

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CÂMPUS SÃO MIGUEL DO OESTE  
AGRONOMIA

Maicon Luan Ogliari

**CONTROLE DE CAPIM-AMARGOSO RESISTENTE AO GLIFOSATO  
COM ASSOCIAÇÃO DE HERBICIDAS**

São Miguel do Oeste – SC 2020

Maicon Luan Ogliari

**CONTROLE DE CAPIM-AMARGOSO RESISTENTE AO GLIFOSATO COM  
ASSOCIAÇÃO DE HERBICIDAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Curso de Bacharelado em Agronomia do  
Câmpus São Miguel do Oeste do Instituto  
Federal de Santa Catarina como requisito  
parcial à obtenção do título de **Engenheiro  
Agrônomo**

Orientadores

Prof.<sup>a</sup> Dra. Franciele Mariani

Prof. Dr. Alcione Miotto

São Miguel do Oeste – SC 2020

## RESUMO

A utilização de herbicidas isolados não tem se mostrado eficiente no controle do capim-amargoso (*Digitaria insularis*). Em áreas com sistema de plantio direto, em que se utiliza intensamente glifosato, a pressão de seleção de biótipos resistentes tem aumentado. Objetivou-se com este estudo avaliar e validar bioensaio para identificação de capim-amargoso resistente ao glifosato e a eficiência de misturas de diferentes moléculas herbicidas pós-emergentes no seu controle na cultura da soja. Foram realizados três estudos distintos e interconectados. No Estudo I realizou-se um bioensaio laboratorial em placa de Petri para determinação da resistência, utilizando-se sementes de *D. insularis* em papel embebido com solução de glifosato a 1% e.a., comparadas com um controle sem glifosato. Para isso, amostras de biótipos de *D. insularis* com rebrote após a aplicação de glifosato foram coletadas em lavouras de soja RR. Para confirmação do bioensaio executou-se o Estudo II, conduzido em casa de vegetação com exemplares das sementes remanescentes do estudo anterior. Os biótipos foram semeados em vasos de 300 mL e conduzidos até altura média de 9,12 cm. Neste estudo, os tratamentos foram constituídos por três doses de glifosato (0, 1.080 e 2.000 g e.a. ha<sup>-1</sup>). O Estudo III consistiu em duas etapas, primeiramente, em laboratório, usando-se o mesmo método do Estudo I, selecionou-se possíveis campos experimentais, a partir deste resultado foi possível estabelecer um campo com biótipos comprovadamente resistentes. Testaram-se as doses máximas de glifosato recomendada pelo fabricante (1.080 g e.a. ha<sup>-1</sup>), glufosinato (600 g i.a. ha<sup>-1</sup>), cletodim (240 g i.a. ha<sup>-1</sup>) e haloxifope (60 g i.a. ha<sup>-1</sup>) de forma individual ou combinadas e um controle sem herbicidas. Os tratamentos foram aplicados em três repetições com parcelas de 4 m<sup>2</sup> onde foram selecionadas 10 plantas entouceiradas. O percentual de controle e rebrote foi avaliado aos 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49 e 56 dias após a aplicação. A partir dos 35 dias foram realizadas as análises: morfológica, compatibilidade, custo e uma caracterização qualitativa dos tratamentos. Constatou-se que a germinação de sementes de capim-amargoso pelo método do bioensaio na concentração de glifosato a 1% e.a. ha<sup>-1</sup> pode ser utilizada com sucesso na determinação de biótipos resistentes a este herbicida. Plantas de biótipos classificados por esta técnica como resistentes, testadas em vaso, resistiram a aplicação da dose recomendada de glifosato, validando o método laboratorial. A utilização de misturas de ingredientes ativos obteve excelentes resultados no controle de capim-amargoso resistente ao glifosato.

**Palavras-chave:** *Digitaria insularis*, planta daninha, mistura de moléculas, ingrediente ativo, bioensaio.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	5
<b>2. OBJETIVOS GERAIS</b> .....	8
<b>2.1 Objetivos específicos</b> .....	<b>8</b>
<b>4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	8
<b>4.1 Descrição morfológica do capim-amargoso</b> .....	<b>8</b>
<b>4.2 Características morfológicas que afetam a eficiência dos herbicidas</b> .....	<b>9</b>
<b>4.3 Ensaio para confirmação de resistência</b> .....	<b>10</b>
<b>4.4 Ingredientes ativos</b> .....	<b>11</b>
4.4.1 Glifosato.....	12
4.4.2 Glufosinato.....	12
4.4.3 Cletodim.....	13
4.4.4 Haloxifope-P .....	13
<b>4.5 Misturas de moléculas</b> .....	<b>14</b>
<b>4.6 Custo de controle de plantas daninhas</b> .....	<b>15</b>
<b>5. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	16
<b>5.1 Estudo I - Bioensaio de laboratório para seleção de biótipos resistentes</b> .....	<b>17</b>
<b>5.2 Estudo II - Validação de resistência das plantas ao glifosato</b> .....	<b>18</b>
<b>5.3 Estudo III - Associação de herbicidas para o controle de capim-amargoso</b> ...	<b>19</b>
<b>6. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	22
<b>6.1 Estudo I - Bioensaio de laboratório para seleção de biótipos resistentes</b> .....	<b>22</b>
<b>6.2 Estudo II - Validação de resistência em casa de vegetação</b> .....	<b>25</b>
<b>6.3 Estudo III - Associação de herbicidas para o controle de capim-amargoso</b> ...	<b>27</b>
6.3.1 Mortalidade .....	29
6.3.2 Rebrote.....	33
6.3.3 Análise morfológica geral.....	36
6.3.4 Análise qualitativa e de compatibilidade .....	39
6.3.5 Avaliação de custo de controle .....	41
<b>7. CONCLUSÕES</b> .....	44
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	45

## 1. INTRODUÇÃO

Os relatos de biótipos de capim-amargoso [*Digitaria insularis* (L.) Fedde] resistentes a aplicação de herbicidas tem aumentado ao longo do tempo. No Brasil, o primeiro relato oficial de resistência ocorreu em 2008 no Estado do Paraná, quando a erva daninha demonstrou resistência ao glifosato e infestou lavouras de milho e de soja. Em 2016, em lavouras de soja, ocorreu o relato de resistência ao fenoxaprope-P-etílico e haloxifope-P-metílico, ambos herbicidas inibidores da acetil CoA carboxilase (ACCase) (WEED SCIENCE, 2019).

As práticas efetuadas no sistema de plantio direto associados ao uso de transgênicos RR intensificaram o uso do herbicida glifosato. No campo, percebe-se que o relato de ocorrência de resistência de capim-amargoso ao herbicida glifosato vem aumentando. Esse é o provável efeito de sua utilização frequente que acabou por acentuar o regime de seleção de biótipos resistentes. A reutilização de herbicidas com mesmo mecanismo de ação para controlar plantas daninhas, em um mesmo ciclo da cultura e continuado durante anos, sem a utilização de práticas alternativas de manejo para prevenir a resistência, é a principal causa da seleção e dispersão de populações resistentes a herbicidas. A resistência é a capacidade adquirida por uma planta em sobreviver a dose registrada de um herbicida que, normalmente, controlaria os demais biótipos da mesma população. Para uma planta ser considerada resistente a um herbicida, esta necessita um histórico de sensibilidade, transmitir hereditariamente a resistência e sobreviver à dose de bula do produto indicada para o seu controle. Uma planta pode ser considerada sensível a um herbicida quando o seu crescimento e desenvolvimento são alterados pela ação do produto, neste caso a resposta final é a morte ou completa supressão do crescimento da planta. A tolerância, por sua vez, é a capacidade que algumas espécies possuem em sobreviver e se reproduzir após a exposição ao tratamento herbicida, mesmo que estas venhas a apresentar sinais de injúrias. A tolerância pode estar relacionada ao estágio de desenvolvimento e às características morfofisiológicas da espécie, como composição da cutícula, por exemplo, que altera a absorção do herbicida (POWLES et al., 1997; CHRISTOFFERS, 1999; MONQUERO, 2014; VARGAS et al., 2016).

Gilo et al. (2016) obtiveram como resultado de seu experimento a tolerância do capim-amargoso ao glifosato e ao cletodim comprovada, pois em todas as etapas da aplicação, não foram observadas a morte de nenhuma planta avaliada, mesmo na fase inicial de desenvolvimento. Nesta espécie de gramínea, foram identificados biótipos que também são resistentes aos inibidores da ACCase (HEAP, 2020).

Em termos médios, após a comprovação da existência de biótipos resistentes à glifosato e a ACCase, ambos de forma isolada, dois anos após, tem-se encontrado biótipos com resistência múltipla. Sendo assim, basear o manejo do capim-amargoso resistente ao glifosato com utilização de inibidores da ACCase pode ser uma medida com curto prazo de eficiência (GEMELLI et al., 2012). Assim, torna-se importante explorar uma maior diversidade de alternativas de manejo para o capim-amargoso, no intuito de aumentar a vida útil dos inibidores da ACCase bem como do glifosato na agricultura brasileira (LOPEZ OVEJERO et al., 2017). Devido ao aumento na frequência com alelos que conferem resistência das plantas daninhas aos herbicidas comumente utilizados, garantir a diversidade e o manejo adequado das invasoras é a chave para uma produção agrícola eficiente no futuro (RUEGG et al., 2007).

Algumas características morfológicas do capim-amargoso o tornam de difícil controle. Neste sentido destacam-se aspectos como a formação de touceiras, disseminação por sementes e por fragmentos de rizomas. As sementes têm boa germinação e se disseminam com certa facilidade pelo vento em função do seu revestimento por cerdas, além de apresentarem tamanho e peso reduzidos (CORREIA e DURIGAM, 2009; LORENZI, 2014; CORREIA et al., 2015).

Plantas jovens, oriundas de sementes, são de mais fácil controle. Porém, quando se desenvolvem os rizomas, o seu controle se torna mais difícil. Acredita-se que as reservas de amido existentes nos rizomas sejam responsáveis pela tolerância ao glifosato, uma vez que dificultam a translocação e favorecem o rebrote da parte aérea. A translocação interna do herbicida é de fundamental importância para a efetividade do manejo de dessecação, pois ele deve atuar sobre o sistema subterrâneo da planta, principalmente em espécies de daninhas rizomatosas. Por isso, a fase ideal para a intervenção configura-se antes da consolidação dos rizomas, em torno de 35 dias após a emergência das plantas (MACHADO et al., 2006; MACHADO et al., 2008; PROCÓPIO et al., 2006).

O manejo com glifosato isolado não tem se mostrado eficiente no controle do capim-amargoso. Deste modo, se fazem necessárias reaplicações de herbicidas em doses mais elevadas e/ou subsequentes, podendo resultar em problemas ambientais, econômicos e enfermidades aos aplicadores e demais pessoas envolvidas no processo. Além disso, a dependência de um único mecanismo de ação pode se constituir numa fonte de pressão de seleção para a resistência.

O uso de um herbicida como uma única ferramenta de manejo de plantas daninhas é o principal fator para a pressão de seleção de biótipos resistentes. Dessa forma, pode-se utilizar como ferramenta para reduzir a pressão de seleção procedimentos como rotação e/ou combinações de herbicidas com diferentes mecanismos de ação. Estes herbicidas podem ser

aplicados em sequências ou em misturas (BECKIE, 2011; NORSWORTHY et al., 2012; MAROCHI et al., 2018).

De acordo com Ruegg et al. (2007) a descoberta de herbicidas diminuiu drasticamente nos últimos anos, fato que pode ser evidenciado pela redução do número de patentes de herbicidas emitidos. No mercado de herbicidas frequentemente são lançados novas formulações e/ou combinações de moléculas, no entanto, mecanismos de ação diferenciados são raramente descobertos. Devido à ocorrência de biótipos resistentes ao glifosato e à dificuldade em descobrir herbicidas com novo mecanismo de ação, deve-se adotar medidas alternativas. Assim, faz-se necessário a utilização de moléculas já existentes e registradas, em associação, para que em conjunto propiciem um maior controle do capim-amargoso. Considerando-se que a planta daninha será exposta a diferentes mecanismos de ação em uma mesma aplicação, e que, havendo sinergismo entre os produtos, supõem-se que o controle seja mais efetivo.

A legislação brasileira sobre misturas em tanque sofreu alterações ao longo do tempo. Vale destacar que a partir da Instrução Normativa Nº 40, de 11 de outubro de 2018, o Engenheiro Agrônomo passou a ter competência e responsabilidade quanto a interpretação das recomendações oficiais relativas à mistura em tanque, quando existentes, visando a elaboração da receita agronômica em consonância com as boas práticas agrícolas e com as informações científicas disponíveis (MAPA, 2018). Deste modo, constata-se que na literatura existe limitação de informação sobre o que pode ser misturado e em que quantidades, bem como a efetividade da mistura.

Espera-se que a utilização de misturas de ingredientes ativos seja mais efetiva quanto à utilização de herbicidas isolados no controle de capim-amargoso resistente ao glifosato. Da mesma forma, espera-se que a resistência possa ser atestada por meio de bioensaio laboratorial de germinação e a validade do método possa ser assegurada por meio de testes com plantas em vaso, conduzidas em casa de vegetação.

## **2. OBJETIVOS GERAIS**

Avaliar e validar bioensaio para identificação de capim-amargoso resistente ao glifosato e a eficiência de misturas de diferentes moléculas herbicidas pós-emergentes no seu controle na cultura da soja.

### **2.1 Objetivos específicos**

Avaliar a eficiência de bioensaio laboratorial na identificação de biótipos de capim-amargoso resistentes ao glifosato;

Validar por meio de experimentos em casa de vegetação, com plantas em vaso, o método usado em bioensaio laboratorial;

Avaliar quantitativamente o controle de capim-amargoso submetido a aplicação de diferentes herbicidas, individualmente ou em misturas;

Avaliar a rebrota de capim-amargoso submetido a aplicação de diferentes herbicidas, individualmente ou em misturas;

Analisar as características morfológicas das plantas controladas, convergindo para um limite máximo de efeito dos tratamentos;

Avaliar qualitativamente o controle de capim-amargoso submetido a aplicação de diferentes herbicidas, individualmente ou em misturas;

Avaliar a compatibilidade das misturas para o efeito aditivo, sinérgico ou antagônico.

Realizar uma análise de custo dos tratamentos propostos.

## **4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **4.1 Descrição morfológica do capim-amargoso**

O capim-amargoso é uma das plantas daninhas infestantes mais importantes em áreas de plantio direto de cereais do Sul do Brasil. Esta espécie infesta pastagens, pomares, áreas agrícolas, beiras de estradas e terrenos baldios (LORENZI, 2008).

Quanto aos aspectos morfológicos, é uma espécie perene, que vegeta com grande vigor, formando touceiras que florescem praticamente durante todo o verão. Trata-se de uma espécie gramínea, com metabolismo fotossintético do tipo C4. Herbácea e ereta, atinge de 50 a 100 cm de altura, com reprodução por sementes e podendo se disseminar também por rizomas. Destaca-se ainda como provável causa de sua ampla disseminação a boa germinação das sementes e



dispersão facilitada pelo vento em função do seu revestimento por cerdas, além de apresentarem tamanho e peso reduzidos ( KISSMANN e GROTH, 1997; LORENZI, 2008; CORREIA e DURIGAM, 2009; LORENZI, 2014; CORREIA et al., 2015).

As sementes de capim-amargoso provenientes de plantas resistentes germinam mais e em maiores faixas de temperatura, déficit hídrico e profundidade de semeadura quando em comparação com aquelas oriundas de plantas suscetíveis (MARTINS et al., 2017). Além disso, apresentam cerca de 80% de germinação em até três centímetros de profundidade no solo, no entanto, ao serem dispostas a quatro centímetros, sua germinação reduz para 10% (PYON et al., 1977). A temperatura de 35 °C, combinado com a luz, é a condição mais favorável para a germinação (MENDONÇA et al., 2014).

#### **4.2 Características morfológicas que afetam a eficiência dos herbicidas**

As características que garantem a sobrevivência da espécie também contribuem para sua maior agressividade competitiva. Órgãos de armazenamento de reservas energéticas e estruturas de reprodução colaboram para a persistência das plantas no sistema. Os mecanismos de resistência das plantas daninhas aos herbicidas englobam alterações nos sítios de ação, metabolização, compartimentalização, superexpressão da proteína-alvo ou exclusão do herbicida da célula ou organela-alvo (MONQUERO, 2014).

Plantas oriundas de sementes são controladas mais facilmente pelo glifosato quando jovens, contudo, quando elas se desenvolvem e formam rizomas, seu controle tem sido dificultoso. O capim-amargoso apresenta crescimento lento até 45 dias após a emergência (DAE), portanto, o melhor período para controle é até os 35 DAE, neste período os rizomas ainda não foram formados (MACHADO et al., 2006).

O uso de glifosato para controle de capim-amargoso em estágio avançado de crescimento pode ter acelerado o processo de seleção de biótipos resistentes. A dose elevada do herbicida associado ao alto teor de surfactante pode causar rápida toxicidade nos tecidos, resultando em redução da translocação e baixo controle de plantas daninhas perenes (BOERBOOM e WYSE, 1988; CARVALHO et al., 2011b). Diferenças relacionadas a translocação dos herbicidas bem como a fisiologia das plantas podem explicar os resultados do controle químico de populações. No entanto, Gomes et al. (2017) não encontraram características semelhantes que explicassem a resposta diferencial ao glifosato em diferentes populações de capim-amargoso.

O êxito do herbicida se estabelece também pela quantidade de moléculas capturadas pela planta. Porém, a retenção da pulverização e o ângulo de contato em aplicações de glifosato sobre folhas de capim-amargoso indicaram que o diferencial da captura do herbicida não foi responsável pela resistência dos biótipos estudados (CARVALHO et al., 2011a). Por outro lado, plantas suscetíveis apresentam características que facilitam a absorção do herbicida. A presença de tricomas não cuticulados somada a espessa epiderme adaxial favorece a absorção no biótipo suscetível (BARROSO, 2013).

A absorção dos herbicidas é influenciada por seus atributos, pela disponibilidade nos locais de absorção, pela constituição da superfície da planta e por fatores ambientais. Estes por sua vez influenciam a translocação até o sítio de ação. Para que os herbicidas sistêmicos atinjam os sítios de ação é necessário que ocorra a translocação. Os herbicidas podem ser translocados pelo simplasto, pelo apoplasto ou por ambos (MONQUERO, 2014).

#### **4.3 Ensaios para confirmação de resistência**

Para determinar a resistência de plantas daninhas pode-se utilizar a triagem em placas de Petri e ensaios de dose resposta. Para Perez-Jones et al. (2007) quando vários biótipos de daninhas forem testados para resistência ao glifosato, o ensaio em placa de Petri poderá ser usado efetivamente. No entanto, este método ainda carece de resultados de ensaios de planta inteira para sua validação pois, existem diferenças entre os ensaios laboratoriais, o que se deve aos distintos mecanismos de resistência nas populações testadas.

Pelo modelo aplicado por Carvalho et al. (2011a) os ensaios em placa de Petri consistem em utilizar placas de Petri contendo duas folhas de papel de filtro, sob a qual foram espalhadas 25 sementes por biótipo. Cotas de diferentes concentrações de glifosato foram vertidos para as placas e posteriormente transferidas para uma câmara de crescimento. Dez dias após foi determinado para cada biótipo a porcentagem de controle.

Outro método foi proposto por Dias et al. (2015) para detectar a resistência ou suscetibilidade ao glifosato. Os lotes de sementes foram previamente testados por meio de plantas cultivadas em casa de vegetação e pulverizadas com glifosato no estágio 3-5 perfilhos. As sementes selecionadas foram embebidas em soluções com doses crescentes de glifosato e mantidas entre duas folhas de papel absorvente umedecido, a uma taxa de 2,5 vezes o peso do papel seco, por 5 ou 10 minutos. As sementes foram submetidas ao teste de germinação em câmara, com temperaturas alternadas de 20 a 35 °C, e oito horas de fotofase. Os autores

concluíram que o teste de germinação é uma abordagem viável e que economiza tempo para detectar plantas resistentes ao glifosato, com resultados disponíveis em sete dias.

Neve et al. (2004) utilizaram uma técnica com placas de Petri e areia para testar populações resistentes de azevém na Austrália. De acordo com os autores, os resultados encontrados confirmaram a condição de resistência das populações e validaram o teste de resistência ao glifosato. Esses mesmos autores também constataram que, onde várias populações resistentes de azevém devem ser testadas, é possível selecionar uma única concentração de glifosato para discriminar entre uma população potencialmente resistente e uma população suscetível conhecida.

Para ensaios de dose resposta Carvalho et al. (2011a) utilizou vasos de 500 mL contendo uma mistura de turfa e solo franco arenoso, mantendo duas plântulas por vaso. Os tratamentos foram aplicados no estádio de três folhas com volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup> e doses crescentes do herbicida. O peso fresco da parte aérea foi determinado e expresso como percentagem do controle não tratado, 21 dias após a aplicação do herbicida.

Os bioensaios com plantas inteiras fornecem um nível mais realista de resistência aos herbicidas, isso se deve ao estágio de crescimento da planta, o tempo e a taxa de aplicação, fatores que são comparáveis a situações de campo (PEREZ-JONES et al., 2007).

#### 4.4 Ingredientes ativos

Os ingredientes ativos registrados para o controle de capim-amargoso abordados neste tópico e que são utilizados em pós-emergência na cultura da soja, estão listados na Tabela 01. Vale ressaltar que tais ingredientes ativos estão disponíveis para consulta aberta no Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários (Agrofit) que é o cadastro oficial de agroquímicos, produtos técnicos e afins registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

**TABELA 01** - Mecanismo de ação, grupo químico e ingrediente ativo de herbicidas utilizados no estudo e recomendados para o controle em pós-emergência do capim-amargoso na cultura da soja.

Mecanismo de ação	Grupo químico	Ingrediente ativo
Inibidor da síntese de aminoácido aromático (inibidor da EPSPS)	Glicina substituída	Glifosato – sal de amônio
Inibidor do metabolismo do nitrogênio (Inibidor da GS)	Homoalanina substituída	Glufosinato – sal de amônio
Inibidor da síntese de lipídios (inibidor da ACCase)	Oxima ciclohexanodiona Ácido ariloxifenoxipropiônico	Cletodim Haloxifope-P-metilico

Fonte: Sintetizado pelo autor com base em MAPA, 2020.

A seguir estão relacionados os ingredientes ativos e suas principais características físico-químicas, metabolização, formas de absorção, translocação, bem como a sintomatologia nas plantas.

#### **4.4.1 Glifosato**

O glifosato é utilizado em pós-emergência para o controle de plantas anuais e perenes, sendo mais fitotóxico em gramíneas anuais. Caracteriza-se como sistêmico, não seletivo, de baixa toxicidade e por não apresentar risco de lixiviação para águas profundas. Todavia, ressalta-se seu antagonismo à água dura e por muitos parceiros de mistura. Possui velocidade de ação lenta e baixa resistência à chuva após a aplicação (BAYLIS, 2000; SENSEMAN et al., 2007). O glifosato inibe a enzima 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato-sintase (EPSPS), que em última análise, resulta no bloqueio da produção de aminoácidos aromáticos, com efeitos resultantes na síntese de proteínas. Muitos processos são afetados, incluindo a redução na fotossíntese, degradação da clorofila, oxidação e inibição do transporte de auxinas e restrição da disponibilidade de cátions polivalentes (BAYLIS, 2000).

Após aplicação, o crescimento da planta é inibido, seguido por clorose e necrose foliar. A clorose pode aparecer primeiro e ser mais pronunciada em folhas imaturas e em pontos de crescimento. O glifosato é translocado por meio de fotossintatos oriundo das folhas e destinados aos tecidos meristemáticos onde atingem o sítio alvo. A captação máxima do herbicida é alcançada nas primeiras 96 horas após a aplicação. A sintomatologia em gramíneas suscetíveis ocorre de quatro a sete dias, já em espécies menos suscetíveis pode variar de 10 a 20 dias. Em espécies perenes o rebrote após aplicação pode mostrar deformações com marcas ou estrias esbranquiçadas, ademais, múltiplos brotos podem se desenvolver (SENSEMAN et al., 2007; CRUZ-HIPOLITO et al., 2011).

#### **4.4.2 Glufosinato**

O glufosinato é um herbicida não seletivo que controla gramíneas, anuais e perenes, e daninhas de folhas largas. Atua inibindo a atividade da glutamina sintetase e a produção de glutamina. Quanto a sintomatologia, destaca-se a clorose e a murcha das plantas que ocorrem geralmente de três a cinco dias após a aplicação que evolui para necrose das plantas após uma ou duas semanas (SENSEMAN et al., 2007).

O desenvolvimento dos sintomas acentua-se pela incidência de luz solar e alta umidade do ar e do solo. Após a aplicação exige seis horas sem chuva para a máxima eficiência. Quanto a absorção e translocação pouco ou nenhum glufosinato é absorvido pelas raízes em condições

de campo devido a sua rápida degradação microbiana. O movimento do glufosinato no xilema e floema é limitado (SENSEMAN et al., 2007). O glufosinato parece ser um análogo do ácido fosfínico do glutamato, sendo assim, atua como um inibidor competitivo da Gin sintetase, enzima chave do metabolismo do nitrogênio nas plantas. Após a aplicação, observa-se a rápida acumulação de amônia, uma deficiência em Gin e inibição da fotossíntese, resultando na morte das células vegetais (BAYER et al., 1972; LEA et al., 1984; TACHIBANA et al., 1986a, 1986b; SAUER et al., 1987).

#### **4.4.3 Cletodim**

O cletodim é utilizado para o controle de gramíneas anuais e perenes e atua inibindo a ACCase. O crescimento da planta cessa logo após a aplicação, os tecidos jovens e em crescimento são afetados primeiramente. Cloroses e eventualmente necroses são observadas de uma a três semanas após a aplicação. As bainhas das folhas tornam-se marrons e murchas logo acima de seu ponto de ligação ao nó. As folhas mais velhas geralmente ficam roxas, laranjas ou vermelhas antes de tornarem necróticas (SENSEMAN et al., 2007).

O herbicida penetra a cutícula em no máximo uma hora após a aplicação e precipitações pluviométricas após este período têm pouca interferência na sua eficácia. Quanto a translocação tem movimentação primária no citoplasma, incluindo o floema, com acumulação eventual em pontos de crescimento. É rapidamente fotodecomposto nas superfícies foliares por uma reação catalisada por ácidos. Muitas plantas daninhas desenvolveram resistência aos inibidores de ACCase (FOCKE e LICHTENTHALER, 1987; FALB et al., 1990; SENSEMAN et al., 2007).

#### **4.4.4 Haloxifope-P**

O haloxifope-P é utilizado no controle de gramíneas anuais e em doses mais elevadas para plantas perenes. O mecanismo de ação e a sintomatologia são as mesmas observadas no cletodim, pois ambos atuam inibindo a ACCase (SENSEMAN et al., 2007). O éster metílico de haloxifope é absorvido rapidamente pelas folhas e é resistente à chuva cerca de duas horas após a aplicação. Difunde-se prontamente através da membrana plasmática e é translocado principalmente pelas células do floema, acumulando-se nas regiões meristemáticas (BRYSON, 1987; SENSEMAN et al., 2007).

#### 4.5 Misturas de moléculas

Para que uma combinação de herbicidas seja eficaz na mitigação da resistência, as moléculas devem ter mecanismos de ação diferentes. As misturas de herbicidas aplicam, ao mesmo tempo, múltiplas pressões de seleção, o que em teoria permite apenas a sobrevivência de indivíduos muito raros que, por sua vez, já foram selecionadas em termos de resistência múltipla aos herbicidas por meio de mutações em múltiplos loci ou fluxo gênico (NORSWORTHY et al., 2012).

A combinação de produtos é uma prática tecnicamente justificável. Existem plantas com diferentes graus de sensibilidade aos herbicidas (RODRIGUES e ALMEIDA, 2011). O uso de apenas um método de controle não é eficaz, especialmente a longo prazo, para o controle de daninhas, portanto, deve-se considerar a mistura de herbicidas para mitigar a resistência e prevenir a seleção de biótipos com resistência múltipla (MAROCHI et al., 2018).

O controle de capim-amargoso resistente ao glifosato vem sendo estudado. Até o momento atestou-se a eficiência em aplicações pós-emergentes, em estádios iniciais de desenvolvimento os herbicidas: cletodim, imazapir, fluazifope-p-butílico, fenoxaprope-p-etílico, tepraloxidim, cletodim + fenoxaprope-p-etílico, paraquat, haloxifope-metílico. Para plantas em estágio mais avançados de desenvolvimento destacaram-se o cletodim, fluazifope-p-butílico, tepraloxidim, paraquat e haloxifope-metílico (ADEGAS et al., 2010).

Como alternativa viável de controle, em aplicação única, pode-se constatar a eficiência das misturas: glifosato + fenoxaprope + cletodim, glifosato + fluazifope-p-butílico, glifosato + setoxidim, glifosato + haloxifope-metílico e glifosato + tepraloxidim (MELO et al., 2012).

O uso de graminicidas em mistura com o glifosato é eficaz e o controle feito em estágio iniciais da planta têm sido mais satisfatórios. Em misturas, quizalofope-etílico foi superior aos demais graminicidas não mostrando efeitos antagônicos. Tratamentos com glifosato + quizalofope são eficientes no controle adequado de capim-amargoso (CORREIA et al., 2015).

Para Gemelli et al. (2012), o controle de plantas daninhas adultas só é possível com o uso de herbicidas com diferentes mecanismos de ação e estratégias de uso. Deve-se considerar a translocação até os rizomas e a destruição da área foliar. Pode-se considerar ainda o uso de formulações de rápida absorção que favorecem o controle dessas plantas (BARROSO, 2013).

As aplicações sequenciais de produtos não atendem a rapidez de ação necessária para o controle de daninhas. Destaca-se ainda gastos com água em tratamentos adicionais, além de custos operacionais e maior exposição dos aplicadores. A mistura de moléculas amplia o espectro de ação de alguns produtos melhorando a eficiência. Deste modo as misturas são mais

eficazes que as rotações na mitigação da evolução da resistência, através da seleção de herbicidas (BECKIE e REBOUD, 2009; RODRIGUES e ALMEIDA, 2011).

Quando misturas em tanques são empregadas para controlar a variedade de plantas daninhas presentes em um campo, cada produto deve ser usado com a quantidade indicada. As doses abaixo da recomendação permitem que mais plantas daninhas sobrevivam e produzam sementes, resultando em um acúmulo de genes que conferem resistência por mecanismos multigênicos. Ademais a sustentabilidade do uso de herbicidas no combate a plantas daninhas resistentes depende, entre outras coisas, de sua diversificação. Outro ponto a ser considerado é que o uso de vários herbicidas aumenta a complexidade do sistema de manejo e, conseqüentemente, requer algum nível de conhecimento para combinar adequadamente herbicidas e mecanismos de ação com espécies-alvo (NORSWORTHY et al., 2012).

Para Wrubel e Gressel (1994), numa mistura eficaz na prevenção da resistência, os componentes menos propensos a resistência devem ter as seguintes características em comparação com o herbicida vulnerável: controlar os mesmos espectros de plantas daninhas, com a mesma persistência; ter um sítio de destino diferente; ser degradado de forma diferente; e, preferencialmente, exercer resistência cruzada negativa.

#### **4.6 Custo de controle de plantas daninhas**

A resistência de plantas daninhas aos herbicidas causa um custo de curto prazo maior para gerenciar sua população infestante. Implícitos na mensuração dos custos estão a perda de produtividade das culturas, a redução dos preços das commodities oriunda da contaminação das sementes, valores reduzidos da terra, custos de controles mecânicos e culturais e, principalmente, da despesa adicional de herbicidas alternativos ou sistemas de cultivo ou a combinação de ambos, conforme técnica de manejo utilizada (NORSWORTHY et al., 2012). O impacto econômico nos sistemas produtivos, está relacionado ao uso de produtos alternativos e às perdas de produtividade. Quando efetuada uma análise da variação percentual do custo de controle, pode-se constatar seu aumento em lavouras com a presença de capim-amargoso resistente ao glifosato em até 165% (ADEGAS et al., 2017).

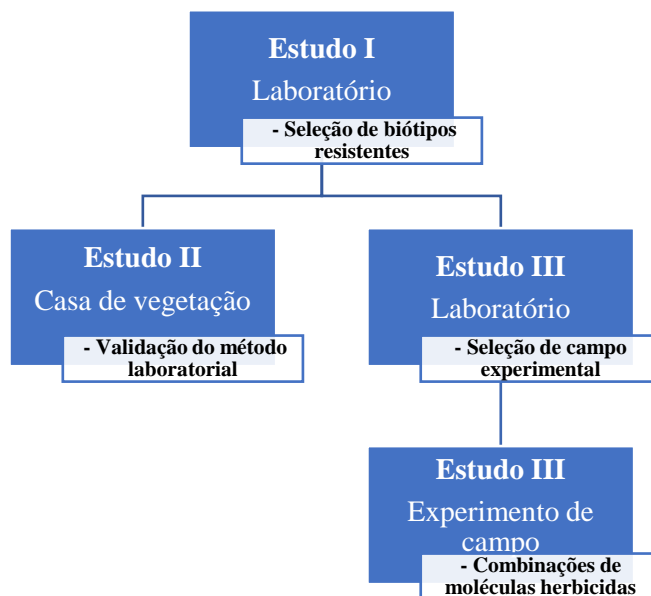
Em áreas infestadas com capim-amargoso resistente ao glifosato, a alternativa de controle envolve o uso de graminicidas, principalmente os inibidores da ACCase, tanto em dessecação como em pós-emergência da cultura. Em adição, pode-se ainda intercalar dessecações com herbicidas de contato como o paraquat e o amônio-glufosinato. A campo, tem-se realizado entre duas e quatro aplicações de graminicidas, o que aumenta o custo médio de

controle em R\$ 238,00 ha<sup>-1</sup>. Estima-se que o capim-amargoso resistente ao glifosato atinja isoladamente 5,5 milhões de hectares. Porém, quando em associação com outras plantas daninhas resistentes, como a buva e o azevém, por exemplo, estima-se uma área de 8,2 milhões de hectares. Neste cenário, o custo total de controle se eleva para o intervalo entre R\$ 1,74 bilhão a R\$ 2,45 bilhões, com incremento médio de R\$ 2,09 bilhões ao ano (valores corrigidos para julho de 2020) (ADEGAS et al., 2017; LOPEZ OVEJERO et al., 2017; BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2020). Nos Estados Unidos, a ocorrência de plantas daninhas resistentes ao glifosato teve como consequência um aumento líquido no custo de produção de US\$ 28,42 ha<sup>-1</sup> na soja (Mueller et al. 2005). No caso da soja, a perda potencial de rendimento devido à interferência das plantas daninhas pode chegar a 64% para o capim-amargoso (MAROCHI et al., 2018). Além do maior custo de controle, o capim-amargoso também causa prejuízos devido a redução da produtividade das culturas. Gazziero et al. (2012) demonstraram que infestações de 1 a 3 plantas m<sup>-2</sup> e de 4 a 8 plantas m<sup>-2</sup> de capim-amargoso reduziram a produtividade da soja em 23,5 e 44,5%, respectivamente. Estes resultados acentuam ainda mais a importância do dano econômico causado pela planta daninha e a grande necessidade de controle.

## 5. MATERIAIS E MÉTODOS

Para este trabalho foram realizados três estudos distintos e interconectados. Inicialmente, no Estudo I, foram realizados testes laboratoriais para determinação de biótipos resistentes de capim-amargoso. A partir dos resultados obtidos neste primeiro experimento procedeu-se a realização do Estudo II e III, conforme organograma representativo da Figura 1. No Estudo II, em casa de vegetação, realizou-se a confirmação e validação do método aplicado ao primeiro experimento. Paralelamente se desenvolveu o Estudo III, que consistiu em duas etapas, inicialmente, em laboratório, usando-se o mesmo método do Estudo I, mas com outro conjunto de sementes, realizou-se uma seleção de possíveis campos experimentais tendo por base a referência geográfica dos biótipos avaliados. A partir deste novo resultado, em um segundo momento, executou-se o experimento a nível de campo, para aplicação dos tratamentos com misturas de moléculas herbicidas.





**FIGURA 1** - Organograma dos estudos.

### **5.1 Estudo I - Bioensaio de laboratório para seleção de biótipos resistentes**

O Estudo I foi realizado no Laboratório de Fitossanidade do Instituto Federal de Santa Catarina - Campus São Miguel do Oeste (IFSC-SMO). Foram coletadas, inicialmente, sementes de 80 biótipos de capim-amargoso em 11 municípios do Extremo-Oeste Catarinense e Sudoeste Paranaense. Estes apresentavam evidências de rebrote após a aplicação de glifosato em lavouras de soja RR. Evitou-se a coleta em locais com indícios de falhas de manejo, em arruamento de aplicações, margens de lavouras e limites de barras. Optou-se por uma amostragem aleatória simples com biótipos coletados ao acaso. As coordenadas geográficas das lavouras utilizadas na coleta das sementes foram anotadas e sua escolha pela praticidade de coleta e localização.

O bioensaio consistiu em um teste de germinação com e sem adição de glifosato, para cada biótipo, em placas de Petri de 9 cm de diâmetro seguindo o método adaptado de Dias et al. (2015). Para seleção de biótipos resistentes, dos 80 biótipos catalogados, foram selecionados aleatoriamente 10 para o teste. Destes biótipos selecionados foram utilizadas 30 sementes por placa de Petri. O experimento foi composto por dois tratamentos com quatro repetições, sendo com adição de água e com adição de glifosato. No tratamento com glifosato as sementes foram embebidas em solução de glifosato 1% e.a., por 10 minutos entre duas folhas de papel filtro, em um volume 2,5 vezes o peso do papel seco. Cada grupo de 30 sementes foram então colocadas sobre duas folhas de papel filtro em placas de Petri distintas e receberam uma solução com 0,2% de nitrato de potássio para superação da dormência, em um volume 2,5 vezes o peso do papel seco. O tratamento com água diferiu apenas pela substituição deste pelo glifosato

quando da execução do experimento. As placas de Petri foram então identificadas e acondicionadas em ambiente controlado (25 °C por 4 horas, 30 °C por 8 horas, 25 °C por 4 horas e 20 °C por 8 horas; fotofase de oito horas) para que ocorresse a emergência (BRASIL, 2009). Após 14 dias, período necessário para emergência das plantas, por meio da avaliação visual e contagem, os biótipos tratados com glifosato que emergiram foram considerados resistentes e os biótipos que não emergiram foram considerados suscetíveis. O tratamento com água serviu de parâmetro de comparação para avaliação da germinação normal.

A partir dos dados obtidos, os resultados foram submetidos ao teste F da análise de variância. Quando significativo, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste T (LSD) a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico Sisvar.

## **5.2 Estudo II - Validação de resistência das plantas ao glifosato**

O segundo estudo foi realizado com sementes provenientes do banco de sementes dos biótipos coletados, os quais foram selecionados, a partir da caracterização de resistência, apurada no Estudo I. Para tal, foram utilizados dois biótipos, um suscetível e um resistente, tendo como segundo critério os melhores índices de germinação. As sementes foram semeadas em vasos de 300 mL preenchidos com substrato orgânico e vermiculita e cultivadas em casa de vegetação, com irrigações periódicas, de janeiro a junho de 2020.

O experimento foi realizado no delineamento experimental inteiramente casualizado com cinco repetições com cinco plantas/repetição. Foram utilizados três tratamentos, dois com glifosato, sendo um com a dose máxima de registro do produto (1.080 g e.a. ha<sup>-1</sup>), dose utilizada em laboratório (2.000 g e.a. ha<sup>-1</sup>) e um tratamento controle sem herbicida. Os vasos foram reorganizados semanalmente na casa de vegetação para minimizar os efeitos de posicionamento devido as mudanças de luz e/ou temperatura.

Os tratamentos foram preparados previamente à aplicação, em garrafas de polietileno (PET) de 2 L, aplicados por meio de pulverizador costal, à pressão constante mantida por CO<sub>2</sub> comprimido, equipado com barra contendo quatro bicos de jato leque plano KFST110, espaçados em 0,5 m, com altura do jato de 60 cm e consumo de calda equivalente a 200 L ha<sup>-1</sup>, mediante previa calibração de velocidade de passo (4,8 km h<sup>-1</sup>), pressão constante de 42,66 PSI e vazão de 0,8 L mim<sup>-1</sup>. No momento da aplicação, registrou-se temperatura de 22 °C e ausência de vento.

Os tratamentos foram aplicados quando as plantas estavam com 9,12 cm de altura e 1,05 perfilhos/planta. As plantas foram caracterizadas, após o período de ação do herbicida, pela

avaliação visual 30 dias após a aplicação (DAA). Para determinação da porcentagem de controle utilizou uma escala visual de 0-100%, em que 0% significa ausência de sintomas e 100% a morte total das plantas daninhas. A escala foi dividida em cinco grandezas para viabilizar a análise visual, sendo: 0, 25, 50, 75 e 100%. Os resultados foram submetidos ao teste F da análise de variância. Quando significativas, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de T (LSD) a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico Sisvar.

### **5.3 Estudo III - Associação de herbicidas para o controle de capim-amargoso**

Inicialmente, foram selecionados a partir do Estudo I a localização dos biótipos caracterizados como resistentes. Com o auxílio de coordenadas geográficas, uma nova coleta de sementes foi realizada, coletando-se cinco biótipos em uma lavoura e outros cinco em outra lavoura. As sementes foram submetidas ao bioensaio laboratorial, como descrito no Estudo I. Com os novos resultados foi possível selecionar um campo com biótipos comprovadamente resistentes para a realização do Estudo III.

O experimento foi realizado em condições de campo, entre os meses de março e junho de 2020. O experimento foi realizado na Linha Sede Flores, interior do Município de Guaraciaba-SC, coordenadas: 26°33'06.2"S; 53°34'42.5"W, altitude de 585 m, com classificação climática de Köppen-Geiger do tipo Cfa (PEEL et al., 2007) e solo do tipo Cambissolo Háplico Ta Eutrófico. O solo apresentava os seguintes atributos químicos na camada 0-20 cm: pH em água de 5,5; teor de argila de 53,0%; teor de matéria orgânica de 2,74%; 5,49 cmolc dm<sup>-3</sup> de H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>; 8,41 cmolc dm<sup>-3</sup> de Ca<sup>2+</sup>; 1,84 cmolc dm<sup>-3</sup> de Mg<sup>2+</sup>; 240,00 mg dm<sup>-3</sup> de K<sup>+</sup>; 23,72 mg dm<sup>-3</sup> de P; 7,41 mg dm<sup>-3</sup> de S; saturação de bases de 66,42%; saturação por alumínio de 0,00%; CTC efetiva de 10,86 cmolc dm<sup>-3</sup> e CTC pH 7,0 de 16,35 cmolc dm<sup>-3</sup>. A área era cultivada com culturas anuais em sistema de plantio direto com histórico de problemas com capim-amargoso resistente ao glifosato. No momento da instalação do experimento havia restos culturais de soja e as plantas de capim-amargoso já se encontravam como touceiras bem estabelecidas, podadas a, aproximadamente, 5,0 cm de altura, pelo recente processo de colheita mecanizada.

As parcelas consistiram em quadrados de 2 × 2m (4,0 m<sup>2</sup>), com raleio pré aplicação para ajuste da população para 10 touceiras, tão semelhantes quanto possível. As plantas foram devidamente identificadas e avaliadas quanto à sua altura e número de perfilhos. Estes dados foram utilizados para realização do sorteio das parcelas para os tratamentos. O sorteio foi realizado até que a análise de variância, a 5% de probabilidade de erro, não detectasse diferença

estatística entre os agrupamentos estabelecidos para cada tratamento. Este procedimento foi necessário para eliminar qualquer disparidade inicial (dados não mostrados).

O experimento foi realizado no delineamento inteiramente casualizado com três repetições, com plantas submetidas a 12 tratamentos com moléculas herbicidas isoladas ou em associação, além de um tratamento controle sem herbicida. Os tratamentos foram compostos pela dose máxima de registro dos produtos, como indicado na bula. As moléculas herbicidas, formas de ação, grupo e doses são apresentadas na Tabela 02.

**TABELA 02** - Número de tratamentos, ingredientes ativos, indicação, modo de ação, grupo químico e doses utilizadas no experimento de campo, para testar o controle em capim-amargoso resistente ao glifosato.

Ingrediente Ativo	Indicação <sup>1</sup>	Ação <sup>2</sup>	Grupo <sup>3</sup>	Doses: g ou mL de e.a. ou i.a. ha <sup>-1</sup>
Controle	---	---	---	---
Glifosato	RR; PE	S	G	1.080
Glufosinato	LL; PE	T	H	600
Cletodim	RR; LL; PE	S	A	240
Haloxifope	RR; LL; PE	S	A	60
Glifosato + Glufosinato	PE	S+T	G+H	1.080 + 600
Glifosato + Cletodim	RR; PE	S+S	G+A	1.080 + 240
Glifosato + Haloxifope	RR; PE	S+S	G+A	1.080 + 60
Glufosinato + Cletodim	LL; PE	T+S	H+A	600 + 240
Glufosinato + Haloxifope-P-metilico	LL; PE	T+S	H+A	600 + 60
Glifosato + Glufosinato + cletodim	PE	S+T+S	G+H+A	1.080 + 600 + 240
Glifosato + Glufosinato + Haloxifope	PE	S+T+S	G+H+A	1.080 + 600 + 60
Glifosato + Glufosinato + cletodim + Haloxifope	PE	S+T+S+S	G+H+A+A	1.080 + 600 + 240 + 60

<sup>1</sup>RR = Roundup Ready; LL = Liberty Link; PE = Pré-emergência da cultura. <sup>2</sup>S = Sistêmico; T = Total. <sup>3</sup>A = inibidor da ACCase; G = inibidor da EPSPS; H = inibidor da Glutamina Sintetase. <sup>4</sup>Não se aplica.

Optou-se pela escolha de moléculas disponíveis no comércio local, com preferência para a máxima diversidade de mecanismos de ação. Todos os herbicidas selecionados se caracterizaram, entre outras especificações, como pós-emergentes, para a cultura da soja. Os ingredientes ativos são manejados em diferentes eventos transgênicos e, portanto, estes estão caracterizados na Tabela 2, assim como a recomendação de utilização da combinação efetuada no estudo (Vide dados da coluna “Indicação”).

Os tratamentos foram preparados previamente à aplicação, em garrafas PETs de 2 L, aplicados por meio de pulverizador costal, à pressão constante mantida por CO<sub>2</sub> comprimido, equipado com barra contendo quatro bicos de jato leque plano KFST110, espaçados em 0,5 m, com altura do jato de 60 cm e consumo de calda equivalente a 200 L ha<sup>-1</sup>, mediante previa calibração de velocidade de passo (4,8 km h<sup>-1</sup>), pressão constante de 42,66 PSI e vazão de 0,8

L mim<sup>-1</sup>. No momento da aplicação, constatou-se uma variação térmica entre 21 °C e 30 °C e ausência de vento.

As avaliações foram realizadas aos 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49 e 56 DAA. Em cada avaliação foram determinados o percentual de controle e o rebrote das plantas daninhas. O percentual de controle foi determinado por meio de uma escala visual de 0-100%, em que 0% significava ausência de sintomas e 100% a morte total das plantas daninhas. A escala foi dividida em seis grandezas para facilitar a análise visual, sendo: 0, 20, 40, 60, 80 e 100% de controle. A partir dos dados obtidos, os resultados foram submetidos ao teste F da análise de variância. Quando significativos, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico Sisvar.

A avaliação da rebrota foi realizada aos 35, 42, 49 e 56 DAA por meio da avaliação da emissão de novos perfilhos. A partir dos 35 DAA foi realizada a avaliação qualitativa do efeito das misturas conforme proposto por ALAM (1974), por meio de uma classificação em faixas percentuais de controle, Tabela 3.

**TABELA 03** - Escala de classificação qualitativa utilizada para avaliar a porcentagem de controle do capim-amargoso (*Digitaria insularis*).

Porcentagem (%)	Grau de controle
0 - 40	Ausente ou ruim
41 - 60	Regular
61 - 70	Suficiente
71 - 80	Bom
81 - 90	Muito bom
91 - 100	Excelente

Fonte: ALAM (1974).

As misturas também foram avaliadas em termos de compatibilidade como antagônicas, sinérgicas ou aditivas segundo o modelo matemático proposto por Colby (1967). Para esta análise em específico, com o propósito de se realizar a avaliação da mortalidade observada com uma fidelidade mais apurada, se utilizou uma variação de 5% na escala de leitura de 0 a 100%, em que 0% significa ausência de sintomas e 100% a morte total das plantas.

Pelo modelo de Colby (1967), tem-se que:

$$E_i = 100 - E$$

$$X_i = 100 - X$$

$$Y_i = 100 - Y$$

$$Z_i = 100 - Z$$

$$W_i = 100 - W$$

Tal que:

$$E_i = X_i Y_i / 100$$

$$E_i = X_i Y_i Z_i / 10.000$$

$$E_i = X_i Y_i Z_i W_i / 1.000.000$$

Em que:

E = porcentagem de controle esperado dos herbicidas A+B+...

X = porcentagem de controle do herbicida A

Y = porcentagem de controle do herbicida B

Z = porcentagem de controle do herbicida C

W = porcentagem de controle do herbicida D

E<sub>i</sub> = porcentagem esperada de crescimento de controle dos herbicidas A+B+...

X<sub>i</sub> = porcentagem esperada de crescimento de controle do herbicida A

Y<sub>i</sub> = porcentagem esperada de crescimento de controle do herbicida B

Z<sub>i</sub> = porcentagem esperada de crescimento de controle do herbicida C

W<sub>i</sub> = porcentagem esperada de crescimento de controle do herbicida D

Se o valor de “E” calculado for maior que o avaliado a campo então a mistura é antagônica, se o valor for igual a mistura é aditiva e se for menor então a mistura é sinérgica. O coeficiente de variação (CV) foi utilizado como parâmetro de ajuste de resultado, sendo assim, para valores em que o percentual verificado se equiparou com a expectativa de controle em função do CV o tratamento foi considerado aditivo.

Por fim, as misturas foram submetidas a uma análise de custos dos herbicidas, relacionando o custo médio de controle do capim-amargoso, de acordo com a literatura, com o custo dos tratamentos deste experimento. Realizou-se uma pesquisa de preço no comércio local (dados não mostrados) para composição de custo médio de valores de compra dos produtos utilizados. Não foram considerados valores relacionados a demais custos fixos ou variáveis, haja visto que existe muita disparidade em relação a condição específica de cada produtor.

## **6. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **6.1 Estudo I - Bioensaio de laboratório para seleção de biótipos resistentes**

Os resultados obtidos no Estudo I demonstraram a existência de biótipos resistentes e suscetíveis (Tabela 4). Os biótipos 1 e 5 apresentaram-se como suscetíveis, com índices germinativos de 53,3% em solução de glifosato e 74,2% em água e 36,7% em glifosato e 58,3%

em água, respectivamente. Nos demais materiais amostrados não houve diferença estatística entre os índices germinativos, independentemente do contato com o herbicida, sendo assim classificados como biótipos resistentes. O biótipo resistente com maior índice germinativo foi de 90,8% em água e 81,7% em glifosato. Biótipos com baixa germinação não foram considerados para o Estudo II. Com o teste, foram selecionados os biótipos 1 (como suscetível) e 9 (como resistente) para a execução do Estudo II.

**TABELA 04** - Percentual de germinação de sementes de capim-amargoso, com e sem embebição de glifosato em solução de 1% e.a., em placas de Petri.

Biótipo	Percentual de germinação (%)	
	Glifosato	Controle
1	53,3 b B <sup>1</sup>	74,2 b A
2	08,3 d <sup>NS</sup>	19,2 e
3	43,3 c <sup>NS</sup>	53,3 c
4	27,5 c <sup>NS</sup>	36,7 d
5	36,7 c B	58,3 c A
6	77,5 a <sup>NS</sup>	75,0 b
7	67,5 a <sup>NS</sup>	69,2 b
8	75,0 a <sup>NS</sup>	81,7 a
9	81,7 a <sup>NS</sup>	90,8 a
10	30,8 c <sup>NS</sup>	30,0 d
Média (%)	50,2 B	58,8 A
DMS T ( $\alpha=0,05$ ), %		13,2
Erro padrão		4,7
CV (%)		17,1

<sup>1</sup>Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúsculas na linha, não diferem pelo teste T (LSD) a 5% de probabilidade de erro. <sup>NS</sup> Não significativo.

Nos testes de laboratório o percentual de germinação de sementes corresponde à proporção do número de sementes que produziu plântulas classificadas como normais, em condições e períodos especificados (BRASIL, 2009). Um teste simples e fácil, de resistência ao glifosato, pode ser o primeiro passo para a caracterização de populações suspeitas de resistência, antes do estabelecimento de experimentos em plantas inteiras (NEVE et al., 2004).

As condições para germinação das sementes foram submetidas conforme informações encontradas na literatura, desta forma, acredita-se que isso não tenha influenciado a baixa germinação de alguns exemplares, como o biótipo 2, por exemplo. Neste caso, acredita-se que a baixa germinação (19,2%) possa estar associada a questões genéticas ou de estado de maturação fisiológica inapropriado para os testes. Os métodos de análises laboratoriais são executados em condições controladas, em que alguns ou todos os fatores externos são verificados e ajustados de maneira a permitir uma germinação mais regular, rápida e completa das amostras de sementes. Estas condições, consideradas ótimas, são padronizadas para que os

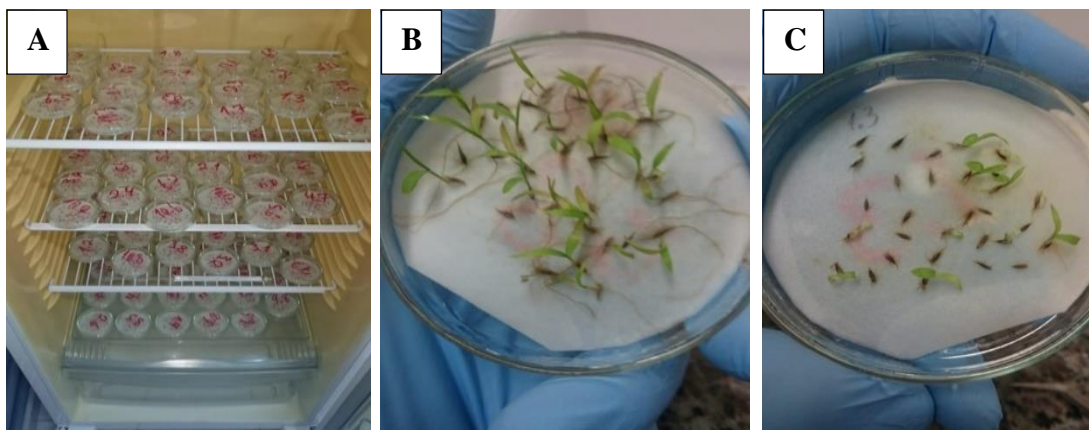
resultados dos testes de germinação possam ser reproduzidos e comparados, dentro de limites tolerados pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Em temperaturas constantes entre 20 e 30 °C a germinação das sementes de capim-amargoso é dependente da presença de luz. Para temperaturas alternadas, entre 15 e 35 °C, a germinação é indiferente a presença de luz, superando 90% de germinação após 10 dias. As sementes dos biótipos resistentes e suscetíveis de capim-amargoso possuem fotoblastismo neutro. Todavia, quando submetidas ao fotoperíodo de 8 a 12 horas de luz a germinação é mais rápida (PYON, 1975; BRASIL, 2009; MONDO et al., 2010; NEPOMUCENO et al., 2013).

Ensaio em placas de Petri para determinação de biótipos resistentes de capim-amargoso também foram realizados por Carvalho et al. (2011a). Os autores verificaram resposta diferente à concentração de herbicida entre os biótipos resistente e suscetível ao glifosato. Ademais, também constataram nível diferente de resistência ao glifosato entre os biótipos resistentes, confirmados por testes de acúmulo de ácido shiquímico.

A identificação de ervas daninhas resistentes a herbicidas como primeiro passo no manejo da resistência exige um teste de triagem eficiente e eficaz. Neste sentido o ensaio em placa de Petri é um método simples, rápido e barato que pode ser usado para quantificar a resistência a herbicidas. Somente após um diagnóstico preciso é possível monitorar a natureza, a distribuição e a abundância de populações de capim-amargoso e outras plantas daninhas. (NEVE et al., 2004; PEREZ e KOGAN, 2003; PEREZ-JONES et al., 2007; RIBEIRO et al., 2008; CARVALHO et al., 2011a). Neste sentido, pode-se avaliar positivamente a velocidade do resultado do teste, que proporciona uma rápida tomada de decisão, seja no âmbito da pesquisa ou no manejo adotado para combate da planta daninha.

Na Figura 2 estão representadas algumas imagens relacionadas a condução e avaliação dos resultados obtidos durante o estudo.





**FIGURA 2** – A) Placas de Petri dispostas em câmara de germinação contendo biótipos de capim-amargoso com e sem embebição do herbicida glifosato; B) Placa de Petri com alto percentual de germinação de capim-amargoso e; C) Placa de Petri com baixo percentual de germinação de capim-amargoso.

## 6.2 Estudo II - Validação de resistência em casa de vegetação

Nos testes em casa de vegetação foi possível validar, utilizando-se plantas em vaso, o método do bioensaio de laboratório para a detecção da resistência de capim-amargoso ao glifosato. De acordo com os dados da Tabela 5, não foram evidenciadas diferenças entre as doses de glifosato aplicada. Todavia, constatou-se diferença entre os biótipos suscetível e resistente (biótipos 1 e 9, respectivamente) no que diz respeito ao seu percentual de controle, corroborando desta forma com os resultados dos testes laboratoriais.

**TABELA 05** – Percentual de controle 30 dias após a aplicação de glifosato em biótipos suscetíveis e resistentes de capim-amargoso.

Tratamento	Controle (%)	
	Suscetível	Resistente
Controle	00,0 <sup>NS</sup> b <sup>1</sup>	00,0 b
Dose bula (1.080g e.a. ha <sup>-1</sup> )	63,3 A a	48,3 B a
Solução 1% (2.000g e.a. ha <sup>-1</sup> )	56,7 A a	41,7 B a
DMS T ( $\alpha=0,05$ ), %		11,7
Erro padrão		2,2
CV(%)		18,7

<sup>1</sup>Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúsculas na linha não diferem pelo teste T (LSD) a 5% de probabilidade de erro. <sup>NS</sup> Não significativo.

A dose de bula com 1.080 g e.a. ha<sup>-1</sup> causou mortalidade nas plantas consideradas suscetíveis de 63,3%, diferindo estatisticamente das plantas consideradas resistentes que apresentaram um controle de 48,3%. Do mesmo modo, a dosagem de 2.000 g e.a. ha<sup>-1</sup> também

apresentou um desempenho melhor em plantas consideradas suscetíveis em relação as resistentes, com controle de 56,7% e 41,7%, respectivamente. As doses aplicadas foram suficientes para alcançarem um controle médio de 60,0% dos biótipos suscetíveis, e 45,0% nas plantas resistentes. No entanto, para as dosagens utilizadas neste estudo constatou-se a ineficiência de controle satisfatório do glifosato, mesmo em plantas nos estádios iniciais de desenvolvimento, com menos de dez centímetros de altura.

A emergência do capim-amargoso é afetada pela profundidade na qual as sementes são dispostas no solo. A maior porcentagem e maior velocidade de emergência são encontradas quando as sementes estão entre 1 e 3 cm de profundidade. As sementes de capim-amargoso apresentam maior capacidade de germinação e de desenvolvimento sob condições de baixo potencial hídrico do solo, quando em comparação com outras gramíneas como o *Panicum maximum*, por exemplo. Contudo, após a emergência, essa espécie apresenta crescimento lento até os 45 dias (PYON et al., 1977; MACHADO et al., 2006; MARTINS et al., 2009). No presente experimento, em condições favoráveis, também se constatou o crescimento lento das plantas.

Na Figura 3 estão representadas algumas imagens relacionadas a condução do estudo.



**FIGURA 3** – A) Visão geral do experimento após da semeadura de biótipos de capim-amargoso em vasos de 300 mL; B) Arranjo de vasos com plantas de capim-amargoso antes da aplicação dos tratamentos e; C) Plantas em vasos 30 dias após a aplicação de tratamento com glifosato (1080 g e.a. ha<sup>-1</sup>), biótipo suscetível.

O ensaio com plantas em vaso é mais preciso, a partir deste pode-se quantificar diretamente a resistência ao herbicida, sendo comparável a uma situação de campo. No entanto, trata-se de um método mais oneroso e demorado do que os experimentos com placas de Petri, especialmente se várias populações precisam ser avaliadas (CRUZ-HIPOLITO et al., 2009; PEREZ-JONES et al., 2007; RIBEIRO et al., 2008).

Ambos os ensaios efetuados para detectar populações resistentes foram capazes de fazê-lo e, isso, pode ser útil para agricultores e consultores como ferramenta para reduzir a disseminação das populações resistentes por meio da implementação de práticas alternativas de manejo do capim-amargoso. Constata-se, porém, que eles diferiram no tempo, custos e equipamentos necessários para realização dos testes (RIBEIRO et al., 2008). Neste sentido, a principal restrição se refere a coleta de sementes a campo, a infraestrutura disponível e o tempo necessário para avaliar a resistência para os ensaios de plantas inteiras.

### 6.3 Estudo III - Associação de herbicidas para o controle de capim-amargoso

No bioensaio laboratorial do Estudo III foi possível detectar uma lavoura com biótipos resistentes. O campo experimental escolhido continha os biótipos 6, 7, 8, 9 e 10, expressos na Tabela 6, todos os exemplares não diferiram na germinação quanto a utilização de glifosato. Vale ressaltar que o biótipo que representa esta lavoura no Estudo I, biótipo 8 (Tabela 4), também apresentou naquele bioensaio índices germinativos altos e não diferiu quanto a embebição em solução de glifosato. Ademais, destacou-se positivamente os valores de germinação geral do ensaio.

**TABELA 06** - Percentual de germinação de sementes de capim-amargoso, com e sem embebição de glifosato em solução de 1% e.a., em placas de Petri.

Biótipo	Percentual de germinação (%)	
	Glifosato	Controle
1	61,7 ns B <sup>1</sup>	85,0 a A
2	63,3 NS	69,2 b
3	79,2 NS	87,5 a
4	77,5 NS	91,7 a
5	73,3 NS	73,3 b
6	75,0 NS	80,8 b
7	70,8 NS	90,0 a
8	54,2 NS	66,7 b
9	78,3 NS	79,2 b
10	89,2 NS	92,5 a
Média	74,2 B	79,7 A
DMS T ( $\alpha=0,05$ ), %		5,9
Erro padrão		2,1
CV (%)		18,3

<sup>1</sup>Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúsculas na linha, não diferem pelo teste T (LSD) a 5% de probabilidade de erro. <sup>NS</sup> Não significativo.

Na Figura 4 estão representadas algumas imagens relacionadas a condução e avaliação dos resultados obtidos durante o estudo realizado a nível de campo.



**FIGURA 4** - A) Aspecto da parcela anterior a aplicação de glifosato; B) aspecto geral das parcelas 35 dias após a aplicação dos tratamentos.

Os dados referentes as análises quantitativas do Estudo III, baseadas na escala visual com variação de 20% estão expressos na Tabela 7. De modo geral, a utilização de misturas de ingredientes ativos difere positivamente da aplicação de moléculas individuais no controle de capim-amargoso resistente ao glifosato. Para facilitar a compreensão dos efeitos dos tratamentos as análises foram subdivididas, nos itens que seguem, em relação a mortalidade, rebrote, análise morfológica geral, análise qualitativa e de compatibilidade e avaliação de custo dos tratamentos.

**TABELA 07** – Percentual de controle aos 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49 e 56 dias após aplicação dos tratamentos com herbicidas individuais ou em misturas em capim-amargoso entouceirado.

Tratamento	Dias após a aplicação <sup>1</sup> (DAA)							
	7	14	21	28	35	42	49	56
	----- % de controle -----							
Controle	0 c <sup>1</sup>	0 d	0 d	0 d	0 d	0 c	0 c	0 c
Glifosato	20 b	20 c	20 c	33 c	33 c	33 b	40 b	40 b
Glufosinato	80 a	80 a	80 a	80 a	80 a	80 a	80 a	80 a
Cletodim	13 b	40 b	53 b	60 b	60 b	73 a	80 a	80 a
Haloxifope	0 c	20 c	47 b	53 b	60 b	67 a	80 a	80 a
Glifosato + glufosinato	80 a	80 a	80 a	80 a	80 a	80 a	80 a	80 a
Glifosato + cletodim	20 b	40 b	60 b	60 b	67 ab	80 a	80 a	80 a
Glifosato + haloxifope	20 b	33 b	60 b	60 b	60 b	80 a	80 a	80 a
Glufosinato + cletodim	80 a	80 a	80 a	80 a	80 a	80 a	80 a	80 a
Glufosinato + haloxifope	80 a	80 a	80 a	80 a	80 a	80 a	80 a	80 a
Glifosato + glufosinato + cletodim	80 a	80 a	80 a	80 a	80 a	80 a	80 a	80 a
Glifosato + glufosinato + haloxifope	80 a	80 a	80 a	80 a	80 a	80 a	80 a	80 a
Glifosato + glufosinato + cletodim + haloxifope	80 a	80 a	80 a	80 a	80 a	80 a	80 a	80 a
DMS Tukey ( $\alpha=0,05$ ), %	9,5	9,5	13,4	13,4	13,4	16,5	0	0
Erro padrão	1,8	1,8	2,6	2,6	2,6	3,2	0	0
CV, %	6,6	5,8	7,4	7,1	7,0	8,1	0	0

<sup>1</sup>Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

### 6.3.1 Mortalidade

Parcelas tratadas unicamente com glifosato apresentaram baixo desempenho no controle do capim-amargoso. Aos 35 DAA o controle foi de 33%, aos 56 DAA o controle encontrava-se apenas em 40%, mostrando-se tecnicamente ineficiente para o controle da planta daninha. Resultados semelhantes foram observados nas aplicações de glifosato com plantas em vaso no Estudo II, onde aplicações de 2000 g e.a. ha<sup>-1</sup> de glifosato causou mortalidade inferior a 45%, 30 DAA (Tabela 5). Silveira et al. (2018) testando doses de glifosato para o controle de biótipos de capim-amargoso apontaram que doses de 720 e 1.440 g e.a. ha<sup>-1</sup> avaliadas aos 7, 14 e 21 DAA não proporcionaram controle aceitável dos biótipos. Já Correia e Durigan (2009) constataram que populações adultas não foram controladas mesmo com doses elevadas de glifosato (2,88 kg e.a. ha<sup>-1</sup>). Silveira et al. (2018) destacam ainda que superdoses de glifosato devem ser evitadas para reduzir a pressão de seleção das plantas daninhas, sugerindo que elevações na concentração do herbicida não é a melhor solução para controle das plantas resistentes.

No ensaio de Gilo et al. (2016) os herbicidas cletodim e glifosato, aplicados isoladamente, geraram os menores controles, alcançando uma boa eficiência somente após 35 DAA. Já no trabalho de Adegas et al. (2010) os resultados do glifosato se assemelham ao presente estudo, com 40% de controle, todavia esses percentuais foram alcançados em períodos distintos, foram necessários 28 dias a mais no presente estudo para a obtenção do mesmo nível de controle. Ressalta-se que os dados aqui obtidos são para plantas bastante desenvolvidas, já entouceiradas, o que justifica o maior período para causar níveis de controle similares. Resultados mais promissores foram reportados por Melo et al. (2012), que obtiveram 65% de controle aos 35 DAA. Estes autores destacam também a baixa eficiência do glifosato, após avaliar diferentes herbicidas para o manejo do capim-amargoso em milho.

A baixa velocidade de controle é atribuída ao fato de que o glifosato é um produto sistêmico. Sua atuação leva à depleção dos aminoácidos aromáticos triptofano, tirosina e fenilalanina, necessários para a síntese de proteínas ou para vias biossintéticas que levam ao crescimento. Biótipos resistentes absorvem mais lentamente o herbicida glifosato quando comparados aos suscetíveis. A absorção é um mecanismo indireto e a translocação e o metabolismo são mecanismos de resistência do capim-amargoso. A absorção ocorre de forma moderada através da cutícula. O transporte de glifosato através da membrana plasmática é mais lento do que a maioria dos herbicidas. A translocação ocorre primeiramente no simplasto com acumulação em tecidos subterrâneos, folhas imaturas e meristemas. O movimento apoplástico

é reduzido ou inexistente. O glifosato pode interferir na sua própria translocação em folhas tratadas, interferindo na partição e metabolismo do carbono (JAQUETTA et al., 1986; MARSHALL et al., 1987; BOERBOOM e WYSE, 1988; GEIGER e BESTMAN, 1990; BOVEY, 2001; SENSEMAN et al., 2007; CARVALHO, 2011b, VENCILL et al., 2012).

Plantas originárias de touceiras rebrotadas possuem um sistema radicular estabelecido, o que leva ao rápido desenvolvimento da parte aérea e à competição precoce (GAZZIERO et al., 2019). As plantas originárias de rizomas apresentam folhas com maior índice estomático e lâmina foliar mais espessa quando comparadas às provenientes de sementes (MACHADO et al., 2008). Isto resulta em taxas fotossintéticas mais altas e o uso mais eficiente da luz por plantas originárias de touceiras (TAIZ e ZEIGER, 2013). Ademais, as plantas oriundas da rebrota do rizoma são mais tolerantes ao sombreamento e, neste caso, à supressão de luz por parte da cultura (GEMELLI et al., 2012).

Não há diferença na translocação de glifosato para as raízes e outras partes da planta ao comparar biótipos resistentes e suscetíveis (MONQUERO, 2014). No entanto, plantas perenizadas são mais difíceis de controlar em comparação com plantas em estágios iniciais de desenvolvimento. Após a formação do rizoma, pelo acúmulo de amido na parte subterrânea, a eficiência dos herbicidas sistêmicos tende a diminuir. O amido neste caso é usado pela planta para tentar sobreviver aos efeitos do glifosato (TUFFI SANTOS et al., 2004; GAZZIERO et al., 2019). A massa subterrânea da planta proporciona um efeito tampão, grandes quantidades de amido presentes nos rizomas podem servir como barreira à translocação de herbicidas, promovendo o rápido crescimento das plantas tratadas (Machado et al., 2006). Em outro viés Harker e Dekker (1988) afirmam que em condições ambientais que favoreçam a translocação de assimilação basipetal também se observará o favorecimento da translocação para os rizomas.

No controle pós-emergente, dentre os herbicidas alternativos ao glifosato destacam-se os inibidores da ACCase e os inibidores da glutamina sintetase (GS), além dos inibidores do PSI (ADEGAS et al., 2017). Presume-se que, em casos de resistência a ACCase, esta se deve, provavelmente a um mecanismo não-alvo baseado no sítio de ligação (NEVE et al., 2004).

Em estudos com diversos herbicidas concluiu-se que para o controle de capim-amargoso perene, resistente ao glifosato, em pré-plantio, deve-se realizar aplicações associadas de glifosato e ACCase, seguidas de uma aplicação sequencial de um herbicida de contato (GEMELLI et al., 2013). O capim-amargoso é geralmente controlado pela aplicação sequencial de dois inibidores da ACCase de diferentes grupos químicos (GILO et al., 2016). A aplicação única de graminicidas não é eficaz no controle do capim-amargoso em pleno florescimento,



sendo necessário a aplicação sequencial para promover o controle adequado (ZOBIOLE et al., 2016). Conforme observado por Procópio et al. (2006) herbicidas não sistêmicos não são efetivos no manejo desta planta daninha, principalmente em estádios avançados de seu desenvolvimento. Destaca-se ainda a baixa translocação desse tipo de herbicida associado ao fato de ser uma planta perene com possibilidade de propagação vegetativa por rizomas.

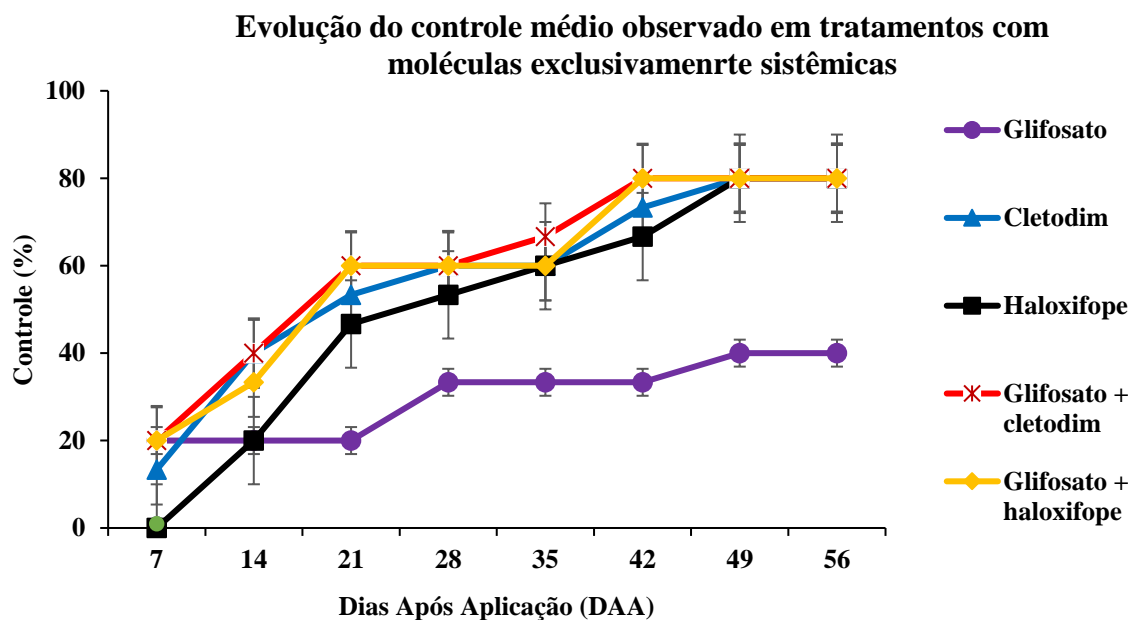
A partir dos 7 DAA foi possível verificar que os tratamentos glufosinato; glifosato + glufosinato; glufosinato + cletodim; glufosinato + haloxifope; glifosato + glufosinato + cletodim; glifosato + glufosinato + haloxifope; glifosato + glufosinato + cletodim + haloxifope, causaram mortalidade de 80% das plantas. Em comum percebe-se a presença de glufosinato em todas as combinações, esta mortalidade inicial mais elevada se deve em primeira análise a natureza de ação total do herbicida associada a ação gradual dos herbicidas sistêmicos.

Aos 14, 21, 28, 35, 42, 49 e 56 DAA, embora a média avaliativa das parcelas apresentassem mortalidade de 80%, foram observados caules verde-amarelados. Ressalta-se, no entanto, que as folhas se apresentavam totalmente secas. Já em plantas menores se aferiu um efeito mais pronunciado, ao ponto de 100% de mortalidade, resultante da ação herbicida. Este fato induziu a classificação visual a adotar uma medida mais cautelosa em relação ao possível resultado final. Assim, ao se constatarem apenas uma planta da parcela com sinais de colmos ou nós verde-amarelados, as parcelas as quais as plantas pertenciam foram classificadas em 80%. Um detalhamento maior envolvendo a mortalidade de planta a planta dentro de cada parcela está presente nas Tabelas 10 e 11 (Item 6.3.4: Análise qualitativa e de compatibilidade)

Resultados similares foram reportados por Da Silva et al. (2018) que verificaram que a mistura de glufosinato + haloxifope causou mortalidade de 80% das plantas aos 14 DAA. Os melhores resultados foram observados em tratamentos com herbicidas de contato, visto que os herbicidas sistêmicos apresentaram efeito mais lento, assim como no presente estudo. Já para Melo et al. (2012) não foi constatado o mesmo desempenho do glufosinato, em seu estudo de controle de capim-amargoso em citrus, o controle foi de 85% aos 14 DAA diminuindo para 67,5 % aos 35 DAA. Os autores atribuíram os resultados ao fato de que o glufosinato não era recomendando para a espécie citada, especialmente no estágio de desenvolvimento utilizado.

Os tratamentos cletodim; haloxifope; glifosato + haloxifope; glifosato + cletodim, apresentaram níveis de mortalidade mais pronunciado entre 7 e 21 DAA. Já entre 21 e 35 DAA, os tratamentos continuaram a evolução da mortalidade, mas em uma curva crescente de menor expressão (Figura 5). Atribui-se este comportamento a característica sistêmica das moléculas envolvidas, que comumente necessitam um período maior para que a mortalidade das plantas

daninhas alcance os níveis desejados. Aos 35 DAA foi possível que o tratamento com glifosato + cletodim se equiparasse estatisticamente aos tratamentos com melhor desempenho.



**FIGURA 5** - Percentual de controle aos 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49 e 56 dias após aplicação dos tratamentos com herbicidas individuais ou em misturas para o controle de capim-amargoso entouceirado.

O tratamento com haloxifope apresentou um comportamento típico das moléculas sistêmicas, mas até 21 DAA se mostrou inferior as demais moléculas de sua categoria. Porém, a partir dos 21 DAA seu resultado se equiparou estatisticamente aos demais produtos sistêmicos.

Aos 42 DAA os tratamentos cletodim, haloxifope e glifosato + haloxifope, se equipararam estatisticamente aos tratamentos com melhor desempenho. Experimentos com aplicação da mistura de glifosato com graminicidas podem ter controle acima de 95% e redução da massa seca a valores próximos a zero (Melo et al., 2012). Os dois mecanismos de ação que apresentam a capacidade de se translocar até os rizomas são os inibidores da EPSPS e os da ACCase, porém, já foram selecionadas populações resistentes ao primeiro e os herbicidas pertencentes ao segundo, apesar de atuarem fortemente nas regiões meristemáticas, não conseguem destruir completamente a parte aérea das plantas (GEMELLI et al., 2012).

No trabalho de Adegas et al. (2010) o cletodim, obteve controle de plantas de capim-amargoso, derivadas de sementes, e em até três perfilhos, com mais de 98% de eficiência em 21 DAA. Conforme Gemelli et al. (2012), a morte do tecido meristemático e a capacidade de



translocação do cletodim podem ser observadas após sua aplicação sobre uma touceira de capim-amargoso em pleno florescimento, quando facilmente pode-se puxar e remover a haste da panícula bem como algumas folhas jovens. Apesar disso, não ocorre necrose total das folhas, uma vez que apenas as extremidades ficam necrosadas, enquanto o restante torna-se clorótica. Porém, as folhas mantêm-se eretas, fato que indica que a aplicação do herbicida não diminuiu drasticamente a área foliar da planta, a qual ainda é capaz de interferir na luminosidade do ambiente circundante. Tais constatações também puderam ser observadas no presente estudo.

No estudo de Mello et al. (2012) um dos tratamentos com desempenho excelente em aplicação única consistiu na mistura de glifosato + haloxifope, os níveis de controle foram de 99,5% aos 14 DAA. Os autores também relatam um bom desempenho do tratamento com glifosato + cletodim atingindo 95,8% de controle aos 14 DAA. Porém, o tratamento exclusivo de cletodim a 108 g ha<sup>-1</sup> não apresentou controle satisfatório. Ressalta-se que no referido experimento as plantas apresentavam de 3 a 5 perfilhos e altura entre 30 e 40 centímetros.

Resultados semelhantes foram relatados por Gilo et al. (2016) aos 7 DAA, no pós-inicial (25 dias após a semeadura), o haloxifope + glifosato proporcionou controle superior a 80%. Posteriormente, a mortalidade de plantas entouceiradas aos 35 DAA foi de 95,5% para o haloxifope isolado, enquanto no presente estudo seu índice de mortalidade aos 35 DAA foi de 60%. Esta diferença pode estar associada a morfologia das plantas testadas, uma vez que no experimento de Gilo et al. (2016) as plantas se encontravam em um estágio vegetativo anterior.

Em avaliação de planta a planta realizada a partir de 35 DAA (dados não mostrados), constatou-se plantas com 100% de mortalidade em parcelas do tratamento com glifosato + glufosinato + cletodim + haloxifope, não sendo identificado nesse tratamento sinais de rebrote até o final do período de avaliação do experimento. O mesmo pode ser observado aos 42 DAA, no tratamento utilizando glifosato + glufosinato + haloxifope, que apresentaram plantas com 100% de mortalidade.

### **6.3.2 Rebrote**

Aos 28 DAA observou-se, pela primeira vez, sinais de rebrote em plantas de todas as parcelas pertencentes ao tratamento com glufosinato (dados não mostrados). De modo geral, estas constatações foram observadas apenas em exemplares mais desenvolvidos de capim-amargoso, em que se constatou uma altura maior de plantas e um maior número de perfilhos por planta, antecedendo a aplicação dos tratamentos. Isso remete-se ao fato de que, combinações de herbicidas com glufosinato resultam num efeito mais prolongado de

fitotoxicidade, e que retardam o rebrote, quando comparados com a molécula usada isoladamente.

Quando se aplica glufosinato em plantas daninhas constata-se o acúmulo de amônia na planta (TACHIBANA et al., 1986b). Este, por sua vez, destrói as células e inibe diretamente as reações do fotossistema I e II (SAUER et al., 1987). A amônia também reduz o gradiente de pH através da membrana que pode desacoplar a fotofosforilação (VENCILL et al., 2012). Os metabólitos gerados pela aplicação de glufosinato são translocados preferencialmente para as regiões superiores da planta. Portanto, impulsionado pela transpiração, esse transporte provavelmente ocorre no xilema. Também se observa uma translocação, em um nível baixo, para as partes inferiores da planta, sugerindo que este transporte ocorra no floema (DROGELASER et al., 1994). Essas evidências sugerem que os rizomas das plantas daninhas são pouco afetados pelo glufosinato e, sendo assim, possibilitam a ocorrência de rebrote das plantas rizomatosas, com reservas amídicas.

Gemelli et al. (2012) relataram que a aplicação de herbicidas de contato deve ser evitada durante o estágio reprodutivo das plantas daninhas, uma vez que estes herbicidas não são capazes de atuar efetivamente em tecidos lignificados e órgãos de armazenamento. Deste modo, mesmo que as plantas ainda tenham poucos perfilhos, é possível que estes já tenham a capacidade de emitir novos perfilhos utilizando as reservas armazenadas nos rizomas. Em espécies semi-perenes e perenes, os herbicidas de ação local não têm apresentado boa eficácia, podendo ocorrer muitos rebrotes e reinfestações na área (TIMOSSI et al., 2006). Procópio et al. (2006) observaram níveis de controle de apenas 50% e alta incidência de rebrota em plantas adultas de capim-amargoso com o uso de herbicidas de contato.

Aos 35 e 42 DAA, mediante visíveis diferenças entre as plantas das parcelas efetuou-se paralelamente uma análise de planta a planta. Nestas avaliações foram constatadas a presença de brotações em todas as plantas pertencentes as parcelas tratadas com glifosato, único tratamento que apresentou controle abaixo de 35%. Estas observações reforçaram os resultados laboratoriais e o teste em casa de vegetação (Estudo I e II), confirmando assim a resistência da população testada. Também foi possível verificar a emissão de novas folhas nestas plantas.

De acordo com Correia et al. (2010) a dificuldade no controle do capim-amargoso está relacionada à tolerância da planta daninha ao glifosato devido a mutações que causam alterações na absorção, translocação e até mesmo locais de ação. Os mecanismos que conferem resistência ao capim-amargoso estão relacionados à mais lenta absorção de glifosato por plantas do biótipo resistente, assim como com a mais rápida metabolização do glifosato. Além disso, a

translocação é consideravelmente menor em plantas do biótipo resistente em relação ao suscetível, mesmo em plantas com 3 a 4 folhas (CARVALHO, 2011b).

Plantas de capim-amargoso não podem ser controladas com a utilização de glifosato quando o herbicida é aplicado após o desenvolvimento dos rizomas da planta, ou quando esta atinge o estágio de floração. Estudos anteriores já constataram plantas de capim-amargoso com rebrotes e com possibilidade de perenização, após o uso de glifosato a 1,44 kg ha<sup>-1</sup> (MACHADO et al., 2006; TIMOSSI et al., 2006). Porém, devemos considerar a preferência por parte dos produtores em usar um herbicida que fornece um bom controle sobre ervas daninhas suscetíveis, enquanto adiciona um segundo produto para controlar plantas resistentes (NORSWORTHY et al., 2012).

Aos 35 DAA observou-se rebrotes em plantas pertencentes as parcelas dos tratamentos: glifosato + glufosinato; glufosinato + haloxifope; glufosinato + cletodim; glifosato + glufosinato + cletodim. Esta constatação foi a primeira observada em tratamentos com mistura de moléculas. Assim, a adição de glifosato ou haloxifope ou cletodim ao glufosinato retardou em 7 dias o surgimento de brotações, comparativamente ao uso isolado de glufosinato. Este fato tem relevância para cultivares de soja com ciclo precoce ou superprecoce as quais apresentam um período de interferência reduzido. No estudo de Zandona et al. (2018), constatou-se que o controle químico deve ser adotado ao final do período anterior a interferência, e deve ser realizado em até 5 dias após a emergência da cultura, a depender da época de semeadura.

Herbicidas não sistêmicos, se empregados corretamente, podem diminuir drasticamente a área foliar do capim-amargoso. Com isso, a planta obriga-se a utilizar somente suas reservas para emissão de novos perfilhos, deste modo, se torna mais sensível aos demais herbicidas e mecanismos de ação empregados em pós-emergência (GEMELLI et al., 2012).

Aos 42 DAA constatou-se plantas com brotações no tratamento com haloxifope, neste ponto, seu potencial de mortalidade encontrava-se em 67% (Tabela 7), e estatisticamente equiparado aos melhores tratamentos. Misturas contendo haloxifope retardaram o surgimento de brotações, quando comparados à tratamentos sem sua presença. Todavia, aos 56 DAA foi constatado a presença de um rebrote em uma única planta submetida a este tratamento.

Bons resultados do haloxifope foram descritos por Gilo et al. (2016), onde os tratamentos com a molécula na primeira aplicação resultaram nos melhores controles em relação aos demais tratamentos em misturas e aplicações sequenciais, indiferentemente do estágio de aplicação testado. O haloxifope destaca-se no controle de gramíneas rizomatosas, como demonstrado por Harker e Dekker (1988), em estudo com *Agropyron repens*.

Neste contexto fica evidente que o estágio de desenvolvimento da planta daninha tem influência nos níveis de eficiência de controle do herbicida. Segundo Gemelli et al. (2012), os herbicidas inibidores da ACCase, como o haloxifope e o cletodim, controlam efetivamente as plantas de capim-amargoso nos estágios iniciais de desenvolvimento, produzindo o sintoma característico de necrose das áreas de crescimento, fato resultante do bloqueio da síntese lipídica.

Aos 42 DAA constatou-se plantas com brotações no tratamento com glifosato + cletodim, que inicialmente apresentou o mais elevado nível de controle com misturas de moléculas sistêmicas, porém, o primeiro a emitir brotações. A presença de rebrotes nas parcelas tratadas com cletodim isolado foi verificada somente aos 49 DAA, nesta análise o tratamento encontrava-se com 80% de mortalidade.

Aos 49 DAA não foram observados rebrotes (controle de 80%) nos tratamentos utilizando glifosato + haloxifope; glifosato + glufosinato + cletodim; e, glifosato + glufosinato + cletodim + haloxifope. Em comum a presença de glifosato e haloxifope na mistura, ambos sistêmicos e com baixa velocidade de atuação quando isolados. De acordo com Vencill et al. (2012) quando herbicidas inibidores da ACCase são aplicados “o crescimento de plantas suscetíveis é interrompido, e as plantas morrem gradualmente devido à ausência de fosfolipídios para a construção de novas membranas celulares”. Este fato explicaria o período maior para a observação dos efeitos dos tratamentos compostos com estas moléculas. As misturas com moléculas ACCase obtiveram melhores resultados quando em misturas, comparativamente ao seu desempenho isolado. Para se obter o máximo benefício das misturas de herbicidas, estes devem ter mecanismos de ação diferentes, além de eficácia e persistência semelhantes, permitindo que atue simultaneamente nas diversas partes das plantas daninhas. A eficácia também é aprimorada quando os integrantes da mistura são degradados de maneira diferente (POWLES et al., 1997; WRUBEL e GRESSEL, 1994; NORSWORTHY et al., 2012).

### **6.3.3 Análise morfológica geral**

Ao se analisar a altura das plantas com estabilização no controle, aos 56 DAA (Tabela 8), pode-se constatar altura inferior nas plantas mortas, assim como um número inferior de perfilhos. Estes são indícios que plantas menores são mais fáceis de serem controladas pelos herbicidas. Para um percentual de 47,3% de definição constatou-se um controle relativo geral de 91,9%. Plantas menores (altura e perfilhos) pereceram com mais facilidade. Neste sentido, o limite médio da eficiência percebida está relacionado com plantas menores que 51,6 cm de

altura e com menos de 19,4 perfilhos por touceira. Plantas maiores ou com mais perfilhos apresentaram sinais de rebrote.

**TABELA 08** – Análise de atributos morfológicos de plantas mortas e rebrotadas aos 56 DAA com percentual de plantas com definição da evolução, percentual de controle definido e valores médios de altura e número de perfilhos de plantas estabilizadas

Tratamento	Definição da evolução	Controle definido	Altura/plantas		Perfilhos/plantas	
			Mortas	Rebrotadas	Mortas	Rebrotadas
	-----%-----		-----cm-----		-----Nº-----	
Glifosato	100,0	40,0	---	59,4	---	27,2
Glufosinato	93,3	97,1	49,8 A <sup>2</sup>	66,3 B	17,6 a	32,2 b
Cletodim	16,7	95,0	---	60,2	---	25,6
Haloxifope	26,7	95,0	---	56,9	---	24,8
Glifosato + glufosinato	93,3	96,1	49,2 A	61,8 B	15,2 a	26,1 b
Glifosato + cletodim	3,3	95,0	---	64,0	---	30,0
Glifosato + haloxifope	---	---	---	---	---	---
Glufosinato + cletodim	53,3	98,1	50,8 A	62,5 B	18,8 <sup>NS</sup>	24,7
Glufosinato + haloxifope	20,0	98,3	45,0 A	63,0 B	20,5 <sup>NS</sup>	41,5
Glifosato + glufosinato + cletodim	53,3	96,6	54,0 <sup>NS</sup>	61,7	25,2 <sup>NS</sup>	32,1
Glifosato + glufosinato + haloxifope	26,7	99,4	56,4 <sup>NS</sup>	54,0	18,3 <sup>NS</sup>	14,0
Glifosato + glufosinato + cletodim + haloxifope	33,3	100,0	52,6	---	21,3	---
Média (%)	47,3	91,9	51,6 A	61,3 B	19,4 a	28,0 b
DMS T ( $\alpha=0,05$ ), %				3,8		6,1
Erro padrão				1,3		2
CV, %				6,3		23,9

<sup>1</sup>Não houve plantas com as características especificadas no item. <sup>2</sup>Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna “Altura/plantas” e minúsculas na coluna “Perfilho/plantas” não diferem pelo teste de T (LSD) a 5% de probabilidade de erro. <sup>NS</sup> Não significativo.

Pesquisas mostraram que o início do desenvolvimento do capim-amargoso é o período de maior sensibilidade, uma vez que as plantas apresentam menor teor de lignina, facilitando assim o controle nos estágios iniciais, em comparação aos estágios mais avançados de desenvolvimento (MACHADO et al., 2006; GEMELLI et al., 2012; GILO et al., 2016). O controle de capim-amargoso a partir do perfilhamento é extremamente difícil, após esta fase ocorre um aumento exponencial da matéria seca e da lignificação dos tecidos. O controle de plantas daninhas nos estágios iniciais é maior quando comparado aos controles tardios e de plantas adultas. Durante o estágio inicial há melhor absorção e translocação de herbicidas devido à menor lignificação dos tecidos (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2011; GILO et al., 2016).

O ponto crítico da aplicação de herbicidas relaciona-se com o tamanho adequado das plantas daninhas. O momento ideal nem sempre coincide com a disponibilidade de mão de obra, condições climáticas e recursos. Soma-se a isso, os tamanhos das áreas a serem monitoradas que dificultam a observação minuciosa dos campos e a aplicação oportuna de herbicidas. Por

isso, comumente são encontradas nas lavouras, invasoras que excedem os tamanhos rotulados antes que os herbicidas possam ser aplicados, diminuindo assim o sucesso no controle e aumentando a possibilidade da seleção de biótipos resistentes (NORSWORTHY et al., 2012).

Uma vez estabelecido, o capim-amargoso se torna muito rústico devido à formação de rizomas, com o conjunto destes, grandes touceiras. Após perenizar-se esta planta pode florescer e disseminar sementes com baixos níveis de dormência durante todo o ano. Com a dispersão das sementes pelo vento, os fluxos de emergência passam a ser dependentes da profundidade em que estas se encontram e das condições de umidade do solo (GEMELLI et al., 2012).

Todo herbicida aplicado às folhas de plantas de metabolismo C<sub>4</sub>, para alcançar os elementos de condução, deverá penetrar as células da bainha do feixe vascular. Se estas células estiverem lignificadas o deslocamento será limitado através de membranas, assim as moléculas se tornam dependentes do transporte via plasmodesmos. O Tamanho Limite de Exclusão (TLE) de um plasmodesmo corresponde ao tamanho máximo das moléculas “não favorecidas” capazes de atravessá-lo e está diretamente relacionado com o diâmetro do canal e à afinidade das moléculas com as proteínas que revestem o canal. Tecidos novos possuem a capacidade de transportar moléculas maiores, como as de herbicidas, pois o TLE também é maior. Isso explicaria por que as plantas se tornam mais resistentes aos herbicidas enquanto avança seu estágio de desenvolvimento. Além disso, por ser menos permeável e mais espessa que a parede primária, a formação da parede secundária, entre outros fatores, também limita a translocação de herbicidas pelas plantas mais velhas. Esses são fatores que contribuem para a necessidade de doses maiores de herbicidas para controlar plantas mais velhas, até certo momento do desenvolvimento. Na maturidade, os plasmodesmos possuem condutância reduzida e contribuem pouco na distribuição sistêmica de moléculas grandes (CHAMEL, 1988; CRAWFORD e ZAMBRYSKY, 2001; VIDAL, 2002; CONCENÇÃO et al., 2007).

As dosagens utilizadas para a dessecação, variam de acordo com a espécie e o estágio de desenvolvimento das plantas. Em algumas espécies, a quantidade de massa vegetal poderá influenciar a dosagem exigida para a sua total dessecação (TIMOSSI et al., 2006). Neste sentido o presente experimento, ao utilizar a dosagem máxima de bula, encontrou bons níveis de controle. Todavia, recomenda-se que novos experimentos com alterações das doses combinadas devam ser realizados, para o aprimoramento da indicação subsequente. Em trabalhos de controle de plantas já perenizadas, nota-se que o período de utilização de misturas poderá apresentar “vida útil” reduzida, devido às altas doses empregadas e, portanto, alta pressão de seleção (FORNAROLLI et al., 2011). No presente trabalho, no entanto, ao se utilizar apenas a

dose recomendada em bula, juntamente com o acréscimo de um ou mais herbicidas na mistura, foram obtidas médias de controle excelentes.

### 6.3.4 Análise qualitativa e de compatibilidade

De acordo com a classificação de ALAM (1974), as misturas propostas obtiveram classificações em sua grande maioria como excelente, principalmente aos 56 DAA, enquadrando-se em uma faixa entre 91 e 100% de mortalidade pelo ajuste da escala visual de controle (Tabela 9). Como na escala quantitativa, o glifosato também se estabeleceu em um patamar insatisfatório de resultados, qualificando-se como ruim, nas condições deste estudo. Esta classificação, de modo geral, se adequa a classificação quantitativa realizada e fornece uma qualificação condizente com os tratamentos elaborados e as observações feitas a campo.

**TABELA 09** - Classificação qualitativa da ação de herbicidas isolados e suas misturas no controle de capim-amargoso entouceirado.

Tratamentos	Faixa de	Qualificação	Faixa de	Qualificação
	classificação		classificação	
		35 DAA		56 DAA
	%		%	
Glifosato	0 - 40	Ausente ou ruim	0 - 40	Ausente ou ruim
Glufosinato	91 - 100	Excelente	91 - 100	Excelente
Cletodim	61 - 70	Suficiente	81 - 90	Muito bom
Haloxifope	41 - 60	Regular	81 - 90	Muito bom
Glifosato + glufosinato	91 - 100	Excelente	91 - 100	Excelente
Glifosato + cletodim	71 - 80	Bom	91 - 100	Excelente
Glifosato + haloxifope	61 - 70	Suficiente	91 - 100	Excelente
Glufosinato + cletodim	91 - 100	Excelente	91 - 100	Excelente
Glufosinato + haloxifope	91 - 100	Excelente	91 - 100	Excelente
Glifosato + glufosinato + cletodim	91 - 100	Excelente	91 - 100	Excelente
Glifosato + glufosinato + haloxifope	91 - 100	Excelente	91 - 100	Excelente
Glifosato + glufosinato + cletodim + haloxifope	91 - 100	Excelente	91 - 100	Excelente

A gestão de plantas daninhas em lavouras é mais complexa quando tem-se casos de resistência a herbicidas. Isto se deve porque a eficácia das estratégias disponíveis, na maioria dos casos inclui misturas em tanques, que são afetadas por incompatibilidade entre formulações e antagonismo entre herbicidas (MAROCHI et al., 2018).

Aos 35 DAA, pelo modelo matemático, constatou-se o efeito aditivo das misturas glifosato + glufosinato, glifosato + cletodim, glufosinato + cletodim, glufosinato + haloxifope e glifosato + glufosinato + haloxifope (Tabela 10). Já o antagonismo no controle pode ser

atribuído a mistura de glifosato + haloxifope, glifosato + glufosinato + cletodim e glifosato + glufosinato + cletodim + haloxifope. A única mistura avaliada como sinérgica ocorreu aos 56 DAA pela mistura de glifosato + haloxifope.

**TABELA 10** - Avaliação de compatibilidade através de resultados comparativos entre o controle esperado pelo modelo matemático e a avaliação visual com graduação de 5%.

Tratamento	Resultados 35 DAA			Resultados 56 DAA		
	Esperado	Alcançado	Conclusão	Esperado	Alcançado	Conclusão
Glifosato + glufosinato	96,8	95,0	Aditivo	97,0	95,0	Antagônico
Glifosato + cletodim	76,2	75,0	Aditivo	94,0	95,0	Aditivo
Glifosato + haloxifope	72,9	65,0	Antagônico	92,0	95,0	Sinérgico
Glufosinato + cletodim	98,2	95,0	Aditivo	99,5	95,0	Antagônico
Glufosinato + haloxifope	97,9	95,0	Aditivo	99,3	95,0	Antagônico
Glifosato + glufosinato + cletodim	98,8	95,0	Antagônico	99,7	95,0	Antagônico
Glifosato + glufosinato + haloxifope	98,6	95,0	Aditivo	99,6	95,0	Antagônico
Glifosato + glufosinato + cletodim + haloxifope	99,5	95,0	Antagônico	100,0	95,0	Antagônico
CV, %	3,6	0,0		1,0	0,0	

Diversas misturas de glifosato com outros herbicidas têm resultado em interações antagônicas e sinérgicas. De modo geral, o aumento da taxa de glifosato tem superado o antagonismo observado (STARKE e OLIVER, 1998). Herbicidas sistêmicos e de contato muitas vezes não são eficientes em misturas em tanques pelo fato de que o herbicida de contato antagoniza a atividade do herbicida sistêmico (NORSWORTHY et al., 2012).

Analisando-se as misturas antagônicas, salienta-se que o rigor avaliativo do modelo matemático pode induzir a conclusões equivocadas do desempenho das misturas. Neste sentido, os dados expressos na Tabela 10 devem ser analisados em conjunto com os demais resultados de avaliações quantitativas e qualitativas para se obter uma resolução mais realística. A percepção do resultado altera-se ao analisar, por exemplo, aos 56 DAA, somente as plantas com definição de evolução do controle, seja com a morte ou com o rebrote já iniciado (Tabela 11).



**TABELA 11** - Avaliação de compatibilidade por meio de resultados comparativos entre o controle esperado pelo modelo matemático e a avaliação visual de controle definido.

Tratamento	Resultados 56 DAA		Conclusão
	Esperado	Alcançado com Controle definido	
	-----%-----		
Glifosato + glufosinato	97,0	96,1	Aditivo
Glifosato + cletodim	94,0	95,0	Aditivo
Glifosato + haloxifope	92,0	--- <sup>1</sup>	Indeterminado
Glufosinato + cletodim	99,5	98,1	Antagônico
Glufosinato + haloxifope	99,3	98,3	Aditivo
Glifosato + glufosinato + cletodim	99,7	96,6	Antagônico
Glifosato + glufosinato + haloxifope	99,6	99,4	Aditivo
Glifosato + glufosinato + cletodim + haloxifope	100,0	100,0	Aditivo
CV, %	1,0	0,0	

<sup>1</sup>Não houve plantas com as características especificadas no item.

### 6.3.5 Avaliação de custo de controle

Os custos de aplicação dos tratamentos utilizados neste estudo estão expressos na Tabela 12. Em um cenário, hipotético, com ausência de plantas resistentes, o custo médio de controle para uma aplicação padrão, restrito a uma aplicação de glifosato na dessecação e duas aplicações na pós-emergência, para cultivares de soja RR, resultam em um custo na aquisição do herbicida de R\$ 144,00 ha<sup>-1</sup>. A estimativa do custo do controle na cultura da soja, atualizado para julho de 2020, de populações de capim-amargoso, com resistência ao glifosato é de R\$ 382,00 ha<sup>-1</sup> (ADEGAS et al., 2017; BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2020). Todos os tratamentos propostos neste estudo têm um custo de aplicação por hectare abaixo do custo médio estimado para o controle do capim-amargoso. Assim, pode-se constatar que as misturas de moléculas, em apenas uma única aplicação, alternativamente ao uso do glifosato, apresentam uma eficiência considerável e com economicidade no controle da planta daninha. Neste caso, vale salientar que a disponibilidade das moléculas existentes no comércio local, a dosagem ser utilizada, bem como o manejo a ser adotado e a expectativa de eficiência da mistura devem orientar a escolha do tratamento a ser adotado.

**TABELA 12** – Percentual de controle, avaliação qualitativa, compatibilidade e custo de herbicidas individuais e combinados no controle de capim-amargoso entouceirado.

Tratamentos	Análises aos 35 DAA			Custo herbicidas R\$ ha <sup>-1</sup>
	Quantitativa %	Qualitativa	Compatibilidade	
Glifosato	33 c <sup>1</sup>	Ausente ou ruim	---	39,60
Glufosinato	80 a	Excelente	---	144,00
Cletodim	60 b	Suficiente	---	18,00
Haloxifope	60 b	Regular	---	60,03
Glifosato + glufosinato	80 a	Excelente	Aditivo	183,60
Glifosato + cletodim	67 ab	Bom	Aditivo	57,60
Glifosato + haloxifope	60 b	Suficiente	Antagônico	99,63
Glufosinato + cletodim	80 a	Excelente	Aditivo	162,00
Glufosinato + haloxifope	80 a	Excelente	Aditivo	204,03
Glifosato + glufosinato + cletodim	80 a	Excelente	Antagônico	201,60
Glifosato + glufosinato + haloxifope	80 a	Excelente	Aditivo	243,63
Glifosato + glufosinato + cletodim + haloxifope	80 a	Excelente	Antagônico	261,63

<sup>1</sup>Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

O descaso com a ocorrência dessa planta na lavoura pode levar a um forte aumento na população de capim-amargoso e, conseqüentemente, a sérios prejuízos na produtividade e aumento nos custos de produção (GEMELLI et al., 2012). O uso de herbicidas combinados tende a diminuir a quantidade total necessária de produtos aplicados, fato que contribui economicamente e ambientalmente no controle de capim-amargoso. Misturas para prevenir ou retardar a resistência podem ser proibitivas em termos de custos, a menos que os parceiros do graminicida interajam sinergicamente e possam ser aplicados a taxas mais baixas (BECKIE, 2006). Conforme demonstrado na Tabela 12, as misturas com graminicidas não resultaram em efeito sinérgico aos 35 DAA. Todavia, pode-se constatar o efeito aditivo das misturas glifosato + glufosinato; glifosato + cletodim; glufosinato + cletodim; glufosinato + haloxifope; e, glifosato + glufosinato + haloxifope. As demais misturas apesar de se enquadrarem conceitualmente na categoria antagônico, apresentaram bons e excelentes desempenhos. Neste caso, deve-se considerar os parâmetros testados, bem como as dosagens utilizadas. Nesta linha, mais estudos devem ser realizados para ajustar de forma mais adequada as dosagens e dessa forma aproveitar o potencial percebido nas misturas efetuadas.

Devido ao aumento do custo dos herbicidas adicionados aos programas de controle de plantas daninhas, os produtores costumam resistir em adotar uma melhor prática de gerenciamento de resistência, pois acreditam que isso reduziria a receita a curto prazo. No entanto, a pressão reduzida das plantas daninhas, em experimentos com misturas de herbicidas,

resultou em uma tendência para maiores rendimentos das culturas, o que compensa os custos mais altos de gerenciamento das invasoras. Os aumentos de produtividade associados a uma diversidade de mecanismos de ação de herbicidas resultam em benefícios econômicos equivalentes ainda no mesmo ano da aplicação, tornando esta prática economicamente ainda mais viável a médio e longo prazo (WEIRICH et al., 2011a, 2011b; NORSWORTHY et al., 2012).

Muitos produtores com plantas daninhas resistentes ao glifosato continuam a usar este herbicida em função de seu controle econômico de invasoras em amplo espectro, ressalta-se que o custo do glifosato em relação a outros custos variáveis da produção é extremamente baixo (BECKIE, 2011). Destaca-se que os benefícios econômicos de se evitar custos adicionais associados ao gerenciamento de plantas daninhas resistentes a herbicidas são claros. No entanto, deve-se superar a ideia de retornos econômicos imediatos na resolução do problema de resistência, bem como crenças de que a evolução da resistência a herbicidas nas plantas daninhas é inevitável e que a disponibilidade continuada de novas tecnologias de herbicidas resolverá o problema (NORSWORTHY et al., 2012).

## 7. CONCLUSÕES

A germinação de sementes de capim-amargoso pelo bioensaio em placas de Petri na concentração de glifosato a 1% e.a. pode ser utilizada com sucesso na determinação de biótipos resistentes a este herbicida. Plantas de biótipos classificados por esta técnica como resistentes, testadas em vaso, resistiram a aplicação da dose recomendada de glifosato, validando o método laboratorial.

O glifosato mostrou-se tecnicamente ineficiente para o controle de capim-amargoso resistente. Aplicado de forma individual, o herbicida glufosinato foi o mais eficiente. Todas as misturas testadas resultaram em percentuais de controle  $\geq 80\%$  ao final das avaliações. Combinações de glifosato, cletodim e haloxifope com glufosinato resultam num efeito mais prolongado de fitotoxicidade e retardam o rebrote.

O limite médio da eficiência está relacionado com plantas menores que 51,6 cm de altura e com menos de 19,4 perfilhos por touceira.

Pode-se constatar o efeito aditivo das misturas glifosato + glufosinato, glifosato + cletodim, glufosinato + cletodim, glufosinato + haloxifope e glifosato + glufosinato + haloxifope. As misturas propostas obtiveram classificações, em sua grande maioria, como excelente. Todos os tratamentos propostos têm custo com herbicidas viáveis economicamente a sua utilização.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEGAS, F.S., et al. Alternativas de controle químico de *digitaria insularis* resistente ao herbicida glifosato. *In: XXVII CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS*, 06, 2010, Ribeirão Preto. **Anais[...]**. Ribeirão Preto: Centro de Convenções, 2010. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/34258/1/31244.pdf>>. Acesso em: 24 de abr. 2019.

ADEGAS, F.S., et al. **Impacto econômico da resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja. 2017. 11 p. (CIRCULAR TÉCNICA, 132).

ASOCIACIÓN LATINO AMERICANA DE MALEZAS – ALAM. **Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación en ensayos de control de malezas**. ALAM, v. 1, n. 1, p. 35-38, 1974.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Calculadora do cidadão**: correção de valores. 2020. Disponível em: <<https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADA0/publico/exibirFormCorrecaoValores.do?method=exibirFormCorrecaoValores&aba=1>> Acesso em: 10/07/2020.

BARROSO, A.A.M. **Caracterização genética e foliar de capim-amargoso resistente ao glyphosate e eficácia de seu controle com associação de herbicidas**. Dissertação (Mestrado), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2013.

BAYER, E., et al. Stoffwechselprodukte von mikroorganismen. Phosphinothricin und phosphinothricin-alanyl-alanin. **Helvetica Chimica Acta**, v. 55, p. 224-239, 1972.

BAYLIS, A. Why glyphosate is a global herbicide: strengths, weaknesses and prospects. **Pest Management Science**, v. 56, p. 299-308. 2000.

BECKIE, H.J. Herbicide-resistant weeds: management tactics and practices. **Weed Technology**, v. 20, n. 3, p. 793–814, 2006.

BECKIE, H.J. Herbicide-resistant weed management: focus on glyphosate. **Pest Management Science**, v. 67, n. 2, p. 1037-1048, 2011.

BECKIE, H.J.; REBOUD, X. Selecting for weed resistance: herbicide rotation and mixture. **Weed Technology**, v. 23, n. 3, p. 363–370, 2009.

BOERBOOM, C.M.; WYSE, D.L. Influence of glyphosate concentration on glyphosate absorption and translocation in Canada Thistle (*Cirsium Arvense*). **Weed Science**, v. 36, n. 3, p. 291-95. 1988.

BOVEY, R.W. Woody plants and woody plant management: ecology: safety, and environmental impact. Cidade: **CRC Press**, 2001. 584p.

BRASIL. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399p.

BRYSON, C.T. Effects of rainfall on foliar herbicides applied to Rhizome Johnsongrass. **Weed Science**, v. 35, n.1, p. 115-119, 1987.

CARVALHO, L.B., et al. Detection of sourgrass (*Digitaria insularis*) biotypes resistant to glyphosate in Brazil. **Weed Science**, v. 59, n. 2, p. 171-176, 2011a.

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

CHAMEL, A. Foliar uptake of chemicals studied with whole plants and isolated cuticles. In: NEUMANN, P.M. (Ed.). **Plant growth and leaf-applied chemicals**. Boca Raton: CRC Press. 1988. p. 27-50.

COLBY, S. R. Calculating synergistic and antagonistic responses of herbicide combinations. **Weed Science**, v. 15, n. 1, p. 20-22, 1967.

CONCENÇO, G., et al. Plasmodesmos: transporte simplástico de herbicidas na planta. **Planta Daninha**, v. 25, n. 2, p. 423-432, 2007.

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.

CORREIA, N.M.; ACRA, L.T.; BALIEIRO, G. Controle químico de diferentes populações de *Digitaria insularis* e manejo de população resistente ao glifosato. **Planta Daninha**, v. 33, n. 1, p. 93-101, 2015.

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

CRAWFORD, K.M.; ZAMBRYSKI, P.C. Non-targeted and targeted protein movement through plasmodesmata in leaves in different developmental and physiological status. **Plant Physiology**, v. 125, p. 1802-1812, 2001.

CHRISTOFFERS, M.J. Genetic aspects of herbicide-resistant weed management. **Weed Technology**, v. 13, p. 647-652, 1999.

CRUZ-HIPOLITO, H., et al. Nontarget mechanism involved in glyphosate tolerance found in *Canavalia ensiformis* plants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, p. 4844-4848, 2009.

CRUZ-HIPOLITO, H.E., et al. Glyphosate tolerance by *Clitoria ternatea* and *Neonotonia wightii* plants involves differential absorption and translocation of the herbicide. **Plant & Soil**, v. 347, n. 1-2, p. 221-230, 2011.

DA SILVA, G.D., et al. Controle de capim-amargoso entouceirado. In: II SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA SUSTENTÁVEL, 10, 2018, Bandeirantes. **Anais[...]**. Bandeirantes: UENP, 2018. Disponível em:

<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/190299/1/Controle-SIPAS-Anais.pdf>>. Acesso em 29 de abr. 2019.

DIAS, M. A.N., et al. Germination test as a fast method to detect glyphosate-resistant sourgrass. **Bragantia**, v. 74, n. 3, p. 307-310, 2015.

DROGE-LASER, et al. The metabolites of the herbicide l-phosphinothricin (glufosinate): identification, stability, and mobility in transgenic, herbicide-resistant, and untransformed plants. **Plant Physiology**, v. 105, p. 159-166, 1994.

FALB, L.N., et al. Effects of pH and adjuvants on clethodim photodegradation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 38, p. 875–878, 1990.

FOCKE, M.; LICHTENTHALER, H.K. Inhibition of the acetyl-CoA carboxylase of barley chloroplasts by cycloxydim and sethoxydim. **Zeitschrift für Naturforschung**, v. 42, p. 1361-1363, 1987.

FORNAROLLI, D.A., et al. Manejo de biótipos de *Digitaria insularis* resistente ao herbicida glifosato. In: III SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GLYPHOSATE, Botucatu, SP. 2011. **Resumos[...]** Botucatu: UNESP, 2011.

GAZZIERO, D.L.P., et al. Efeitos da convivência do capim-amargoso na produtividade da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 28., Campo Grande, 2012. **Anais[...]** Londrina: SBCPD, 6 p. Trabalho 733.

GAZZIERO, D.L.P., et al. Estimating yield losses in soybean due to sourgrass interference. **Planta Daninha**, v. 37, p. e019190835, 2019.

GEIGER, D.R.; BESTMAN, H.D. Self-limitation of herbicide mobility by phytotoxic action. **Weed Science**, v. 38, p. 324-329, 1990.

GEMELLI, A., et al. Aspectos da biologia de *Digitaria insularis* resistente ao glyphosate e implicações para o seu controle. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 11, n. 2, p. 231-240, 2012.

GEMELLI, A., et al. Estratégias para o controle de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) resistente ao glyphosate na cultura milho safrinha. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 12, n. 2, p. 162-170, 2013.

GILO, E.G., et al. Alternatives for chemical management of sourgrass. **Bioscience Journal**, v. 32, n. 4, p. 881-889, 2016.

GOMES, L.J.P., et al. Controle químico e análise morfoanatômica de folhas de diferentes populações de capim-amargoso. **Planta Daninha**, v. 35, p. e.017158021, 2017.

HARKER, K.N.; DEKKER, J. Temperature effects on translocation patterns of several herbicides within Quackgrass (*Agropyron Repens*). **Weed Science**, v. 36, n. 5, p. 545-552, 1988.

HEAP, I. **International survey of herbicide-resistant weeds**. Disponível em: <<http://www.weedscience.org>> Acesso em: 02/06/2020.

KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. 2.ed. São Paulo: BASF. Tomo I. 1997. 825p.

LEA, P.J., et al. The action of the 2-amino-4 (methylphosphinyl)-butanoic acid (phosphinothricin) and its 2-oxo-derivative on the metabolism of cyanobacteria and higher plants. **Phytochemistry**, v. 23, p. 1-6, 1984.

LOPEZ OVEJERO, R.F. et al. Frequency and dispersal of glyphosate-resistant sourgrass (*Digitaria insularis*) populations across Brazilian agricultural production areas. **Weed Science**, v. 65, n. 1, p. 285-294, 2017.

LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional**. 7.ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2014.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. 4.ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2008.

MACHADO, A.F.L., et al. Análise de crescimento de *Digitaria insularis*. **Planta Daninha**, v. 24, n. 4, p. 641-647, 2006.

MACHADO, A.F.L., et al. Caracterização anatômica de folha, colmo e rizoma de *Digitaria insularis*. **Planta daninha**, v. 26, n. 1, p. 1-8, 2008.

MAPA. **Relatório de Plantas Daninhas**. 2020. Disponível em: <[http://bi.agricultura.gov.br/reports/rwservlet?agrofit\\_cons&planta\\_daninha.rdf&p\\_script\\_body=&p\\_id\\_planta\\_daninha=1354&paramform=no](http://bi.agricultura.gov.br/reports/rwservlet?agrofit_cons&planta_daninha.rdf&p_script_body=&p_id_planta_daninha=1354&paramform=no)>. Acesso em 27/01/2020.

MAROCHI, A., et al. Managing glyphosate-resistant weeds with cover crop associated with herbicide rotation and mixture. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 42, n. 4, p. 381-394, 2018.

MARSHALL, G.; KIRKWOOD, R.C.; MARTIN, D.J. Studies on the mode of action of asulam, aminotriazole and glyphosate in *Equisetum arvense* L. (field horsetail). I: The uptake and translocation of [<sup>14</sup>C]asulam, [<sup>14</sup>C]aminotriazole and [<sup>14</sup>C]glyphosate. **Pesticide Science**, v. 18, p. 55-64, 1987.

MARTINS J.F. et al. Efeito da profundidade de semeadura na emergência do capim-amargoso (*Digitaria insularis* (L.) Fedde). In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNESP (CIC), 21., São José do Rio Preto, SP, 2009. **Resumos[...]** São José do Rio Preto: UNESP, 2009.

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. e.017164499, 2017.

MELO, M.S.C. **Alternativas de controle, acúmulo de chiquimato e curva de crescimento de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) suscetível e resistente ao glyphosate**. Dissertação



(Mestrado em Ciências - área Fitotecnia) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, São Paulo.

MELO, M.S.C. et al. Alternativas para o controle químico de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) resistente ao glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 11, n. 2, p. 195-203, 2012.

MENDONÇA, G.S. et al. Ecofisiologia da germinação de sementes em *Digitaria insularis* ((L.) Fedde). **Revista Ciência Agrônômica**, v. 45, n. 4, p. 823-832, 2014.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. Instrução Normativa Nº 40, de 11 de outubro de 2018. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 15/10/2018. n.198, s.1, p.3.

MONDO, V.H.V. et al. Efeitos da luz e temperatura na germinação de sementes de quatro espécies de plantas daninhas do gênero *Digitaria*. **Revista Brasileira Sementes**, v. 32, n. 1, p. 131-137, 2010.

MONQUERO, P. A. **Aspectos da Biologia e Manejo das Plantas Daninhas**. São Carlos, SP: RiMa Editora, 2014.

MUELLER, T.C. et al. Proactive versus reactive management of glyphosate-resistant or tolerant weeds. **Weed Technology**, v. 19, p. 924-933, 2005.

NEPOMUCENO, M.P. et al. Efeito da qualidade de luz nas características germinativas de dois biótipos de capim-amargoso, resistente e suscetível ao glyphosate. **Manejo y Control de Malezas en Latinoamérica**. Asociación Latino Americana de Malezas – ALAM. 2013.

NORSWORTHY, J.K. et al. Reducing the risks of herbicide resistance: best management practices and recommendations. **Weed Science**, v. 60, p. 31-62, 2012.

NEVE, P.; SADLER, J.; POWLES, S.B. Multiple herbicide resistance in a glyphosate-resistant rigid ryegrass (*Lolium rigidum*) biotype. **Weed Science**, v. 52, p. 920-928, 2004.

OLIVEIRA-JÚNIOR, R.S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax Editora, 2011. 348p.

PEEL, M.C. et al. Updated world Koppen-Geiger climate classification map. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 11, p. 1633–1644, 2007.

PEREZ, A.; KOGAN, M. Glyphosate-resistant *Lolium multiflorum* in Chilean orchards. **Weed Research**, v. 43, p. 12–19, 2003.

PEREZ-JONES, A. et al. Investigating the mechanisms of glyphosate resistance in *Lolium multiflorum*. **Planta**, v. 226, p. 395-404, 2007.

POWLES, S.B. et al. Herbicide resistance: impact and management. **Advance Agronomy**, v. 58, p. 57-93, 1997.

PROCÓPIO, S.O. et al. 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. **Studies on the biology of sourgrass (*Trichachne insularis* (L.) Nees and of its competition with buffelgrass (*Cenchrus ciliaris* L.) and guineagrass (*Panicum maximum* Jacq.)).** 1975. 133p. Thesis (Doctor of Philosophy in agronomy and Soil Science) – University of Hawaii.

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

RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. **Guia de herbicidas**. Edição dos autores, Londrina, PR, 6 ed., 2011.

RIBEIRO, D.N. et al. Rapid assays for detection of glyphosate-resistant *Lolium* spp. **Journal of Plant Disease Protection**, v. 21, p. 95-99, 2008.

RUEGG, W.T.; QUADRANTI, M.; ZOSCHKE, A. Herbicide research and development: challenges and opportunities. **Weed Research**, v. 47, p. 271-275, 2007.

SAUER, H.; WILD, A.; RIIHLE, W. The effect of phosphinothricin (glufosinate) on photosynthesis. II. The causes of inhibition of photosynthesis. **Zeitschrift für Naturforschung**, v. 42, n.3, p. 270-278, 1987.

SENSEMAN, S.A. et al. **Herbicide Handbook**. Lawrence: Weed Science Society of America, 2007. 9 ed., 400 p.

SILVEIRA, H.M. et al. Eficácia do glyphosate em biótipos de capim-amargoso com indício de resistência coletadas em cultivos RR. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 40, p. e35120, 2018.

STARKE, R.J.; OLIVER, L.R. Interaction of glyphosate with chlorimuron, fomesafen, imazethapyr, and sulfentrazone. **Weed Science**, v. 46, n. 6, p. 652-660, 1998.

TACHIBANA, K., et al. Inhibition of the glutamine synthetase and quantitative changes of free aminoacids in shoots of bialaphos treated Japanese barnyard millet. **Journal of Pesticide Science**, v. 11, p. 27-31, 1986a.

TACHIBANA, K., et al. Accumulation of ammonia in plants treated with bialaphos. **Journal of Pesticide Science**, v. 11, p. 33-37, 1986b.

TAIZ, L.; ZEIGER E. **Fisiologia vegetal**. 5<sup>a</sup>.ed. Porto Alegre: Artmed; 2013.

TIMOSSI, P.C.; LEITE, G.J.; DURIGAN, J.C. Efficacy of glyphosate in cover crops. **Planta Daninha**, v. 24, p. 475-480, 2006.

TUFFI SANTOS, L.D. et al. Efeito do glyphosate sobre a morfoanatomia das folhas e do caule de *Commelina diffusa* e *C. benghalensis*. **Planta daninha**, v. 22, n. 1, p. 101-107, 2004.

VARGAS, L. et al. Resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil: histórico, distribuição, impacto econômico, manejo e prevenção. **Embrapa Trigo-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2016.

VIDAL, R.A. **Ação dos herbicidas**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002. 89 p.

VENCILL, W.K. et al. Herbicide resistance: toward an understanding of resistance development and the impact of herbicide-resistant crops. **Weed Science**, v. 60, p. 2-30, 2012.

ZANDONA, R.R. et al. Interference periods in soybean crop as affected by emergence times of weeds. **Planta daninha**, Viçosa, v. 36, e018169361, 2018.

ZOBIOLE, L.H.S. et al. Controle de capim-amargoso perenizado em pleno florescimento. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 15, n. 2, p. 157-164, 2016.

WEED SCIENCE. **International survey of herbicide resistant weeds: herbicide resistant sourgrass globally (*Digitaria insularis*)**. 2019. Disponível em: <<http://www.weedscience.org/Summary/Species.aspx?WeedID=239>>. Acesso em: 15 mai. 2019.

WEIRICH, J. W. et al. Benchmark study on glyphosate-resistant cropping systems in the United States, part 6: timeliness of economic decision-making in implementing weed resistance management strategies. **Pest Management Science**, v. 67, p. 785-789, 2011a.

WEIRICH, J. W. et al. Benchmark study on glyphosate-resistant cropping systems in the United States, part 5: effects of glyphosate-based weed management programs on farm level profitability. **Pest Management Science**, v. 67, p. 781-784, 2011b.

WRUBEL, R.P.; GRESSEL, J. Are herbicide mixtures useful for delaying evolution of resistance? a case study. **Weed Technology**, v. 8, p. 635-648, 1994.