

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**CAPIM-AMARGOSO NO RIO GRANDE DO SUL: RESISTÊNCIA,
CRESCIMENTO E CONTROLE**

Serleni Geni Sossmeier

Passo Fundo

2020

Serleni Geni Sossmeier

CAPIM-AMARGOSO NO RIO GRANDE DO SUL: RESISTÊNCIA,
CRESCIMENTO E CONTROLE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo, como requisito parcial para obtenção de título de Mestre em Agronomia.

Orientador:

Mauro Antônio Rizzardi

Passo Fundo

2020

CIP – Catalogação na Publicação

S715c Sossmeier, Serleni Geni

Capim-amargoso no Rio Grande do Sul [recurso eletrônico] : resistência, crescimento e controle / Serleni Geni Sossmeier. – 2020.

2.8 MB ; PDF.

Orientador: Prof. Dr. Mauro Antônio Rizzardi.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, 2020.

1. Ervas daninhas - Controle. 2. Plantas - Efeito dos herbicidas. 3. Capim-amargoso. 4. Glifosato - Efeito fisiológico. I. Rizzardi, Mauro Antônio, orientador.
II. Título.

CDU: 632.51

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO



A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação.

“Capim-amargoso no Rio Grande do Sul: resistência, crescimento e controle”

Elaborada por

Serleni Geni Sossmeier

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestra em
Agronomia – Produção e Proteção de Plantas

Aprovada em: 03/06/2020
Pela Comissão Examinadora



Dr. Mauro Antônio Rizzardi
Presidente da Comissão Examinadora
Orientador



Dr. Walter Boller
Examinador – Pesquisador independente



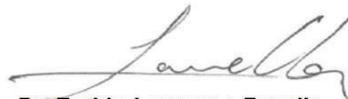
Dr. Mário Antonio Bianchi
Examinador – CCGL



Dr. Edson Campanhola Bortoluzzi
Coord. Prog. Pós-Graduação em Agronomia



Dr. Anderson Luis Nunes
Examinador - IFRS



Dr. Eraldo Lourenso Zanella
Diretor FAMV

DEDICATÓRIA

À Deus,

Aos meus pais Nei Abilio e Semilda Sossmeier,

Ao meu namorado Lucas de Abreu,

À minha irmã Serlei Stacke,

À minha sobrinha Brenda Stacke.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela proteção e apoio nos momentos difíceis, superação das dificuldades, forças para lutar pelos meus sonhos e alegria pelas minhas conquistas.

Aos meus pais, Nei e Semilda Sossmeier por terem me concebido e ensinado valores como honestidade, respeito, disciplina e perseverança. Obrigada pelo amor e carinho em todos os momentos que precisei.

Ao namorado Lucas, por ter sido companheiro e incentivador nessa caminhada, obrigado pelo amor e compreensão.

À minha irmã, Serlei Stacke por todo apoio e carinho.

À UPF e a Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária pela estrutura necessária a elaboração e condução dos trabalhos.

À CAPES, pela concessão da bolsa do curso de mestrado.

Ao orientador, prof. Dr. Mauro Antônio Rizzardi por todo o apoio, amizade e conhecimento transmitido, obrigada.

Ao prof. Dr. Anderson Luis Nunes pelo apoio, amizade e conhecimento transmitido.

Às mestrandas Debora Munaretto, Francine Falcão e Patrícia Nogueira, e à doutoranda Kassiana Kehl pela amizade, pelo auxílio e por tornarem meus dias mais alegres.

Enfim, a todos meus amigos e colegas que de uma forma ou de outra, sempre estiveram auxiliando para que eu chegasse até aqui.

Muito obrigada!

“Nas grandes batalhas da vida, o primeiro passo para a vitória é o desejo de vencer.”
Mahatma Gandhi

RESUMO

SOSSMEIER, Serleni Geni. Capim-amargoso no Rio Grande do Sul: resistência, crescimento e controle. [93] f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2020.

As plantas daninhas competem com a cultura por luz, água e nutrientes, por isso causam impacto negativo no rendimento da lavoura. Com o advento das culturas transgênicas, os herbicidas tornaram-se a principal ferramenta para o controle das plantas daninhas. Todavia, o uso indiscriminado do mesmo mecanismo de ação, aliado ao uso incorreto das tecnologias, aceleraram o aparecimento de várias plantas daninhas resistentes, o que gerou um grave problema em áreas de produção agrícola. Entre as plantas daninhas resistentes, encontra-se o capim-amargoso (*Digitaria insularis* (L.) Fedde), uma planta perene de difícil controle e de rápida disseminação. Este estudo foi desenvolvido com os objetivos de verificar a presença de biótipos de capim-amargoso resistentes ao glifosato no Rio Grande do Sul; determinar se há diferenças no desenvolvimento de biótipos oriundos do Mato Grosso (MT), Paraná (PR) e Rio Grande do Sul (RS); e buscar alternativas de controle em pré e pós-emergência para esta planta daninha. Os experimentos foram desenvolvidos em casa de vegetação no Centro de Extensão e Pesquisa Agropecuária (CEPAGRO) da FAMV-UPF e a campo em Paraíso do Sul (RS). No experimento de curva de dose-resposta foram empregados 10 tratamentos, sendo eles 0; 480; 960; 1.920; 3.840; 7.680; 15.360; 30.720; 61.440; 122.880 g ea/ha de glifosato, em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Através dos resultados, observa-se que os biótipos R1, R2, R3, R4, e R5, provenientes de Passo Fundo, Cruz Alta e Paraíso do Sul - RS são resistentes ao glifosato, apresentando alto fator de resistência e DL_{50} . Na análise de crescimento dos biótipos MT, PR e RS foi possível observar que o capim-amargoso apresenta maior incremento de matéria seca de parte aérea e raízes quando emerge em novembro. Quando os biótipos emergem em agosto os estádios de desenvolvimento tem seu início antecipado. Além disso, o biótipo do RS apresenta plantas mais vigorosas no ciclo com emergência em novembro em comparação com os demais biótipos testados. Enquanto que o biótipo do Mato Grosso apresenta desenvolvimento semelhante nos dois ciclos, sendo mais adaptado as alterações climáticas. A partir do estudo de alternativas de controle para *D. insularis* é possível inferir que os herbicidas S-metolachloro, imazapic+imazapyr, clomazone e imazathapyr+flumioxazin podem ser empregados para o controle eficiente desta invasora em pré-emergência, sem causar injúrias a cultura da soja. Já para a aplicação em pós-emergência os herbicidas clethodim e haloxifop-metilico apresentam eficiência de controle no estágio de 3 a 4 folhas, sendo este o melhor período para o controle de capim-amargoso. Enquanto que aos 40 dias após a semeadura apenas o herbicida haloxifop-metilico é eficiente no controle de capim-amargoso. Todavia, em plantas perenizadas é necessário realizar aplicações sequenciais e misturas de herbicidas, não sendo eficiente a aplicação isolada dos ingredientes ativos testados.

Palavras-chave: 1. *Digitaria insularis*. 2. Análise de crescimento. 3. Curva de dose-resposta. 4. Herbicidas pré-emergentes. 5. Herbicidas pós-emergentes.

ABSTRACT

SOSSMEIER, Serleni Geni. Sourgrass in Rio Grande do Sul: resistance, growth and control. [93] f. Dissertation (Master in Agronomy) – University of Passo Fundo, Passo Fundo, 2020.

Weeds compete with the crop for light, water and nutrients, so they have a negative impact on crop yield. With the advent of transgenic crops, herbicides have become the main tool for weed control. However, the indiscriminate use of the same mechanism of action, combined with the incorrect use of technologies, accelerated the appearance of several resistant weeds, which created a serious problem in areas of agricultural production. Among the resistant weeds, there is the sourgrass (*Digitaria insularis* (L.) Fedde), a perennial plant that is difficult to control and quickly disseminated. This study was developed with the objectives of verifying the presence of glyphosate-resistant biotypes in Rio Grande do Sul; determine whether there are differences in the development of *D. insularis* biotypes from Mato Grosso (MT), Paraná (PR) and Rio Grande do Sul (RS); and seek alternatives for pre- and post-emergence control for this weed. The experiments were carried out in a greenhouse at the FAMV-UPF Extension and Agricultural Research Center (CEPAGRO) and in the field in Paraíso do Sul (RS). In the dose-response curve experiment, 10 treatments were used, being 0; 480; 960; 1,920; 3,840; 7,680; 15,360; 30,720; 61,440; 122,880 g ae/ha of glyphosate, in a completely randomized design with 4 replications. Through the results, it is observed that the biotypes R1, R2, R3, R4, and R5 are resistant to glyphosate, presenting a high resistance factor and LD₅₀. In the growth analysis of the MT, PR and RS biotypes it was possible to observe that the sourgrass shows a greater increase in dry matter of shoots and roots in the summer/autumn period. However, in the spring/summer period, the development stages have an early start. In addition, the RS biotype presents more vigorous plants in the summer/autumn compared to the other tested biotypes. While the biotype of Mato Grosso shows similar development in summer/autumn and spring/summer, being more adapted to climate change. From the study of control alternatives for *D. insularis*, it is possible to infer that the herbicides S-metolachloro, imazapic + imazapyr, clomazone and imazethapyr + flumioxazin can be used for the efficient control of this invader in pre-emergence, without causing damage to the culture of soy. For the post-emergence application, the herbicides clethodim and haloxifop-methyl present efficiency of control in the stage of 3 to 4 leaves, being this the best period for the control of sourgrass. However, in perennialized plants it is necessary to carry out sequential applications and mixtures of herbicides, and the isolated application of the tested assets is not feasible.

Key words: 1. *Digitaria insularis*. 2. Growth analysis. 3. Dose-response curve. 4. Pre emergent herbicides. 5. Post emergent herbicides.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REVISÃO DA LITERATURA	14
2.1	<i>Capim-amargoso</i>	14
2.2	<i>Glifosato</i>	17
2.3	<i>Resistência de plantas daninhas a herbicidas</i>	19
2.4	<i>Aspectos metodológicos no estudo de capim-amargoso</i>	24
3	CAPÍTULO I RESISTÊNCIA DE CAPIM-AMARGOSO AO HERBICIDA GLIFOSATO	26
3.1	<i>Resumo</i>	26
3.2	<i>Introdução</i>	26
3.3	<i>Material e Métodos</i>	28
3.4	<i>Resultados e Discussão</i>	31
3.5	<i>Conclusões</i>	37
4	CAPÍTULO II ANÁLISE DE CRESCIMENTO DE BIÓTIPOS DE CAPIM-AMARGOSO	38
4.1	<i>Resumo</i>	38
4.2	<i>Introdução</i>	38
4.3	<i>Material e Métodos</i>	40
4.4	<i>Resultados e Discussão</i>	43
4.5	<i>Conclusões</i>	54
5	CAPÍTULO III ALTERNATIVAS DE CONTROLE DE CAPIM-AMARGOSO EM PRÉ E PÓS-EMERGÊNCIA	55
5.1	<i>Resumo</i>	55
5.2	<i>Introdução</i>	56
5.3	<i>Material e Métodos</i>	57
5.3.1	<i>Herbicidas pré-emergentes como alternativa de controle para capim-amargoso</i>	58
5.3.2	<i>Herbicidas pós-emergentes e estágio de aplicação para o controle de capim-amargoso</i>	60
5.4	<i>Resultados e Discussão</i>	62
5.4.1	<i>Herbicidas pré-emergentes como alternativa de controle para capim-amargoso</i>	62
5.4.2	<i>Herbicidas pós-emergentes e estágio de aplicação para o controle de capim-amargoso</i>	69
5.5	<i>Conclusões</i>	73
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	75

7 CONCLUSÃO GERAL	76
REFERÊNCIAS	77

1 INTRODUÇÃO

As plantas daninhas competem com as culturas por luz, água e nutrientes, por isso causam impacto negativo no rendimento das lavouras. Com o advento das culturas transgênicas, os herbicidas tornaram-se a principal ferramenta para o controle das plantas daninhas. Todavia, o uso indiscriminado do mesmo mecanismo de ação, aliado ao uso incorreto das tecnologias, aceleraram o aparecimento de várias plantas daninhas resistentes, o que gerou um grave problema em áreas de produção agrícola. Entre as plantas daninhas resistentes, encontra-se o capim-amargoso (*Digitaria insularis* (L.) Fedde), uma planta perene de difícil controle e de rápida disseminação. Esta planta reduz 44% no rendimento da soja e 32% no milho. Além disso, aumenta o custo de produção devido às aplicações sequenciais de herbicidas na tentativa de controlar esta planta daninha. O capim-amargoso está amplamente disseminado pelas áreas agrícolas do Brasil e afeta culturas anuais e perenes. Todavia, não há relatos de resistência de *D. insularis* ao glifosato no Rio Grande do Sul. A confirmação da presença de biótipos resistentes se faz necessária para que haja o manejo correto desta planta daninha, a fim de evitar a disseminação da resistência.

No controle químico, as folhas das plantas daninhas são a principal via de entrada do herbicida na planta, sendo que a absorção é diretamente relacionada com a eficácia de controle da mesma. Sabe-se que taxas de absorção foliar dependem, em grande parte, do tipo de estruturas encontradas nas folhas e da permeabilidade das cutículas, as quais são diretamente influenciadas pela idade das plantas. Assim, é importante verificar a eficiência de herbicidas nos diferentes estádios de desenvolvimento do capim-amargoso.

Contudo, o grau de competição entre plantas daninhas e a cultura de interesse pode ser alterado em função do período em que a mesma aparece competindo por determinado recurso. Desta maneira, é necessário realizar o manejo de plantas daninhas antes da implantação da cultura, para que esta se estabeleça no limpo. Os herbicidas pré-emergentes agem na germinação das plantas daninhas sem afetar a cultura. Através do

seu efeito residual, atrasam a emergência das plantas daninhas, reduzindo a competição inicial e favorecendo o estabelecimento da cultura. Diante disso, os herbicidas com ação em pré-emergência podem ser uma alternativa para o controle de capim-amargoso.

A alternativa para evitar o impacto causado pelos herbicidas, consiste na utilização do manejo integrado de plantas daninhas (MIPD), esta prática baseia-se na integração dos métodos de controle, diminuindo a pressão de seleção causada pelos herbicidas. Desta forma, o estudo bioecológico das plantas daninhas apresenta importância, pois o conhecimento do comportamento dessas plantas fornece subsídios para traçar estratégias de manejo. Além do mais, por meio da análise de crescimento, pode-se conhecer adaptações ecológicas das plantas a novos ambientes, a competição intraespecífica, os efeitos dos sistemas de manejo e a capacidade produtiva de diferentes biótipos.

Diante do exposto, o presente estudo tem por objetivos a) verificar a eficiência de controle do glifosato em biótipos de capim-amargoso provenientes do Rio Grande do Sul; b) detalhar as diferenças de comportamento de biótipos de capim-amargoso oriundos do Rio Grande do Sul, Paraná e Mato Grosso; c) identificar alternativas de controle em pré-emergência do capim-amargoso; d) constatar a eficiência de controle por herbicidas pós-emergentes em diferentes estádios de desenvolvimento de capim-amargoso.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Os cultivos agrícolas estão sujeitos a fatores ambientais bióticos e abióticos, que direta ou indiretamente afetam a produtividade e o sistema de produção empregado. Um dos fatores bióticos com maior impacto no rendimento são as plantas daninhas. Estas plantas competem diretamente com a cultura por luz, água e nutrientes. Ao mesmo tempo, causam danos indiretos, dificultando os tratamentos culturais e servindo de hospedeiras de pragas e doenças. Na agricultura moderna, os herbicidas são a principal ferramenta para o controle de plantas daninhas. Contudo, a utilização indiscriminada do mesmo mecanismo de ação, causou o aparecimento rápido de várias plantas daninhas resistentes a herbicidas. Os casos mais importantes de resistência são ao glifosato. O mecanismo de ação deste herbicida inibe a enzima 5-enolpiruvilshiquimato-3-fosfato (EPSPS), que é responsável pela síntese de aminoácidos aromáticos essenciais. Entre as espécies com resistência ao glifosato no Brasil, o capim-amargoso (*Digitaria insularis* (L.) Fedde) tem sido o principal problema, devido a sua capacidade de sobreviver e se multiplicar (DAVIS; FRISVOLD, 2017; DUKE, 2017; LIEBMAN; MOLHER; STAVELAND, 2001; LÓPEZ-OVEJERO et al., 2014; MACHADO et al., 2006; OERKE, 2006; PIMENTEL et al., 2001; POWLES; YU, 2010).

2.1 Capim-amargoso

O gênero *Digitaria* envolve mais de 300 espécies distribuídas em todas as regiões do mundo. No Brasil, foram relatadas 26 espécies nativas e 12 exóticas, entre as quais está a *Digitaria insularis* (L.) Fedde, conhecida popularmente como capim-amargoso (CANTO-DOROW; LONGHI-WAGNER, 2001; GEMELLI et al., 2012).

O capim-amargoso é uma planta perene pertencente à família Poaceae. É considerado nativo das regiões tropicais e subtropicais da América, onde pode ser encontrado em cafezais, pomares, pastagens, beiras de estrada e terrenos baldios. No Brasil, esta espécie é uma das principais plantas daninhas e está amplamente disseminada. É uma planta agressiva, que interfere fortemente na produção de espécies de interesse econômico, como a soja, na qual infestações de 4 a 8 plantas/m² reduzem o rendimento da

cultura em 44%, e o milho, onde a presença de 10 plantas/m² diminui a produtividade em 32% (BRANDÃO et al., 1995; BRIGHENTI et al., 2003; CARVALHO; PITELLI, 1992; GAZZIERO et al., 2012; GEMELLI et al., 2013; KUVA et al., 2008; MACHADO et al., 2008; OLIVEIRA; FREITAS, 2008; PEREIRA; VELINI, 2003).

Esta planta possui metabolismo C₄, cujo aproveitamento da radiação solar e resposta fotossintética são maiores em condições ambientais de alta irradiância e temperatura elevadas, tendo maior crescimento e desenvolvimento entre a primavera e o outono. Quando o capim-amargoso germina na primavera, com foto período crescente, floresce com 80 a 100 dias após a emergência (DAE) e apresenta maior acúmulo de matéria seca. Quando germina no final do verão, em condição de foto período decrescente, floresce entre 63 e 70 DAE e apresentam menor acúmulo de massa seca. No entanto, a espécie floresce o ano todo e de modo mais intenso no início da primavera (CARVALHO; NICOLAI, 2016; KISSMANN; GROTH, 1997; LORENZI, 2008; MACHADO et al., 2006; TAIZ; ZEIGER, 2006).

É uma espécie herbácea e ereta, que pode medir de 0,5 a 1,5 m de altura. Os colmos são cilíndricos, apresentam entrenós longos pouco ramificados com até 1,0 cm de espessura na base. As folhas apresentam bainha longa e pilosa, com lígula membranácea. As lâminas foliares são lineares e acuminadas. As panículas são grandes com longas hastes. A propagação pode ser via sementes, as quais são revestidas de muitos pelos, que ajudam na dispersão a longas distâncias, apresentam baixo nível de dormência e grande percentual de germinação. Outra forma de propagação é através dos rizomas, a partir dos quais são formadas densas touceiras. Uma touceira de *D. insularis* pode produzir entorno de 41 perfilhos, na qual ocorrem vários fluxos de florescimento, sendo que, cada fluxo pode produzir, em média, entre 6,5 a 65 mil sementes por planta (CARVALHO et al., 2011; FERREIRA, 2016; FRAGA et al., 2016; FRATINE; MESCHEDE, 2016; GEMELLI, et al., 2012; KISSMANN; GROTH, 1997; LORENZI, 2008).

As sementes do capim-amargoso são pequenas. Desta forma, a emergência das plântulas depende da profundidade, da temperatura e da umidade. Na profundidade de até 3,0 cm no solo as sementes apresentam 80% de germinação, já quando estão dispostas a

4,0 cm, é reduzida para 10%. Todavia, estas sementes só são inviáveis quando estão dispostas a pelo menos 5,0 cm de profundidade no solo por mais de 180 dias. Quanto a luz e temperatura existem algumas divergências entre os resultados encontrados. Quando em temperaturas constantes, entre 20 a 30°C, a germinação depende da presença de luz, e em temperaturas alternadas, entre 15 e 35°C independe da luz, apresentando índices próximos a 90% em 10 dias. Além disso, as sementes de *D. insularis* dependem da presença de luz para germinar, sendo que a condição considerada mais favorável é a combinação de luz com a temperatura de 35°C. Contudo, já foram observadas germinação e emergência ocorrendo durante os meses de inverno (maio a julho) com temperaturas médias de 19°C. Quanto à disponibilidade de água, biótipos resistentes de capim-amargoso tem capacidade de germinar com menor quantidade de água, até -0,8 MPa, enquanto que biótipos suscetíveis germinaram até -0,4 MPa (FERREIRA et al., 2018; GOMES JR.; CHRISTOFFOLETI, 2008; MARTINS; BARROSO; ALVES, 2017; MENDONÇA et al., 2014; MONDO et al., 2010; PYON; WHITNEY; NISHIMOTO, 1977; REINERT; PRADO; CHRISTOFFOLETI, 2013).

Em geral, o capim-amargoso apresenta crescimento inicial lento, até 45 DAE, principalmente em locais sombreados ou que estejam com temperaturas mais baixas, permitindo que a planta seja suprimida pelo desenvolvimento mais rápido de outras espécies de daninhas ou pela cultura instalada. A partir dos 45 DAE, o capim-amargoso forma rizomas, densas touceiras e tem crescimento acelerado até 105 DAE, quando o desenvolvimento começa a reduzir devido a senescência (MACHADO et al., 2006).

O controle desta planta daninha deve ser realizado até 35 dias após a emergência, ou seja, em plantas jovens. Neste período é possível atingir de 90 a 100% de controle. Em plantas adultas, após a formação dos rizomas e de touceiras, é necessário doses mais altas do herbicida e/ou aplicações sequenciais. As doses mais altas aceleram o processo de seleção de biótipos resistentes de capim-amargoso (BARROSO et al., 2014; CORREIA; LEITE; GARCIA, 2010; MELO et al., 2017).

2.2 Glifosato

O herbicida glifosato possui ação em pós-emergência, pertence ao grupo das glicinas substituídas, com amplo espectro de controle e ação sistêmica. É translocado preferencialmente via floema, sendo posteriormente acumulado nos tecidos meristemáticos e órgãos subterrâneos. No solo, não apresenta ação residual, sendo rapidamente adsorvido nos coloides do solo e degradado pelos microrganismos. Este herbicida é o único que inibe a enzima 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato-sintetase (EPSPs), que compromete vários processos fundamentais para que as plantas cresçam e se desenvolvam (GALI, 2009; GIMSING; BORGGAARD; BANG, 2004; MONQUERO et al., 2004; VELINI et al., 2009).

Os danos causados pelo glifosato em plantas sensíveis, geralmente se desenvolvem de forma lenta, sendo que os primeiros sintomas começam a ser visíveis nas plantas a partir do sétimo dia, inicialmente com amarelecimento das folhas, seguido de necrose e morte da planta entre 21 e 28 dias após a aplicação. A estabilidade in vivo do glifosato nas plantas é muito importante na contribuição de seus efeitos fitotóxicos irreversíveis. Após a pulverização em plantas, os sintomas mais comuns que se observa são o branqueamento, clorose e redução do crescimento, concentrados principalmente em tecidos metabolicamente ativos, tais como folhas imaturas, brotamentos, botões florais e raízes (FERREIRA et al., 2017; FUCHS et al., 2002; KRUSE; TREZZI; VIDAL, 2000; NELSON, 2008; VELINI et al., 2009).

O glifosato é um herbicida altamente solúvel, que é lentamente absorvido pela cutícula das folhas, quando aplicado. Dependendo da formulação utilizada, são necessárias aproximadamente seis horas sem chuva após a aplicação, para a correta absorção e controle satisfatório de plantas suscetíveis. Na absorção do glifosato, a principal dificuldade é o aparecimento de tecido suberificado nas folhas velhas e a deposição de cutina, que forma a cutícula das folhas, as quais são responsáveis por impedir a livre circulação de gases e soluções. As diferenças na hidrofobicidade da cutícula podem interferir na absorção do glifosato, quanto maior o grau hidrofóbico da

cutícula, menor é a eficiência do glifosato (CHACHALIS; REDDY; ELMORE, 2001; KRUSE; TREZZI; VIDAL, 2000; RODRIGUES, 2009).

Para que o glifosato seja transportado para a célula alvo é necessário que seja absorvido pela membrana plasmática. Para tanto, é auxiliado por proteínas transportadoras de fosfato, que estão presentes na membrana e mediam a penetração na célula. Esse fato é muito importante, pois a expressão do gene associado a síntese desta proteína pode alterar a eficácia com que este herbicida é absorvido e translocado nas plantas. Plantas ou genótipos com maior expressão do gene associado a essa proteína, provavelmente, terão uma maior absorção e translocação do glifosato tornando-as mais suscetíveis (MERVOSH; BALKE, 1991; VELINI et al., 2009).

A translocação deste herbicida segue o mesmo caminho dos açúcares produzidos na fotossíntese, sendo levado das folhas para os frutos e/ou sistema radicular. Desta forma, é possível afirmar que a translocação do glifosato na planta, é influenciada pela qualidade dos açúcares que são transportados pela planta, durante o ciclo de vida. Assim sendo, a translocação do glifosato é facilitada em condições que favoreçam a fotossíntese da planta (DELLA-CIOPPA et al., 1986; MONQUERO et al., 2004; RODRIGUES, 2009).

O mecanismo de ação do glifosato é atribuído à inibição da enzima 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase (EPSPs), que catalisa a reação na qual chiquimato-3-fosfato (S3P) reage com fosfoenolpiruvato (PEP), formando 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato (EPSP) e fósforo inorgânico (Pi). Essa reação ocorre em duas etapas, iniciando pela ligação da enzima EPSPs ao S3P, formando o complexo EPSPs-S3P; em seguida PEP liga-se a esse complexo, permitindo que a reação prossiga, finalizando com a produção da EPSP; quando a planta é exposta ao herbicida, o glifosato se liga ao complexo EPSPs-S3P, impedindo que ocorra a sua interação com PEP, formando o complexo inativo EPSPs-S3P-glyphosate (FRANZ; MAO; SIKORSKI, 1997; GEIGER; FUCHS, 2002; GROSSBARD; ATKINSON, 1985; KOGER; REDDY, 2005; MARÍA; FELIPE; FERNANDEZ-PASCUAL, 2005; MOLDES et al., 2008; REDDY; RIMANDO; NANDULA, 2008; SPURRIER, 1973; TAN et al., 2006).

Desta forma, o glifosato atua diretamente na via do chiquimato, inibindo a síntese de aminoácidos aromáticos essenciais, como tirosina, fenilalanina e triptofano, que são precursores de metabólitos secundários, como lignina, alcaloides, flavonoides e ácidos benzoicos, que são indispensáveis para a síntese de proteínas e o crescimento das plantas. Desta forma, o efeito mais drástico e rápido da aplicação de glifosato em plantas sensíveis é o acúmulo de chiquimato. O glifosato pode ainda afetar diretamente a fotossíntese da planta, reduzindo a atividade da ribulose bifosfato carboxilase/oxigenase (Rubisco), do ácido 3-fosfoglicérico, diminuindo a síntese de clorofila e interferindo no aparelho fotossintético (AHSAN et al., 2008; MARÍA; FELIPE; FERNANDEZ-PASCUAL, 2005; NELSON, 2008; REDDY; RIMANDO; NANDULA, 2008; TAIZ; ZEIGER, 2006; TAN et al., 2006; VELINI et al., 2009).

As falhas de controle das plantas daninhas, causada pelo uso do glifosato isolado, fizeram com que alguns agricultores aplicassem doses maiores de glifosato (1440 g ea/ha) em relação àquela recomendada de 1080 g ea/ha, causando maior pressão de seleção nas plantas daninhas, entre elas o capim-amargoso. Entre as alternativas de manejo eficiente de *D. insularis* destaca-se o uso de glifosato associado a herbicidas inibidores de ACCase ou herbicidas pré-emergentes. Para isso deve ser levado em conta o porte da planta, já que os piores resultados de controle são obtidos em plantas perenizadas e em pleno florescimento (CERDEIRA et al., 2011; GEMELLI et al., 2013; MATHEIS; AZEVEDO; VICTORIA-FILHO, 2006; VARGAS et al., 2005; YANNICCARI et al., 2016).

2.3 Resistência de plantas daninhas a herbicidas

Resistência é a capacidade que um biótipo tem de sobreviver e conseguir se reproduzir após ter sido exposto a uma dose de herbicida, que normalmente seria letal para a sua espécie, sendo que esta característica é hereditária. O primeiro relato de resistência foi nos Estados Unidos, na década de 1950, com uma planta de folha larga, trepadeira e perene, a *Convolvulus arvensis*, que apresentou resistência ao herbicida 2,4-D. Atualmente, há relatados 1046 casos de resistências em 70 países. No Brasil são 50 casos, sendo que o primeiro foi *Bidens pilosa* em 1993, resistente a herbicidas inibidores

da ALS. Já o mais recente relato foi de *Conyza sumatrensis* com resistência múltipla, a cinco mecanismos de ação (CHRISTOFFOLETI et al., 2016; HEAP, 2020).

Por outro lado, a tolerância de plantas aos herbicidas é definida como a capacidade de uma espécie em sobreviver e conseguir se reproduzir, mesmo que sofra injúrias, depois de ter sido exposta a uma dose de herbicida, que normalmente seria letal para outras espécies. Ou seja, é uma característica que já existe antes mesmo da planta receber a aplicação do produto, como exemplos pode-se citar os gêneros *Commelina* spp. e *Ipomoea* spp. que são tolerantes ao glifosato e nunca foram bem controladas pelo herbicida. Já a suscetibilidade é definida como o grau de injúria ou morte da planta observados após a aplicação de um herbicida, sendo esta característica inerente da cada espécie (CHRISTOFFOLETI; VICTORIA-FILHO; SILVA, 1994; CHRISTOFFOLETI et al., 2016).

A resistência de plantas daninhas a herbicidas pode ser classificada como simples, cruzada ou múltipla. A resistência simples ocorre quando biótipos de uma planta daninha são resistentes a um único herbicida dentro de um mesmo mecanismo de ação. A resistência cruzada ocorre quando as plantas daninhas são resistentes a dois ou mais herbicidas, de diferentes grupos químicos, mas que pertencem ao mesmo mecanismo de ação. Podendo ainda, ocorrer variações no nível de resistência dentro do mesmo grupo químico. Já a resistência múltipla se dá quando uma planta daninha é resistente a mais de um herbicida pertencente a diferentes mecanismos de ação. Sendo esta última mais problemático, porque limita o número de ingredientes ativos eficazes para o controle da planta daninha (AGOSTINETTO; VARGAS, 2009; CHRISTOFFOLETI et al., 2016).

Quando um herbicida é aplicado, ele atua como agente de pressão de seleção, a planta daninha suscetível morre, e a resistente sobrevive e se multiplica. Desta forma, biótipos resistentes sempre estão presentes na área, porém em baixa frequência. Se uma planta daninha resistente conseguir completar seu ciclo, irá produzir centenas ou milhares de sementes e, nas próximas safras, ocorrerá multiplicação destas plantas. Normalmente, quando o problema é detectado, a resistência já é expressiva, pois só se percebe quando

cerca de 30% das plantas apresentam esta característica (CHRISTOFFOLETI et al., 2016; MAXWELL; MORTIMER, 1994).

A evolução da resistência é afetada por vários fatores que podem ser classificados em bioecológicos, genéticos ou agronômicos, os quais determinarão o tempo necessário para que uma planta daninha resistente predomine em toda a área. Os biótipos de plantas daninhas mais adaptados as características ambientais do local apresentam maior capacidade de competição, sendo capazes de aumentar sua população ao longo do tempo, eliminando os biótipos menos adaptados. Estes mesmos autores afirmam que, as plantas daninhas resistentes têm menor adaptação ambiental, mas mesmo assim, podem se tornar predominantes, caso as plantas daninhas suscetíveis sejam eliminadas (CHRISTOFFOLETI et al., 2016; MATIELLO; RONZELLI JR.; PURÍSSIMO, 1999; SAARI; COTTERMAN; THILL, 1994).

As plantas daninhas de uma mesma espécie apresentam uma grande variabilidade genética, isso permite que elas consigam evoluir e se adaptar a novos ambientes. O capim-amargoso apresenta alta variabilidade genética. Com o uso de primers aleatórios, foi observado que biótipos suscetíveis e resistentes ao glifosato apresentam variação de 56,6% em seu DNA (MARTINS, 2013).

Um fator importante que afeta a evolução da resistência é a frequência inicial do gene que a promove. Quanto maior for a frequência inicial, menor será o período de tempo necessário para que indivíduos resistentes aumentem sua proporção na área, a partir de aplicações sucessivas de um mesmo herbicida. Para as triazinas essa frequência inicial se encontra entre 10^{-10} e 10^{-20} plantas. A frequência inicial para os Inibidores de ACCase é mais alta, é de 10^{-6} plantas. Assim sendo, os herbicidas Inibidores de ACCase levam em média de 6 a 8 anos para selecionar populações resistentes, enquanto que o glifosato demora aproximadamente 20 anos (CHRISTOFFOLETI et al., 2016; PRESTON, 2019; VIDAL; FLECK, 1997).

Outro fator importante é a dominância do gene envolvido com a resistência. Na maioria dos mecanismos de ação esta característica é dada por genes dominantes ou semi-

dominantes, localizados no DNA nuclear da célula. Quando a herança é proveniente do núcleo das células, os genes promotores da resistência serão, possivelmente, transmitidos pelos grãos de pólen para uma planta suscetível pertencente a mesma espécie e, a partir da recombinação sexual, a progênie poderá apresentar resistência a um mecanismo de ação herbicida. Todavia, se a herança da resistência for citoplasmática ou maternal, localizada em organelas ou na mitocôndria, a transmissão só ocorrerá naquela geração (CHRISTOFFOLETI et al., 2016; MATIELLO; RONZELLI JR.; PURÍSSIMO, 1999).

A dispersão da resistência também é influenciada pelo tipo de fecundação da espécie. Plantas autógamas que apresentam resistência, tem menor velocidade de dispersão, se comparadas as plantas alógamas, devido à dificuldade de fluxo gênico entre plantas vizinhas. As plantas que apresentam fecundação cruzada tem maiores chances de ocorrência de resistência múltipla, devido a recombinação gênica (VIDAL; FLECK, 1997).

Quando a resistência depende de um único gene, a chance de ocorrer é maior e de forma mais rápida. Já se a resistência for dependente de vários genes, é preciso que haja recombinações gênicas entre as plantas por várias gerações, até que se atinja o número correto de alelos que confirmam a resistência ao indivíduo. Esta resistência poligênica é mais demorada, contudo favorece a ocorrência de múltiplos mecanismos de resistência, devido a recombinação dos genes. No Brasil, a resistência de *Euphorbia heterophylla* aos inibidores de ALS é codificada por um gene dominante e de origem nuclear. No caso do capim-amargoso, a herança genética ainda não é conhecida (VARGAS; BORÉM; SILVA, 2001; VIDAL; FLECK, 1997).

Os fatores bioecológicos que auxiliam na evolução da resistência são: espécies com fenologia curta, alta produção e dispersão de sementes com baixa dormência, muitos ciclos reprodutivos em um mesmo ano e alta variabilidade nos genes. Quanto maior a dormência das sementes, maior será a viabilidade do banco de sementes no solo dos indivíduos suscetíveis (CHRISTOFFOLETI; VICTORIA-FILHO; SILVA, 1994).

O primeiro relato de resistência de capim-amargoso ao herbicida glifosato, foi em 2005 no Paraguai, já no Brasil, o primeiro caso foi registrado em 2008, no estado do Paraná. A dispersão dos biótipos resistentes foi dada por atividades antropogênicas, já que os biótipos resistentes que surgiram no Brasil, têm origem no Paraguai. Em 2016, houve o primeiro caso de capim-amargoso resistente aos inibidores de ACCase, na região centro-oeste do Brasil. O capim-amargoso resistente se disseminou rapidamente, sendo possível encontrá-lo em quase todas as regiões produtoras de grãos do País. Essa dispersão se deve, principalmente, pelas sementes leves, pilosas e altamente viáveis. Além disso, a migração de máquinas nas regiões agrícolas, auxiliam na disseminação da espécie (HEAP, 2020; KISSMANN; GROTH, 1997; LÓPEZ-OVEJERO, 2017).

Os principais fatores agronômicos envolvidos na resistência de plantas daninhas são as características dos herbicidas e as práticas adotadas no manejo. A utilização repetitiva do mesmo princípio ativo, o emprego de herbicidas altamente eficientes no controle de biótipos suscetíveis, bem como, aplicações de doses baixas e/ou muito altas, são medidas que proporcionam o aumento da pressão de seleção e favorecem o desenvolvimento de resistência (CHRISTOFFOLETI; VICTORIA-FILHO; SILVA, 1994; VARGAS, 2019; VIDAL; FLECK, 1997).

Todas as populações de plantas daninhas, independentemente da aplicação de qualquer produto, provavelmente contem plantas individuais (biótipos) que são resistentes a herbicidas. Diante disso, três mecanismos gerais são apontados para explicar o desenvolvimento da resistência a herbicidas e influenciar o modo de ação destes compostos: a) perda de afinidade do herbicida pelo local de ação na enzima; b) metabolização ou desintoxicação do herbicida a substâncias menos fitotóxicas; c) redução da concentração do herbicida no local de ação, absorção foliar e/ou translocação do herbicida pelo biótipo resistente (sequestro ou compartimentalização) (KISSMANN, 2019; POWLES, 2008; POWLES; YU, 2010).

No caso do capim-amargoso, os mecanismos que lhe conferem resistência estão relacionados com a absorção mais lenta do glifosato, e com a metabolização mais rápida do herbicida em ácido aminometilfosfônico (AMPA), glioxilato e sarcosina. Os biótipos

resistentes de capim-amargoso apresentam menor translocação, mesmo em plantas mais jovens, quando comparados aos biótipos suscetíveis (CARVALHO et al., 2011; GEMELLI et al., 2012).

2.4 Aspectos metodológicos no estudo de capim-amargoso

A comprovação científica da existência de populações de plantas daninhas resistentes a herbicidas pode ser realizada através de ensaios de campo, casa-de-vegetação e laboratório. Um dos métodos mais utilizados para determinar a suscetibilidade ou a resistência de plantas daninhas aos herbicidas, é a curva dose-resposta. A curva dose-resposta apresenta como um de seus componentes o índice C_{50} , que corresponde a dose de herbicida necessária para controlar 50% da população, e serve de comparação entre os biótipos suscetíveis e resistentes. No Brasil, o primeiro estudo que utilizou o índice de C_{50} para comprovação e determinação do nível de resistência em biótipos de plantas daninhas, encontrou um índice para os herbicidas imazethapyr, nicosulfuron, metsulfuron-methyl e chlorimuron-ethyl de 370, 39, 26 e 12 vezes maior para o biótipo resistente, quando comparado ao suscetível. Os biótipos podem apresentar níveis diversos de resistência. Considera-se que ocorre resistência quando um biótipo resiste duas ou mais vezes a dose que normalmente controla os biótipos suscetíveis. Em alguns casos, essa resistência é quebrada com aumento de dose, em outros não (CHRISTOFFOLETI et al., 1996; CHRISTOFFOLETI, 2002; GAZZIERO; BRIGHENTI; VOLL, 2006; LACERDA; VICTORIA FILHO, 2004; LAMEGO; VIDAL, 2008; MENEZES et al., 2009).

O capim-amargoso apresenta crescimento inicial lento, sendo facilmente suprimido pela cultura ou por outras plantas daninhas. Desta forma, a utilização de herbicidas pré-emergentes é uma boa opção para o controle desta planta daninha. Estes herbicidas inibem a germinação e/ou o emergência da planta daninha, favorecendo o desenvolvimento inicial da cultura. Após este período, as plantas daninhas germinam, porém, são suprimidas pela cultura (GAZOLA et al., 2016).

As plantas daninhas mais adaptadas as características ambientais do local apresentam maior capacidade de competição, sendo capazes de aumentar sua população ao longo do tempo, eliminando as plantas menos adaptadas. Diante disto, a análise de crescimento possibilita conhecer as adaptações ecológicas das plantas daninhas a novos ambientes, à competição intraespecífica, os efeitos de sistemas de manejo e à capacidade produtiva de diferentes biótipos. Vários fatores influenciam a probabilidade de infestação de uma área, como adaptabilidade ecológica e prolificidade de indivíduos, longevidade e dormência das sementes e de outros propágulos, frequência na utilização de herbicidas de único mecanismo de ação e sua persistência, eficácia do herbicida e métodos adicionais empregados no controle das espécies daninhas. Desta forma, o estudo do comportamento biológico das espécies daninhas é importante para traçar estratégias de manejo (MACHADO et al., 2006; SAARI; COTTERMAN; THILL, 1994).

O capim-amargoso é uma planta daninha agressiva com alto potencial de dispersão, devido ao grande número de propágulos produzidos. Além disso, o capim-amargoso apresenta crescimento inicial lento, sendo facilmente suprimido pela cultura. Por estes fatores, os herbicidas pré-emergentes apresentam-se como uma alternativa eficiente no controle desta invasora. Outra opção são os herbicidas inibidores de ACCase, mas para isso deve ser levado em conta o porte da planta. Já que os piores resultados de controle são obtidos em plantas perenizadas e em pleno florescimento (FERREIRA, 2016; FRAGA et al., 2016; GEMELLI et al., 2013; VARGAS et al., 2005).

3 CAPÍTULO I

Resistência de capim-amargoso ao herbicida glifosato.

3.1 Resumo

O capim-amargoso é nativo das regiões tropicais e subtropicais da América, onde frequentemente é encontrado em pastagens, cafezais, pomares e áreas ruderais. No Centro-Sul brasileiro as populações adultas dessa espécie, presentes em algumas áreas agrícolas, têm exigido doses cada vez maiores de glifosato sem sucesso no controle. A partir da observação de sobras de *D. insularis* em lavouras após a aplicação de glifosato, houve a necessidade de comprovação da resistência de biótipos do Rio Grande do Sul a este herbicida. Para tanto, as sementes oriundas de Cruz Alta, Passo Fundo e Paraíso do Sul foram semeadas em bandejas de poliestireno, transplantadas aos 7 dias após a emergência (DAE), e no estágio de três a quatro folhas foi aplicada uma dose de 1920 g ea/ha, para uma pré-seleção dos biótipos resistentes (R). As plantas sobreviventes foram conduzidas até completarem seu ciclo, para obtenção das sementes. O biótipo suscetível (S) foi obtido em área sem histórico de aplicação, no município de Passo Fundo. Os biótipos foram semeados em bandejas e transplantados para vasos após 7 DAE. No estágio de três a quatro folhas foi realizada a aplicação dos tratamentos que consistiam de 0; 480; 960; 1.920; 3.840; 7.680; 15.360; 30.720; 61.440; 122.880 g ea/ha de glifosato. Foram realizadas avaliações de controle visual aos 7 e 35 dias após a aplicação (DAA) do herbicida, e matéria seca aos 35 DAA. A partir dos dados e equações geradas, foi calculado o fator de resistência, e a DL 50 para os biótipos. Os resultados mostram que os biótipos R1, R2, R3, R4 e R5 apresentam elevado Fator de Resistência ao glifosato. Confirmando que há biótipos de capim-amargoso resistentes ao glifosato no Rio Grande do Sul.

Palavras-chave: 1. Dose-resposta. 2. *Digitaria insularis*. 3. Matéria seca. 4. Controle. 5. Biótipos.

3.2 Introdução

O capim-amargoso é nativo das regiões tropicais e subtropicais da América, onde frequentemente é encontrado em pastagens, cafezais, pomares e áreas ruderais. Esta planta tem crescimento inicial lento, principalmente em condições de sombreamento ou em baixas temperaturas. Entretanto, sua rápida adaptação permite sobrevivência em diferentes condições ambientais, limitando o crescimento de outras espécies. No Centro-Sul brasileiro as populações adultas dessa espécie, presentes em algumas áreas agrícolas,

têm exigido doses cada vez maiores de glifosato sem sucesso no controle. Sendo que, o glifosato é o herbicida mais empregado no controle de plantas daninhas em todo o país (BRIGHENTI; OLIVEIRA, 2011; CORREIA; DURIGAN, 2009; MACHADO et al., 2006; MACHADO et al., 2008).

O glifosato é um herbicida sistêmico não seletivo usado amplamente para o controle de plantas daninhas desde 1974. Este herbicida inibe a enzima 5-enolpiruvilshiquimato-3-fosfato sintetase (EPSPS), resultando no acúmulo de ácido shiquímico e na redução da biossíntese de aminoácidos aromáticos (triptofano, tirosina e fenilalanina) nas plantas sensíveis. O glifosato reduz rapidamente a atividade fotossintética. É translocado juntamente com os fotoassimilados das folhas para os tecidos meristemáticos até atingir o alvo de ação, obtendo a máxima absorção 96 horas após o tratamento (CRUZ-HIPOLITO et al., 2011; DUKE; BAERSON; RIMANDO, 2003; DUKE; POWLES, 2008; OCARAY et al., 2012; SZÉKÁCS; DARVAS, 2012).

A expansão das áreas agrícolas no Brasil com culturas resistentes ao glifosato (culturas RR), principalmente soja e milho associada ao uso repetido de herbicidas à base de glifosato em uma mesma safra, têm contribuído para a seleção de biótipos resistentes de plantas daninhas. Isso devido, principalmente, a elevada pressão de seleção exercida pelo uso de glifosato nessas culturas, o que promove a seleção de plantas daninhas resistentes. A resistência aos herbicidas ocorre quando as plantas daninhas sobrevivem, se reproduzem e completam seu ciclo de vida após a aplicação do herbicida, em doses que normalmente seriam letais para biótipos de plantas daninhas selvagens. Populações de plantas daninhas resistentes estão biologicamente presentes na natureza, mas ocorrem em baixas densidades. A seleção de biótipos resistentes é decorrente de diferentes mecanismos de resistência, que podem estar relacionados ao local de ação ou com a metabolização do herbicida (ALCÁNTARA-DE LA CRUZ et al., 2016; POWLES, 2008; POWLES; YU, 2010; VENCILL et al., 2012; YANNICCARI et al., 2016).

Durante 20 anos não houve relatos de resistência de plantas daninhas ao glifosato. Entretanto, após o primeiro caso em 1996, várias espécies foram relatadas com resistência ao glifosato. Dentre estas espécies, encontra-se o capim-amargoso, o qual teve o primeiro

relato em 2005 no Paraguai. No Brasil, o primeiro caso surgiu em lavouras de soja e milho no Paraná em 2008. A partir de então, o número de casos de capim-amargoso resistente foi aumentando consideravelmente em todo o país. A rápida adoção das culturas RR e o fim da patente do glifosato em 2000 são fatores decisivos para sua ampla adoção e uso no controle de plantas daninhas (CERDEIRA et al., 2011; DUKE; POWLES, 2008; HEAP, 2020; SZÉKÁCS; DARVAS, 2012).

Perante a importância do uso do glifosato nos diversos sistemas de cultivo no país, o objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência do glifosato em biótipos de capim-amargoso provenientes do Rio Grande do Sul, com indícios de resistência.

3.3 Material e Métodos

As sementes dos biótipos com suspeita de resistência ao glifosato foram coletadas em 2017 e 2018, em áreas onde ocorreram falhas de controle nas regiões de Cruz Alta (RS) (coordenadas: -28,3822, -53,3622), Paraíso do Sul (RS) (coordenadas: -29,7587860, -53,0707400) e Passo Fundo (RS) (coordenadas: -28,2612, -52,4083). As sementes foram semeadas em setembro de 2018 e, posteriormente, quando atingiram de 3 a 4 folhas verdadeiras, aplicou-se 1920 g ea/ha de glifosato, para a pré-seleção de biótipos resistentes. As plantas que sobreviveram ao tratamento herbicida foram mantidas até a obtenção de sementes, constituindo assim os biótipos com suspeita de resistência (Biótipos R), sendo estes provenientes de Paraíso do Sul (R1); Passo Fundo (R2 e R3); e Cruz Alta (R4 e R5). Para a obtenção da população suscetível (Biótipo S), foram coletadas, em 2018, sementes de *D. insularis* em áreas ruderais no município de Passo Fundo (RS) sem histórico de aplicação de glifosato. As sementes foram coletadas e armazenadas conforme recomenda Moss (2019).

O experimento de curva de dose-resposta foi conduzido em casa de vegetação na FAMV-UPF, no período de outubro de 2019 a janeiro de 2020. Em outubro de 2019, semearam-se sementes dos biótipos resistentes e suscetível em bandejas de poliestireno com 72 células, preenchidas com substrato comercial do tipo Turfa Fértil[®], sendo mantidas na casa de vegetação com irrigação intermitente. Após a emergência, as

plântulas foram transplantadas para vasos plásticos de 10,5 cm de diâmetro e 7,5 cm de altura, com capacidade de 430 ml, preenchidos com substrato comercial do tipo Turfa Fértil[®], os quais consistiram nas unidades experimentais. Cada vaso recebeu 1 plântula. Os vasos também foram mantidos em casa de vegetação com irrigação intermitente. Quando as plantas atingiram o estágio de desenvolvimento de três a quatro folhas, os vasos foram retirados da casa de vegetação para a aplicação do glifosato. A pulverização foi realizada com pulverizador costal de precisão, pontas de jato plano XR 11002 conduzidas a 50 cm acima do alvo com volume de aplicação de 200 L/ha. Após a aplicação do herbicida, os vasos foram levados para a casa de vegetação, permanecendo sem irrigação por 24 horas, a fim de não interferir na absorção do herbicida.

Os tratamentos resultaram da combinação dos biótipos R e S com 10 doses múltiplas do herbicida glifosato (0 D; 0,25 D; 0,50 D; 1 D; 2 D; 4 D; 8 D; 16 D; 32 D e 64 D), em que D é a maior dose comercial recomendada para o controle de *D. insularis* (1.920 g ea/ha). Assim as doses que constituíram os tratamentos foram: 0; 480; 960; 1.920; 3.840; 7.680; 15.360; 30.720; 61.440; 122.880 g ea/ha. Os tratamentos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, sendo que a posição dos vasos foi alterada semanalmente, a fim de se obter condições experimentais homogêneas.

Avaliou-se, visualmente, o controle dos biótipos aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após a aplicação (DAA) do herbicida. Para tanto, utilizou-se como base a escala percentual, em que a nota 0% correspondeu a nenhum efeito do herbicida e a nota 100% significou morte completa das plantas do vaso. Avaliações de matéria seca (MS) foram realizadas retirando-se as plantas dos vasos aos 35 DAA e, posteriormente, secadas em estufa a 65°C por 72 horas até peso constante, quando foi realizada a quantificação da MS.

Os resultados de controle e MS foram inicialmente submetidos a análise de variância e quando significativa, empregou-se regressão, utilizando modelos não lineares de ajuste da curva dose-resposta. Os dados apresentaram distribuição normal, não havendo a necessidade de transformação.

O experimento de curva de dose-resposta é o mais recomendado para a comprovação de resistência a herbicida. A resistência nesse tipo de experimento é confirmada se houver diferença estatística na resposta ao herbicida entre o biótipo resistente e o biótipo suscetível, comprovados por modelos de regressão não lineares (BRAIN; COUSENS, 1989).

Os dados de MS foram transformados para valores percentuais, partindo-se do princípio de que as parcelas que permaneceram sem aplicação do herbicida possuem 100% de MS e as demais possuem percentuais desta biomassa, em consequência da redução imposta pelo produto. Para o ajuste das curvas de MS e controle, utilizou-se o modelo log-logístico de três parâmetros (Equação 1) (SEEFELDT; JENSEN; FUERTS, 1995; STREIBIG, 1988).

Equação 1: $y = \frac{a}{[1+(\frac{x}{b})^c]}$, onde:

y = % de controle em relação a parcela não tratada, x é a dose do herbicida (g ea/ha), a , b e c são parâmetros estimados da equação de tal forma que: a é a amplitude existente entre o ponto máximo e o mínimo da variável; b é a dose que proporciona 50% de resposta da variável; c é a declividade da curva ao redor de b .

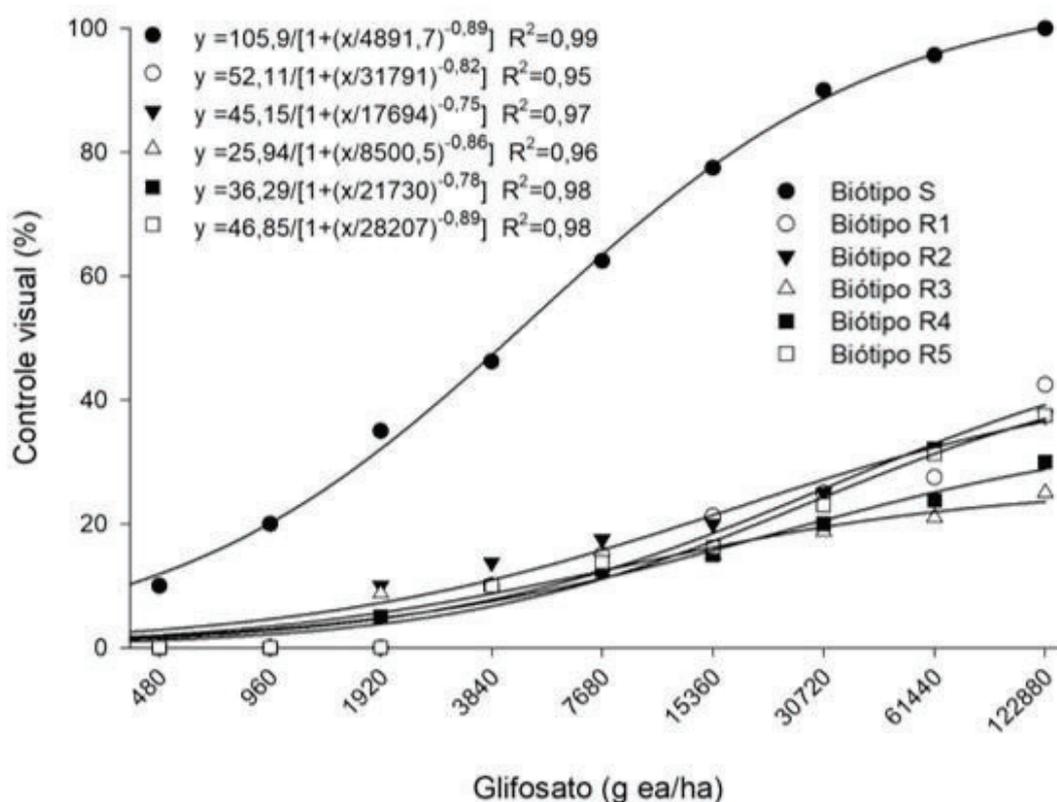
O modelo log-logístico apresenta vantagens, uma vez que um dos termos integrantes da equação (b) é uma estimativa do valor de GR₅₀ e DL₅₀. A DL₅₀ é a dose necessária para obter controle de 50% em relação as plantas não tratadas de biótipos resistentes e suscetíveis. Já a GR₅₀ é a dose necessária para reduzir a MS da planta em 50% em relação as plantas não tratadas. A partir das curvas geradas, pode-se calcular o valor de DL₅₀ ou GR₅₀ em g ea ha⁻¹ (CHRISTOFFOLETTI, 2002; HEAP, 1994).

De posse dos valores da DL₅₀ ou da GR₅₀, obteve-se o Fator de Resistência (FR), que correspondeu à razão entre a GR₅₀ ou DL₅₀ do biótipo resistente em relação a GR₅₀ ou DL₅₀ do biótipo suscetível. O fator (FR = R/S) expressa o número de vezes em que a dose necessária para controlar 50% do biótipo resistente é superior à dose que controla 50% do biótipo suscetível.

3.4 Resultados e Discussão

O biótipo suscetível apresentou controle superior a 90% para as doses mais altas já na primeira avaliação. Porém, os biótipos suspeitos de resistência obtiveram controle inferior a 50%, mesmo na dose mais alta de 122.880 g ea/ha (Figura 1).

Figura 1 - Controle visual (%) aos 7 dias após aplicação de glifosato para os biótipos resistentes (R) e suscetível (S). Passo Fundo, 2020.

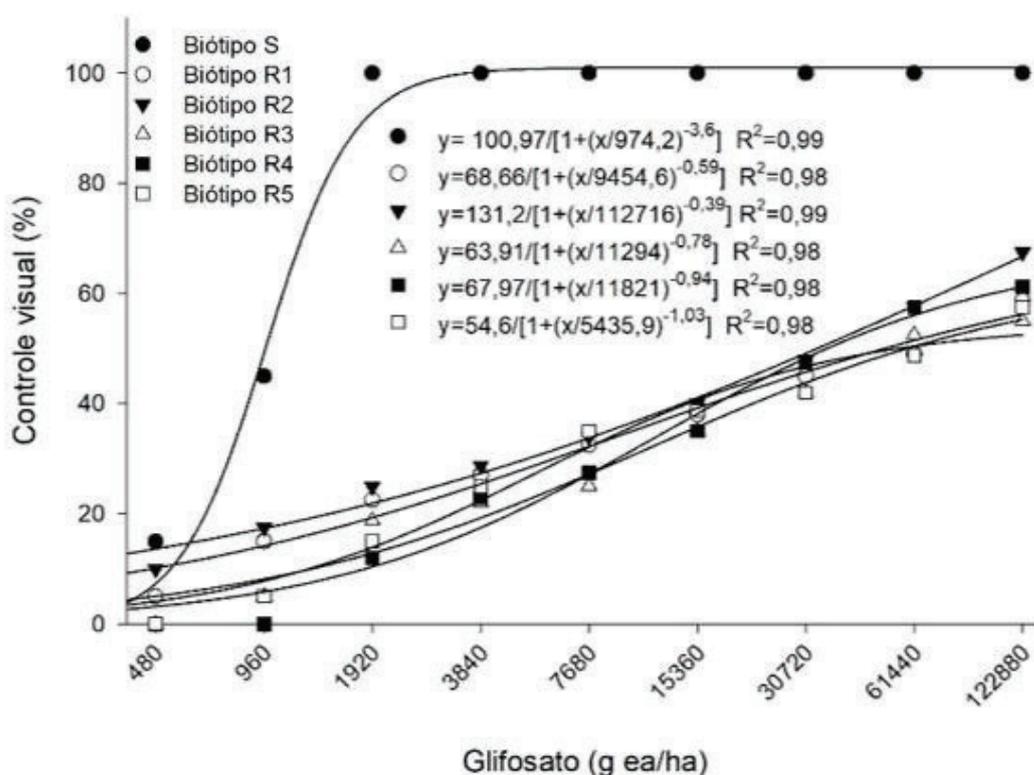


Fonte: Dados do autor.

As avaliações de controle aos 14, 21 e 28 dias após a aplicação das doses do herbicida não apresentaram diferenças significativas, por isso neste estudo são demonstrados os valores de controle aos 7 e 35 DAA, sendo que nestes períodos é possível observar o efeito do glifosato sobre os biótipos de capim-amargoso. As avaliações de controle aos 35 dias após a aplicação das doses de glifosato demonstram que o biótipo suscetível apresentou 100% de controle a partir da dose comercial de glifosato recomendada para controle de capim-amargoso (1.920 g ea/ha). Sendo que, o

biótipo suscetível não foi controlado pelas doses abaixo da dose recomendada, 480 e 960 g ea/ha. Para os biótipos suspeitos de resistência observa-se que o controle máximo ficou entre 53,75% e 67,5%, obtidos na dose de 64 vezes a dose comercial (122.880 g ea/ha). Fato que comprova que estes biótipos apresentam nível considerável de resistência ao herbicida glifosato (Figura 2).

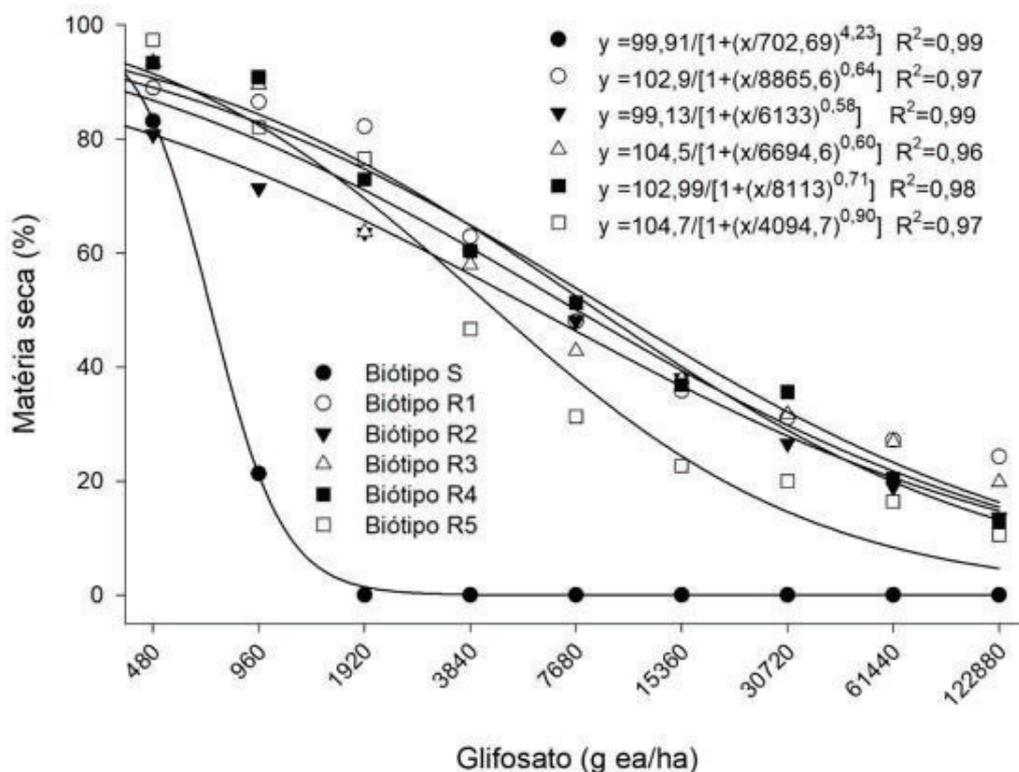
Figura 2 - Controle visual (%) aos 35 dias após aplicação de glifosato para biótipos resistentes (R) e suscetível (S). Passo Fundo, 2020.



Fonte: Dados do autor.

Aos 35 DAA do herbicida o biótipo suscetível apresentou redução acentuada na matéria seca final, corroborando com os resultados encontrados na avaliação de controle. Já os biótipos suspeitos não apresentaram redução total da matéria seca nas doses testadas. Na dose mais alta todos os biótipos suspeitos apresentaram matéria seca superior a 10% em comparação à matéria seca acumulada pela testemunha sem aplicação do herbicida (Figura 3).

Figura 3 - Matéria seca (%) em relação à parcela sem herbicida aos 35 dias após aplicação de glifosato para os biótipos resistentes (R) e suscetível (S). Passo Fundo, 2020.



Fonte: Dados do autor.

Nas avaliações de controle aos 7 DAA nenhum dos biótipos obteve 100% de controle, por isso os valores de DL_{50} são maiores e a maioria dos biótipos suspeitos tem fator de resistência não significativo. Isso ocorre devido ao intervalo de confiança para o controle de 50% da população ser muito amplo e englobar o intervalo de confiança do biótipo suscetível, justamente porque o modelo da regressão log-logística não consegue se ajustar corretamente e gera uma estimativa de valores superior aos valores reais. Isso não ocorre aos 35 dias após a aplicação, pois o percentual de controle encontrado é superior em todos os biótipos, devido principalmente ao período de ação do herbicida glifosato, já que os sintomas, na maioria dos casos, são observados a partir de 7 a 10 dias da aplicação. Por esse fato, os dados considerados para o fator de resistência e DL_{50} durante a discussão são aos 35 dias após a aplicação (Tabela 1).

O biótipo suscetível apresentou DL_{50} de 974 g ea/ha, dose menor que a recomendada para o controle de capim-amargoso, que é de 1920 g ea/ha, demonstrando

que em biótipos sensíveis o glifosato é extremamente eficaz. Os biótipos com suspeita de resistência necessitaram uma dose de glifosato muito superior ao biótipo suscetível, sendo que o biótipo R5 apresentou a menor DL₅₀ entre os biótipos suspeitos, 5436 g ea/ha. Desta forma, o biótipo R5 também apresentou o menor fator de resistência 5,6, o que significa que para controlar 50% da população deste biótipo são necessárias 5,6 vezes a dose que controlar 50% da população do biótipo suscetível. Por sua vez, os valores de R² próximos a 1,0 mostram que os dados de controle aos 7 e 35 DAA se adequaram perfeitamente ao modelo de regressão log-logístico (Tabela 1).

Tabela 1 - Parâmetros da equação logística, valores de DL₅₀ e fator de resistência (FR) de biótipos de capim-amargoso em resposta a aplicação de doses do herbicida glifosato aos 7 e 35 dias após a aplicação (DAA). Passo Fundo, 2020.

Biótipo	DAA	a	c	DL ₅₀	R ²	p	FR
S		105,94	-0,89	4892 (4571-5213) ²	0,99	<0,0001	-
R1		52,11	-0,82	31792 (812-62772)	0,95	0,3389	6,5 ^{ns}
R2	7	45,15	-0,75	17694 (4776-30612)	0,97	0,2131	3,6 ^{ns}
R3		25,94	-0,86	8500 (4200-12800)	0,96	0,0886	1,7 ^{ns}
R4		36,30	-0,78	21730 (8247-35213)	0,98	0,1511	4,4 ^{*1}
R5		46,85	-0,90	28207 (12177-44237)	0,98	0,1219	5,8 [*]
S			100,98	-3,60	974 (929-1019)	0,99	<0,0001
R1		68,66	-0,59	9455 (3872-15038)	0,98	0,1342	9,7 [*]
R2	35	131,24	-0,39	112716 (34705-190727)	0,99	0,5467	115,7 [*]
R3		63,91	-0,78	11294 (5906-16682)	0,98	0,0743	11,6 [*]
R4		67,97	-0,94	11821 (8136-15506)	0,98	0,0149	12,1 [*]
R5		54,60	-1,03	5436 (4073-6799)	0,98	0,0053	5,6 [*]

^{1*}Indica diferença significativa caracterizada pela ausência de sobreposição do intervalo de confiança do DL₅₀ do biótipo em questão em relação ao biótipo suscetível. ²Valores entre parênteses se referem ao intervalo de confiança na média de 95%.

Fonte: Dados do autor.

Os biótipos R1, R3 e R4 apresentaram fator de resistência de 9,7, 11,6 e 12,1, respectivamente. O fator de resistência acima de 2,0 pode ser considerado alto, sendo que um biótipo é considerado resistente quando este apresentar fator de resistência acima de 1,0. Os valores de FR menores que 2,0 podem representar uma variabilidade natural de suscetibilidade da população e não caracteriza resistência. Já o fator de resistência próximo a 2,0 é considerado baixo, sendo que o fator de resistência encontrado para capim-amargoso na maioria dos estudos é por volta de 2,96 (Tabela 1) (LAMEGO;

VIDAL, 2008; NICOLAI et al., 2010; PEREIRA, 2015; SAARI; COTTERMAN; THILL, 1994).

O biótipo R2 apresentou o maior fator de resistência 115,7. Todavia, o intervalo de confiança da DL_{50} traz a maior dose para este biótipo de 190727 g ea/ha, dose que não foi testada neste estudo, onde a maior dose foi de 122880 g ea ha⁻¹. Por isso, os resultados de DL_{50} e FR para este biótipo são inconclusivos, demonstram apenas que o fator de resistência é muito elevado. Porém, são necessários estudos com doses maiores para que ocorra o ajuste correto da equação e para que os valores não passem de uma estimativa (Tabela 1).

Os biótipos de capim-amargoso suspeitos de resistência podem apresentar DL_{50} entre 16.090 e 51.552 g ea/ha, mas também podem apresentar valores baixos de 416,6 g/ha e 1.705 g/ha para o biótipo resistente. Estas diferenças podem estar relacionadas ao estágio da planta daninha no momento da aplicação do herbicida (MARTINS, 2013; PEREIRA, 2015; SANTOS et al., 2001).

A GR_{50} é calculada a partir da redução da matéria seca dos biótipos tratados com herbicida em relação ao controle. O biótipo suscetível apresentou GR_{50} de 703 g ea/ha, dose inferior a dose recomendada para o controle de capim-amargoso com herbicida glifosato. O biótipo R5 novamente apresentou o menor fator de resistência 5,8, sendo necessário 4095 g ea/ha para controlar 50% da população deste biótipo. Os biótipos R1, R3 e R4 apresentaram fator de resistência de 12,6, 9,5 e 11,5, respectivamente. Além de exibirem GR_{50} de 8866, 6695 e 8113 g ea/ha, demonstrando que estes biótipos são altamente resistentes ao glifosato. O biótipo R2 apresentou fator de resistência de 8,7 e GR_{50} de 6133 g ea/ha, valores inferiores aos encontrados na DL_{50} e FR com base no controle visual. Essa diferença pode ser devido a matéria seca ser um valor real e o percentual de controle se basear em uma escala visual que pode estar sujeita a erros (Tabelas 1 e 2).

Tabela 2 - Parâmetros da equação logística, valores de GR₅₀ e fator de resistência (FR) de biótipos de capim-amargoso em resposta a aplicação de doses do herbicida glifosato aos 35 dias após a aplicação (DAA). Passo Fundo, 2020.

Biótipo	DAA	a	c	GR ₅₀	R ²	P	FR
S		99,91	4,23	703 (698-708) ²	0,99	<0,0001	-
R1	35	102,98	0,64	8866 (6584-11148)	0,97	0,0060	12,6 ^{*1}
R2		99,13	0,58	6133 (5457-6809)	0,99	<0,0001	8,7 [*]
R3		104,49	0,60	6695 (4623-8767)	0,96	0,0144	9,5 [*]
R4		102,99	0,71	8113 (6640-9586)	0,98	0,0009	11,5 [*]
R5		104,67	0,90	4095 (3170-5020)	0,97	0,0031	5,8 [*]

¹*Indica diferença significativa caracterizada pela ausência de sobreposição do intervalo de confiança da GR₅₀ do biótipo em questão em relação ao biótipo suscetível. ²Valores entre parênteses se referem ao intervalo de confiança na média de 95%.

Fonte: Dados do autor.

Em estudos de curva de dose resposta, biótipos de *D. insularis* oriundos de Mato Grosso e Bahia apresentaram fatores de resistência entre 3,1 e 6,1, inferiores aos encontrados neste estudo. O capim-amargoso é considerado altamente suscetível ao glifosato, apresentando valores de GR₅₀ inferiores a 100 g/ha para biótipos suscetíveis. O baixo controle encontrado neste estudo para os biótipos R1, R2, R3, R4 e R5 é preocupante, uma vez que *D. insularis* pode se recuperar de danos causados pelo glifosato, pois mesmo apresentando elevado controle inicial, as plantas de capim-amargoso podem apresentar rebrote de 70% (CARVALHO et al., 2011; CORREIA; DURIGAN, 2009; REINERT; PRADO; CHRISTOFFOLETI, 2013; SILVEIRA, 2017).

Geralmente, quando os biótipos de *D. insularis* desenvolvem resistência ao glifosato, apresentam fator resistência elevados. Biótipos resistentes de capim-amargoso podem apresentar FR >16 e valores de GR₅₀ e DL₅₀ de 108,7 e 85,5 g/ha. Neste caso, o biótipo resistente apresentou redução de apenas 20% da matéria seca com 900 g/ha, enquanto que com a mesma dose o biótipo suscetível teve redução de 90% da matéria seca. Fato semelhante ao observado neste estudo, onde o capim-amargoso resistente necessita de doses mais altas para reduzir 50% da matéria seca em relação ao biótipo suscetível (CARVALHO et al., 2011; REINERT; PRADO; CHRISTOFFOLETI, 2013).

Os diferentes níveis de resistência ao glifosato observados nos biótipos R1, R2, R3, R4 e R5 sugerem que os mecanismos de resistência podem diferir entre eles. O capim-

amargoso pode apresentar como mecanismos que contribuem para a resistência ao glifosato a redução da absorção e translocação do herbicida, a metabolização em substâncias não tóxicas, ou ainda mutações no sítio de ação no gene da EPSPS (CARVALHO et al., 2012).

O fator de resistência para espécies gramíneas como *Echinochloa colona*, *Eleusine indica* e *Lolium perene* ssp. *multiflorum* pode variar entre 1,4 até 31,1 com base no GR₅₀, e entre 4,0 e 15 baseado no C₅₀. Todavia, existem exceções como um biótipo de *E. indica* que apresentou FR >182. Estas diferenças de sensibilidade ao glifosato se devem aos diferentes mecanismos de resistência que cada biótipo expressa. *E. colona* por exemplo, selecionou resistência ao glifosato através da mutação na Pro-106 do sítio de ação. Já o genótipo de *E. indica* com alto FR, desenvolveu uma dupla mutação, conhecida por TIPS, nas posições Thr-102-Ile e Pro-106-Ser. Para *L. perene* spp. *multiflorum* a resistência se deve ao número de cópias múltiplas e a superexpressão do gene da EPSPS (ALARCÓN-REVERTE et al., 2015; SALAS et al., 2015; YU et al., 2015).

Estudos complementares são necessários para confirmar os mecanismos de resistência que contribuem para as diferenças de sensibilidade ao glifosato apresentadas pelos biótipos R1, R2, R3, R4 e R5.

3.5 Conclusões

A resistência ao glifosato foi confirmada para os biótipos R1, R2, R3, R4 e R5, oriundos dos municípios de Passo Fundo, Cruz Alta e Paraíso do Sul (RS).

4 CAPÍTULO II

Análise de crescimento de biótipos de capim-amargoso.

4.1 Resumo

Os estudos de crescimento de plantas têm sido frequentemente utilizados para o conhecimento da ecologia de diferentes espécies e para a análise comparativa entre espécies daninhas e culturas. O estudo do comportamento biológico/ecológico das espécies daninhas é de extrema relevância, pois visa traçar estratégias de manejo, tendo em vista os diversos fatores que influenciam a probabilidade de infestação de uma área, como adaptabilidade ecológica e prolificidade de indivíduos, longevidade e dormência das sementes e de outros propágulos, frequência na utilização de herbicidas do mesmo mecanismo de ação e sua persistência, eficácia do herbicida e métodos adicionais empregados no controle das espécies daninhas. Desta forma, o estudo visa verificar diferenças de comportamento biológico e ecológico de biótipos de capim-amargoso provenientes do Rio Grande do Sul, Paraná e Mato Grosso. Para tanto, foram desenvolvidos dois estudos, um ciclo com emergência em novembro e outro ciclo com emergência em agosto. Os biótipos foram semeados em bandejas e mantidos em casa de vegetação, aos 7 DAE foram transplantados para vasos. Os tratamentos foram constituídos por épocas de coletas das plantas, realizadas em intervalos regulares de sete dias, dos 14 aos 133 DAE (dias após a emergência das plantas), totalizando 18 tratamentos (14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70, 77, 84, 91, 98, 105, 112, 119, 126, 133). Em cada coleta foram avaliadas a altura de planta, estágio de desenvolvimento, IAF, matéria seca de raiz + rizomas, matéria seca de folhas + colmo. Com estes dados foram calculadas as taxas de crescimento relativo, crescimento absoluto, assimilação líquida e razão de área foliar. O capim-amargoso apresenta maior incremento de matéria seca de parte aérea e raízes no ciclo com emergência em novembro. No ciclo com emergência em agosto os estádios de desenvolvimento tem seu início antecipado. O biótipo do RS apresenta plantas mais vigorosas quando emerge em novembro. Já o biótipo do Mato Grosso apresenta desenvolvimento semelhante nos dois ciclos, sendo mais adaptado as alterações climáticas. Portanto, para o controle eficiente desta planta daninha é necessário observar a época do ano e principalmente, o estágio de desenvolvimento em que se encontra.

Palavras-chave: 1. *Digitaria insularis*. 2. Desenvolvimento. 3. Área foliar. 4. Raízes. 5. Rizoma.

4.2 Introdução

Os estudos de crescimento de plantas têm sido frequentemente utilizados para o conhecimento da ecologia de diferentes espécies e para a análise comparativa entre

espécies daninhas e culturas. As taxas de crescimento podem refletir a habilidade e a hierarquia competitiva das espécies na comunidade vegetal, e a magnitude da taxa de crescimento relativo (TCR) pode refletir o tipo de ambiente de origem das plantas daninhas (CHRISTOFFOLETTI et al., 2001; DUNAN; ZIMDAHL, 1991; GRIME; HUNT, 1975; RADOSEVICH; HOLT, 1984; ROUSH; RADOSEVICH, 1985).

O crescimento vegetal remete ao aumento do volume e do número de células ou expansão celular, ou seja, mudanças quantitativas que são irreversíveis tais como: massa, tamanho ou volume. Assim sendo, a análise de crescimento consiste na medida sequencial do acúmulo de matéria seca na planta, considerando a produção de matéria seca e as condições morfológicas da planta em diferentes espaços de tempo, permitindo determinar o crescimento final da planta e a contribuição de cada órgão no crescimento total. Este método baseia-se, principalmente, na comprovação de que a maior parte da matéria seca acumulada durante o crescimento da planta (cerca de 90%) é resultado da atividade fotossintética. Essa técnica permite obter informações sem a necessidade de equipamentos sofisticados e caros, pois utiliza apenas a massa da matéria seca das plantas e a área das folhas que são responsáveis pela fotossíntese. Estes dois parâmetros são utilizados por representarem a “fábrica” (folha) e o “produto final” (matéria seca) (BARREIRO et al., 2006; BENINCASA, 2003; MARAFON, 2012; PEIXOTO, 2009; TAIZ; ZEIGER, 2013).

A estimativa do crescimento vegetal pode ser feita por meio de fórmulas matemáticas (cálculos de índices fisiológicos), a fim de verificar a contribuição de cada parte no desenvolvimento final das plantas. Geralmente estes cálculos são estimados com base na taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR), taxa de assimilação líquida (TAL), razão de área foliar (RAF) e razão de peso foliar (RPF) (FAQUIN, 2002; PORTES; CASTRO, 1991).

A análise de crescimento de plantas daninhas visa entender o comportamento e esquematizar estratégias de controle baseadas em seu desenvolvimento. Por este motivo, os estudos com análise de crescimento em plantas daninhas têm aumentado consideravelmente. O crescimento inicial de *D. insularis* é lento, até os 45 DAE, quando

a planta emite rizomas e acelera seu crescimento, o que dificulta seu controle. Em um estudo que comparou biótipos resistente e suscetível de *D. insularis*, observou-se que o biótipo resistente foi mais vigoroso, com sementes que apresentaram melhor germinação e emergência, fato que reforça a necessidade de controle inicial desta planta daninha. Assim, a análise de crescimento vegetal é uma ferramenta acessível e precisa para determinar todo o crescimento de plantas e a contribuição de cada processo fisiológico sobre o seu desempenho nas mais diversas condições ambientais e de tratos culturais (MARTINS, 2013; MACHADO et al., 2006; PEIXOTO, 2009).

Portanto, o estudo do comportamento biológico/ecológico das espécies daninhas é de extrema relevância, pois visa traçar estratégias de manejo, tendo em vista os diversos fatores que influenciam a probabilidade de infestação de uma área, como adaptabilidade ecológica e prolificidade de indivíduos, longevidade e dormência das sementes e de outros propágulos, frequência na utilização de herbicidas do mesmo mecanismo de ação e sua persistência, eficácia do herbicida e métodos adicionais empregados no controle das espécies daninhas (GRESSEL; SEGEL, 1990).

Diante do exposto, objetivou-se com o estudo verificar o comportamento biológico e ecológico de biótipos de capim-amargoso provenientes do Rio Grande do Sul, Paraná e Mato Grosso, através da análise de crescimento.

4.3 Material e Métodos

Para melhor analisar as diferenças de desenvolvimento, foram conduzidos dois experimentos em diferentes estações do ano. O primeiro experimento foi conduzido de novembro de 2018 a abril de 2019. Já o segundo experimento foi conduzido de agosto de 2019 a janeiro de 2020. Nas duas épocas foram analisados três biótipos oriundos do Rio Grande do Sul (Biótipo RS), do Paraná (Biótipo PR) e do Mato Grosso (Biótipo MT). A fim de verificar possíveis diferenças de desenvolvimento e adaptação entre eles.

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação na FAMV-UPF. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro repetições. Os

tratamentos foram constituídos por épocas de coletas das plantas, realizadas em intervalos regulares de sete dias, dos 14 aos 133 DAE (dias após a emergência das plantas), totalizando 18 tratamentos (14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70, 77, 84, 91, 98, 105, 112, 119, 126, 133).

As sementes dos biótipos estudados foram dispostas em bandejas de poliestireno expandido com 72 células preenchidas com substrato comercial do tipo Turfa Fértil[®], em 15 de novembro de 2018 e 20 de agosto de 2019. As bandejas foram mantidas em casa de vegetação com irrigação intermitente. As plântulas iniciaram a emergência 7 dias após a semeadura. Aos 7 dias após a emergência as plantas foram transplantadas para vasos plásticos com capacidade de 5,0 litros contendo uma mistura de substrato comercial do tipo Turfa Fértil[®] e solo oriundo da área experimental da FAMV/UPF, classificado como Latossolo Vermelho distrófico húmico, na proporção de 1:1. A mistura foi previamente adubada com 10 kg m⁻³ de fertilizante NPK na proporção de 8-28-16. As irrigações foram realizadas diariamente, mantendo-se o solo próximo a capacidade de campo. Além disso, foram realizadas quatro adubações complementares de cobertura ao longo do crescimento das plantas aos 35, 56, 77 e 98 DAE das plantas, sendo aplicados 15 mg de N, 5,0 mg de P₂O₅ e 10 mg de K₂O por vaso em cada adubação, conforme proposto por Machado et al. (2006).

Em cada coleta de plantas foram realizadas as avaliações não destrutivas, que consistiam na medição da altura da planta tomando por base a superfície do solo, até a altura da última folha totalmente expandida, em centímetros; estágio de desenvolvimento. Já nas análises destrutivas, as plantas foram separadas em colmo + bainha, folhas e rizoma + raízes. As folhas foram submetidas a avaliação da área foliar, através do medidor de área Li-cor Instruments (modelo LI 3100). Em seguida, a massa seca das diferentes partes foi determinada após secagem em estufa com ventilação forçada a 65°C, até massa constante. Cada parte da planta foi pesada em balança analítica (precisão de 0,001 g) e determinada a matéria seca de colmo + bainha (MSC), folhas (MSF) e raízes + rizoma (MSR). A matéria seca total (MST) foi obtida pela soma da matéria seca (g) de todas as partes da planta (MSC, MSF e MSR).

Com os valores de área foliar e massa acumulada foram determinadas, para cada época de avaliação, a taxa de crescimento absoluto (TCA), a taxa de crescimento relativo (TCR), taxa de assimilação líquida (TAL) e razão de área foliar (RAF), seguindo as fórmulas sugeridas por Benincasa (2003).

- Taxa de crescimento absoluto (TCA):

A TCA representa a variação de crescimento em um determinado intervalo de tempo; ou um incremento de matéria seca neste intervalo de tempo, sendo calculada pela fórmula apresentada na equação 2.

$$\text{Equação 2: } TCA = \frac{(P_n - P_{n-1})}{(T_n - T_{n-1})}, \text{ em g dia}^{-1}$$

- Taxa de crescimento relativo (TCR):

A TCR expressa o incremento na massa de matéria seca, por unidade de massa inicial, em um determinado intervalo de tempo, sendo calculado pela fórmula apresentada na equação 3.

$$\text{Equação 3: } TCR = \frac{(\ln P_n - \ln P_{n-1})}{(T_n - T_{n-1})}, \text{ em g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$$

Em que: $\ln P_n$ é o logaritmo neperiano da matéria seca acumulada até a avaliação n ; $\ln P_{n-1}$ é o logaritmo neperiano da matéria seca acumulada até a avaliação $n-1$; T_n é o número de dias após a emergência por ocasião da avaliação $n-1$.

- Taxa de assimilação líquida (TAL):

A TAL é a relação entre as biomassas secas produzidas por área foliar da planta, por um determinado intervalo de tempo, sendo calculada pela fórmula representada na equação 4.

$$\text{Equação 4: } TAL = \left[\frac{(P_n - P_{n-1})}{(T_n - T_{n-1})} \right] \cdot \left[\frac{(\ln A_n - \ln A_{n-1})}{(A_n - A_{n-1})} \right], \text{ em g g dia}^{-2}$$

Em que: A_n é a área foliar da planta por ocasião da avaliação n ; e A_{n-1} é a área foliar da planta por ocasião da avaliação $n-1$.

- Razão de área foliar (RAF):

A RAF representa a relação entre a área responsável pela realização de fotossíntese e a matéria seca total produzida, sendo calculada pela fórmula demonstrada na equação 5.

Equação 5: $RAF = \frac{A_n}{P_n}$, em cm^2/g

Em que: A_n é área foliar da planta por ocasião da avaliação n e P_n é a matéria seca acumulada até avaliação n .

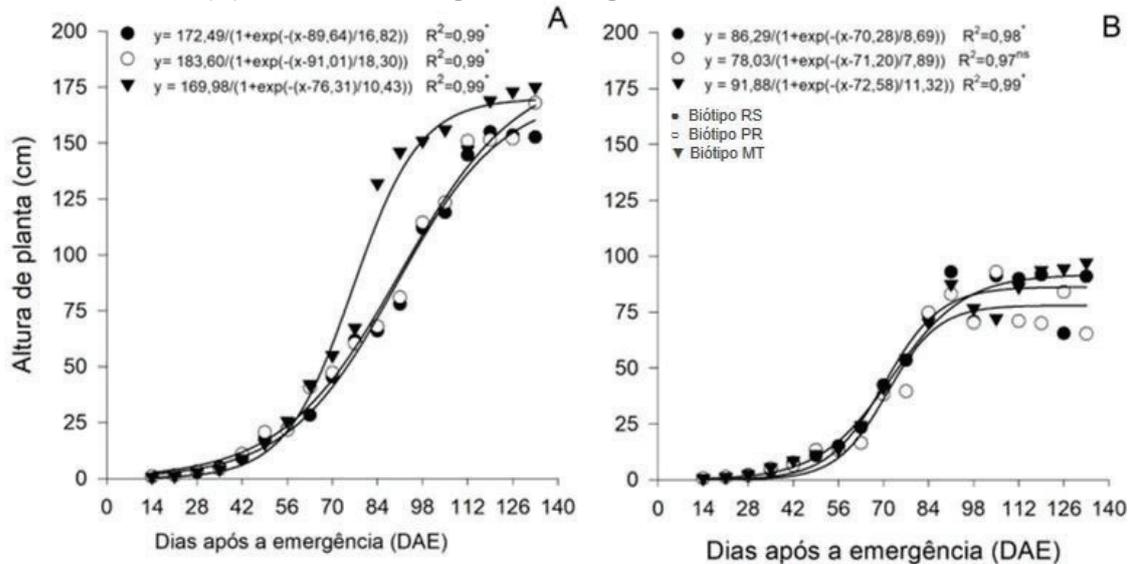
Os dados obtidos foram submetidos à análise de regressão e o modelo foi escolhido levando-se em consideração a lógica do fenômeno biológico, a significância da regressão e o valor do coeficiente de determinação.

4.4 Resultados e Discussão

A partir da análise de crescimento dos biótipos de Mato Grosso (MT), Rio Grande do Sul (RS) e do Paraná (PR) foi possível determinar que os rizomas surgem aos 28 dias após a emergência (DAE) das plantas, quando estas emergiram em agosto, e aos 45 DAE quando emergiram em novembro. Os biótipos também anteciparam o início do perfilhamento (35 DAE), quando emergiram em agosto. Além disso, o florescimento dos biótipos iniciou aos 63 DAE com emergência em agosto e aos 77 DAE com emergência em novembro, resultados que estão de acordo com os encontrados por Machado et al. (2006). Estes resultados comprovam que as estratégias de manejo desta planta daninha devem ser diferenciadas conforme o mês de sua emergência. Os biótipos resistentes têm desenvolvimento lento, desta maneira o manejo integrado pode ser uma ferramenta eficaz, pois as culturas de ciclo rápido conseguem se sobrepôr a estas plantas, evitando o uso de herbicidas e reduzindo a pressão de seleção (NUNES; TREZZI; DEBASTIANI, 2010).

De forma geral, as plantas apresentam desenvolvimento diferenciado em relação a sua emergência. As plantas de todos os biótipos apresentaram desenvolvimento superior quando emergiram em novembro, sendo que nos dois ciclos o biótipo do Mato Grosso foi o que exibiu maior altura de plantas (Figura 4A, 4B).

Figura 4 - Altura de planta de biótipos de *Digitaria insularis* L. do Paraná, Rio Grande do Sul e Mato Grosso ao longo da avaliação do experimento (A) ciclo com emergência em novembro e (B) ciclo com emergência em agosto. Passo Fundo, 2020.



Fonte: Dados do autor.

As plantas de capim-amargoso sofrem interferência quanto ao período do ano em que se desenvolvem, pois no inverno a maior parte das plantas não completa o ciclo de desenvolvimento, já no verão as plantas têm desenvolvimento acelerado. As plantas que exibem maior altura são mais competitivas na captação de energia luminosa, capacidade de sobrevivência e na disseminação de sementes. O aumento diferenciado da altura das plantas representa um fator de adaptação e competição futura com plantas próximas. Comportamento que pode ser observado em lavouras com infestação de capim-amargoso, assim que a invasora ultrapassa a cultura torna-se altamente competitiva. Esta adaptação é reforçada pela avaliação da altura de planta, pois esta espécie possuía entre 0,5 e 1,0 metro de altura (FERREIRA, 2016; LORENZI, 2008; MEROTTO JR. et al., 2002).

Em um estudo comparando peso de sementes e altura de plantas em relação a dispersão das sementes de 211 espécies, verificou-se que as plantas maiores tendem a

dispersar suas sementes a maiores distâncias, sendo superiores inclusive a plantas mais baixas e com sementes mais leves. Sabe-se que *D. insularis* apresenta elevada dispersão pelo vento (anemocoria), desta forma a altura das plantas pode facilitar ainda mais a dispersão desta espécie (THOMSOM et al., 2011).

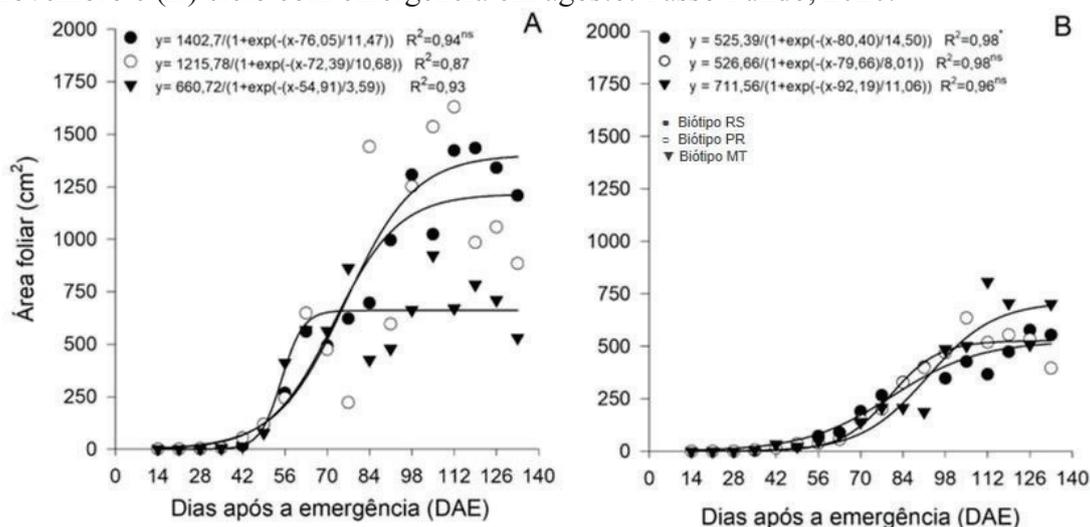
A área foliar dos biótipos do Rio Grande do Sul e do Paraná apresentou aumento considerável com emergência em novembro. Já o biótipo do Mato Grosso exibiu comportamento semelhante nos dois casos. A maior área foliar traz aos biótipos do RS e PR uma maior eficiência na captação de luz, o que influencia as características fisiológicas relacionadas a eficiência fotossintética, podendo torná-los mais competitivos. Como mostra o estudo com capim-arroz, onde o biótipo suscetível ao quinclorac em situação de competição severa por luz possuía aproximadamente 28 folhas a mais por planta em comparação com o biótipo resistente. Fato que não foi observado quando as plantas estavam livres de competição (Figura 5A e 5B) (CONCENÇO et al., 2008).

A área foliar máxima atingida pelos biótipos sofreu alterações devido ao ciclo. O biótipo do RS apresentou área foliar máxima, 1.908 cm², aos 98 DAE quando emergiu em novembro, e 577 cm² com emergência em agosto, sendo atingida somente aos 126 DAE. O biótipo do PR obteve 1.630 cm² de área foliar aos 105 DAE no ciclo com emergência em novembro, e apenas 554 cm² aos 112 DAE com emergência em agosto. Já o biótipo do MT exibiu 924 cm² aos 98 DAE no ciclo com emergência em novembro e 808 cm² com emergência em agosto, sendo o biótipo que demonstrou o comportamento mais semelhante entre os dois ciclos (Figura 5A e 5B).

A partir dos 126 DAE observa-se um decréscimo na área foliar dos biótipos nos dois ciclos avaliados, isso devido a senescência das plantas, o que acarreta na morte de folhas e conseqüentemente redução da área foliar. A paralização da área foliar do capim-amargoso ocorreu aos 65 dias após a semeadura (DAS) para o biótipo resistente, sendo que este apresentou a menor área foliar ao final das avaliações. Em uma análise de crescimento com biótipo resistente e suscetível de *D. insularis*, houve decréscimo na área foliar a partir dos 112 DAE, período marcado pelo início da senescência das plantas. Estas

constatações comprovam que há diferenças de comportamento entre as populações de diversas regiões do país (Figura 5) (MARTINS, 2013; PEREIRA, 2015).

Figura 5 - Área foliar de biótipos de *Digitaria insularis* L. do Paraná, Rio Grande do Sul e Mato Grosso ao longo da avaliação do experimento (A) ciclo com emergência em novembro e (B) ciclo com emergência em agosto. Passo Fundo, 2020.



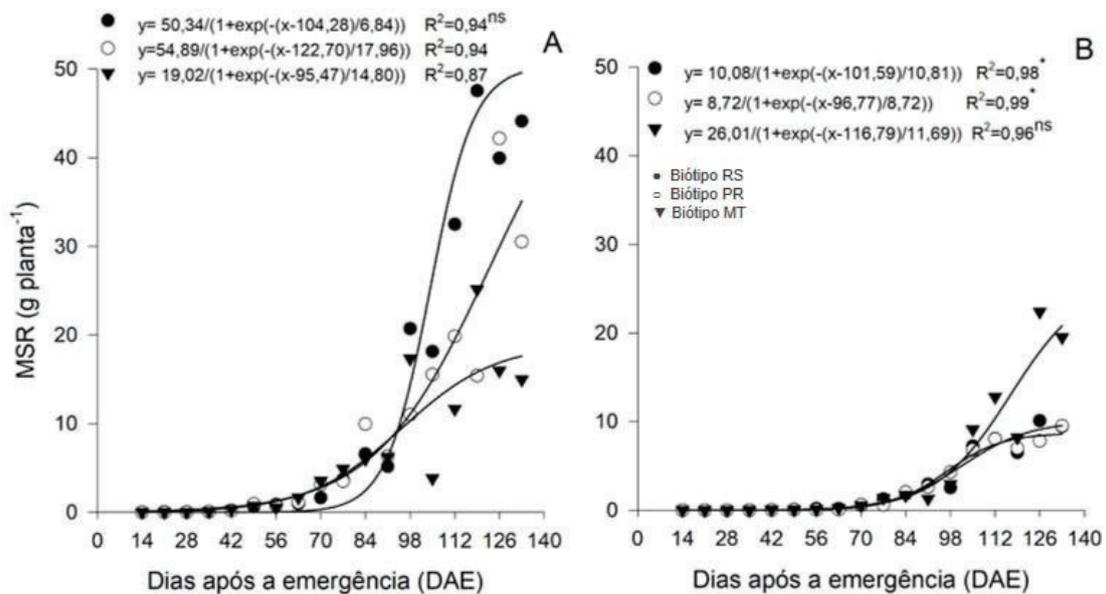
Fonte: Dados do autor.

Através da análise de biótipos de *Bidens pilosa* resistente e suscetível aos inibidores da aceto lactato sintase (ALS), constatou-se que a área foliar dos dois biótipos foi muito semelhante durante o ciclo, mesmo que as plantas suscetíveis tenham apresentado mais folhas no início do desenvolvimento. Situação semelhante foi observada em estudos com *D. insularis*, onde o biótipo resistente apresentou área foliar similar ao biótipo resistente, mesmo apresentando menor número de folhas. Todavia, em algumas espécies, como *Euphorbia heterophylla*, o biótipo resistente aos inibidores de ALS apresentou área foliar 13% maior em comparação com o biótipo suscetível (BRIGHENTI et al., 2001; CHRISTOFFOLETI, 2001).

Na avaliação de matéria seca das raízes e rizomas houve diferença entre os ciclos, sendo que com emergência em novembro a matéria seca obteve acréscimo para todos os biótipos a partir dos 49 DAE. Enquanto, com emergência em agosto esse acréscimo iniciou apenas aos 77 DAE. Vale ressaltar que durante as avaliações verificou-se que os rizomas surgiram já aos 28 DAE, divergindo dos resultados encontrados por Machado et

al. (2006). Essa diferença pode ser devido a adaptação das plantas, condições ambientais e condução do experimento (Figura 6A e 6B).

Figura 6 - Matéria seca das raízes e rizomas (MSR) de biótipos de *Digitaria insularis* L. do Paraná, Rio Grande do Sul e Mato Grosso ao longo da avaliação do experimento (A) ciclo com emergência em novembro e (B) ciclo com emergência em agosto. Passo Fundo, 2020.



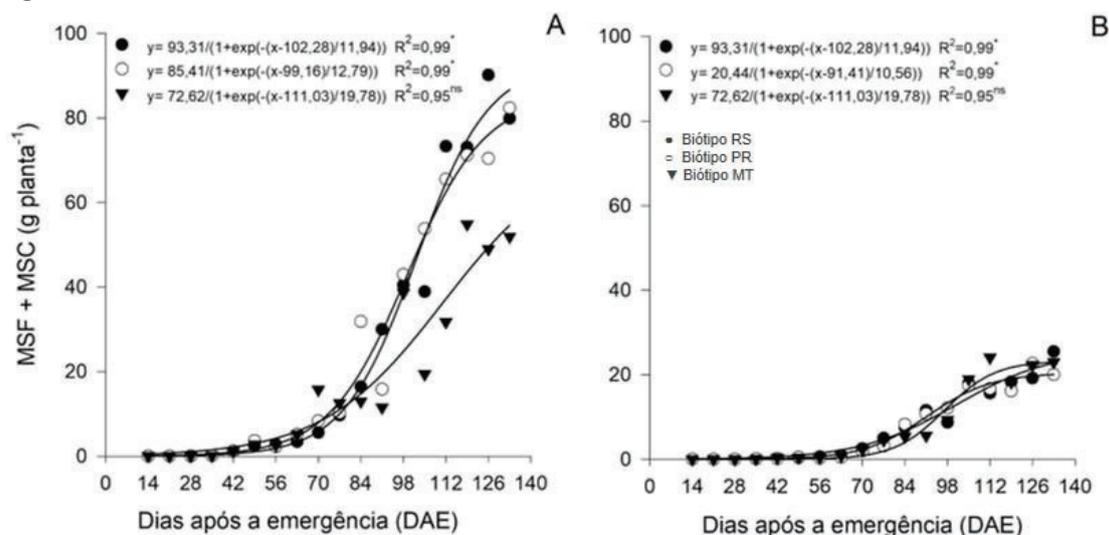
Fonte: Dados do autor.

A maior matéria seca das raízes e rizomas foi observada para o biótipo do RS no ciclo com emergência em novembro, 47,53 g de matéria seca aos 119 DAE. No ciclo com emergência em agosto o maior peso foi proporcionado pelo biótipo do Mato Grosso, 22,41 g, também aos 119 DAE. Isso mostra que há maior incremento na formação das raízes durante o estágio reprodutivo, o que leva a crer que há acúmulo de reservas neste período a fim de garantir o rebrote e consequente perpetuação da espécie.

No que diz respeito a avaliação de matéria seca da parte aérea das plantas, a matéria seca das folhas e do colmo foram somadas em cada um dos períodos avaliados. A matéria seca de folhas e colmo apresentou incremento a partir dos 49 DAE com emergência em novembro, e após 70 dias de emergência no ciclo com emergência em agosto. O biótipo do RS apresentou o maior incremento na matéria seca de folhas e colmo,

sendo 90,16 g quando emergiu em novembro e 25,46 g quando emergiu em agosto, contudo este peso foi atingido aos 126 e 133 DAE, respectivamente (Figura 7).

Figura 7 - Matéria seca de folhas e colmo (MSF + MSC) de biótipos de *Digitaria insularis* L. do Paraná, Rio Grande do Sul e Mato Grosso ao longo da avaliação do experimento (A) ciclo com emergência em novembro e (B) ciclo com emergência em agosto. Passo Fundo, 2020.



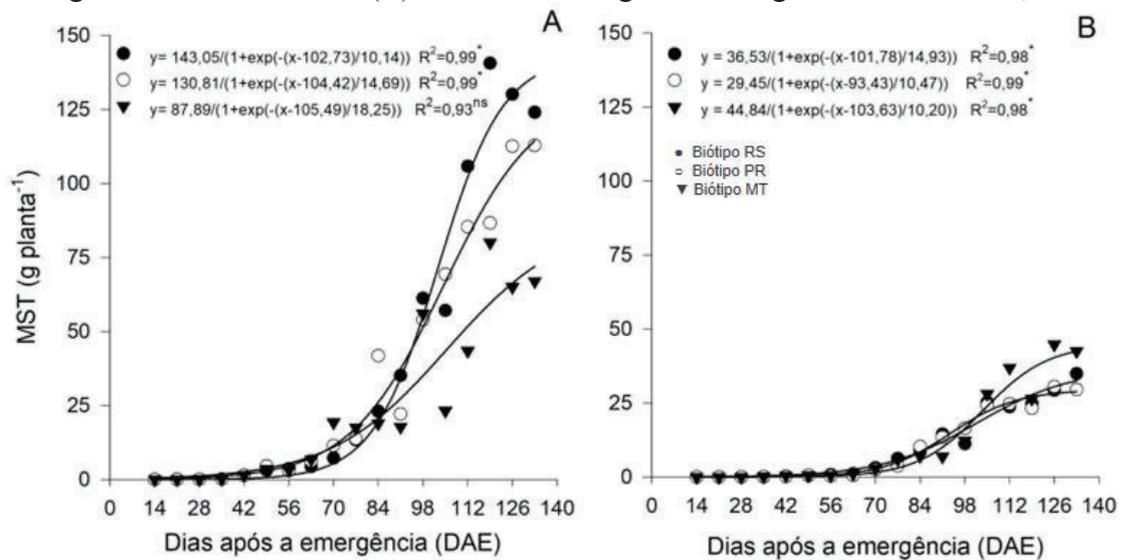
Fonte: Dados do autor.

Os biótipos avaliados apresentaram redução significativa na matéria seca de folhas e colmo quando emergiram em agosto. Resultados semelhantes aos encontrados por Ferreira (2016), que também observou maior acúmulo de matéria seca de folhas, colmo e raízes no período verão/outono. As folhas são os principais órgãos fotossintetizantes da planta, colaborando assim para o acúmulo de matéria seca da planta. Por outro lado, o colmo representa 60% da matéria seca da parte aérea de *D. insularis* (HUANG et al., 2011; PEREIRA, 2015).

Machado et al. (2006) conduziu as avaliações da análise de crescimento de *D. insularis* até 112 DAE, e verificou o acúmulo máximo de matéria seca total aos 105 DAE, apresentando o total de 30,66 g por planta. Já Melo et al. (2010) observou valores próximos a estes aos 60 DAE. Entretanto, Pereira (2015) analisando biótipos resistente e suscetível ao glifosato, encontrou matéria seca total de 71,58 g e 69,25 g, respectivamente aos 112 DAE. Estes valores diferem dos observados neste estudo, onde o maior acúmulo de matéria seca total ocorreu aos 119 DAE no ciclo com emergência em novembro, sendo

que o biótipo do RS obteve 140,63 g de matéria seca total. Enquanto que no ciclo com emergência em agosto o biótipo do Mato Grosso proporcionou maior incremento de matéria seca total, 44,74 g. Estas diferenças podem ser atribuídas a região do estudo e as condições aplicadas ao longo do experimento, como o tamanho do vaso do experimento. Ou ainda outros fatores, como a temperatura, podem influenciar no comportamento diferenciado dos biótipos por se tratar de regiões diferentes do país (Figura 8) (GAZZIERO et al., 2012).

Figura 8 - Matéria seca total (MST) de biótipos de *Digitaria insularis* L. do Paraná, Rio Grande do Sul e Mato Grosso ao longo da avaliação do experimento (A) ciclo com emergência em novembro e (B) ciclo com emergência em agosto. Passo Fundo, 2020.

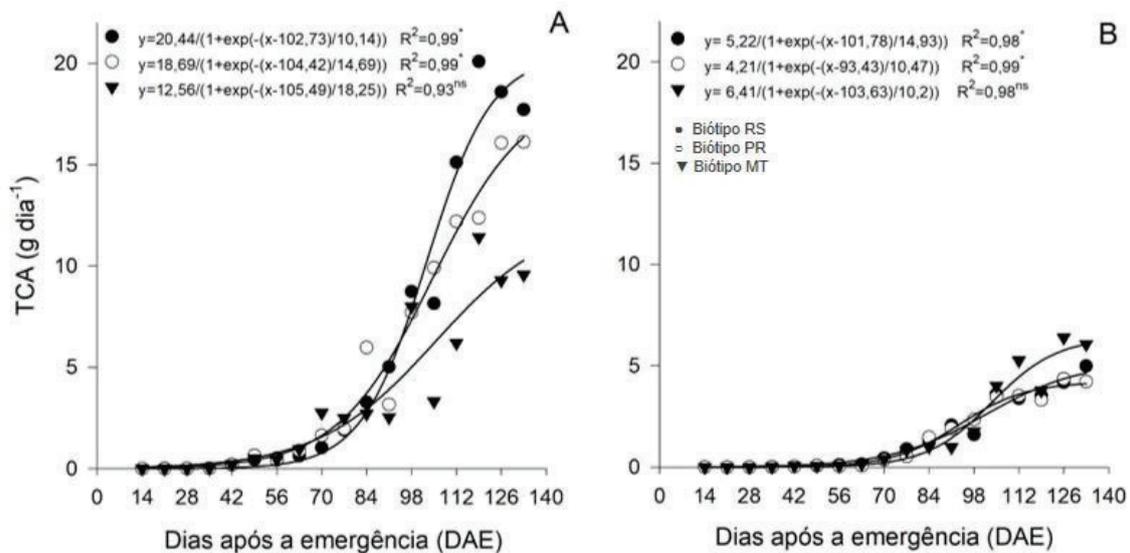


Fonte: Dados do autor.

A taxa de crescimento absoluto (TCA) fornece uma estimativa da velocidade de crescimento das plantas ao longo do ciclo de desenvolvimento. Nos dois ciclos avaliados a TCA permaneceu próximo a zero no período inicial de desenvolvimento, sendo que para a emergência em novembro o incremento da TCA iniciou aos 49 DAE e para a emergência em agosto começou aos 77 DAE. Demonstrando que a capacidade competitiva inicial de *D. insularis* é baixa. Os biótipos apresentaram comportamento diferenciado, sendo que na emergência em agosto o biótipo do Mato Grosso demonstrou a maior TCA ao final das avaliações, enquanto que com emergência em novembro foi o biótipo do RS que apresentou a maior TCA. Todavia, é importante ressaltar que todos os biótipos obtiveram maior TCA no ciclo com emergência em novembro, mostrando que

esta espécie é mais competitiva nas culturas de verão, pois espécies com elevada TCA podem levar vantagem competitiva, em virtude da ocupação rápida de um espaço amplo (Figuras 9A e 9B) (AGUILERA; FERREIRA; CECON, 2004; VIDAL; TREZZI, 2000).

Figura 9 - Taxa de crescimento absoluto (TCA) de biótipos de *Digitaria insularis* L. do Paraná, Rio Grande do Sul e Mato Grosso ao longo da avaliação do experimento (A) ciclo com emergência em novembro e (B) ciclo com emergência em agosto. Passo Fundo, 2020.



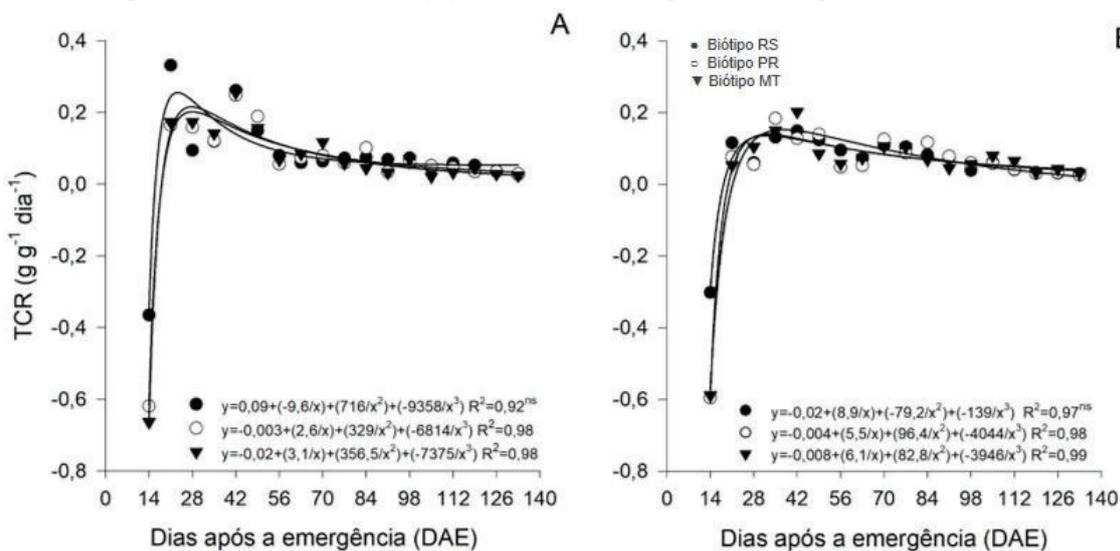
Fonte: Dados do autor.

A taxa de crescimento relativo (TCR) é considerado o índice de eficiência da planta, pois, por meio dele, é possível ter uma ideia da quantidade diária de matéria seca produzida por grama de biomassa da planta. Inicialmente os biótipos obtiveram TCR negativa, para os dois ciclos avaliados, demonstrando aumento a partir dos 28 DAE e mantendo-se constante ao longo das avaliações. Os biótipos resistentes de *D. insularis* apresentam TCR inicial 15% maior em relação a biótipos suscetíveis, e ainda atingem o máximo crescimento mais rapidamente. Esta é uma característica evolutiva desenvolvida por biótipos resistentes para dominar o ambiente e perpetuar a espécie (Figuras 10A e 10B) (CHRISTOFFOLETI, 2001; MARTINS, 2013; PEREIRA, 2015).

As gramíneas tendem a apresentar alta taxa de crescimento relativo nos estádios iniciais de desenvolvimento, o que resulta em rápida absorção de nutrientes em ambientes sem limitações. Durante suas avaliações de crescimento de *D. ciliares* e *D. nuda* pertencentes ao gênero *Digitaria*, verificou-se que a TCR inicial de *D. ciliares* foi

determinante para um maior acúmulo de matéria seca por esta planta. Fato que não foi observado neste estudo, já que a TCR foi constante durante todo o ciclo e a matéria seca apresentou diferenças tanto entre os biótipos, quanto para os ciclos. Em capim-amargoso é possível observar TCR constante a partir de 28 DAE, porém geralmente as plantas apresentam TCR inicial elevada (FERREIRA, 2016; JAMES et al., 2011; SOUZA et al., 2012).

Figura 10 - Taxa de crescimento relativo (TCR) de biótipos de *Digitaria insularis* L. do Paraná, Rio Grande do Sul e Mato Grosso ao longo da avaliação do experimento (A) ciclo com emergência em novembro e (B) ciclo com emergência em agosto. Passo Fundo, 2020.



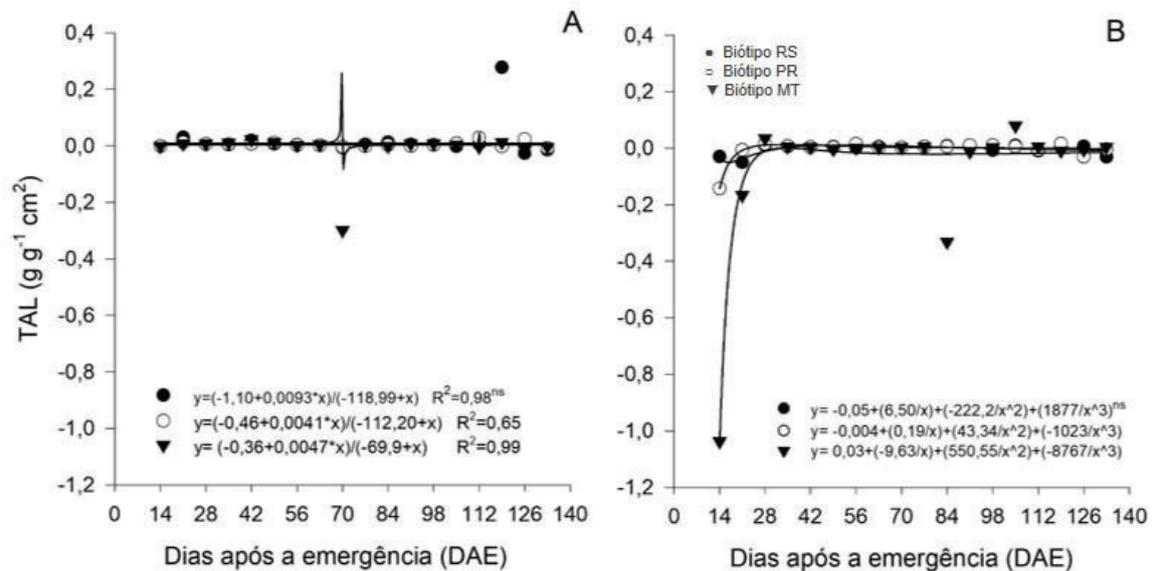
Fonte: Dados do autor.

Com o crescimento das plantas, há um aumento de matéria seca das mesmas, havendo conseqüentemente uma necessidade de mais fotoassimilados, desta forma, a quantidade de fotoassimilados disponível ao crescimento tende a ser menor, logo a TCR é decrescente com o tempo. Assim, a TCR decresce naturalmente ao longo da ontogenia da planta, devido ao processo resultante do aumento da proporção de tecidos não fotossintetizantes (BENINCASA, 2003; REYES-CUESTA et al., 1995).

Para a taxa de assimilação líquida (TAL), quanto menor o seu valor, maior é a competitividade da espécie. Neste estudo, para os três biótipos e nos dois ciclos avaliados a TAL manteve-se constante, próximo a zero, indicando que nenhum dos biótipos é mais competitivo em relação aos outros, sendo possível afirmar que estes biótipos estão

adaptados ao local. A TAL é o parâmetro mais representativo da eficiência de uma planta, por representar um índice de crescimento da planta, independentemente de seu tamanho, e quanto maior o valor, mais competitivo será o biótipo (Figura 11) (CHRISTOFFOLETI, 2001).

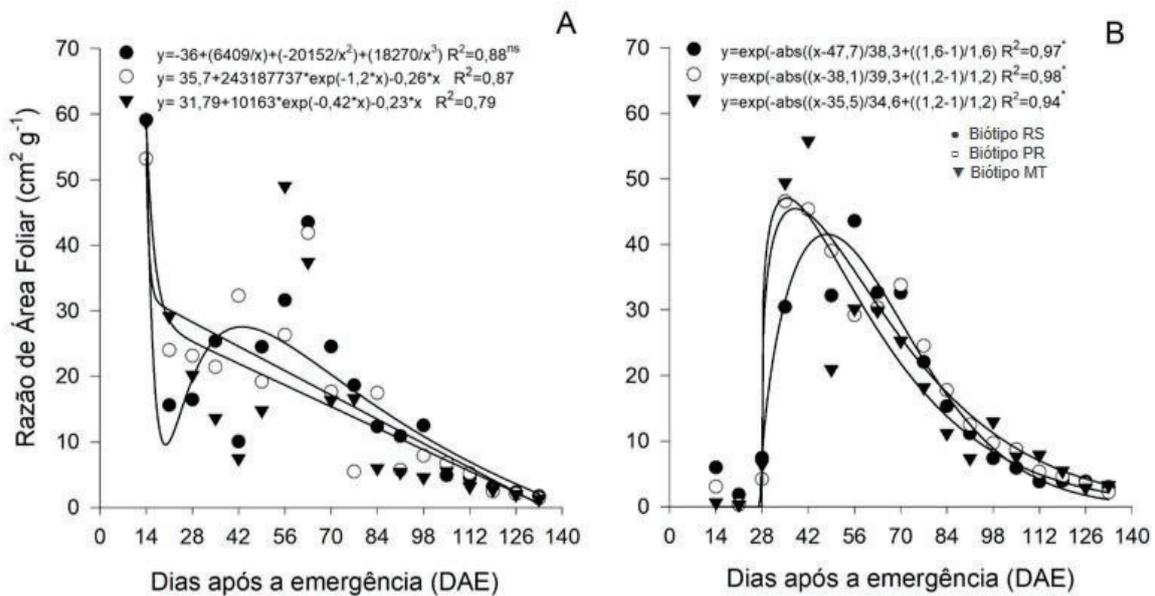
Figura 11 - Taxa de assimilação líquida (TAL) de biótipos de *Digitaria insularis* L. do Paraná, Rio Grande do Sul e Mato Grosso ao longo da avaliação do experimento (A) ciclo com emergência em novembro e (B) ciclo com emergência em agosto. Passo Fundo, 2020.



Fonte: Dados do autor.

A razão de área foliar (RAF) representa a área foliar em uso pela planta para produzir um grama de matéria seca. Quanto maior o seu valor, menor é a competitividade da espécie. Os biótipos apresentaram comportamento diferenciado em função do ciclo do estudo. No ciclo com emergência em novembro os biótipos obtiveram elevada RAF na fase inicial, até 28 DAE, demonstrando uma leve redução em cada avaliação até 133 DAE. Já no ciclo com emergência em agosto os biótipos apresentaram RAF próxima a zero até 28 DAE, ocorrendo um aumento acentuado até os 58 DAE, e posteriormente redução semanal até o final das avaliações. Normalmente, a RAF reduz com o avanço da idade devido às variações fonte/dreno (Figura 12) (ANDRADE et al., 2005; LOPES et al., 2013; MARTINS, 2013).

Figura 12 - Razão de área foliar (RAF) de biótipos de *Digitaria insularis* L. do Paraná, Rio Grande do Sul e Mato Grosso ao longo da avaliação do experimento (A) ciclo com emergência em novembro e (B) ciclo com emergência em agosto. Passo Fundo, 2020.



Fonte: Dados do autor.

O decréscimo nos fotoassimilados de capim-elefante é devido ao desenvolvimento de órgãos não fotossintetizantes como colmos, bainha e raiz, tornando-a mais ineficiente já que a massa total aumenta e a capacidade fotossintética varia pouco. Comportamento observado para o capim-amargoso neste experimento. É importante destacar que, em diferentes condições de desenvolvimento, ou em condições naturais, outros atributos da planta e a interação entre fatores ecológicos (bióticos e abióticos) podem influenciar a capacidade competitiva das espécies (ANDRADE et al., 2005; ROUSH; RADOSEVICH, 1985).

De maneira geral, o capim-amargoso foi mais agressivo no ciclo com emergência em novembro, apresentando plantas maiores, com maior matéria seca tanto de raízes, quanto de parte aérea. Isso devido a incidência da radiação solar ser maior no verão, favorecendo o desenvolvimento de plantas com metabolismo C4, como o capim-amargoso. Todos os biótipos testados mostraram capacidade de desenvolvimento nos dois ciclos avaliados. O desenvolvimento de capim-amargoso foi mais acelerado quando emergiu em agosto, ocorrendo a antecipação do início dos estádios de desenvolvimento em comparação a emergência em novembro. Esta pode ser a causa de plantas menores e

com menor matéria seca neste ciclo. O biótipo do RS é mais vigoroso, pois apresenta maior matéria seca de raízes e parte aérea, o que pode indicar que este biótipo apresenta maior número de perfilhos e rizomas. Todavia, neste estudo estes atributos não foram avaliados. Por outro lado, o biótipo do Mato Grosso apresenta desenvolvimento semelhante nos dois ciclos, indicando maior adaptação as alterações climáticas.

Portanto, fica evidenciada a importância da utilização de estratégias de manejo integrado de plantas daninhas, a fim de evitar a competição no desenvolvimento e manejo das culturas, e a seleção de biótipos resistentes aos herbicidas de modo a aumentar a vida útil destes produtos (CARVALHO et al., 2011; NORWORTHY et al., 2012).

4.5 Conclusões

Os biótipos de capim-amargoso testados apresentam maior incremento de matéria seca de parte aérea e raízes quando emergem em novembro. No ciclo com emergência em agosto os estádios de desenvolvimento tem seu início antecipado. O biótipo do RS apresenta plantas mais vigorosas quando emerge em novembro. Já o biótipo do Mato Grosso apresenta desenvolvimento semelhante nos dois ciclos, sendo mais adaptado as alterações climáticas.

5 CAPÍTULO III

Alternativas de controle de capim-amargoso em pré e pós-emergência.

5.1 Resumo

Nas áreas de cultivo de soja as mais diversas espécies de plantas daninhas estão presentes, entretanto o capim-amargoso merece destaque devido ao elevado potencial competitivo. Em áreas de cultivo de soja RR, o controle de plantas daninhas é realizado basicamente com glifosato, o que ocasionou a seleção de biótipos resistentes de *D. insularis*. Diante desta problemática, são necessárias alternativas de controle para esta invasora. Foram realizados dois experimentos isolados a fim de buscar alternativas para o controle em pré e pós-emergência de capim-amargoso. Os herbicidas pré-emergentes S-metolachloro (960 g i.a/ha), trifluralina (1.335 g i.a/ha), imazethapyr (100 g ea/ha), diclosulan (25,2 g i.a/ha), imazapic+imazapyr (78,75 + 26,25 g i.a/ha), clomazone (800 g i.a/ha), imazethapyr+flumioxazin (100 + 50 g i.a/ha), flumioxazin (50 g i.a/ha), piroxasulfone (100 g i.a/ha) e uma testemunha sem aplicação foram testados quanto ao controle em pré-emergência de capim-amargoso e injúrias a soja. Para tanto, foram realizados experimentos a campo em Paraíso do Sul – RS, e em casa de vegetação em Passo Fundo - RS. As avaliações do experimento a campo consistiram no controle visual aos 7, 35 e 50 DAA dos herbicidas, contagem de plântulas de soja e fitotoxicidade aos 7 DAA. Já nos experimentos em casa de vegetação foram realizadas avaliações de controle aos 7, 35 e 50 DAA e matéria seca aos 50 DAA dos herbicidas. Da mesma maneira, os herbicidas haloxyfop-metílico (156,6 g i.a/ha), imazapic+imazapyr (78,75 + 26,25 g i.a/ha), clethodim (108 g i.a/ha) e uma testemunha sem aplicação foram testados quanto a sua eficiência no controle de capim-amargoso em diferentes estádios de desenvolvimento. Para tanto, foram realizadas sementeiras de capim-amargoso em 5 períodos distintos, com intervalos de 20 dias entre eles. As avaliações consistiram em controle visual e redução da estatura das plantas aos 7, 14, 21 e 35 DAA, e matéria seca aos 35 DAA. Os resultados das avaliações demonstraram que os herbicidas S-metolachloro, imazapic+imazapyr, clomazone e imazethapyr+flumioxazin são alternativas de controle de capim-amargoso em pré-emergência, sem causar injúrias à cultura da soja. Em pós-emergência os herbicidas clethodim e haloxyfop-metílico são alternativas de controle para plantas em estágio de 3 a 4 folhas, sendo este o melhor período para a realização de controle químico. Aos 40 dias após a sementeira apenas o herbicida haloxyfop proporcionou controle eficiente. Em plantas de capim-amargoso perenizadas os herbicidas testados isoladamente não foram eficientes.

Palavras-chave: 1. *Digitaria insularis*. 2. Herbicidas. 3. Controle. 4. *Glycine max*. 5. Resistência.

5.2 Introdução

As espécies de plantas daninhas que infestam as áreas de cultivo de soja são diversificadas, contudo o capim-amargoso recebe destaque devido ao elevado potencial competitivo, chegando a ocasionar 44% de perda no rendimento da soja. Sua distribuição nas regiões produtoras do Brasil e o aumento da população de biótipos resistentes ao glifosato são fatores que elevam sua importância como planta daninha. Além disso, sua rápida adaptação permite sua sobrevivência em diferentes condições ambientais, limitando o crescimento de outras espécies (GAZZIERO et al., 2012; LOPEZ-OVEJERO et al., 2017; SILVEIRA et al., 2018).

O advento e a ampla adoção de culturas geneticamente modificadas conduziram a uma nova revolução na agricultura, a qual passou a utilizar o glifosato como principal ferramenta de manejo de plantas daninhas, devido ao seu baixo custo, amplo espectro de ação em pós-emergência e em diversos sistemas de produção. Todavia, o aumento no número de aplicações intensificou a pressão de seleção de biótipos resistentes (HEAP, 2020; IKEDA, 2013; MELO et al., 2017; POWLES; YU, 2010).

Além do glifosato, o controle químico de capim-amargoso conta com poucas opções de herbicidas. O uso de herbicidas de contato, como o paraquat, é dificultado devido à formação de densas touceiras que impedem que o herbicida atinja a planta toda, resultando em rebrote. Desta forma, restam poucas opções de herbicidas recomendados para o controle de *D. insularis*. A maior parte tem ação sistêmica e pertencem aos inibidores de ACCase, síntese de carotenoides e EPSPS, fator que restringe a rotação de uso de herbicidas em pós-emergência. Sendo que, apenas o glifosato é recomendado para uso em estádios avançados de desenvolvimento da planta. Estudos mostram que a utilização de clethodim, fluazifop, tepraloxymidim, haloxyfop e paraquat resultam em controles superiores a 90%. Todavia, em plantas adultas o controle cai para 50% devido ao rebrote, demonstrando que o controle de *D. insularis* perenizado é mais difícil. Portanto, faz-se necessário identificar moléculas disponíveis no mercado que auxiliem no controle de capim-amargoso em pré e pós-emergência (ADEGAS et al., 2010;

FORNAROLLI et al., 1998; MELO et al., 2010; PROCÓPIO et al., 2006; RODRIGUES; ALMEIDA, 2011).

Os herbicidas pertencentes ao grupo dos inibidores de Acetil Coenzima-A Carboxilase (ACCase) apresentam como características ação em pós-emergência, seletividade a dicotiledôneas como a soja, e elevada eficiência no controle de gramíneas. Já os herbicidas inibidores da aceto lactato sintase (ALS) são amplamente usados devido a eficiência em baixas doses e a alta seletividade apresentada pela maioria do grupo. Essa seletividade se deve a capacidade das espécies em metabolizar os herbicidas a metabólitos não tóxicos. Desta maneira, os herbicidas deste grupo controlam plantas daninhas de folhas largas e algumas espécies de folhas estreitas (OLIVEIRA JR. 2011).

Outra alternativa de controle de *D. insularis* são os herbicidas pré-emergentes. Estes herbicidas atuam na germinação das plantas daninhas sem causar prejuízos à cultura de interesse. Os pré-emergentes possuem atividade residual, suprimindo novos fluxos de emergência das invasoras, permitindo que a cultura se estabeleça no limpo, prevenindo a interferência precoce, até que outra forma de controle seja adotada.

Diante dos problemas causados pelo capim-amargoso nas lavouras de soja, faz-se necessário encontrar alternativas eficazes de controle, bem como estabelecer o melhor momento para a aplicação dos herbicidas. Assim, objetivou-se com o estudo verificar a eficiência de herbicidas pré-emergentes no controle de capim-amargoso; e determinar a eficiência e o estágio de desenvolvimento para a aplicação de herbicidas em pós-emergência do capim-amargoso.

5.3 Material e Métodos

A fim de melhor detalhar a metodologia empregada e os resultados encontrados, os experimentos de pré e pós-emergência foram separados nos itens que seguem.

5.3.1 Herbicidas pré-emergentes como alternativa de controle para capim-amargoso

Para o estudo com os herbicidas pré-emergentes foram realizados três experimentos. O primeiro experimento foi conduzido a campo no município de Paraíso do Sul (RS) (Coordenadas: -29,7587860, -53,0707400) em área com alta infestação de capim-amargoso e com elevado banco de sementes. Os outros dois experimentos foram realizados em casa de vegetação no Centro de Extensão e Pesquisa Agropecuária (CEPAGRO) da FAMV-UPF, em Passo Fundo (RS).

O experimento a campo foi realizado no período de outubro de 2018 a março de 2019, com delineamento experimental de blocos ao acaso com quatro repetições. Antes da implantação do experimento, foi realizada uma coleta de solo para a análise física (Figura 14). A área foi dessecada 30 dias antes da semeadura com uma mistura dos herbicidas glifosato (960 g ea/ha), 2,4-D (1.209 g ia/ha), e saflufenacil (0,035 g ia/ha). Foi realizada uma dessecação complementar 7 dias antes da semeadura com paraquat (400 g ia/ha). No momento da implantação do experimento haviam touceiras adultas de capim-amargoso, que não foram consideradas nas avaliações de controle. Os tratamentos consistiram em nove herbicidas de ação pré-emergente e uma testemunha sem aplicação, totalizando 10 tratamentos (Tabela 3). A aplicação dos herbicidas e a semeadura da soja ocorreram em 26 de novembro de 2018. A cultivar utilizada foi a Pioneer[®] 95Y72, com recomendação da obtentora para semeadura de outubro a dezembro na região. A pulverização foi realizada com pulverizador costal de precisão, equipado com pontas de jato plano XR 11002, na altura de 50 cm acima do alvo com volume de aplicação de 200 L ha⁻¹. Cada parcela possuía área de 15 m², sendo 3,0 m de largura e 5,0 m de comprimento, com três linhas de soja em cada.

A avaliação visual de controle foi realizada aos 14; 35 e 50 dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas. Para tanto, foi utilizado como base a escala percentual, em que a nota 0% corresponde a nenhum efeito do herbicida e 100% corresponde a morte total das plantas daninhas. A escala percentual também foi utilizada para avaliar a possível fitotoxicidade causada pelos herbicidas na soja, onde 0% correspondeu a nenhum dano

causado pelo herbicida e 100% a morte total da soja. Além disso, aos 14 dias após a aplicação foi realizada a contagem de plântulas de soja emergidas.

Tabela 3 - Herbicidas pré-emergentes utilizados para o controle de capim-amargoso. Passo Fundo, 2020.

	Herbicidas	Produto comercial (p.c.)	Dose (g ou L/ha de p.c.)	Dose (g ia. ou ea/ha)
1	Testemunha (sem aplicação)	-	-	-
2	S-metolachloro	Dual Gold [®]	2,0	960
3	Trifluralina	Trifluralina [®]	3,0	1.335
4	Imazethapyr	Pivot [®]	1,0	100
5	Diclosulan	Spider [®]	30	25,2
6	Imazapic + Imazapyr	Amplexus [®]	150	78,75 + 26,25
7	Clomazone	Gamit [®]	1,6	800
8	Imazethapyr + Flumioxazin	Zetamaxx [®]	0,5	100 + 50
9	Flumioxazin	Flumyzin 500 [®]	100	50
10	Piroxasulfone	Yamato [®]	0,2	100

Para os experimentos em casa de vegetação foram utilizadas como unidade experimental vasos do tipo floreira com dimensões de 45 cm de comprimento, 22 cm de largura e 16 cm de altura. Os vasos foram preenchidos com uma mistura de substrato comercial do tipo Turfa Fértil[®] e solo oriundo da área experimental da FAMV/UPF, classificado como Latossolo Vermelho distrófico húmico, na proporção de 1:1. Uma amostra foi retirada da mistura para a análise física (Tabela 4). Em cada vaso foram semeadas 100 sementes de capim-amargoso, provenientes das margens da área experimental em Paraíso do Sul.

Tabela 4 - Herbicidas pré-emergentes utilizados para o controle de capim-amargoso. Passo Fundo, 2020.

Local	% Argila	% Silte	% Areia
Paraíso do Sul	20	10	70
Passo Fundo	22,50	17,50	60

As semeaduras e aplicação dos herbicidas foram realizadas em 02 de abril de 2019 e 21 de agosto de 2019. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com 4 repetições e 10 tratamentos, conforme a Tabela 3. Os vasos encontravam-se úmidos no momento da aplicação e foram mantidos sem irrigação por 24 horas. Passado esse período os vasos foram irrigados através de aspersão de 15 minutos diariamente. As avaliações

de controle foram realizadas aos 14, 35 e 50 DAA dos herbicidas, segundo a metodologia descrita acima. Além desta avaliação, para o último período de semeadura, foi realizada a quantificação da matéria seca presente em cada unidade experimental aos 50 DAA, através da coleta e secagem da parte aérea das plantas em estufa com ventilação forçada a 65°C, até massa constante.

Os dados adquiridos nos três experimentos foram submetidos a análise de variância e testados pelo teste F a 5% de probabilidade. Quando houve significância, foram submetidos ao teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

5.3.2 Herbicidas pós-emergentes e estágio de aplicação para o controle de capim-amargoso

O experimento foi realizado em casa de vegetação no Centro de Extensão e Pesquisa Agropecuária (CEPAGRO) da FAMV-UPF, em Passo Fundo (RS). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com arranjo fatorial e quatro repetições, sendo que os fatores consistiram nos estádios de desenvolvimento do capim-amargoso e os tratamentos herbicidas. Para contemplar diferentes estádios de desenvolvimento, o capim-amargoso foi semeado de 20 em 20 dias totalizando 5 períodos de semeadura. Já os tratamentos herbicidas foram haloxyfop-P-metílico (Verdict max[®]) na dose de 156,6 g i.a/ha; imazapic + imazapyr (Amplexus[®]) na dose de 78,75 g i.a/ha + 26,25 g i.a/ha, clethodim (Poquer[®]) na dose de 108 g i.a/ha e uma testemunha sem aplicação.

As unidades experimentais consistiram em vasos com capacidade de 10 L (31 cm x 28 cm). Os vasos foram preenchidos com uma mistura de substrato comercial do tipo turfa fértil[®] e solo oriundo da área experimental da FAMV/UPF, classificado como Latossolo Vermelho distrófico húmico, na proporção de 1:1. Em cada vaso foram semeadas sementes de capim-amargoso, provenientes das margens da área experimental em Paraíso do Sul. As semeaduras ocorreram em 21/08/19, 10/09/19, 30/09/19, 20/10/19 e 09/11/19. Os vasos permaneceram sob irrigação intermitente. Após a emergência das plantas em cada período, foi realizado o desbaste mantendo-se quatro plantas por vaso. Os herbicidas foram aplicados 20 dias após a semeadura do último período, em 30 de

novembro de 2019. A pulverização foi realizada com pulverizador costal de precisão, equipado com pontas de jato plano XR 11002, na altura de 50 cm acima do alvo com volume de aplicação de 200 L/ha.

Desta forma, no momento das aplicações as plantas estavam com 100 dias após a semeadura (DAS), 80 DAS, 60 DAS, 40 DAS e 20 DAS, sendo que a média da altura de plantas era de 81,55 cm, 69,95 cm, 57,18 cm, 26,85 cm e 6,39 cm, respectivamente. Assim, aos 100 DAS, o capim-amargoso encontrava-se em florescimento pleno; aos 80 DAS as plantas estavam iniciando o florescimento; aos 60 DAS encontravam-se no estágio de alongamento; aos 40 DAS as plantas estavam em perfilhamento pleno; e aos 20 DAS no estágio de 3 a 4 folhas, estágio considerado ideal para o controle eficiente de plantas daninhas (Figura 13).

Figura 13 - Estádio de desenvolvimento das plantas no momento da aplicação dos tratamentos. Passo Fundo, 2020.



Planta 1: 100 DAS (81,55 cm); Planta 2: 80 DAS (69,95 cm); Planta 3: 60 DAS (57,18 cm); Planta 4: 40 DAS (26,85 cm); Planta 5: 20 DAS (6,39 cm).

Fonte: Fotos do autor.

As avaliações de controle foram realizadas aos 7, 14, 21 e 35 dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas. Para tanto, utilizou-se a escala visual onde 0% corresponde a nenhum efeito do herbicida sobre as plantas e 100% significa a morte total da planta. Também foi avaliada a redução de porte através da medição das plantas aos 7, 14, 21 e

35 DAA. Aos 35 DAA dos herbicidas as plantas de cada unidade experimental foram coletadas e secadas em estufa com ventilação forçada a 65°C até massa constante, para a obtenção da matéria seca.

Os dados obtidos no experimento foram submetidos a análise de variância e testados pelo teste F a 5% de probabilidade. Quando houve significância, foram submetidos ao teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

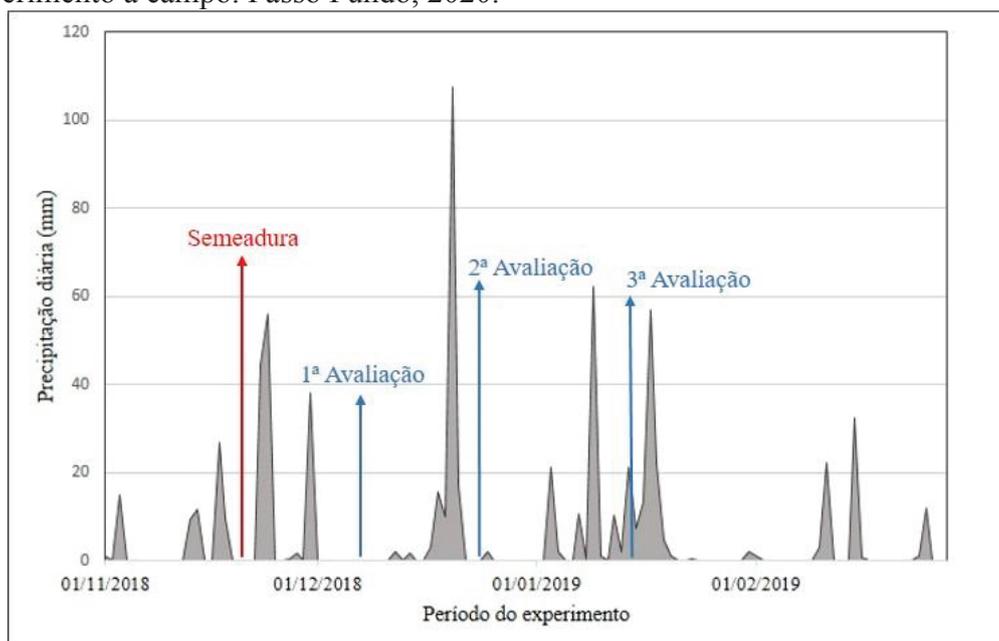
5.4 Resultados e Discussão

5.4.1 Herbicidas pré-emergentes como alternativa de controle para capim-amargoso

Para melhor compreensão dos resultados do experimento a campo, a Figura 14 traz os dados de precipitação no período do experimento, obtidos pela estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2020) em Santa Maria. Esta estação é a mais próxima a Paraíso do Sul, sendo que está localizada a 150 Km da área experimental.

Aos 35 e 50 DAA todos os herbicidas apresentaram redução no controle, sendo que nenhum obteve controle satisfatório do capim-amargoso a campo. O controle apresentado pelos herbicidas é considerado de baixa eficiência para o capim-amargoso, devido a sua alta competição com a cultura de interesse, mesmo em baixa população. Por se tratar de herbicidas aplicados em pré-emergência seu principal alvo é o banco de sementes. Portanto, espera-se que o residual dos herbicidas aplicados em pré-emergência dure até o final do período crítico de prevenção da interferência (PCPI), uma vez que posteriormente a cultura já seria autossuficiente no controle das plantas daninhas.

Figura 14 - Dados de precipitação pluviométrica no período de realização do experimento a campo. Passo Fundo, 2020.

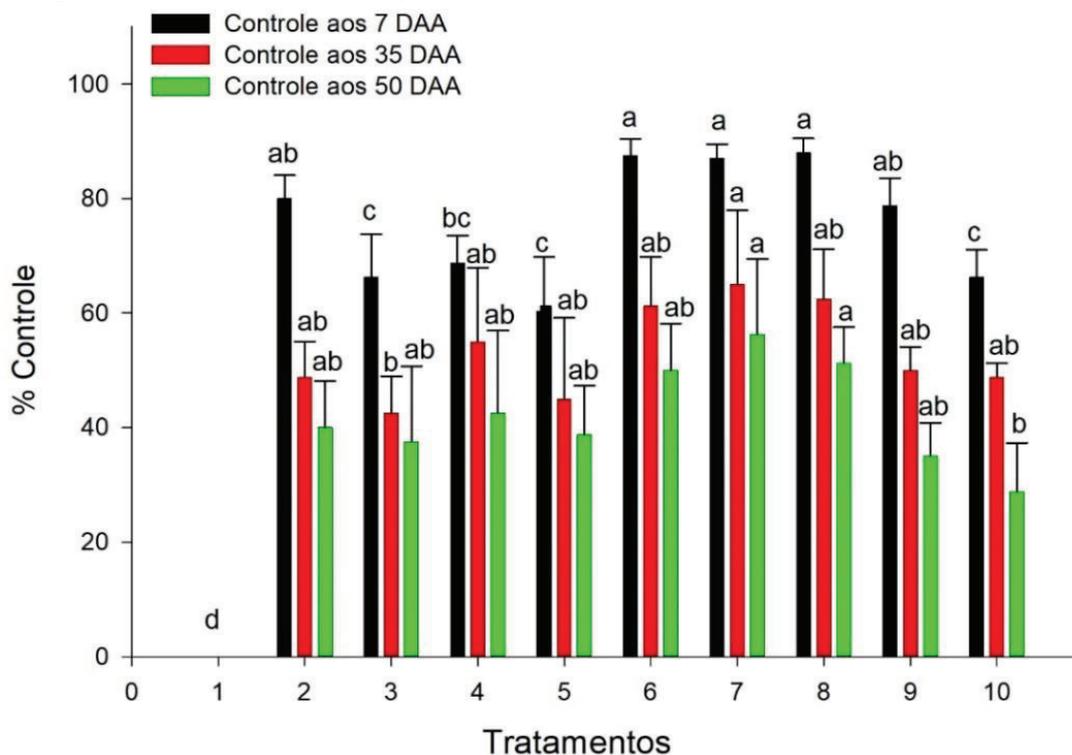


Fonte: Adaptado de INMET.

Nos experimentos realizados em casa de vegetação de modo geral os herbicidas apresentaram controle satisfatório do capim-amargoso, exceto o herbicida diclosulam, que apresentou em média 55% de controle nas avaliações. Os herbicidas imazapic+imazapyr, clomazone e imazethapyr+flumioxazin apresentaram comportamento semelhante ao demonstrado no experimento a campo, proporcionando controle superior aos demais herbicidas aos 14 DAA. Todavia, o herbicida imazethapyr+flumioxazin apresentou redução de controle já na avaliação aos 35 DAA (62,50%), não demonstrando resultado satisfatório. Este resultado também foi observado nos estudos de Andrade (2019), que testou herbicidas pré-emergentes para o controle de capim-amargoso, da mesma maneira o herbicida imazethapyr+flumioxazin apresentou controle satisfatório nas avaliações iniciais, mas decaindo aos 35 DAA. O autor ressalta a ação sinérgica entre os herbicidas na mistura comercial, sendo superior aos dois ativos aplicados separadamente. Esse fato também foi observado neste estudo, onde o herbicida imazethapyr isolado proporcionou controle inferior ao apresentado pela mistura comercial. O herbicida S-metolachloro apresentou controle superior nos experimentos em casa de vegetação, demonstrando controle de 100% e 98,7% aos 50 DAA nos dois

experimentos realizados. Melo (2015) estudando o controle de capim-amargoso com herbicidas pré e pós-emergentes observou que o S-metolachloro proporcionou 100% de controle da invasora até 80 DAA (Figuras 16 e 17).

Figura 15 - Percentual de controle de capim-amargoso após os tratamentos herbicidas no experimento realizado a campo. Passo Fundo, 2020.



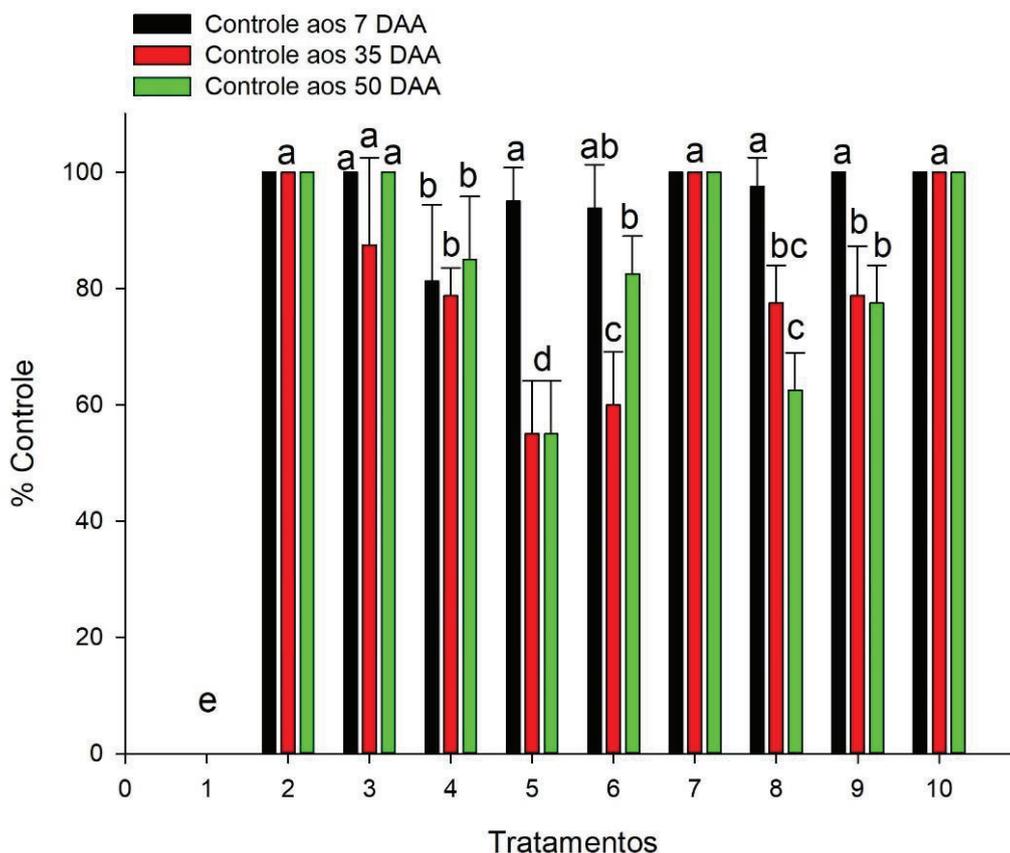
Tratamentos: 1) Testemunha (sem aplicação); 2) S-metolachloro (960 g ia/ha); 3) Trifluralina (1.335 g ia/ha); 4) Imazethapyr (100 g ea/ha); 5) Diclosulam (25,2 g ia/ha); 6) Imazapic+Imazapyr (78,75+26,25 g ia/ha); 7) Clomazone (800 g ia/ha); 8) Imazethapyr+Flumioxazin (100+50 g ia/ha); 9) Flumioxazin (50 g ia/ha); 10) Piroxasulfone (100 g ia/ha). Tratamentos com letras iguais não diferem entre si na mesma época de avaliação pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$). Barras referem-se ao desvio padrão.

Fonte: Dados do autor.

Os herbicidas imazapic+imazapyr e clomazone mantiveram controle acima de 80% até 50 DAA. Por outro lado, o herbicida flumioxazin apresentou controle satisfatório aos 14 DAA, mas houve redução no controle aos 35 DAA, comportamento semelhante ao experimento a campo. Os herbicidas trifluralina e piroxasulfone apresentaram 100% de controle aos 50 DAA, resultado que não foi observado a campo. As diferenças de controle entre o experimento de campo e os experimentos em casa de vegetação podem ser explicadas pela presença de palhada no campo. Este fator pode dificultar a eficácia dos herbicidas aplicados em pré-emergência, pois neste sistema o transporte do herbicida

para o interior do solo é realizado pela água da chuva ou irrigação. No período do experimento ocorreram baixos níveis de precipitação pluvial, porém constantes, o que pode ter influenciado a ação e persistência dos herbicidas (Figuras 14, 16 e 17) (MACIEL; VELINI, 2005; SIMONI et al., 2006).

Figura 16 - Percentual de controle de capim-amargoso após os tratamentos herbicidas, no primeiro experimento realizado em casa de vegetação. Passo Fundo, 2020.

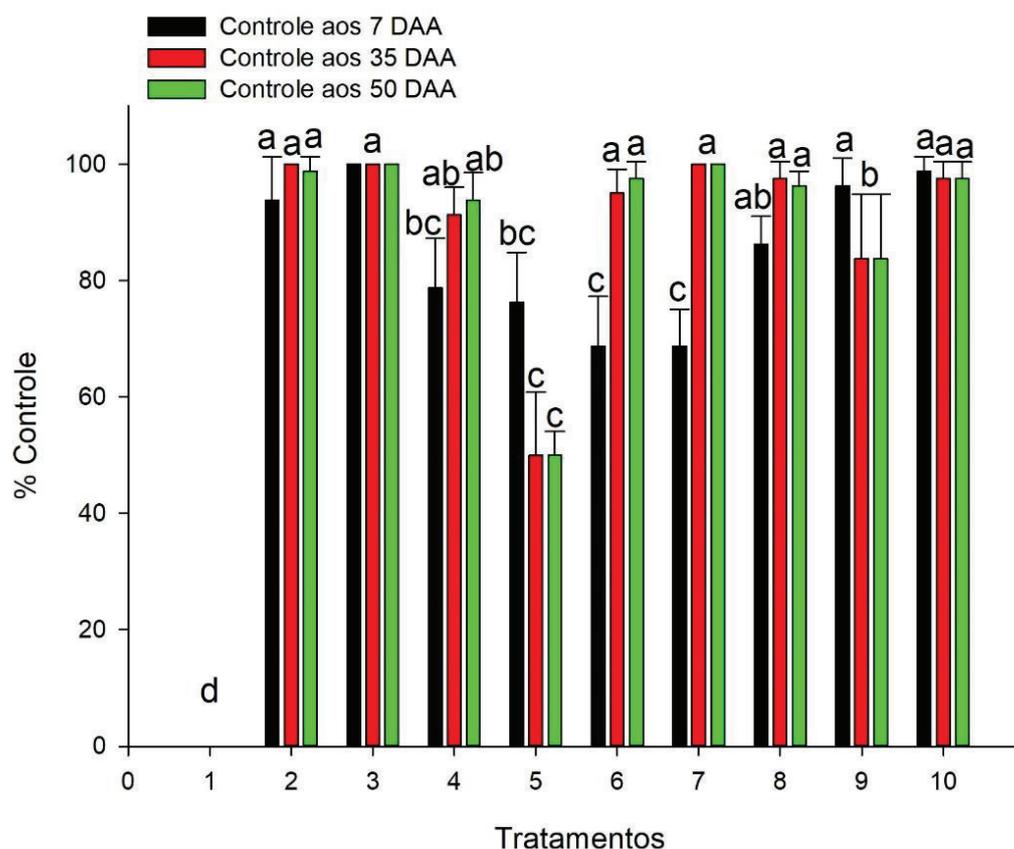


Tratamentos: 1) Testemunha (sem aplicação); 2) S-metolachloro (960 g ia/ha); 3) Trifluralina (1.335 g ia/ha); 4) Imazethapyr (100 g ea/ha); 5) Diclosulam (25,2 g ia/ha); 6) Imazapic+Imazapyr (78,75+26,25 g ia/ha); 7) Clomazone (800 g ia/ha); 8) Imazethapyr+Flumioxazin (100+50 g ia/ha); 9) Flumioxazin (50 g ia/ha); 10) Piroxasulfone (100 g ia/ha). Tratamentos com letras iguais não diferem entre si na mesma época de avaliação pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$). Barras referem-se ao desvio padrão. Fonte: Dados do autor.

A mistura comercial de imazethapyr+flumioxazin apresenta maior eficiência e persistência no solo em área sem a presença de palhada. Este fato também foi observado neste estudo, pois a persistência desta mistura foi superior nos experimentos de casa de vegetação (sem palhada) em comparação ao experimento de campo (com palhada). Pode-se afirmar que esta mistura comercial é dependente da ausência de palhada para a melhor

atuação, devido a barreira física que ela causa. A persistência biológica do herbicida é dependente da dose e das condições ambientais, com degradação mais rápida em climas quentes e úmidos. As análises de solo demonstram que o solo da área a campo é semelhante a mistura utilizada em casa de vegetação, sendo de textura mais arenosa, 70 e 60% de areia, respectivamente (ANDRADE, 2019; MONQUERO et al., 2010).

Figura 17 - Percentual de controle de capim-amargoso após os tratamentos herbicidas no segundo experimento realizado em casa de vegetação. Passo Fundo, 2020.

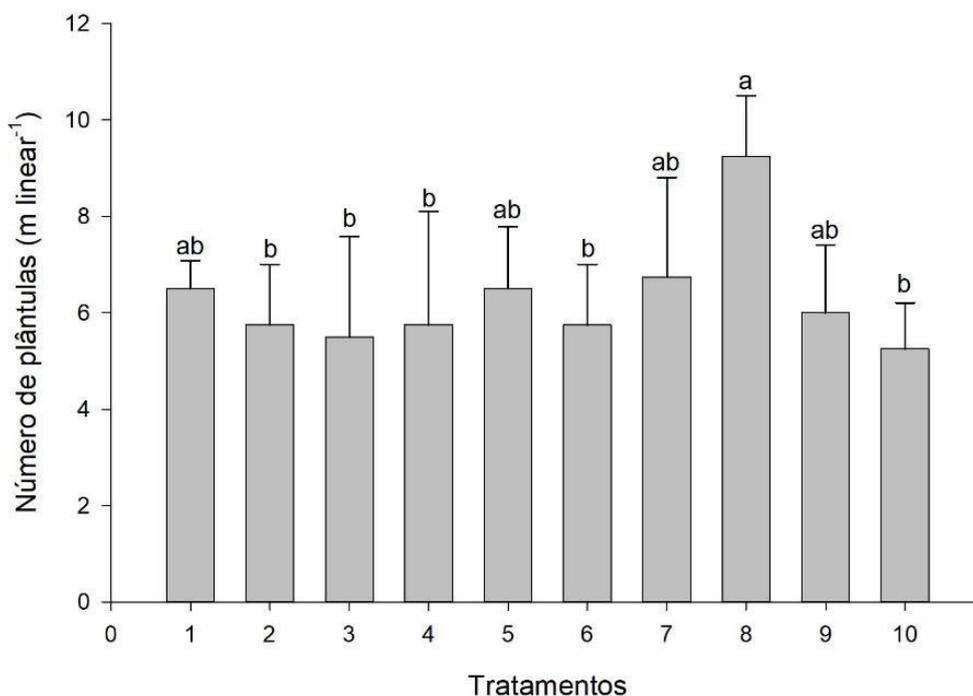


Tratamentos: 1) Testemunha (sem aplicação); 2) S-metolachloro (960 g ia/ha); 3) Trifluralina (1.335 g ia/ha); 4) Imazethapyr (100 g ea/ha); 5) Diclosulam (25,2 g ia/ha); 6) Imazapic+Imazapyr (78,75+26,25 g ia/ha); 7) Clomazone (800 g ia/ha); 8) Imazethapyr+Flumioxazin (100+50 g ia/ha); 9) Flumioxazin (50 g ia/ha); 10) Piroxasulfone (100 g ia/ha). Tratamentos com letras iguais não diferem entre si na mesma época de avaliação pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$). Barras referem-se ao desvio padrão. Fonte: Dados do autor.

Os herbicidas não afetaram a emergência da soja, pois o número de plântulas germinadas foi semelhante entre os tratamentos e a testemunha sem aplicação. O tratamento com o herbicida imazethapyr+flumioxazin apresentou média superior, 9 plântulas por metro linear, em comparação com os demais tratamentos que

proporcionaram em média 6 plântulas por metro linear. Todavia, esta avaliação apresentou significância para blocos, sendo que o bloco 3 apresentou média superior de plântulas de soja (dados não apresentados), demonstrando que havia diferenças ambientais e/ou de solo na área experimental (Figura 18).

Figura 18 - Contagem de plântulas de soja do experimento a campo, em Paraíso do Sul, Passo Fundo, 2020.



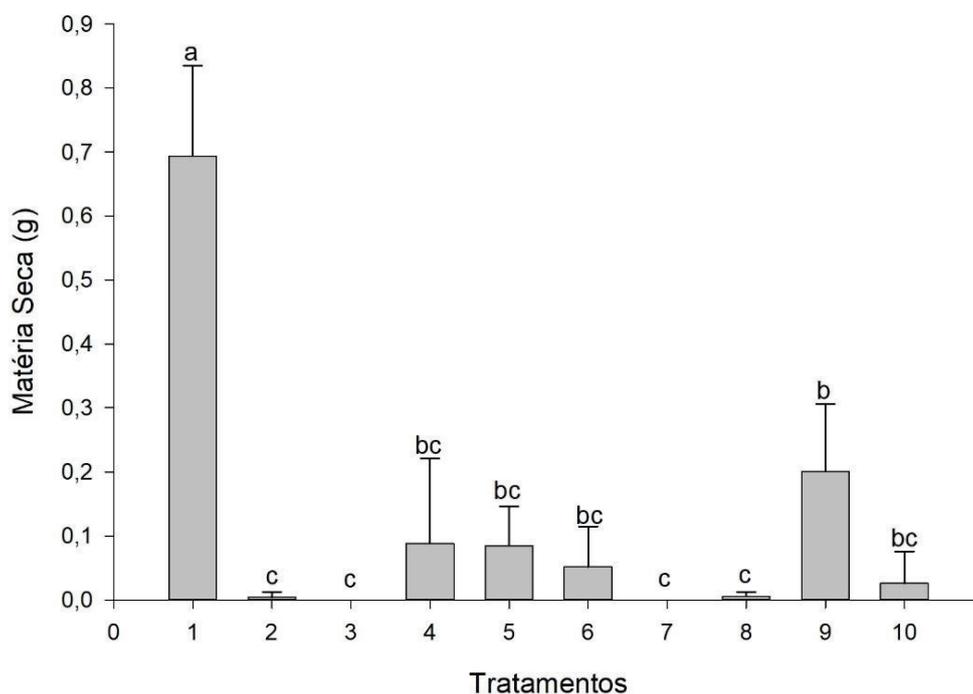
Tratamentos: 1) Testemunha (sem aplicação); 2) S-metolachloro (960 g ia/ha); 3) Trifluralina (1.335 g ia/ha); 4) Imazethapyr (100 g ea/ha); 5) Diclosulam (25,2 g ia/ha); 6) Imazapic+Imazapyr (78,75+26,25 g ia/ha); 7) Clomazone (800 g ia/ha); 8) Imazethapyr+Flumioxazin (100+50 g ia/ha); 9) Flumioxazin (50 g ia/ha); 10) Piroxasulfone (100 g ia/ha). Tratamentos com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$). Barras referem-se ao desvio padrão.

Fonte: Dados do autor.

Existem 23 herbicidas registrados para o manejo de capim-amargoso em pré-emergência. Dentre estes, somente 5 mecanismos de ação apresentam seletividade para a soja, sendo: inibidores do crescimento inicial (S-metolachloro, piroxasulfone e trifluralina), inibidores da Protox (flumioxazina), inibidores da ALS (diclosulam e imazethapyr), inibidores da síntese de carotenoides (clomazone) e inibidores do fotossistema II (metribuzin). Os herbicidas utilizados neste estudo são seletivos a cultura da soja, por isso não houve influência negativa na germinação e na emergência da soja.

Todavia, os herbicidas imazapic+imazapyr causaram uma leve fitotoxicidade às plântulas de soja, observada na avaliação aos 7 DAA (dados não apresentados). Vale ressaltar que as plantas apresentaram rápida recuperação, não sendo possível observar diferenças visuais nas avaliações seguintes. Os demais tratamentos não causaram injúrias a soja (ALMEIDA; RODRIGUES, 2018).

Figura 19 - Matéria seca de plantas de capim-amargoso coletadas das unidades experimentais do experimento 2 em casa de vegetação, aos 50 dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas. Passo Fundo, 2020.



Tratamentos: 1) Testemunha (sem aplicação); 2) S-metolachloro (960 g ia/ha); 3) Trifluralina (1.335 g ia/ha); 4) Imazethapyr (100 g ea/ha); 5) Diclosulam (25,2 g ia/ha); 6) Imazapic+Imazapyr (78,75+26,25 g ia/ha); 7) Clomazone (800 g ia/ha); 8) Imazethapyr+Flumioxazin (100+50 g ia/ha); 9) Flumioxazin (50 g ia/ha); 10) Piroxasulfone (100 g ia/ha). Tratamentos com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$). Barras referem-se ao desvio padrão.

Fonte: Dados do autor.

Na avaliação de matéria seca no segundo experimento realizado em casa de vegetação, a testemunha apresentou média de 0,7 g de matéria seca, sendo, como esperado, superior aos demais tratamentos. O tratamento com flumioxazin apresentou o segundo maior peso, média de 0,2 g de matéria seca, demonstrando que seu controle foi ineficiente. Os tratamentos com S-metolachloro, trifluralina, clomazone e

imazethapyr+flumioxazin apresentaram os menores pesos, confirmando os resultados positivos obtidos nas avaliações de controle (Figuras 15, 16, 17 e 19).

De modo geral, nas avaliações realizadas nos três experimentos os herbicidas que mais se destacaram foram S-metolachloro, imazapic+imazapyr, clomazone e imazethapyr+flumioxazin. Estes herbicidas possuem boa persistência no solo, garantindo assim, maior segurança durante o PCPI, sendo mais uma ferramenta disponível para o controle de plantas daninhas, cujo o controle tem sido ineficiente. Passado o residual dos herbicidas, a cultura suprime esta planta daninha que tem crescimento inicial lento, reduzindo assim os danos causados (MACHADO et al., 2006).

5.4.2 Herbicidas pós-emergentes e estágio de aplicação para o controle de capim-amargoso

Nas avaliações de controle visual é possível observar que os melhores controles foram alcançados pelos herbicidas aos 20 e 40 DAS, ou seja, em plantas mais jovens. Para estes estádios de desenvolvimento, o herbicida haloxyfop-metílico apresentou controle superior aos demais tratamentos já nas avaliações aos 7 e 14 DAA. Para o estágio de 3 a 4 folhas (20 DAS), o clethodim apresentou bom resultado, atingindo patamares semelhantes ao haloxyfop-metílico aos 21 e 35 DAA. Todavia, para os estádios de 60, 80 e 100 dias após a emergência o clethodim foi ineficiente (Tabela 5).

O herbicida imazapic+imazapyr não apresentou controle satisfatório em nenhum dos estádios de desenvolvimento. Embora tenha superado o controle proporcionado pelo clethodim em alguns estádios de desenvolvimento (100 e 80 DAS). Em estudos testando herbicidas pós-emergentes para o controle de capim-amargoso, constatou-se que o imazapyr em aplicação isolada, proporcionou controle superior a 90% em plantas com dois perfilhos e até 10 cm de altura, porém em plantas no estágio de perfilhamento pleno e 38 cm de altura, obteve apenas 50% de controle. Isso mostra que a mistura comercial [imazapic+imazapyr] não proporcionou sinergismo entre os herbicidas, pois não houve incremento de controle com a aplicação da mistura. Por outro lado, no estágio de 2 perfilhos, foi observado 100% de controle de capim-amargoso até 35 dias após a

aplicação da mistura comercial [imazapic+imazapyr], oposto ao resultado encontrado neste estudo (Tabela 5) (ADEGAS et al., 2010; MELO, 2015).

Alguns herbicidas do grupo dos inibidores da ALS apresentaram bom desempenho no controle de capim-amargoso em estádios iniciais, como nicosulfuron. Este grupo químico pode ser uma alternativa para a rotação de mecanismos de ação no controle de plantas de capim-amargoso, desde que estas se encontrem em estádios iniciais de desenvolvimento (DORNELLES et al., 2004; GEMELLI et al., 2013; MELO, 2015).

Tabela 5 - Controle visual (%) de capim-amargoso aos 7, 14, 21 e 35 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA) para cada estágio de desenvolvimento. Passo Fundo, 2020.

Controle visual (%) aos 7 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA) ¹										
Herbicidas	Estádios de desenvolvimento em dias após a semeadura (DAS)									
	100		80		60		40		20	
Haloxyfop	0	aC	0	aC	0	aC	19	aB	64	aA
Imazapic+imazapyr	0	aB	0	aB	0	aB	0	bB	10	cA
Clethodim	0	aB	0	aB	0	aB	0	bB	25	bA
Controle	0	aA	0	aA	0	aA	0	bA	0	dA
Controle visual (%) aos 14 DAA ²										
Haloxyfop	6	aE	15	aD	27	aC	76	aB	100	aA
Imazapic+imazapyr	0	aB	0	bB	0	cB	19	cA	26	bB
Clethodim	0	aD	5	bCD	10	bC	28	bB	56	aA
Controle	0	aA	0	bA	0	cA	0	dA	0	cA
Controle visual (%) aos 21 DAA ³										
Haloxyfop	42	aC	49	aBC	58	aB	100	aA	100	aA
Imazapic+imazapyr	30	bAB	33	bAB	30	bAB	38	cA	24	bB
Clethodim	16	cD	19	cD	34	bC	59	bB	91	aA
Controle	0	dA	0	dA	0	cA	0	dA	0	cA
Controle visual (%) aos 35 DAA ⁴										
Haloxyfop	65	aB	76	aB	76	aB	100	aA	100	aA
Imazapic+imazapyr	41	bB	50	bB	40	bB	64	bA	51	bB
Clethodim	26	cD	30	cD	49	bC	64	bB	100	aA
Controle	0	dA	0	dA	0	cA	0	cA	0	cA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula entre linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

¹ DMS colunas = 3,31; DMS linhas = 3,52; CV % = 30,09

² DMS colunas = 7,17; DMS linhas = 7,63; CV % = 20,82

³ DMS colunas = 9,75; DMS linhas = 10,38; CV % = 14,46

⁴ DMS colunas = 10,66; DMS linhas = 11,34; CV % = 12,23

Fonte: Dados do autor.

Em plantas adultas os herbicidas não foram eficientes. Isso devido à aplicação ter sido realizada em estádios não recomendados, ocasionando menor translocação e como consequência o herbicida não atinge os rizomas, facilitando o rebrote. Nos estádios de 100, 80 e 60 DAS os percentuais de controle de clethodim e imazapic+imazapyr ficaram abaixo de 50%, sendo que o haloxyfop-metílico apresentou controle superior a eles, entre 65 e 76% aos 35 DAA. Todavia, estes valores são considerados ineficientes. Contudo, em outros estudos doses menores de clethodim e haloxyfop-metílico apresentaram boa eficiência em estádios avançados de desenvolvimento de capim-amargoso. Os mesmos herbicidas apresentaram baixa eficiência no controle de capim-amargoso perenizado, sendo que o haloxyfop-metílico apresentou controle superior ao clethodim, dados semelhantes aos encontrados neste estudo. Este fato ressalta a importância de controlar plantas daninhas em estágio inicial de desenvolvimento, principalmente o capim-amargoso que possui rizomas, e devido ao acúmulo de amido dificulta a translocação e acumulação dos herbicidas no sítio de ação. A aplicação única de herbicidas não é suficiente para o controle eficaz de capim-amargoso perenizado, sendo necessárias aplicações sequenciais. Todavia, estudos mostram que o aumento da dose dos inibidores de ACCase em mistura com glifosato não proporcionam incremento de controle (Tabela 5) (ADEGAS et al., 2010; BARROSO et al., 2014; MACHADO et al., 2008; RODRIGUES; ALMEIDA, 2011; ZOBIOLE et al., 2016).

Na avaliação de redução de estatura das plantas de capim-amargoso o comportamento dos tratamentos foi semelhante ao encontrado no controle visual. Aos 7 DAA a estatura das plantas em todos os tratamentos foi idêntico a estatura do controle sem aplicação de herbicidas. Os dados de estatura aos 14 DAA não apresentaram interação entre os estádios e os herbicidas, por isso os resultados não são apresentados neste estudo. Nas avaliações aos 21 e 35 DAA a testemunha sem aplicação obteve incremento de estatura em todos os estádios de desenvolvimento, devido a continuação do crescimento das plantas. Enquanto que os tratamentos herbicidas apresentaram leve redução de estatura, devido inibição de desenvolvimento exercida pela atividade herbicida. O tratamento com o herbicida haloxyfop-metílico teve a maior redução de estatura nos estádios de 20, 40, 60 e 80 DAS na avaliação aos 35 DAA, corroborando com o resultado das avaliações de controle. Contudo, aos 100 DAS o herbicida Clethodim

apresentou a menor estatura de plantas. Todavia, as plantas em estádios avançados (80 e 100 DAS) tratadas com este herbicida apresentaram rebrote aos 35 DAA (Tabelas 5 e 6).

Os herbicidas inibidores de ACCase e EPSPS são os mais indicados para o controle de capim-amargoso perenizado, pois estes herbicidas têm capacidade de se translocar até os rizomas. Porém, existem relatos de *D. insularis* resistente a estes dois mecanismos de ação. Assim, a aplicação de herbicidas sequenciais ou em mistura podem preencher as lacunas deixadas pela aplicação destes mecanismos isolados. Uma aplicação de herbicidas de contato reduz drasticamente a área foliar da planta, forçando-a a utilizar somente suas reservas para o rebrote, deixando-a mais vulnerável aos outros herbicidas e mecanismos de ação empregados em pós-emergência (GEMELLI et al., 2012; HEAP, 2020).

Tabela 6 - Redução de porte das plantas de capim-amargoso aos 7, 21 e 35 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA) para cada estágio de desenvolvimento. Passo Fundo, 2020.

Estatura de plantas (cm) aos 7 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA) ¹										
Herbicidas	Estádios de desenvolvimento em dias após a semeadura (DAS)									
	100		80		60		40		20	
Haloxypop	86,2	aA	81,7	aA	45,2	bB	11,7	aC	1,6	aD
Imazapic+imazapyr	87,5	aA	81,7	aA	46,0	bB	13,5	aC	3,5	aD
Clethodim	81,0	aA	81,7	aA	49,2	bB	12,6	aC	2,8	aD
Controle	86,7	aA	76,5	aB	58,2	aC	12,2	aD	2,3	aE
Estatura de plantas (cm) aos 21 DAA ²										
Haloxypop	77,2	bA	60,0	bB	38,2	dC	0	cD	0	bD
Imazapic+imazapyr	81,5	bB	89,2	aA	46,5	cC	11,0	bD	5,0	abD
Clethodim	82,0	bA	88,7	aA	56,7	bB	16,7	abC	1,7	bD
Controle	96,2	aA	86,5	aB	72,0	aC	18,7	aD	11,0	aE
Estatura de plantas (cm) aos 35 DAA ³										
Haloxypop	72,2	cA	57,2	cB	38,7	cC	0	cD	0	bD
Imazapic+imazapyr	81,0	bA	67,0	bB	46,2	bC	12,2	bD	6,0	bD
Clethodim	63,0	dA	67,0	bB	51,7	bB	15,0	bC	0	bD
Controle	103,0	aA	93,7	aB	87,5	aB	45,2	aC	19,0	aD

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula entre linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

¹ DMS colunas = 6,78; DMS linhas = 7,21; CV % = 7,86

² DMS colunas = 6,94; DMS linhas = 7,39; CV % = 7,91

³ DMS colunas = 7,35; DMS linhas = 7,82; CV % = 8,49

Fonte: Dados do autor.

Os valores observados na avaliação da matéria seca mostram que os herbicidas causaram um retardo no desenvolvimento das plantas em todos os estádios, já que a matéria seca da testemunha sem aplicação é superior aos demais tratamentos. A matéria seca das unidades experimentais confirma as observações de controle e redução de altura de plantas, que mostram o efeito positivo de haloxyfop-metilico nas plantas de capim-amargoso nos estádios de 20, 40, 60, 80 e 100 DAS. Este herbicida demonstrou controle entorno de 75% de *D. insularis* perenizada (60, 80 e 100 DAS), sendo eficiente desde que haja uma complementação de aplicação com outros herbicidas de ação pós-emergente em sequência. Já para o estádio de 3 a 4 folhas (20 DAS), estádio recomendado para o controle de plantas daninhas, é possível utilizar clethodim e haloxyfop-metilico, pois estes herbicidas mostraram-se eficientes. Enquanto que para o estádio de 40 DAS é possível obter um controle eficiente do capim-amargoso com o herbicida Haloxyfop (Tabela 7).

Tabela 7 - Matéria seca de plantas de capim-amargoso aos 35 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA) para cada estádio de desenvolvimento. Passo Fundo, 2020.

Herbicidas	Estádios de desenvolvimento em dias após a semeadura (DAS)													
	100		80		60		40		20					
Haloxyfop	50,0	bA	36,1	cB	34,5	bB	9,3	bC	0,2	aC				
Imazapic+imazapyr	69,1	aA	50,5	bB	44,8	bB	7,9	bC	0,6	aC				
Clethodim	54,7	bA	59,0	abA	37,8	bB	7,5	bC	0,6	aC				
Controle	80,9	aA	69,7	aAB	57,9	aB	26,2	aC	5,7	aD				
DMS colunas: 12,05					DMS linhas: 12,82									
CV (%) 18,33														

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula entre linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do autor.

5.5 Conclusões

Com o estudo é possível determinar que os herbicidas S-metolachloro, imazapic+imazapyr, clomazone e imazethapyr+flumioxazin são alternativas de controle de capim-amargoso em pré-emergência, sem causar injúrias a cultura da soja.

Em pós-emergência os herbicidas clethodim e haloxyfop-metílico apresentam eficiência de controle no estágio de 3 a 4 folhas, sendo este o melhor período para o controle de capim-amargoso. Aos 40 DAS o haloxyfop é eficiente no controle do capim-amargoso.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados do estudo demonstram que há biótipos de *D. insularis* resistentes ao herbicida glifosato no Rio Grande do Sul. As diferenças entre níveis de resistência apresentados pelos biótipos levam a crer que os mecanismos de resistência são diferentes entre os biótipos. Porém, mais estudos são necessários para determinar os mecanismos que colaboram para a resistência ao glifosato nos biótipos de *D. insularis* testados.

A análise de crescimento dos biótipos do MT, PR e RS apresentou resultados similares entre os biótipos, em cada época avaliada, demonstrando que o capim-amargoso possui elevada capacidade de adaptação. Além disso, no período de primavera/verão os estádios de desenvolvimento são antecipados para todos os biótipos, sendo este um ponto determinante para o manejo desta invasora. Pois o rizoma, estrutura de armazenamento de reservas e que facilita o rebrote desta planta, surge aos 28 dias após a emergência. O biótipo do MT apresentou mais similaridade entre os períodos avaliados, demonstrando que apresenta maior adaptação as alterações climáticas. Já o biótipo do RS apresenta plantas mais vigorosas no período de verão/outono.

Quanto ao controle desta planta daninha, ficou claro a necessidade de controle nos estádios iniciais de desenvolvimento, até 40 dias após a semeadura. Depois deste estágio os herbicidas inibidores de ALS e ACCase testados não são eficientes, sendo necessárias aplicações sequenciais e misturas de mecanismos de ação. O controle de capim-amargoso perenizado pode facilitar a seleção da resistência, já que seu controle é reduzido devido a redução da absorção e translocação dos herbicidas, e pela alta capacidade de rebrote. Em pré-emergência os herbicidas S-metolachloro, imazapic+imazapyr, clomazone e imazethapyr+flumioxazin são alternativas de controle de capim-amargoso, sem causar injúrias a cultura da soja.

7 CONCLUSÃO GERAL

Os biótipos R1, R2, R3, R4 e R5 são resistentes ao herbicida glifosato, comprovando que existem biótipos resistentes ao glifosato no Rio Grande do Sul.

Os biótipos do MT, PR, e RS apresentam desenvolvimento maior no período de verão/outono, em comparação a primavera/verão. Existem Diferenças de desenvolvimento entre os biótipos, sendo que o biótipo do MT apresenta a maior adaptação as duas épocas testadas. E o biótipo do RS possui plantas mais vigorosas no verão/outono, podendo ser considerado mais agressivo neste período.

Os herbicidas clethodim e haloxifop-metílico são alternativas viáveis de controle do capim-amargoso até o estágio de 3 a 4 folhas. Já aos 40 DAS apenas o herbicida haloxifop-metílico é eficiente. Porém, os ingredientes ativos testados não são eficientes em estádios avançados de desenvolvimento. Já os herbicidas S-metolachloro, imazapic+imazapyr, clomazone e imazethapyr+flumioxazin podem ser utilizados para o controle de capim-amargoso em pré-emergência, sem prejuízos a soja.

REFERÊNCIAS

ADEGAS, F. S.; GAZZIERO, D. L. P.; VOLL, E.; OSIPE, R. Alternativas de controle químico de *Digitaria insularis* resistente ao herbicida *glyphosate*. In: Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 27. Ribeirão Preto, SP. 2010. **Resumos expandidos....** Ribeirão Preto: SBCPD, n. 161, 2010.

AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L. **Resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil**. Passo Fundo: Ed. Berthier, 2009. 352 p.

AGUILERA, D. B.; FERREIRA, F. A.; CECON, P. R. Crescimento de *Siegesbeckia orientalis* sob diferentes condições de luminosidade. **Planta daninha**, v. 22, n. 1, p. 1062-1070, 2008.

AHSAN, N.; LEE, D. G.; LEE, K. W.; ALAM, I.; LEE, S. H.; BAHK, J. D.; LEE, B. H. Glyphosate-induced oxidative stress in rice leaves revealed by proteomic approach. **Plant Physiology Biochemical**, v.46, n.12, p.1062-1070, 2008.

ALARCÓN-REVERETE, R.; GARCÍA, A., WATSON, S. S.; ABDALLAH, I.; SABATÉ, S.; HERNÁNDEZ, M. J.; FISCHER, A. J. Concerted action of target-site mutations and high EPSPS activity in glyphosate-resistant junglerice (*Echinochloa colona*) from California. **Pest Management Science**, v. 71, p. 996-1007, 2015.

ALCÁNTARA-DE LA CRUZ, R.; FERNÁNDEZ-MORENO, P. T.; OZUNA, C. V.; ROJANO-DELGADO, A. M.; CRUZ-HIPOLITO, H. E.; DOMÍNGUEZ-VALENZUELA, J. A.; DE PRADO, R. Target and non-target site mechanisms developed by glyphosate-resistant hairy beggarticks (*Bidens pilosa* L.) populations from Mexico. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, p. 1492, 2016.

ANDRADE, A. C.; FONSECA, D. M. da; LOPES, R. dos S.; NASCIMENTO JR., D. do; CECON, P. R.; QUEIROZ, D. S.; PEREIRA, D. H.; REIS, S. T. Análise de crescimento do capim-elefante ‘napier’ adubado e irrigado. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 2, p. 415-423, 2005.

ANDRADE, D. N. **Alternativas herbicidas para o controle em pré-emergência de capim-amargoso**. 2019, 44 p. Dissertação (Mestrado em Bioenergia e Grãos) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde – GO, 2019.

BARREIRO, A. P.; ZUCARELI, V.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Análise de crescimento de plantas de manjeriço tratadas com reguladores vegetais. **Bragantia**, v. 65, n. 4, p. 563-576, 2006.

BARROSO, A. A. M.; ALBRECHT, A. J. P.; REIS, F. C.; FILHO, R. V. Interação entre herbicidas inibidores da accase e diferentes formulações de glyphosate no controle de capim-amargoso. **Planta Daninha**, v. 32, n. 3, p. 619–627, 2014.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas** (Noções básicas). 1 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003, 41 p.

BRAIN, P.; COUSENS, R. Na equation to describe dose responses where there is stimulations of growth at low doses. **Weed Research**, v. 29, n. 2, p. 93-96, 1989.

BRANDÃO, M.; PALUMA, E.; KLEIN, V. L. G.; MAUTONE, L.; GUIMARÃES, E. F.; PEREIRA, R. C.; MIGUEL, J. R. Plantas daninhas no estado do Rio de Janeiro: acréscimo aos trabalhos já efetuados no estado. **Planta Daninha**, v. 13, n. 2, p. 98-116, 1995.

BRIGHENTI, A. M.; GAZZIERO, D. L. P.; VOLL, E.; ADEGAS, F. S.; VAL, W. M. C. Análise de crescimento de biótipos de amendoim-bravo (*Euphorbia heterophylla*) resistente e suscetível aos herbicidas inibidores de ALS. **Planta Daninha**, v. 19, n. 1, p. 51-59, 2001.

BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. de; GAZZIERO, D. L. P.; ADEGAS, F. S.; VOLL, E. Cadastramento fitossociológico de plantas daninhas na cultura do girassol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 5, p. 651-657, 2003.

BRIGHENTI, A. M.; OLIVEIRA, M. F. Biologia de plantas daninhas. In: OLIVEIRA JR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. (Eds.). **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Ompipax, 2011.

CANTO-DOROW, T. S.; LONGHI-WAGNER, H. M. Novidades taxonômicas em *Digitaria Haller* (Poaceae) e novas citações para o gênero no Brasil. **Insula Revista de Botânica**, v. 30, p. 21–34, 2001.

CARVALHO, L. B.; ALVES, P.; GONZÁLEZ-TORRALVA, F.; CRUZ-HIPÓLITO, H. E.; ROJANO-DELGADO, A. M.; DE PRADO, R.; LUQUE DE CASTRO, M. D. Pool of resistance mechanisms to glyphosate in *Digitaria insularis*. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, p. 615-622, 2012.

CARVALHO, L. B.; CRUZ-HIPÓLITO, H. E.; GONZÁLEZ-TORRALVA, F., ALVES, P. L. C. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; DE PRADO, R. Detection of sourgrass (*Digitaria insularis*) biotypes resistant to glyphosate in Brazil. **Weed Science**, v. 59, p. 171–176, 2011.

CARVALHO, S. L.; PITELLI, R. A. Levantamento e análise fitossociológica das principais espécies de plantas daninhas de pastagens da região de Selvíria (MS). **Planta Daninha**, v. 10, n. 1/2, p. 25-32, 1992.

CARVALHO, S. J. P.; NICOLAI, M. **Problemática do capim-amargoso em áreas agrícolas brasileiras**. Hrac – BR: encarte técnico, Paulínia, SP, 2016.

CERDEIRA, A. L.; GAZZIERO, D. L. P.; DUKE, S. O.; MATALLO, M. B. Agricultural Impacts of Glyphosate-Resistant Soybean Cultivation in South America. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 59, n. 11, p. 5799–5807, 2011.

CHACHALIS, D.; REDDY, K. N.; ELMORE, C. D. Characterization of leaf surface, wax composition, and control of redvine and trumpetcreeper with glyphosate. **Weed Science**, v. 49, n. 2, p. 156-163, 2001.

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

CHRISTOFFOLETI, P. J. Curvas de dose-resposta de biótipos resistente e suscetível de *Bidens pilosa* L. aos herbicidas inibidores da ALS. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 3, p. 513–519, 2002.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; NICOLAI, M.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; BORGATO, E. A.; GONÇALVES NETTO, A.; MELO, M. S. Resistência de plantas daninhas a herbicidas: termos e definições. In: CHRISTOFFOLETI, P. J.; NICOLAI, M. (Coord.). **Aspectos da resistência de plantas daninhas a herbicidas**. HRAC – BR, Piracicaba, 4 ed, 2016. 262 p.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; VICTORIA FILHO, R.; SILVA, C. B. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas. **Planta Daninha**, v. 12, n. 1, p. 13-20, 1994.

CONCENÇO, G.; MELO, P. T. B. S.; ANDRES, A.; FERREIRA, E. A.; GALON, L.; FERREIRA, F. A.; SILVA, A. A. Método rápido para detecção de resistência de capim-arroz (*Echinochloa* spp.) ao quinclorac. **Planta Daninha**, v. 26, n. 2, p. 429-437, 2008.

CORADIN, J.; BRAZ, G. B. P.; MACHADO, F. G.; SILVA, A. G. da; SOUSA, J. V. de. Herbicidas aplicados em pré-emergência para o controle de milho voluntário e capim-amargoso. **Revista Científica Rural**, v. 21, n. 3, p. 51-64, 2019

CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C. Manejo químico de plantas adultas de *Digitaria insularis* com glyphosate isolado e em mistura com chlorimuron-ethyl ou quizalofop-p-tefural em área de plantio direto. **Bragantia**, v. 68, n. 3, p. 689-697, 2009.

CORREIA, N. M.; LEITE, G. J.; GARCIA, L. D. Resposta de diferentes populações de *Digitaria insularis* ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, v. 28, n. 4, p. 769-776, 2010.

CRUZ-HIPOLITO, H. E., ROJANO-DELGADO, A., DOMÍNGUEZ-VALENZUELA, J. A., HEREDIA, A., LUQUE DE CASTRO, M. D.; DE PRADO, R. Glyphosate tolerance by *Clitoria ternatea* and *Neonotonia wightii* plants involves differential absorption and translocation of the herbicide. **Plant Soil**. v. 347, p. 221-230, 2011.

DAVIS, A. S., FRISVOLD, G. Are herbicides a once in a century method of weed control? **Pest Management Science**, v. 73, n. 73, 2017.

DELLA-CIOPPA, G.; BAUER, S. C.; KLEIN, B. K.; SHAH, D. M.; RALEY, R. T.; KISHORE, G. M. Translocation of the precursor of 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase into chloroplasts of higher plants in vitro. **Proceedings of National Academy of Sciences USA**, v. 83, n. 18, p. 6973-6877, 1986.

DORNELLES, S. H. B.; SANCHOTENE, D. M.; BRONDANI, D.; DEBORTOLI, M. P. Controle de plantas daninhas do gênero *Digitaria* sp. com o herbicida mesotrione na cultura do milho (*Zea mays*). In: Congresso Brasileiro da Ciência de plantas daninhas, 24. 2004, São Pedro. **Resumos...** São Pedro: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, p. 107, 2004.

DUKE, S. O. The history and current status of glyphosate. **Pest Management Science**, v. 74, n. 5, 2017.

DUKE, S. O., BAERSON, S. R.; RIMANDO, A. M. Glyphosate. In: Plimmer, J. R., Gammon, D. W., Ransdale, N. N. (Eds.), **Encyclopedia of Agrochemicals**. John Wiley & Sons, 2003.

DUKE, S. O.; POWLES, S. B. Glyphosate: A once-in-a-century herbicide. **Pest Management Science**, v. 64, n. 4, p. 319-25, 2008.

DUNAN, C.; ZIMDAHL, R. L. Competitive ability of wild oats (*Avena fatua*) and spring barley (*Hordeum vulgare*). **Weed Science**, v. 15, n. 2, p. 170-179, 1997.

FAQUIN, V. **Diagnose do estado nutricional das plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002.

FERREIRA, S. D. **Ciclo biológico de biótipos de *Digitaria insularis* suscetível e resistente ao glyphosate em dois períodos de crescimento**. 2016. 78 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2016.

FERREIRA, S. D.; EXTECKOETTER, V.; GIBBERT, A. M.; BARBOSA, J. A.; COSTA, N. V. Biological cycle of susceptible and glyphosate-resistant sourgrass biotypes in two growth periods resistances. **Planta Daninha**, v. 36, p. 1–9, 2018.

FERREIRA, S. D.; SALVALAGGIO, A. C.; MORATELLI, G.; VASCONCELOS, E. S.; COSTA, N. V. *Commelina* Species Control with Desiccants Alone and in Mixtures. **Planta Daninha**, v. 35, 2017.

FORNAROLLI, D. A.; RODRIGUES, B. N.; LIMA, J.; VALÉRIO, M. A. Influência da cobertura morta no comportamento do herbicida atrazine. **Planta Daninha**, v. 16, n. 2, p. 97-107, 1998.

FRAGA, D.; SILVA, A. F. da, GAZZIERO, D.; AGOSTINETTO, D.; KARAM, D.; VARGAS, L. Biologia e genética das plantas daninhas resistentes a herbicidas no Brasil. In: **Aspectos da resistência de plantas daninhas a herbicida**, Hrac, Piracicaba: Esalq, 4 ed, 2016. 262 p.

FRANZ, J.; MAO, M. K.; SIKORSKI, J. A. **Glyphosate: a unique global herbicide**. Washington, D.C.: ACS, 1997. 653p.

FRATINE, G.; MESCHEDÉ, D. K. Eficiência de controle do Capim Amargoso (*Digitaria insularis*) resistente ao glyphosate na soja sob diferentes manejos em área de pousio. **V simpósio Internacional sobre Glyphosate**, 2016.

FUCHS, M.A.; GEIGER, D.R.; REYNOLDS, T.L.; BOURQUE, J.E. Mechanisms of glyphosate toxicity in velvetleaf (*Abutilon theophrasti medikus*). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.74, n.1, p.27-39, 2002.

GALI, A. J. B. A molécula glyphosate e a agricultura brasileira. In: VELINI, E. D.; MESCHEDÉ, D. K.; CARBONARI, C. A.; TRINDADE, M. L. B. **Glyphosate**. Botucatu: FEPAF, 2009. 496 p.

GAZZIERO, D. L. P.; VOLL, E.; FORNAROLLI, D.; VARGAS, L.; ADEGAS, F. S. Efeitos da convivência do capim-amargoso na produtividade da soja. In: Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 28, Campo Grande, MS, 2012. **Resumos expandidos....** Campo Grande, MS, 2012.

GAZZIERO, D. L. P.; BRIGHENTI, A. M.; VOLL, E. Resistência cruzada da losna-branca (*Parthenium hysterophorus*) aos herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase. **Planta Daninha**, v. 24, n. 1, p. 157-162, 2006.

GAZOLA, T.; BELAPART, D.; CASTRO, E. B.; CIPOLA FILHO, M. L.; DIAS, M. F. Características biológicas de *Digitaria insularis* que conferem sua resistência à herbicidas e opções de manejo. **Científica**, v. 44, n. 4, p. 557-567, 2016.

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

GEMELLI, A.; OLIVEIRA JR., R. S. de; COSTANTIN, J.; BRAZ, G. B. P.; JUMES, T. M. de C.; OLIVEIRA NETO, A. M. de; DAN, H. de A.; BIFFE, D. F. Aspectos da biologia de *Digitaria insularis* resistente ao herbicida glyphosate e implicações para o seu controle. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 11, n. 2, p. 231, 2012.

GEMELLI, A.; OLIVEIRA JR., R. S. de; CONSTANTIN, J.; BRAZ, G. B. P. Estratégias para o controle de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) resistente ao glyphosate na cultura do milho safrinha. **Revista Brasileira de Herbicidas**, V. 12, n. 02, p. 162-170, 2013.

GIMSING, A. L.; BORGGAARD, O. K.; BANG, M. Influence of soil composition on adsorption of glyphosate and phosphate by contrasting Danish surface soils. **European Journal of Soil Science**, v. 55, p. 183-191, 2004.

GOMES JUNIOR, J. R.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Biologia e manejo de plantas daninhas em área de plantio direto. **Planta Daninha**, v. 26, n. 4, p. 789-798, 2008.

GRESSEL, J.; SEGEL, L. A. Modelling the effectiveness of herbicide rotations and mixtures as strategies to delay or preclude resistance. **Weed Technology**, v. 4, n. 1, p. 186-198, 1990.

GRIME, J. P.; HUNT, R. Relative growth-rate: its range and adaptive significant in local flora. **Ecology**, v. 63, p. 393-422, 1975.

GROSSBARD, E.; ATKINSON, D. **The Herbicide Glyphosate**. London: Butterworth, 1985. 490p.

HEAP, I. A. **Criteria for confirmation of the herbicide-resistant weeds**. Disponível em: <<http://www.weedscience.org/Documents/ResistanceCriterion.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2020.

HEAP, I. A. **The International Survey of Herbicide Resistant Weeds**. Disponível em: <<http://www.weedscience.org>>. Acesso em: 20 jan. 2020.

HEAP, I. M. Identification and documentation of herbicide resistance. **Phytoprotection**, v. 75, n. 4, p. 85-90, 1994

HUANG, D.; WU, L.; CHEN, J. R.; DONG, L. Morphological plasticity, photosynthesis and chlorophyll fluorescence of *Athyrium pachphlebium* at different shade levels. **Photosynthetica**, v. 49, n. 4, p. 611-618, 2011.

IKEDA, F. S. Resistência de plantas daninhas em soja resistente ao glifosato. **Informe Agropecuário**, v. 34, n. 276, p. 1-8, 2013.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Estações meteorológicas**. Disponível em: <www.inmet.gov.br/portal/> Acesso em: 02 jan. 2020.

JAMES, J. J.; DRENOVSKY, R. E.; MONACO, T. A.; RINELLA, M. J. Managing soil nitrogen to restore annual grass-infested plant communities: effective strategy or incomplete framework? **Ecological Applications**, v. 21, n. 2, p. 1195-1198, 2011.

KISSMANN, K. G. **Resistência de plantas daninhas a herbicidas**. Disponível em: <http://www.hrac-br.com.br/arquivos/texto_resistencia_herbicidas.doc>. Acesso em: 01 nov. 2019.

KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. São Paulo: BASF Brasileira, p. 675-678. Tomo I, 1997.

KOGER, C.H.; REDDY, K.N. Role of absorption and translocation in the mechanism of glyphosate resistance in horseweed (*Coryza canadensis*). **Weed Science**, v.53, n.1, p.84-89, 2005.

- 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.
- KUVA, M. A.; FERRAUDO, A. S.; PITELLI, R. A.; ALVES, P. L. C. A.; SALGADO, T. P. Padrões de infestação de comunidades de plantas daninhas no agro ecossistema de cana-crua. **Planta Daninha**, v. 26, n. 3, p. 549-557, 2008.
- LACERDA, A. L. S.; VICTORIA FILHO, R. Curvas dose-resposta em espécies de plantas daninhas com o uso do herbicida glyphosate. **Bragantia**, v. 63, n. 1, p. 73-79, 2004.
- LAMEGO, F. P.; VIDAL, R. A. Resistência ao glyphosate em biótipos de *Conyza bonariensis* e *Conyza canadensis* no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Planta Daninha**, v. 26, n. 2, p. 467–471, 2008.
- LIEBMAN, M.; MOLHER, C.; STAVER, C. **Ecological management of agricultural weeds**. Cambridge: Cambridge University Press. 544 p. 2001.
- LOPES, M. N.; POMPEU, R. C. F. F.; SILVA, R. G. da; REGADAS FILHO, J. G. L.; BESERRA, L. T.; LACERDA, C. F. de. Trocas gasosas e índices de crescimento de capim-braquiária manejado sob lâminas de irrigação e idades de crescimento. **Revista Agroambiente On-line**, v. 7, n. 1, p. 10-17, 2013.
- LÓPEZ-OVEJERO, R.; TAKANO, H. K.; NICOLAI, M.; FERREIRA, A.; MELO, M. S. C.; CAVENAGHI, A. L.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; OLIVEIRA, R. S. Frequency and dispersal of glyphosate-resistant sourgrass (*Digitaria insularis*) populations across brazilian agricultural production areas. **Weed Science**, v. 65, n. 2, p. 285-294, 2017.
- LOPEZ-OVEJERO, R. F.; FERREIRA, A. C.; VRIVELLARI, A.; BRAGA, D. P. V. Culturas geneticamente modificadas tolerantes a herbicidas. In: MONQUERO, P. A. (Ed.) **Aspectos da biologia e manejo de plantas daninhas** (287–306). São Paulo: RiMa Editora, 2014.
- LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. Nova Odessa: Editora Plantarum, 4 ed., 2008, 720 p.
- MACHADO, A. F. L.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F. A.; FIALHO, C. M. T.; TUFFFI SANTOS, L. D.; MACHADO, M. S. Análise de crescimento de *Digitaria insularis*. **Planta Daninha**, v. 24, n. 4, p. 641-647, 2006.

MACHADO, A. F. L.; MEIRA, R. M. S.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F. A.; TUFFI SANTOS, L. D.; FIALHO, C. M. T.; MACHADO, M. S. Caracterização anatômica de folha, colmo e rizoma de *Digitaria insularis*. **Planta Daninha**, v. 26, n. 1, p. 1-8, 2008.

MACIEL, C. D. G.; VELINI, E. D. Simulação do caminhamento da água da chuva e herbicidas em palhadas utilizadas em sistemas de plantio direto. **Planta Daninha**, v. 23, p. 471- 481, 2005.

MARAFON, A. C. Análise quantitativa de crescimento em cana-de-açúcar: uma introdução ao procedimento prático. Aracaju: **Embrapa Tabuleiros Costeiros**, 2012.

MARIA, N.; FELIPE, M. R.; FERNANDEZ-PASCUAL, M. Alterations induced by glyphosate on lupin photosynthetic apparatus and nodule ultrastructure and some oxygen diffusion related proteins. **Plant Physiology Biochemical**, v.43, n.10-11, p.985-996, 2005.

MARTINS, J. F. **Aspectos ecofisiológicos e genético de biótipos de *Digitaria insularis* resistente e suscetível ao glyphosate**. 2013, 73 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2013.

MARTINS, J. F.; BARROSO, A. A. M.; ALVES, P. L. C. A. Effects of environmental factors on seed germination and emergence of glyphosate resistant and susceptible sourgrass. **Planta Daninha**, v. 35, p. 1-8, 2017.

MATHEIS, H.; AZEVEDO, F. D.; VICTORIA FILHO, R. Adubação verde no manejo de plantas daninhas na cultura de citros. **Laranja**, v. 27, n. 1, p. 101–110, 2006.

MATIELLO, R. R.; RONZELLI JR, P.; PURÍSSIMO, C. Mecanismos de resistência: fatores biológicos, agronômicos e genéticos. In: Curso de manejo da resistência de plantas daninhas aos herbicidas, Ponta Grossa, 1999. **Anais...** Ponta Grossa: AEACG, p. 27-40, 1999.

MAXWELL, B. D.; MORTIMER, A. M. Selection for herbicide resistance. In: POWLWES, S. B.; HOLTUR, J. A. M. **Herbicide Resistance in Plants: Biology and Biochemistry**. Boca Raton, EUA: Lewis, p.1-26, 1994.

MELO, M. S. C. **Levantamento de ocorrência, alternativas de manejo, mecanismos de resistência e herança genética do capim-amargoso (*Digitaria insularis*) resistente**

ao herbicida glyphosate. 2015, 109 p. Tese (Doutorado em Ciências), Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba- SP, 2015.

MELO, M. S. C.; BANZATO, T. C. B.; NICOLAI, M.; CHRISTOFFOLETTI, P. J. Avaliação do crescimento dos biótipos de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) resistente e suscetível ao glyphosate. In: Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 27, 2010. Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: FEPAF, 2010, p. 1187-1190.

MELO, M. S. C.; ROCHA, L. J. F. N.; BRUNHARO, C. A. C. G.; DA SILVA, D. C. P.; NICOLAI, M.; CHRISTOFFOLETTI, P. J. Alternativas de controle químico do capim-amargoso resistente ao glyphosate, com herbicidas registrados para as culturas de milho e algodão. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 16, n. 3, p. 206–215, 2017.

MELO, M. S. C.; ROSA, L. E.; BRUNHARO, C. A. C. G.; NICOLAI, M.; CHRISTOFFOLETTI, P. J. Alternativas para o controle de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) resistente ao glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 11, n. 2, p. 195-203, 2012.

MENDONÇA, G. S. de; MARTINS, C. C.; MARTINS, D.; COSTA, N. V. da. Ecofisiologia da germinação de sementes de *Digitaria insularis* (L.) Fedde. **Revista ciência agrônômica**, v. 45, n. 4, p. 823-832, 2014.

MENEZES, V. G.; MARIOT, C. H. P.; KALSING, A.; GOULART, I. C. G. R. Arroz-vermelho (*Oryza sativa*) resistente aos herbicidas imidazolinonas. **Planta Daninha**, v. 27, n. spe, p. 1047-1052, 2009.

MEROTTO JR., A.; VIDAL, R. A.; FLECK, N. G.; ALMEIDA, M. L. Interferência das plantas daninhas sobre o desenvolvimento inicial de plantas de soja e arroz através da qualidade da luz. **Planta Daninha**, v. 20, n. 1, p. 9-16, 2002.

MERVOSH, T. L.; BALKE, N. E. Effects of calcium, magnesium, and phosphate on glyphosate absorption by cultured plant cells. **Weed Science**, v. 39, n. 3, p. 347-353, 1991.

MOLDES, C. A.; MEDICI, L. O.; ABRAHAO, O. S.; TSAI, S. M.; AZEVEDO, R. A. Biochemical responses of glyphosate resistant and susceptible soybean plants exposed to glyphosate. **Acta Physiologiae Plantarum**, v.30, n.4, p.469-479, 2008.

MONDO, V. H. V.; CARVALHO, S. J. P. de; DIAS, A. C. R.; MARCOS FILHO, J. Efeitos da luz e temperatura na germinação de sementes de quatro espécies de plantas

daninhas do gênero *Digitaria*. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 1, p. 131-137, 2010.

MONQUERO, P. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; OSUNA, M. D.; DE PRADO, R. A. Absorção, translocação e metabolismo de glyphosate por plantas tolerantes e suscetíveis a este herbicida. **Planta daninha**, v. 22, n. 3, p. 445-451, 2004.

MONQUERO, P. A.; SILVA, P. V.; SILVA HIRATA, A. C.; TABLAS, D. C.; ORZARI, I. Lixiviação e persistência dos herbicidas sulfentrazone e imazapic. **Planta Daninha**, v. 28, n. 1, p.185-195, 2010.

MOSS, S. **Detecting herbicide resistance**: Guidelines for conducting diagnostic tests and interpreting results, 1999. Disponível em: <<http://www.hracglobal.com/Publications/DetectingHerbicideResistance.aspx>> Acesso em: 02 nov. 2019.

NELSON, S. C. **Glyphosate injury to coffee plants**. 5p. Honolulu: University of Hawaii, 2008. Plant Disease, p. 56.

NICOLAI, M.; MELO, M. S. C.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Monitoramento de infestação de populações de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) suspeitas de resistência ao glifosato. In: XXVII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas. **Anais...** 2010.

NORSWORTHY, J. K.; WARD, S. M.; SHAW, D. R.; LLEWELLYN, R. S. Reducing the risks of herbicide resistance: best management practices and recommendations. **Weed Science**, v. 60, n. edição especial, p. 31-62, 2012.

NUNES, A. L.; TREZZI, M. M.; DEBASTIANI, C. Manejo integrado de plantas daninhas na cultura do milho. **Bragantia**, v. 69, n. 2, p. 299-304, 2010.

ORCARAY, L.; ZULET, A.; ZABALZA, A.; ROYUELA, M. Impairment of carbon metabolism induced by the herbicide glyphosate. **Journal of Plant Physiology**, v. 169, n. 1, p. 27-33, 2012.

OERKE, E. C. Centenary review crop losses to pests. **Journal of Agricultural Science**, v. 144, p. 31-43. 2006.

OLIVEIRA, A. R.; FREITAS, S. P. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em áreas de produção de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 26, n. 1, p. 33-46, 2008.

OLIVEIRA JR, R. S. Mecanismos de ação dos herbicidas. In: OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. (Eds.). **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax Editora, p. 141-192, 2011.

PEIXOTO, C. P. **Dinâmica do crescimento vegetal**: princípios básicos. Tópicos em Ciências Agrárias, p. 38, 2009.

PEREIRA, F. A. R.; VELINI, E. D. Sistemas de cultivo no cerrado e dinâmica de populações de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 21, n. 3, p. 355-363, 2003.

PEREIRA, G. R. **Crescimento e desenvolvimento de biótipos de *Digitaria insularis* resistente e suscetível ao glyphosate**. Dissertação (Mestre em Agronomia). Universidade do Oeste do Paraná – Unioeste. Marechal Cândido Rondon, 61 p., 2015.

PIMENTEL, D.; MCNAIR, S.; JANECKA, J.; WIGHTMAN, J.; SIMMONDS, C.; O'CONNELL, C.; WONG, E.; RUSSEL, L.; ZERN, J.; AQUINO, T.; TSOMONDO, T. Economic and environmental threats of alien plant, animal, and microbe invasions. **Agriculture Ecosystem and Environment**, v. 84, p. 1–20, 2001.

PORTES, T. A.; CASTRO JR., L. G. D. Análise de crescimento de plantas: um programa computacional auxiliar. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 3, n. 1, p. 53-56, 1991.

POWLES, S. B. Evolved glyphosate-resistant weeds around the world: lessons to be learnt. **Pest Management Science**, v. 64, n. 4, p. 360–365, 2008.

POWLES, S. B.; YU, Q. Evolution in Action: Plants Resistant to Herbicides. **Annual Review of Plant Biology**, v. 61, p. 317–347, 2010.

PRESTON, C. **Threat from herbicide resistant weeds**. Disponível em: <www.grdc.com.au/growers/res_upd/hirain/02/1longford_spring2002>. Acesso em: 01 out. 2019.

PROCÓPIO, S. O.; PIRES, F. R.; MENEZES, C. C. E.; BARROSO, A. L. L.; MORAES, R. V.; SILVA, M. V. V.; QUEIROZ, R. G.; CARMO, M. L. Efeitos de dessecantes no controle de plantas daninhas na cultura da soja. **Planta Daninha**, v. 24, n. 1, p. 193-197, 2006.

PYON, J. Y.; WHITNEY, A. S.; NISHIMOTO, R. K. Biology of sourgrass and its competition with buffelgrass and guineagrass. **Weed Science**, v. 25, n. 2, p. 171-174, 1977.

RADOSEVICH, S. R.; HOLT, J. S. **Weed ecology**: implications for management. New York: John Wiley & Sons, 1984. p. 93-193.

REDDY, K.N.; RIMANDO, A.M.; NANDULA, V.K. Aminomethylphosphonic acid accumulation in plant species treated with glyphosate. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.56, n.6, p.2125-2130, 2008.

REINERT, S. C.; PRADO, A. B. C. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Curvas de dose-resposta comparativas entre os biótipos resistente e suscetível de capim-amargoso ao herbicida glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 12, n. 3, p. 260-267, 2013.

REYES-CUESTA, R.; LOPES, N. F.; OLIVIA, M. A.; FRANCO, A. A. Crescimento e conversão da energia solar de *Phaseolus vulgaris* em função da fonte de nitrogênio. **Revista Ceres**, v. 42, n. 242, p. 405-455, 1995.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. L. S. **Guia de herbicidas**. 6.ed. Londrina: Edição dos Autores, 2011. 697 p.

RODRIGUES, J. D. Absorção e transporte de solutos nas plantas. In: VELINI, E. D.; MESCHEDÉ, D. K.; CARBONARI, C. A.; TRINDADE, M. L. B. **Glyphosate**. Botucatu: Fepaf, 2009. 493 p.

ROUSH, M. L.; RADOSEVICH, S. R. Relationships between growth and competitiveness of four annual weeds. **Journal of Applied Ecology**, v. 22, p. 895-905, 1985.

SAARI, L. L.; COTTERMAN, J. C.; THILL, D. C. Resistance to acetolactate synthase inhibiting herbicides. In: POWLES, S. B.; HOLTUM, J. A. M. **Herbicide resistance in plants: biology and biochemistry**. Boca raton: p. 83-139, 1994.

SALAS, R. A.; SCOTT, R. C.; DAYAN, F. R.; BURGOS, N. R. Gene amplification in glyphosate-resistant Italian ryegrass (*Lolium perenne* ssp. *multiflorum*) populations from Arkansas (United States). **Journal Agricultural and Food Chemistry**, v. 63, n. 25, p. 5885-5893, 2015.

SANTOS, I. C.; SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A.; MIRANDA, G. V. PINHEIRO, R. A. N. Eficiência de glyphosate no controle de *Commelina benghalensis* e *Commelina diffusa*. **Planta daninha**, v. 19, n. 1, p. 135-143, 2001.

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

SILVEIRA, H. M. **Confirmação e caracterização fisiológica de *Digitaria insularis* resistente ao glyphosate**. Tese (*Doctor Scientiae*), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 51 p., 2017.

SILVEIRA, H. M. da; LANGARO, A. C.; DE LA CRUZ, R. A.; SEDIYAMA, T.; SILVA, A. A. da. Glyphosate efficacy on sourgrass biotypes with suspected resistance collected on GR-crop fields. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 40, n. 1, p. 69-74, 2018.

SIMONI, F.; VICTORIA FILHO, R.; SAN MARTIN, H.A.M.; SALVADOR, F.L.; ALVES, A.S.R.; BREMER, N. H. Influência da intensidade de chuva e da quantidade de palha de cana-de-açúcar sobre a eficácia de herbicidas aplicados em pé emergência no controle de *Cyperus rotundus*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 2006. Brasília, **Resumos...** Brasília: SBCPD; UNB; Embrapa Cerrados, 2006. p. 365.

SOUZA, R. C.; DIAS, A. C.; FIGUEIREDO, M. R. A.; OBARA, F. E. B.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Growth of the crabgrass species *Digitaria ciliares* and *Digitaria nuda*. **Planta Daninha**, v. 30, n. 2, p. 317-325, 2012.

SPURRIER, E.C. Glyphosate: a new broad spectrum herbicide. **Proceedings of the National Academy of Sciences USA**, v.19, p.607-612, 1973.

STREIBIG, J. C. Herbicide bioassay. **Weed Research**, v. 28, n. 6, p. 479-484, 1988.

STREIBIG, J. C.; COMBELLACK, J. H.; PRITCHARD, G. H.; RICHARDSON, R. G. Estimation of thresholds for weed control in Australian cereals. **Weed Research**, v. 29, n. 2, p. 117-126, 1989.

SZÉKÁCS, A.; DARVAS, B. Forty years with glyphosate. In: HASANEEN, M. N., ed., **Herbicides-properties, synthesis and control of weeds**. InTech, p. 247-284, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

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

THOMSOM, F. J.; MOLES, A. T.; AULD, T. D.; KINGSFORD, R. T. Seed dispersal distance is more strongly correlated with plant height than with seed mass. **Journal of Ecology**, v. 99, n. 6, p. 1299-1307, 2011.

VARGAS, L.; BOREM, A.; SILVA, A. A. Herança da resistência aos herbicidas inibidores da ALS em biótipos da planta daninha *Euphorbia heterophylla*. **Planta Daninha**, v. 19, n. 3, p. 331-336, 2001.

VARGAS, R. **Herbicide resistance**. The University of Arizona. Disponível em: <<http://ag.arizona.edu/crops/pesticides/papers/herbresis.html>>. Acesso em: 15 nov. 2019.

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

VELINI, E. D.; MESCHEDE, D. K.; CARBONARI, C. A.; TRINDADE, M. L. B. Modo de ação do glyphosate. In: VELINI, E. D.; MESCHEDE, D. K.; CARBONARI, C. A.; TRINDADE, M. L. B. **Glyphosate**. Botucatu: FEPAF, 2009. 496 p.

VENCILL, W. K.; NICHOLS, R. L.; WEBSTER, T. M.; SOTERES, J. K.; MALLORY-SMITH, C.; BURGOS, N. R.; JOHNSON, W. G.; MCCLELLAND, M. R. Herbicide resistance: toward an understanding of resistance development and impact of herbicide-resistant Crops. **Weed Science**, v. 60, n. edição especial, p. 2-30, 2012.

VIDAL, R. A.; FLECK, N. G. Análise do risco da ocorrência de biótipos de plantas daninhas resistentes aos herbicidas. **Planta Daninha**, v. 15, n. 12, p. 152-161, 1997.

VIDAL, R. A.; TREZZI, M. M. Análise de crescimento de biótipos de leiteira (*Euphorbia heterophylla*) resistentes e suscetível aos herbicidas inibidores da ALS. **Planta Daninha**, v. 18, n. 3, p. 427-433, 2000.

YANNICCARI, M.; VILA-AIUB, M.; ISTILART, C.; ACCIARESI, H.; CASTRO, A. M. Glyphosate Resistance in Perennial Ryegrass (*Lolium perenne* L.) is Associated with a Fitness Penalty. **Weed Science**, v. 64, n. 1, p. 71–79, 2016.

YU, Q.; JALALUDIN, A.; HAN, H.; CHEN, M.; SAMMONS, R. D.; POWLES, S. B. Evolution of a double amino acid substitution in the 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase in *Eleusine indica* conferring high-level glyphosate resistance. **Plant Physiology**, v. 167, n. 4, p. 1440-1447, 2015.

ZOBIOLE, L. H. S.; KRENCHINSKI, F. H.; ALBRESCHT, A. J. P.; PEREIRA, G.; LUCIO, F. R.; ROSSI, C.; RUBIN, R. S. Controle de capim-amargoso perenizado em pleno florescimento. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 15, n. 2, p. 157-164, p. 157-164, 2016.



PPGAgro
Programa de Pós-Graduação
em Agronomia