 2012.

DE DATTA, S.K. **Produccion de arroz: fundamentos y prácticas**. México: Editorial Limusa, 1996, 543p.

DORNBOS, D. L. Jr.; PRUIM, R. Moist soils reduce the effectiveness of glyphosate on cut stumps of bruckthorn. **Natural Areas Journal**, v.32, n.3, p.240-246, 2012.

DUKE, S. O.; WAUCHOPE, R. D.; HOAGLAND, R. E.; WILLS G. D. Influence of glyphosate on uptake and translocation of calcium ion in soybean seedlings. **Weed Research**, v. 23, n.3, p.133-139, 1983.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil. 2004. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/producaosoja/controle.htm> > Acesso: junho de 2012.

ERASMO, E. A. L.; PINHEIRO, L. L. A.; COSTA, N. V. Levantamento fitossociológico das comunidades de plantas infestantes em áreas de produção de arroz irrigado cultivado sob diferentes sistemas de manejo. **Planta Daninha**, v.22, n.2, p.195-201, 2004.

FENG, P. C. C.; SAMMONS, T. C. R. D.; RYERSE, J. S. Droplet size affects glyphosate retention, absorption and translocation in corn. **Weed Science**, v.51, n.2, p.443-448, 2003.

FERRAZ, L.C.C.B.; PITELLI, R.A.; FURLAN, V. Nematoides associados as plantas daninhas na região de Jaboticabal-SP: Segundo relato. **Planta Daninha**, v.5, n.1, p.1-5, 1982.

FILHO, V. R. Fatores que influenciam a absorção foliar dos herbicidas. **Informativo Agropecuário**, v.11, p.31-37, 1985.

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

GALLI, A. J. B.; MONTEZUMA, M. C. **Glifosato: alguns aspectos da utilização do herbicida glifosato na agricultura**. ACADCOM Gráfica e Editora Ltda, 2005, 67p.

GALON, L.; AGOSTINETTO, D.; MORAES, P. V. D.; TIRONI, S. P; DAL MAGRO, T. Estimativa das perdas de produtividade de grãos em cultivares de arroz (*Oryza sativa*) pela interferência do capim-arroz (*Echinochloa* spp.). **Planta Daninha**, v.25, n.4, p.697-707, 2007.

GOMES, A. S.; MAGALHÃES, A. M. JR. **Arroz Irrigado no Sul do Brasil**. 1a Edição. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, DF, 2004. 889p.

HARTZLER, B. Which glyphosate product is best? 2001. Disponível em: <<http://www.weeds.iastate.edu/mgmt/2001/glyphosateformulations03.htm>> Acesso em 2012.

HATSCHBACH, M, FERNANDES, F. R.; MORAKAWA, R.; ELIASARO, S. Eficiência do herbicida Bispyribac em mistura com Clomazone no controle de *Echinochloa crusgalli* var. *crusgalli* e *Aeschynomene denticulata* com entrada de água em duas épocas. In: **Anais do...** III Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, XXV Reunião da Cultura de Arroz Irrigado. Instituto Rio Grandense de Arroz – IRGA, 2003.

HESS, F. D. **Wetting and penetration of plant surfaces**. In: BRIDGES, D. C. **The effect of adjuvantson uptake & Action of postemergence herbicides**. University of Georgia, 2000, 279p.

HESS, F. D.; FALK, R. H. Herbicide deposition on the leaf surface. **Weed Science**, v. 38, n.3, p.280-288, 1990.

HESS, F. D. **Herbicide effects on plant structure, physiology, struture, physiology, and biochemistry**. In: Altman, J. **Pesticide Interactions in Crop Production Beneficial and Deleterious Effects**. CRC Press, London. 1993, 579p.

HUANGFU, C.; SONG, X.; QIANG, S. Morphological disparities in the epidermal and anatomical features of the leaf among wild *Brassica juncea* populations. **Weed Biology and Management**, v.9, n.3, p.234-242, 2009.

IRGA: Instituto Rio Grandense de Arroz. Censo da lavoura orizícola 2005. Disponível em: <http://www.irga.rs.gov.br/Apresentacao_Censo_2005.pdf>. Acesso em: 2012.

IRGANG B. E.; PEDRALLI, G.; WAECHTER, J. L. Macrófitos aquáticos da estação Ecologia do Taim, Rio Grande do Sul, Brasil. **Rosseleria**, v. 6, n. 3, p. 395-404, 1984.

JAKELAITIS, A.; FERREIRA, L. R.; SILVA, A. A.; MIRANDA, G. V. Controle de *Digitaria horizontalis* pelos herbicidas glyphosate, sulfosate, e glifosate potássico submetidos a diferentes intervalos de chuva após a aplicação. **Planta Daninha**, v.19, n.2, p.279-285, 2001.

KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. Tomo I. São Paulo, Basf Brasileira, 2ª Ed., 1997. 625p.

KOGAN, M.; BAYER, D. E. Herbicide uptake as influenced by plant water status. **Pesticide Biochemistry Physiologic**, v. 56, n.1, p.174-182, 1996.

KRUSE, N. D.; TREZZI, M. M.; VIDAL, R. A. Herbicidas inibidores da EPSPS: Revisão de literatura. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.1, n.2, p.139-146, 2000.

LAERKE, P. E.; STREIBIG, J. C. Foliar absorption of some glyphosate formulations and their efficacy on plants. **Pesticide Science**, v.44, n.2, p.107-116, 1995.

LI, J.; SMEDA, S. J.; SELLERS, B. A.; JOHNSON, W. G. Influence of formulation and glyphosate salt on absorption and translocation in three annual weeds. **Weed Science**, v.53, n.2, p.153-159, 2005.

MACHADO, D.; SPADER, V.; LUSTOSA, S. B. C.; MAKUCH, E. I.; BALDISSERA, T. C. Eficiência de absorção de glyphosate na dessecação do azevém. **Anais do... XXVII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas**, 2010, 2976-2979p.

MACHADO, R. A.; COSTA, A. G. F.; ALVER, P. L. C. A.; KAWAGUCHI, I. T. Efeito do estresse hídrico sobre a eficiência de halosulfuron no controle de tiririca. **Planta Daninha**, v.18, n.2, p.265-275, 2000.

MACHADO, S.L.O. Controle de plantas invasoras. **Anais do...** In: Encontro sobre os principais problemas da lavoura de arroz, Santa Maria, 1991. UFSM, 1991,69-104p.

Margarete SPONCHIADO. **Efeito da macrófita aquática *Luziola peruviana* Juss. ex Gmel em açude e seu controle pela carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*).** 114 f. Tese de Doutorado. Programa de Pós Graduação em Ecologia – UFRGS, 2008.

MARTINI, G.; PEDRINHO JR, A.F.F.; DURIGAN, J.C. Eficácia do herbicida glyphosate-potássico submetido à chuva simulada após a aplicação. **Bragantia**, v.62, n.1, p.39-45, 2003.

MAUCH, F.; MAUCH-MANI, B.; GAILLE, C.; KULL, B.; HASS, D.; REIMMANN, C. Manipulation of salicylate content in *Arabidopsis thaliana* by the expression of an engineered bacterial salicylate synthase. **Plant Journal**, v.25, n.1, p.67-77, 2001.

MEROTTO JR., A.; FISCHER, A. J. **Absorção e translocação de herbicidas nas plantas daninhas.** In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. Manual de manejo e controle de plantas daninhas. 1. ed. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008, 89-106p.

MOLIN, W. T.; HIRASE, K. Effects of surfactants and simulated rainfall on the efficacy of the Engane formulation of glyphosate in johnsongrass, prickly sida and yellow nutsedge. **Weed Biology Management**, v.5, p.123-127, 2005.

MONSANTO IMAGINE. Produtos. Roundup Transorb®. 2009. Disponível em: <http://www.monsanto.com.br/produtos/herbicidas/roundup/rounduptransorb/roundup-transorb.asp>. Acesso em: 15 nov. 2012.

MOREIRA, H. J. C.; BRAGANÇA, H. B. N. **Manual de identificação de plantas daninhas infestantes:** Arroz. Campinas, SP, 2010.

Nádja de Moura PIRES. **Efeitos do glyphosate e do sulfosate após a simulação de chuva em plantas de *Bachiaria brizantha* submetidos ao estresse hídrico.** 1998. 100f. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, Tese de Dissertação, 1998.

NALEWAJA, J. D.; DEVILLIERS, B.; MATYSIAK, R. Surfactant and salt affect glyphosate retention and absorption. **Weed Research**, v. 36, n.1, p.241-247, 1996.

NOLDIN, J. A.; EBERHARDT, D. S.; SCHIOCCHET, M. A. **Manejo de plantas daninhas em arroz irrigado.** In: EPAGRI. Arroz irrigado: sistema pré-germinado. Florianópolis: Epagri, 2002. 173p.

O'SULLIVAN, P. A.; O'DONOVAN, J.T.; WEISS, G. M. Influence of stage of application of glyphosate and paraquat with and without Tween 20 on the control of annual grass species. **Canadian Journal of Plant Science**, v.63, n.5, p.1039-1046, 1983.

OZEKI, Y.; KUNZ, R. P. Tecnologia de aplicação aérea aspectos práticos. In: **Tecnologia e segurança na aplicação de agrotóxicos: novas tecnologias**, 2., 1998. Santa Maria. Departamento de Defesa Fitossanitária, Sociedade de Agronomia de Santa Maria, 1998. 78p.

PETERSON, M. L.; CORREY, S. D.; FONT, J. L.; WALKER, M. C.; SIKORSKI, J. A. New simplified inhibitors of EPSP synthase: The importance of ring size for recognition at the shikimate 3- phosphate site. **Bioorganic & Medical Chemistry Letters**. v.6, n.23, p.2853-58, 1996.

PICCOLO, A. Adsorption and desorption of glyphosate in some European soils. **Journal of Environmental and Science Health**, v.6, n.1, p.1105-1115, 1994.

PITELLI, R. A.; PITELLI, M. R. L. C. **Biologia e ecofisiologia das plantas daninhas**. In: VARGAS, L; ROMAN, E.S. (Ed.). Manual de manejo e controle de plantas daninhas. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. 321p.

PRATA, F.; LAVORENTTI, A. Retenção e mobilidade de defensivos agrícolas no solo In: SIMPÓSIO SOBRE DINÂMICA DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS NO SOLO, 2002, **Anais...**Piracicaba, 2002, 57-67p.

PRB- Population Reference Bureau (Escritório de Referência em População). **World Population Datasheet**. Washington, DC: PRB, 2011.

PROCÓPIO, S. O.; FERREIRA, E. A.; SILVA, E. A. M.; RUFINO, R. J. N.; SANTOS, J. B. Estudos anatômicos de folhas de plantas daninhas de grande ocorrência no Brasil. m. *Galinsoga parviflora*, *Crotalaria incana*, *Conyza bonariensis* e *Ipomoea cairica*. **Planta Daninha**, v.21, n.1, p.1-9, 2003.

PROCÓPIO, S. O.; SILVA, E. A. M.; SILVA, A. A.; FERREIRA, E. A. **Anatomia foliar de plantas daninhas do Brasil**. Viçosa: UFV. 2003, v.1, 118p.

RAHMAN, A.; JAMES, T. K. Influence of soil moisture on the post emergence activity of nine sulfonylurea herbicides. **Asian Pacific Weed Society Conference**, v.4, n.1, p. 331-337, 1991.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. Londrina: Edição dos autores, 2005. 592p.

RUUHOLA, T., JULKINEN-TITO, R. Tradeoff between synthesis of salicylates and growth of micropropagated *Salix pentandra*. **Journal of chemical Ecology**, v.29, n.7, p.1565-1588, 2003.

SANTOS, I. C.; MEIRA, R. M. S. A.; FERREIRA, F. A.; SANTOS, L. D. T.; MIRANDA, D. V. Caracteres anatômicos de duas espécies de trapoeraba e a eficiência do glyphosate. **Planta Daninha**, v.20, n.1, p.1-8, 2002.

SANTOS, J. B.; FERREIRA, E. A.; KASUYA, M. C. M.; SILVA, A. A.; PROCÓPIO, S. O. Tolerance of Bradyrhizobium strains to glyphosate formulations. **Crop Protection**, v.24, n.6, p.543-547, 2005.

SANTOS, J. B.; JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A.; COSTA, M. D.; MANABE, A.; SILVA, M. C. S. Action of two herbicides on the microbial activity of soil cultivated with common bean (*Phaseolus vulgaris*) in conventional-till and no-till systems. **Weed Research**, v.46, n.4, p.1-6, 2006.

SCHULTZ, M. E.; BURNSIDE, O. C. Absorption, translocation, and metabolism of 2,4-D and glyphosate in hemp dog-bane (*Apocynum cannabinum*). **Weed Science**, v.27, n.2, p.13-20, 1980.

SELLERS, B. A.; SMEDA, R. J.; JOHNSON, W. G. Diurnal fluctuations and leaf angle reduce glufosinate efficacy. **Weed Technology**, v.17, n.2, p.302-306, 2003.

SESHAVATHARAM, V. **Traditonal uses and problem of noxious growth**. In: GOPAL, B. (Ed.). Ecology and management of aquatic vegetation in the Indian subcontinent. Dordrecht: Kluwer Academic, 1990. 260p.

SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, F. R.. **Biologia e Controle de Plantas Daninhas**. Brasília, DF: ABEAS, 2002. 189p.

SILVA, A. A.; SILVA, J. F. ABEAS. Módulo 3. **Manejo de plantas daninhas**. Viçosa-MG: ABEAS, 2000. 260p.

SILVA, C. C. A.; CORDEIRO, D. M.; LAUMANN, R. MORAES, M. C. B.; BARRIGOSI, J. A.; BORGES, M. **Ciclo de vida e metodologia de criação de Tibraca limbativentris Stal, 1860 (Heteroptera: Pentatomidae) para estudos de ecologia química**. Brasília, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2004. 16p.

SOCIEDADE SUL BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO - SOSBAI. Arroz Irrigado: Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil In: XXIX Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado. 28. Gravatal, 2012. **Anais do...** Gravatal, 2012. 188p.

STAUFFER, M. E.; YOUNG, J. K.; HELMS, G. L.; EVANS, J. N. S. Chemical shift mapping of shikimate-3-phosphate binding to the isolated N-terminal domain of 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase. **Federation of European Biochemical Societies**, v.499, n.2, p.182-86, 2001.

STOCK, D.; HOLLOWAY, P. J. Possible mechanism for surfactant – induced foliar uptake of agrochemicals. **Pesticide Science**, v.38, n.1, p.165-177, 1993.

TILMAN, D. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 2011.

TIRONI, S.P.; GALON, L.; CONCENÇO, G.; FERREIRA, E. A.; SILVA, A. F.; ASPIAZÚ, I.; FERREIRA, F. A.; SILVA, A. A.; NOLDIN, J. A. Habilidade competitiva de plantas de arroz com biótipos de capim-arroz resistente ou suscetível ao quinclorac. **Planta daninha**, v.27, n.2, p.257-263, 2009.

VARGAS, L.; RIZZARDI, M.; BIANCHI, M. A. Manejo e controle de espécies tolerantes ou resistentes ao glifosato. **Revista Plantio Direto**, Ed.98, 2007.

VELINI, E.D. et al. **Modo de ação do glyphosate**. In: VELINI, E.D. et al. Glyphosate. Botucatu: FEPAF, 2009, 113-134p.

VIDAL, R. A. **Ação dos herbicidas**. 1. ed. Porto Alegre, 2002. 89p.

VIDAL, R. A.; MEROTTO JUNIOR, A. **Herbicidologia**. 1. ed. Porto Alegre: Evangraf, 2001. 152p.

WERLANG, R. C.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R.; MIRANDA, G. V. Efeitos da chuva na eficiência de formulações e doses de glyphosate no controle de *Brachiaria decumbens*. **Planta Daninha**, v.21, n.1, p.121-130, 2003.

WICKS, G. A.; FELTON, W. L.; WELSBY, S. M. Effect of rainfall on glyphosate performance on stressed grass weeds following wheat harvest. **Planta Protection Quarterly**, v.2, n.1, p.2-6, 1993.

WOLFE, N. L.; MINGELGRIN, U.; MILLER, G. C. Abiotic transformations in water, sediments, and soil. In: CHENG, H.H.. ed. Pesticides in the soil environment: Processes, impacts, and modeling. 2 ed. Madison. **Soil Science Society of America**, p.103-168, 1990.

ZAGONEL, J.; MAROCHI, A. I. Eficiência e seletividade do glifosato em soja Roundup Ready® em diferentes épocas no controle de plantas daninhas. **Anais do...Congresso brasileiro da ciência das plantas daninhas**, 22. Foz do Iguaçu, PR. Resumos. Londrina, PR: SBCPD, 2000. 180p.

ZHANG, C. X.; PRICE, C. E. Effects os salinity and soil moisture stresses on the uptake, translocation & biological activity of glyphoste in *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. **Brighton Crop Protection Conference**, v.2, p.641-642, 1993.

VITA

Ananda Scherner é filha de Gilmar Scherner e Gislaine Medianeira Schopf Scherner, nasceu em 9 de dezembro de 1987, no município de Santa Helena, Paraná. No ano de 2006 ingressou no curso de Agronomia pela Universidade Federal de Santa Maria, onde recebeu o título de Engenheiro Agrônomo em 2011. Em 2011, iniciou o curso de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, em Pelotas/RS.