

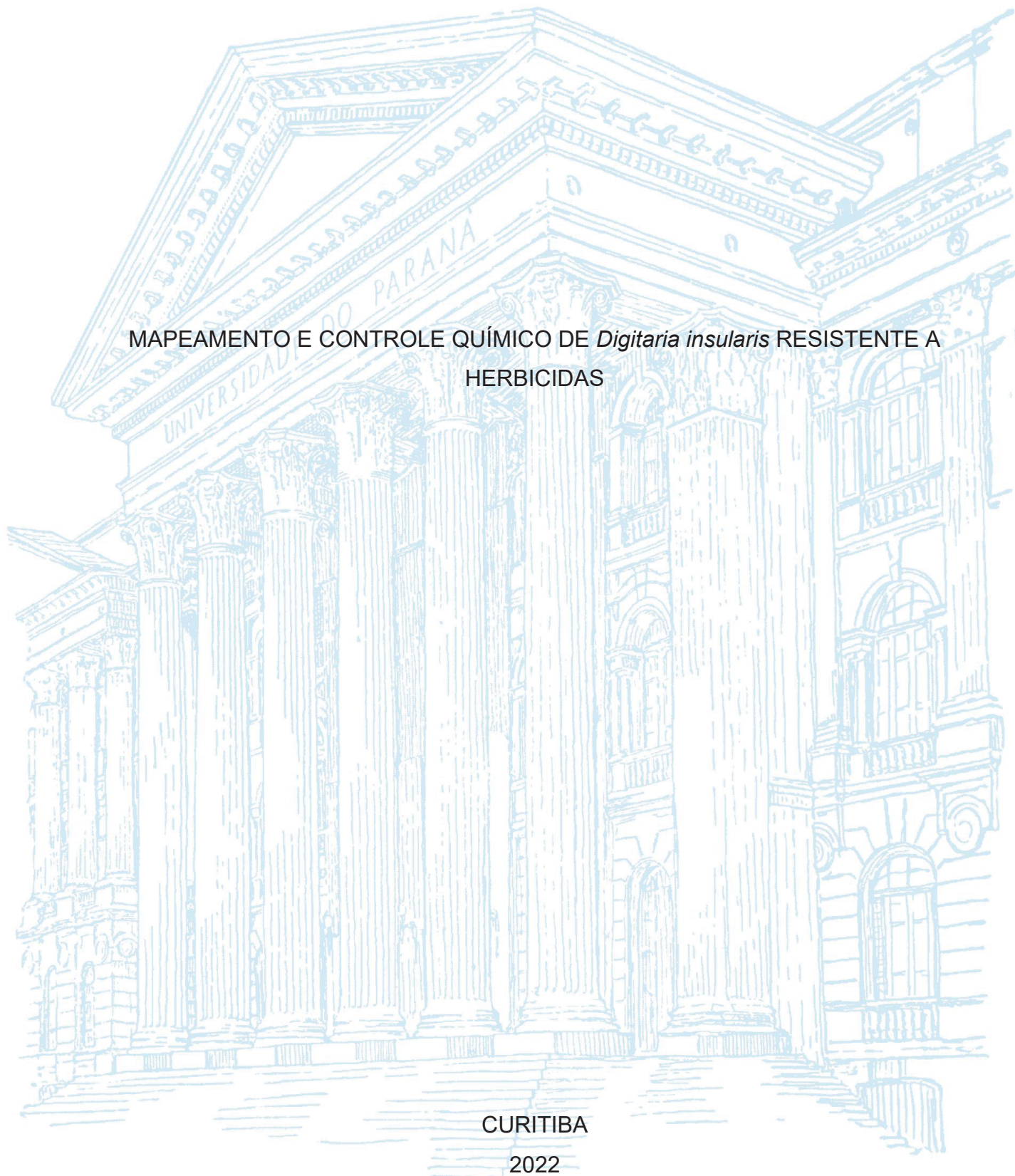
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MAIKON TIAGO YAMADA DANILUSSI

MAPEAMENTO E CONTROLE QUÍMICO DE *Digitaria insularis* RESISTENTE A  
HERBICIDAS

CURITIBA

2022



MAIKON TIAGO YAMADA DANILUSSI

MAPEAMENTO E CONTROLE QUÍMICO DE *Digitaria insularis* RESISTENTES A  
HERBICIDAS

Tese apresentada ao curso de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Arthur Arrobas M. Barroso

Coorientadores: Dr. Alfredo Junior Paiola Albrecht  
Dr. Leandro Paiola Albrecht

CURITIBA  
2022

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

Danilussi, Maikon Tiago Yamada

Mapeamento e controle químico de *Digitaria insularis*  
resistentes a herbicidas / Maikon Tiago Yamada Danilussi. –  
Curitiba, 2022.

1 recurso online: PDF.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de  
Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia  
(Produção Vegetal).

Orientador: Prof. Dr. Arthur Arrobas M. Barroso

Coorientadores: Dr. Alfredo Junior Paiola Albrecht e Dr.  
Leandro Paiola Albrecht

1. Ervas daninhas. 2. Controle. 3. Herbicidas. I. Barroso,  
Arthur Arrobas M. II. Albrecht, Alfredo Junior Paiola. III. Albrecht,  
Leandro Paiola. IV. Universidade Federal do Paraná. Programa de  
Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal). V. Título.

Bibliotecária: Telma Terezinha Stresser de Assis CRB-9/944



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO AGRONOMIA  
(PRODUÇÃO VEGETAL) - 40001016031P6

## TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL) da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **MAIKON TIAGO YAMADA DANILUSSI** intitulada: **MAPEAMENTO E CONTROLE QUÍMICO DE *Digitaria insularis* RESISTENTE A HERBICIDAS**, sob orientação do Prof. Dr. **ARTHUR ARROBAS MARTINS BARROSO**, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua **APROVAÇÃO** no rito de defesa.

A outorga do título de doutor está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 31 de Agosto de 2022.

Assinatura Eletrônica

01/09/2022 11:31:57.0

**ARTHUR ARROBAS MARTINS BARROSO**

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

01/09/2022 11:57:54.0

**LEANDRO VARGAS**

Avaliador Externo (EMBRAPA)

Assinatura Eletrônica

05/09/2022 12:57:54.0

**ALFREDO JUNIOR PAIOLA ALBRECHT**

Coorientador(a)

Assinatura Eletrônica

01/09/2022 11:32:53.0

**ANDRÉ FELIPE MOREIRA SILVA**

Avaliador Externo (ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA - LUIZ DE QUEIROZ -USP)

Assinatura Eletrônica

02/09/2022 09:28:03.0

**ANA LÍGIA GIRALDELI**

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA)

Dedico o trabalho e o esforço a minha esposa Heloisy e ao meu filho Otávio e a minha falecida tia Marcia Yamada, primeira Engenheira Agrônoma e mestre na família, exemplo de vida e inspiração profissional que carrego em meu coração.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente, à Deus, pelo dom da vida.

À minha família, esposa Heloisy e meu filho Otávio; por eles me dedico diariamente para ser o melhor marido e um exemplo de pai, assim como meus pais são para mim, Sr. Francisco e Sra. Sandra, que tenho orgulho em dizer que são meus melhores amigos, juntamente a meus irmãos, Bruno e Karina, com quem posso contar sempre.

A minha segunda família, meu cunhado João Mário, meu sogro Valdecir e, em especial, a minha sogra Jaqueline, que nunca mede esforços para nos ajudar.

Ao meu orientador e amigo Prof. Dr. Arthur Barroso, por ter aceitado o desafio de me orientar e por ser paciente comigo. Acolheu-me e orientou em tudo que estava em seu alcance; homem muito trabalhador e dedicado, com uma sabedoria invejável.

Aos meus coorientadores e amigos, Prof. Dr. Alfredo Junior Paiola Albrecht e Prof. Dr. Leandro Paiola Albrecht, minhas inspirações para iniciar o doutorado e que me mostraram os caminhos a serem percorridos na profissão e na vida e quem me apresentaram ao Prof. Arthur.

Ao meu amigo de doutorado, Juliano Bortoluzzi; convivemos desde o início do mestrado e ele me mostrou o “mundo” das plantas daninhas. Aos amigos Felipe Dazzi, Guilherme Rossano e Giuseppe Caneppele, que foram cruciais para elaboração deste projeto com muita responsabilidade e dedicação. Aos amigos Roberto e Rodrigo, por serem sempre companheiros.

Ao Grupo de Pesquisa em Sistemas Sustentáveis de Produção Agrícola (SUPRA), pelo enorme apoio recebido.

Ao Grupo de Pesquisa “Rede De Pesquisas Em Matologia” (Rpm).

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal – UFPR, pelo suporte prestado e conhecimento recebido.

À CAPES e à HRAC, pois este trabalho foi realizado com seu apoio financeiro.

## RESUMO

O capim-amargoso (*Digitaria insularis*) é uma das plantas daninhas de maior desafio de controle no Brasil, pois além de ser resistente aos herbicidas glyphosate, haloxyfop e fenoxaprop, possui características de planta bastante agressiva por ser uma planta perene com alta capacidade de rebrota; também possui rizomas, pequenas sementes que são espalhadas pelo vento. A *D. insularis* está presente nas áreas agrícolas brasileiras, onde sua presença pode reduzir a produtividade das culturas. Assim, este estudo mapeou áreas agrícolas com biótipos de *D. insularis* resistentes ao glyphosate e verificou a possibilidade de resistência aos herbicidas clethodim, haloxyfop e glufosinate, principalmente no oeste do Paraná e sul de Mato Grosso do Sul e buscou alternativas de controle químico de *D. insularis*. Entre 2018 e 2020, foram coletadas 685 amostras de sementes de *D. insularis* e a coleção descrita foi semeada em casa de vegetação. As populações receberam aplicações dos herbicidas clethodim, haloxyfop e glufosinate e biótipos que sobreviveram às aplicações; elas foram mantidas em casa de vegetação para a produção de sementes. Após a triagem, os biótipos foram selecionados para a construção das curvas dose-resposta. No mesmo período, experimentos de controle foram conduzidos em condições de campo e em casa de vegetação, utilizando herbicidas pós-emergentes isolados ou em mistura a diferentes mecanismos de ação. Um alto fator de resistência (FR) de 10,96 para o glyphosate foi observado para 50% de controle (C50). Para clethodim, um FR de 3,26, para C50. Para haloxyfop, FR foi de 3,15, para C50 e o glufosinate não apresentou resistência em nenhum biótipo. Isso afirma a presença de baixo nível de resistência, múltipla e cruzada em dois biótipos de *D. insularis* aos herbicidas glyphosate, clethodim e haloxyfop, nos estados do Paraná e Mato Grosso do Sul. Os melhores controles químicos observados, maiores que 80%, têm a presença de um herbicida inibidor de ACCase com glufosinate em sequencial, resultado observado em diferentes ambientes, mostrando que o uso da ferramenta denominada "inibidor de Accase" é muito importante para o controle dessa planta daninha.

Palavras-Chave: Capim-amargoso, Evolução, Manejo, Inibidores da ACCase, Plantas daninhas, Plantas.

## ABSTRACT

Sourgrass (*Digitaria insularis* (L.) Mez ex Ekman) is one of the most challenging weeds to control in Brazil, because in addition to being resistant to the herbicides glyphosate, haloxyfop and fenoxaprop, it has characteristics of a very aggressive plant because it is a perennial plant with high regrowth capacity, it has rhizomes, small seeds that are spread by the wind. Sourgrass is present in Brazilian agricultural areas, where its presence can reduce crop productivity. Thus, this study mapped and monitored agricultural areas with biotypes of *Digitaria insularis* resistant to glyphosate and verified the possibility of resistance to the herbicides clethodim, haloxyfop and ammonium-glufosinate, mainly in western Paraná and southern Mato Grosso do Sul, and sought alternatives sourgrass chemical control. Between 2018 and 2020, 685 samples of *D. insularis* seeds were collected, the described collection was sown in a greenhouse, with a controlled environment. The populations received applications of the studied herbicides and biotypes that survived the applications were kept in a greenhouse for seed production. After screening, the biotypes were selected for the construction of dose-response curves. In the same period, control experiments were carried out under field conditions and in a greenhouse, using post-emergent herbicides alone or in mixture with different mechanisms of action. In two biotypes, a high resistance factor (RF) of 10.96 was observed for glyphosate at 50% control (C50), low level resistance to clethodim and haloxyfop, with an RF of 3.26 for clethodim and RF of 3.15 for haloxyfop, for C50. And glufosinate showed no resistance in any biotype. This confirms the presence of differential, multiple and crossed susceptibility in two biotypes of bitter grass to the herbicides glyphosate, clethodim and haloxyfop, in the states of Paraná and Mato Grosso do Sul. The best chemical controls observed, greater than 80%, have the presence of an ACCase inhibitor herbicide with glufosinate in sequence, a result observed in different environments, showing that the use of the tool called "Accase inhibitor" is very important for the control of this weed plant.

Keywords: Sourgrass, Evolution, Plants, Management, ACCase inhibitors, Weeds.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>7</b>
<b>2 CAPÍTULO 1 – MONITORAMENTO DA <i>DIGITARIA INSULARIS</i> RESISTENTE A HERBICIDAS E BAIXO NÍVEL DE RESISTÊNCIA A INIBIDORES DE ACCASE .....</b>	<b>10</b>
2.1 RESUMO .....	11
2.2 ABSTRACT.....	12
2.3 INTRODUÇÃO.....	13
2.4 MATERIAL E MÉTODOS .....	16
2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	19
2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	28
REFERÊNCIAS .....	29
<b>3 CAPITULO 2 – ALTERNATIVAS PARA O CONTROLE QUÍMICO DE <i>DIGITARIA INSULARIS</i> EM PÓS-EMERGÊNCIA.....</b>	<b>36</b>
3.1 RESUMO .....	37
3.2 ABSTRACT.....	38
3.3 INTRODUÇÃO.....	39
3.4 MATERIAL E MÉTODOS .....	42
3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	47
3.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	56
REFERÊNCIAS .....	57
<b>4 CONSIDERAÇÕES GERAIS .....</b>	<b>62</b>
<b>REFERÊNCIAS GERAIS .....</b>	<b>63</b>

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Dentre as plantas daninhas, a presença de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) é notável nas áreas agrícolas brasileiras por se tratar de uma espécie nativa das regiões tropicais e subtropicais da América, com maior intensidade nas regiões sudeste, centro-oeste e nordeste, podendo ser encontrado desde o norte da Argentina até ao sul dos Estados Unidos (MOREIRA e BRAGANÇA, 2011; LORENZI, 2014) além de ser uma planta com grande capacidade de se adaptar e produzir propágulos, podendo se reproduzir de forma sexuada, através da elevada produção de sementes, podendo chegar a 100 mil sementes por planta, autógama, com 57% de fecundação cruzada, ou de forma assexuada, pela produção de rizomas e pela resistência a herbicidas como o glyphosate (MACHADO et al., 2008; GEMELLI et al., 2012; HEAP, 2022).

A *D. insularis* é uma *Poaceae* perene, que forma touceiras, contém caule subterrâneo e colmos aéreos, canaliculares e cilíndricos que podem ultrapassar um metro de altura por ser esta planta daninha agressiva e rústica, invasora em diferentes sistemas de produção, até mesmo em locais não agrícolas, como beiras de rodovias e terrenos urbanos (MACHADO et al., 2008; MOREIRA e BRAGANÇA, 2011; LORENZI, 2014).

Em sistemas de cultivo de soja, o seu poder de competição por espaço, água, luz, nutrientes, entre outros evidencia-se quando comparada à convivência entre as espécies, sendo que oito plantas de *D. insularis* por m<sup>2</sup> reduzem a produtividade da soja em cerca de 80% (GAZZIERO et al., 2019; BRAZ et al., 2021). Gemelli et al. (2013) afirmam que uma vez mal manejada, vem a entouceirar, o que dificulta drasticamente o controle desta.

A dificuldade em controlar esta planta daninha, também, deve-se ao fato de haver biótipos resistentes a herbicidas. A resistência a herbicidas é considerada como a habilidade de um biótipo sobreviver e se propagar após o recebimento de uma dose de herbicida que é letal para a população natural desta planta, e que ultrapasse a dose máxima indicada em bula (COMITÊ DE AÇÃO A RESISTÊNCIA AOS HERBICIDAS - HRAC; SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS - SBCPD, 2018).

A resistência ao glyphosate em *D. insularis* teve seu primeiro caso relatado no Paraguai em 2005, país fronteira com o Brasil, que, por sua vez, teve seu

primeiro relato em 2008, no estado do Paraná (HEAP, 2022). No ano seguinte, foram relatados biótipos resistentes no estado de São Paulo (CARVALHO et al., 2011; HEAP, 2022). Análises feitas por Takano et al. (2018), mostraram que os biótipos de *D. insularis* do Paraguai e do estado do Paraná possuem base genética semelhante, diferentes do biótipo do estado de São Paulo, que, provavelmente, foi selecionado de forma independente.

Em 2016, um caso de resistência foi relatado, biótipo resistente aos herbicidas fenoxaprop e haloxyfop (HEAP, 2022); após este, mais recentemente, houveram dois novos relatos, um resistente ao haloxyfop e pinoxaden (TAKANO et al., 2020), outro com resistência múltipla ao glyphosate e aos inibidores da enzima Acetil Coenzima A Carboxilase (ACCase), haloxyfop e fenoxaprop, todos os três relatos foram em território brasileiro, ainda em 2020, no Paraguai, foi relatado um biótipo resistente aos herbicidas glyphosate, haloxyfop e clethodim (HEAP, 2022).

Dentre os herbicidas, o destaque vai para o glyphosate, herbicida mais utilizado no mundo. O mecanismo de resistência do *D. insularis* ao herbicida glyphosate está relacionado à sua lenta absorção, a metabolização mais rápida em ácido aminometilfosfônico (AMPA), glioxilato e sarcosinae, e a uma menor translocação do herbicida em plantas do biótipo resistente quando comparado ao suscetível, indiferente do estágio de aplicação (CARVALHO et al., 2011).

Para manejar o *D. insularis* resistente ao glyphosate existem várias práticas: em pós-colheita, a dessecação na fase inicial do desenvolvimento evita que não produzam sementes, sempre rotacionando mecanismos de ação e os grupos químicos, além de outras práticas culturais, assim, aconselha-se que a dessecação deve ser feita em estágio de no máximo três perfilhos, e quando necessário, complementar a aplicação com outros produtos (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2006; CANEDO et al., 2019). Uma das associações comumente utilizadas era com o herbicida paraquat, que, após um processo de reavaliação, foi banido no Brasil em 2017, devido à alta toxicidade ao ser humano (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA, 2020).

A dessecação imediatamente anterior à semeadura envolve a aplicação de um ou mais herbicidas (normalmente de ação sistêmica) para o manejo, em função da composição florística da área e da densidade de infestação, e é feita a escolha do produto ou produtos a serem utilizados na área (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2006). Em situações em que as plantas de *D. insularis* estão perenizadas e em pleno

florescimento o controle fica ainda mais difícil (ZOBIOLE et al., 2016; CANEDO et al., 2019).

O uso de herbicidas em associações, rotação de mecanismos de ação, manejo preventivo de plantas daninhas, manejo cultural, manejo físico, entre outras práticas, são fundamentais para a prevenção da seleção de biótipos resistentes a herbicidas (RIAR et al., 2013; GREEN, 2018; HEAP e DUKE, 2018; NEVE et al., 2018).

Em virtude de todas essas evidências, faz-se necessária a realização do mapeamento das populações de *Digitaria insularis*, possibilitando, assim, a detecção precoce de populações resistentes a novos herbicidas e evitando futuros problemas. Desta forma, objetiva-se, com este trabalho, o mapeamento da resistência a herbicidas de populações de *D. insularis* com possíveis novas detecções de resistência a herbicidas para esta espécie e avaliar a eficácia dos herbicidas para o controle do *D. insularis*, identificar e sugerir controle químico.

**CAPÍTULO 1 – MONITORAMENTO DE *Digitaria insularis* RESISTENTE A  
HERBICIDAS E BAIXO NÍVEL DE RESISTÊNCIA A INIBIDORES DA ACCase**

## 1.1 RESUMO

O capim-amargoso (*Digitaria insularis* (L.) Mez ex Ekman) é uma planta daninha de difícil controle, pois além de apresentar resistência ao herbicida glyphosate, haloxyfop e fenoxaprop, possui características vegetais muito agressivas, pois é uma planta perene com alta capacidade de crescimento e tem rizomas, pequenas sementes que são espalhadas pelo vento. *D. insularis* está presente nas áreas agrícolas brasileiras, principalmente na cultura da soja, onde sua presença pode reduzir o rendimento da cultura. Assim, este estudo mapeou e monitorou áreas agrícolas com biótipos de *D. insularis* resistentes ao glyphosate e verificou a possibilidade de resistência aos herbicidas clethodim, haloxyfop e glufosinate, principalmente no oeste do Paraná e sul do estado do Mato Grosso do Sul. Entre 2018 e 2020 foram coletadas 685 amostras de sementes de *D. insularis*, a coleção descrita foi semeada em casa de vegetação, com ambiente controlado. Após a triagem, os biótipos foram selecionados para a construção das curvas dose-resposta com os herbicidas glyphosate, haloxyfop e clethodim. Com FR de 10,96, para o glyphosate foi observada para C50. Para o clethodim, uma FR de 3,26, para C50. Para o haloxyfop, uma FR de 3,15, para C50. Nenhum dos biótipos apresentaram resistência ao glufosinate. Isto afirma a presença de biótipos com baixo nível de resistência ao clethodim e haloxyfop.

Palavras-Chave: inibidores da ACCase; inibidores da EPSPs; herbicidas; plantas daninhas.

## 1.2 ABSTRACT

Sourgrass (*Digitaria insularis* (L.) Mez ex Ekman) is a weed that is difficult to control because, in addition to being resistant to the herbicide glyphosate, haloxyfop and fenoxaprop, it has a very aggressive plant characteristics, given that it is a perennial plant with high growth capacity, it has rhizomes, small seeds that are spread by the wind. *D. insularis* is present in Brazilian agricultural areas, and in soybean cultivation it gains even more importance, since its presence can reduce crop yield. Thus, this study mapped agricultural areas with glyphosate-resistant *D. insularis* biotypes and verified the possibility of resistance to the herbicides clethodim, haloxyfop and glufosinate, mainly in western Paraná and southern Mato Grosso do Sul state, which between 2018 and 2020 685 samples of *D. insularis* seeds were collected, the described collection was sown in a greenhouse, with a controlled environment, and received applications of doses of the studied herbicides. After screening, the selected biotypes were led to generate F2, thus leading to the construction of dose-response curves with the herbicides glyphosate, haloxyfop and clethodim. In two biotypes, a high resistance factor (RF) of 10.96 was observed for glyphosate at 50% control (C50), differential susceptibility to clethodim and haloxyfop, with an RF of 3.26, for clethodim and RF of 3.15 for haloxyfop, for C50. And glufosinate showed no resistance in any biotype. This confirms the presence of differential, multiple and crossed susceptibility, in two biotypes of bitter grass to the herbicides glyphosate, clethodim and haloxyfop, in the states of Paraná and Mato Grosso do Sul.

Keywords: ACCase inhibitors; EPSP inhibitors; Herbicides; Weeds

### 1.3 INTRODUÇÃO

O capim-amargoso (*Digitaria insularis*) é uma planta nativa das regiões tropicais e subtropicais da América, encontrada desde o sul dos Estados Unidos até as planícies pampas do norte da Argentina (VELDMAN e PUTZ 2011). No Brasil, ela ocorre no Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste (MOREIRA e BRAGANÇA 2011; LORENZI 2014). É um capim perene, que desenvolve touceiras em áreas cultivadas, pastagens, terras abandonadas, terrenos vazios e beiras de estradas. Possui um caule subterrâneo, chamado rizoma (morfologicamente semelhante ao caule) e hastes aéreas, cilíndricas e canaliculares com até um metro de altura, com pouca ou nenhuma ramificação (MACHADO et al. 2008; MOREIRA e BRAGANÇA, 2011; LORENZI 2014).

As plantas da *D. insularis* têm uma ecofisiologia típica das plantas tropicais, influenciada pelas estações do ano e pelas condições do fotoperíodo. Em geral, quando germinadas na primavera, *D. insularis* tem um crescimento inicial lento, com início de perfilhamento a partir de aproximadamente 30 DAE (dias após emergência), formação de rizomas em torno de 45 DAE e floração a partir de cerca de 70 DAE (MACHADO et al., 2008; MARTINS et al., 2017; PEREIRA et al., 2017) e tem um alto acúmulo de matéria seca por planta, devido à possibilidade de formação de touceiras (ZOBIOLE et al., 2016; GAZOLA et al., 2019), que coincide e coexiste na formação e desenvolvimento das principais culturas da agricultura brasileira, competindo e reduzindo o rendimento, além de dificultar o seu manejo com a entrada de biótipos resistentes ao glyphosate.

Gemelli et al. (2012) ressaltam que após a introdução do sistema de plantio sem revolvimento do solo, a espécie cresceu em importância na agricultura brasileira, devido a suas características agressivas como a formação de touceiras, rizomas e a propagação de propágulos, uma vez que a planta se estabelece com a formação inicial de rizomas e posterior formação de grandes touceiras, o que dificulta seu controle. A coexistência de oito plantas por m<sup>2</sup> com a cultura da soja é suficiente para reduzir o seu rendimento em cerca de 80% (GAZZIERO et al., 2019; BRAZ et al., 2021).

O primeiro caso de resistência de *D. insularis* foi registrado no Paraguai em 2005, ao herbicida glyphosate. No Brasil, a resistência de *D. insularis* ao glyphosate foi registrada pela primeira vez em 2008, no estado do Paraná (PR), e em 2016, na

região Centro-Oeste do país, foi registrada a resistência de *D. insularis* aos herbicidas inibidores de ACCase, fenoxaprop e haloxyfop (HEAP, 2022). Recentemente, foi relatado um biótipo resistente ao haloxyfop e ao pinoxaden no estado do Mato Grosso do Sul (MS) (TAKANO et al., 2020). Um biótipo mais recente foi relatado com resistência múltipla ao glyphosate, aos inibidores de ACCase, fenoxaprop e haloxyfop, encontrados nos estados de Mato Grosso (MT) e MS. No Paraguai, em 2020, um biótipo foi relatado com resistência múltipla e cruzada ao glyphosate, haloxyfop e chletodim (HEAP, 2022).

Para entender uma determinada espécie de planta daninha resistente a herbicidas, os estudos de monitoramento de resistência são projetados para entender a frequência e dispersão em áreas agrícolas, aumentando a conscientização e implementando estratégias de manejo integrado para reduzir problemas em nível regional com esta espécie (SCHULTZ et al., 2015).

Estudos de monitoramento de *D. insularis* resistente ao glyphosate realizados entre 2012 e 2015 relataram a frequência e dispersão nas áreas agrícolas brasileiras, que aumentou de 9% de resistência no primeiro ano para 57% em 2015. Entre estes anos, os biótipos resistentes se dispersaram por áreas cultiváveis do Brasil, sendo encontrados a mais de três mil quilômetros do primeiro ponto relatado (Guaíra, PR), e reforçam o monitoramento desta espécie para outros herbicidas, em particular para herbicidas inibidores de ACCase (LOPEZ-OVEJERO et al., 2017).

Os herbicidas inibidores de ACCase que foram introduzidos no mercado pela primeira vez com o herbicida diclofop, aconteceu no ano de 1978 (KAUNDUN, 2014) e são conhecidos como graminicidas. Os inibidores da ACCase são ferramentas para o manejo de Poaceae e tiveram seu maior uso na agricultura brasileira no manejo de *D. insularis* resistente ao glyphosate na cultura da soja, pois este grupo de herbicidas fornece controle de plantas daninhas monocotiledôneas que competem com as culturas eudicotiledôneas, com uma área tratada estimada em 120 milhões de ha ano<sup>-1</sup> (BUSI et al., 2018).

As características ecofisiológicas e reprodutivas da *D. insularis*, associadas a seus casos de resistência aos herbicidas a tornam uma das plantas daninhas mais complexas de se controlar na América Latina. Isto requer estudos de monitoramento da resistência em seus estágios iniciais para diagnóstico e mapeamento de novos casos de resistência. Assim, o presente estudo visou monitorar e mapear a

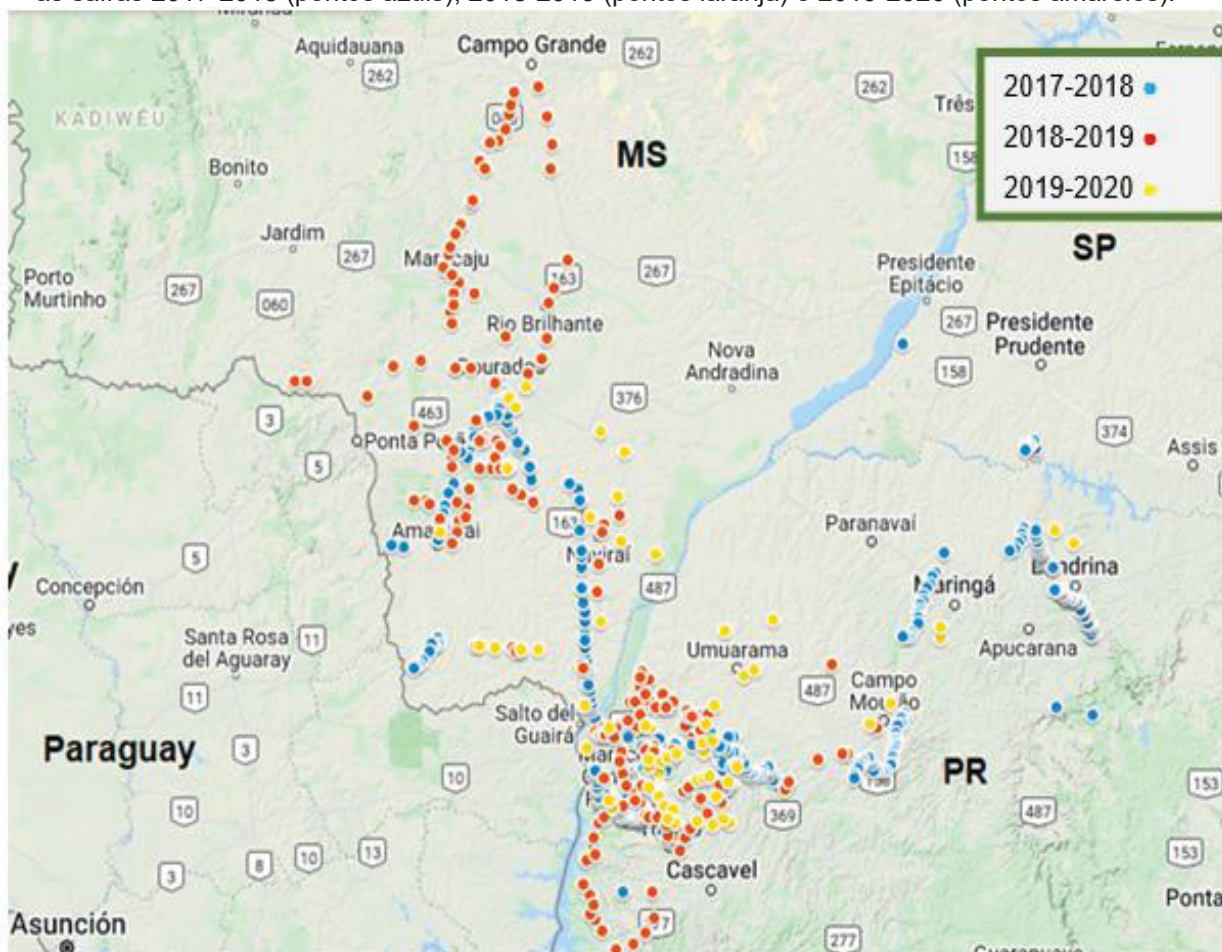
resistência de *D. insularis* aos herbicidas e verificar a resistência aos inibidores de ACCase ainda nos momentos iniciais.

## 1.4 MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do estudo, seguiram-se os “dez passos para relatos de novos casos de resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil”, que se dá em dois experimentos (HRAC; SBPCD, 2018), ambos respeitados nesse trabalho.

Entre 2018 e 2020, 685 amostras de biótipos de *D. insularis* foram coletadas em cinco estados brasileiros (MS, PR, RS, SC e SP) (Figura 1), que, segundo Lopez-Ovejero et al. (2017), são as principais regiões de ocorrência da espécie. As coletas seguiram a metodologia proposta por Burgos et al. (2013), nas quais foram coletadas sementes de uma ou mais plantas que apresentavam características semelhantes, em pontos direcionados de falhas de controle após aplicação de herbicidas. Algumas amostras também foram coletadas em áreas com pouco uso de herbicidas, a fim de encontrar plantas suscetíveis. Os materiais de campo foram limpos e armazenados em ambiente refrigerado para a realização dos experimentos.

FIGURA 1 – Pontos dos 685 biótipos de *D. insularis* coletados entre os anos de 2018 e 2020, durante as safras 2017-2018 (pontos azuis), 2018-2019 (pontos laranja) e 2019-2020 (pontos amarelos).



FONTE: O autor (2022). DADOS DO GOOGLE MAPA ©2022

No experimento I, a coleção coletada foi semeada em casa de vegetação, com ambiente controlado, temperatura média de 25 °C, rega diária, fotoperíodo de 12 horas, utilizando um vaso com capacidade de 0,8 L e substrato vegetal para germinação (Humusfértil®). Cada população foi semeada em cinco vasos e após 20 dias, cada planta, individualmente, foi transplantada e mantida no local que já foi semeada. Foram sempre utilizados vasos com duas plantas, em um delineamento inteiramente casualizado, resultando em 8 repetições para cada herbicida.

No estágio de dois a três perfilhos, as populações receberam as aplicações de glyphosate (Roundup Original®), haloxyfop (Verdict® R), clethodim (Select® 240 EC), e glufosinate (Finale®), nas doses de 720 g e.a. ha<sup>-1</sup>, 62 g i.a. ha<sup>-1</sup>, 96 g i.a. ha<sup>-1</sup> e 400 g i.a. ha<sup>-1</sup>, respectivamente, doses essas registradas para o controle de *D. insularis* na época do experimento (RODRIGUES; ALMEIDA, 2018). Para aplicações de haloxyfop, clethodim e glufosinate, foram adicionados os adjuvantes Lanza® (0,5% v:v), Joint® Óleo (0,5% v:v), e Aureo® (0,2% v:v), respectivamente. As aplicações foram realizadas com plantas em ambiente controlado, utilizando pulverizador pressurizado em CO<sub>2</sub>, a uma pressão constante de 2 kgf cm<sup>-2</sup>, com uma barra com quatro pontas do tipo leque, AIXR 110.015 (TeeJet Technologies, Wheaton, IL) posicionado a 0,50 m do alvo e a uma velocidade de 1 m s<sup>-1</sup>, proporcionando um volume total de pulverização de 150 L ha<sup>-1</sup>.

As plantas de *D. insularis* não controladas após a aplicação dos referidos herbicidas foram cultivadas até a produção de sementes, que então foram utilizadas para o experimento II. Assim, as sementes foram coletadas e seguiram os mesmos métodos do experimento I, incluindo semeadura, transplante sob as mesmas condições de localização, ambiente, vasos e substrato. Para o experimento II, os mesmos herbicidas listados acima foram utilizados, em fracionamento de doses, aplicando curvas dose-resposta, sob condições similares ao experimento anterior.

Foram aplicados o glyphosate (0; 90; 180; 360; 720; 1.440; 2.880 e 5.760 g e.a. ha<sup>-1</sup>), clethodim (0, 12, 24, 48, 96, 192, 384, 768 g i.a. ha<sup>-1</sup>), haloxyfop (0, 7.5, 15, 31, 62, 124, 248, 496 g i.a. ha<sup>-1</sup>) e glufosinate (0; 50; 100; 200; 400; 800; 1.600 e 3.200 g i.a. ha<sup>-1</sup>). As doses utilizadas representam as doses médias recomendadas na bula (RODRIGUES; ALMEIDA, 2018) para cada herbicida na proporção de 0, 1/8, 1/4, 1/2, 1X, 2X, 4X e 8X, sendo que x é a dose recomendada em bula. Para aplicações de haloxyfop, clethodim e glufosinate, os adjuvantes Lanza® (0,5% v:v), Joint® Óleo (0,5% v:v), Aureo® (0,2% v:v) foram adicionados, respectivamente.

Nas avaliações de ambos os experimentos, o controle da planta foi avaliado em 7, 14 e 28 DAA (dias após a aplicação). As pontuações visuais foram atribuídas a cada unidade experimental, variando de 0 a 100%, onde 0 representou nenhum dano e 100 a morte total da planta (VELINI et al., 1995). A avaliação da massa aérea seca foi realizada a 28 DAA, após a última avaliação visual, a parte aérea de cada planta foi cortada, seca em uma estufa de ar forçado a 40 °C até peso constante, e pesada em uma balança de precisão.

As análises de dados das avaliações realizadas em 28 DAA (controle visual e massa seca), quando significativos, foram submetidos a uma regressão logística não linear, conforme proposto por Streibig (1988), pela equação:

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

Onde: y é a variável de resposta (percentual de controle ou massa seca de disparo); x é a dose de herbicida (por exemplo, e.a. ha<sup>-1</sup>), a, b e c são os parâmetros da equação estimada, de modo que: a é a faixa entre o ponto máximo e mínimo da variável; b é a dose que fornece uma resposta de 50% e c é a inclinação da curva em torno de b.

O modelo logístico não-linear fornece uma estimativa de C50 (dose para controlar 50% da planta) ou GR50 (dose para reduzir 50% a massa seca da parte aérea). Assim, decidimos pelo cálculo matemático através da equação inversa de Streibig (1988), permitindo o cálculo de C50, como proposto por Souza et al. (2000), através da equação:

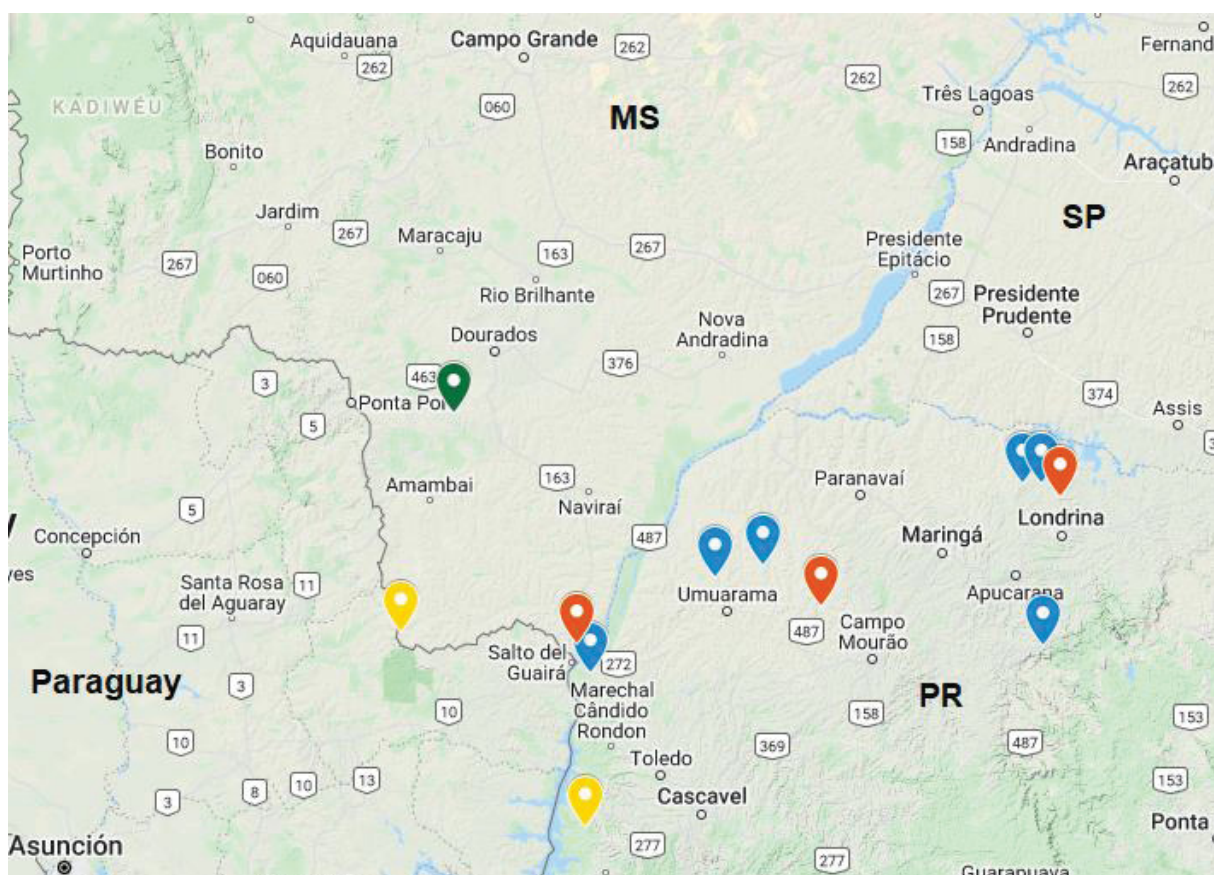
$$x = b \left( \left| \frac{a}{y} - 1 \right| \right)^{\frac{1}{c}}$$

Com base nos valores de C50 e GR50, o fator de resistência foi calculado (FR = C50 ou GR50 do biótipo resistente / C50 ou GR50 do biótipo suscetível). O fator de resistência expressa o número de vezes que a dose necessária para controlar 50% dos biótipos resistentes é maior do que a dose que controla 50% dos biótipos suscetíveis (Burgos et al., 2013). Os modelos utilizados para obter C50, GR50 e FR foram os mesmos utilizados por Takano et al. (2016), Takano et al. (2017) e Albrecht et al. (2020a).

## 1.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Entre as 685 amostras coletadas, 502 (73%) foram avaliadas, pois uma parte das amostras não germinou. A partir do estudo destas 502 amostras, os resultados não mostraram resistência ao glufosinate, clethodim e haloxyfop. Para o glyphosate, 96,6% (485 amostras) não foram controladas, o que demonstra a enorme propagação e o problema de resistência a este importante herbicida. É importante notar que nosso estudo evidenciou a existência de biótipos com baixo nível de resistência ao haloxyfop e/ou clethodim, com 1,8% biótipos ao herbicida haloxyfop (9 biótipos) e 1,0% ao clethodim (5 biótipos). A Figura 2 ilustra a distribuição dos locais onde foram coletadas sementes de plantas com baixo nível de resistência ao haloxyfop e/ou clethodim.

FIGURA 2 – Distribuição geográfica onde foram coletadas sementes de plantas de *D. insularis* com baixo nível de resistência ao haloxyfop e/ou clethodim.



FONTE: O autor (2022). Haloxyfop (ponto verde), haloxyfop e glyphosate (pontos azuis), clethodim e glyphosate (pontos laranja), haloxyfop, clethodim e glyphosate (pontos amarelos)

Baixo nível de resistência pode ser entendida como a necessidade de diferentes doses de herbicida para controlar uma espécie, com a dose sendo menor que a dose recomendada em bula (BARROSO et al., 2014b). Neste sentido, há argumentos de que a baixo nível de resistência pode ser superada aumentando a dose do herbicida (OWEN et al., 2011). Para Heap (2006) a seleção de biótipos resistentes são reflexos da evolução do baixo nível de resistência. Vargas et al. (2013) advertem que doses mais altas podem resultar em um aumento na pressão de seleção e, portanto, os biótipos podem desenvolver resistência dentro de um curto período.

Existem trabalhos realizados no Brasil que demonstram a importância do baixo nível de resistência, como o estudo de Barroso et al. (2014b) com biótipos de *Chloris polydactyla* (capim-branco) com baixo nível de resistência ao glyphosate que mais tarde foram identificados como resistentes (BRUNHARO et al., 2016).

Outros trabalhos que apresentaram resistência a baixo nível, como os estudos com *Eleusine indica* (capim-pé-de-galinha) (VARGAS et al., 2013) e *Euphorbia heterophylla* (leiteiro) (ULGUIM et al., 2017), mais tarde tiveram também a confirmação da resistência aos herbicidas. Mas para *D. insularis*, não há registros de tais trabalhos na literatura pertinente, o que demonstra mais uma vez a importância destes resultados.

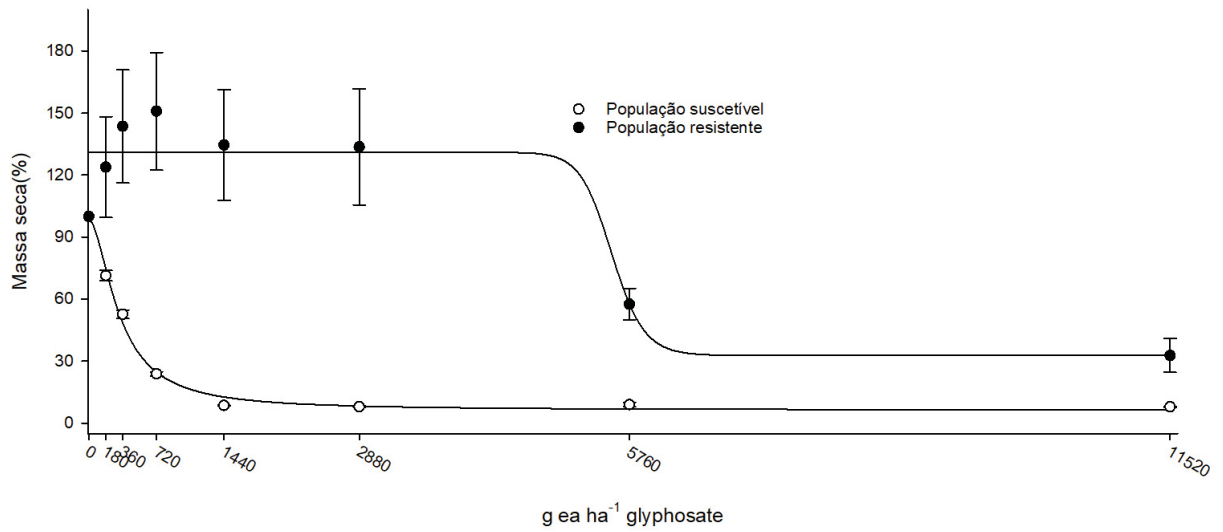
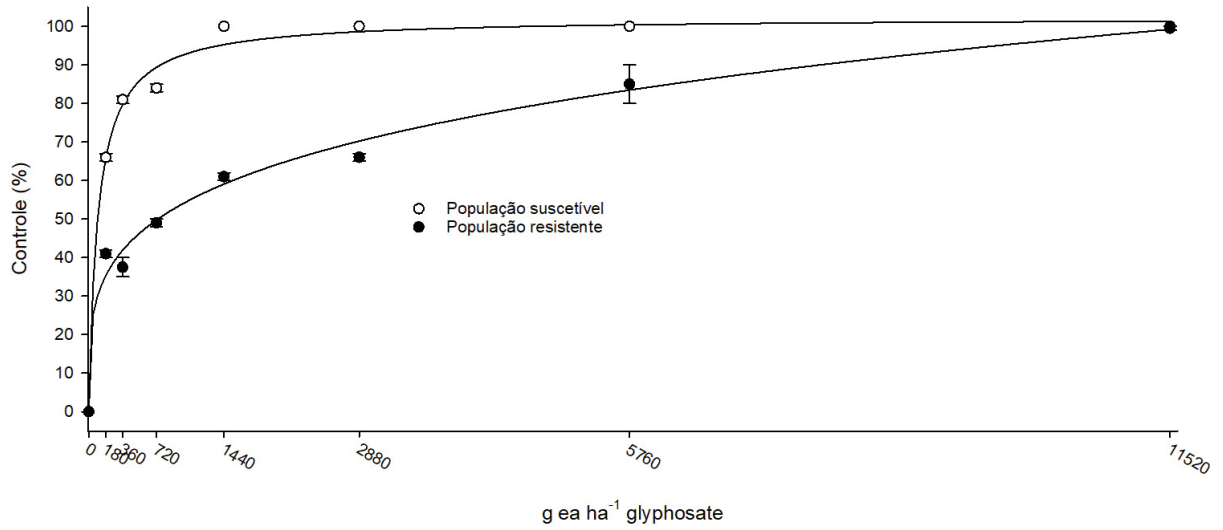
Na Tabela 1 e nas Figuras 3, 4 e 5, é possível ver para o herbicida haloxyfop, C50 de 10,05 e GR50 de 75,8, para o biótipo suscetível e C50 de 31,7 e GR50 de 202,18, para o biótipo resistente, com um FR de 3,15 para C50 e um FR de 2,67 para GR50. Para o clethodim, os valores foram C50 15,48 e GR50 138,5, para o biótipo suscetível, e C50 50,4 e GR50 354,5, para o biótipo resistente, com um FR de 3,26 para C50 e FR de 2,56 para GR50. Quanto ao glyphosate, podemos observar valores com expressões superiores, com C50 98 e GR50 324, para o biótipo suscetível, e C50 1,075 e GR50 5,572, para o biótipo resistente, sendo observado FR de 10,96 para C50 e FR de 17,20 para GR50.

**Tabela 1** – Dose necessária de herbicidas para C50 (50% controle) ou GR50 (50% redução do crescimento) e fator de resistência (FR) para *D. insularis*.

População	Glyphosate		Clethodim		Haloxypop	
	C50	GR50	C50	GR50	C50	GR50
	g ha <sup>-1</sup> *					
Suscetível	98,0	324,0	15,5	138,5	10,1	75,8
Resistant	1,075,0	5,572,0	50,4	354,5	31,7	202,2
FR	10,96	17,20	3,26	2,56	3,15	2,67

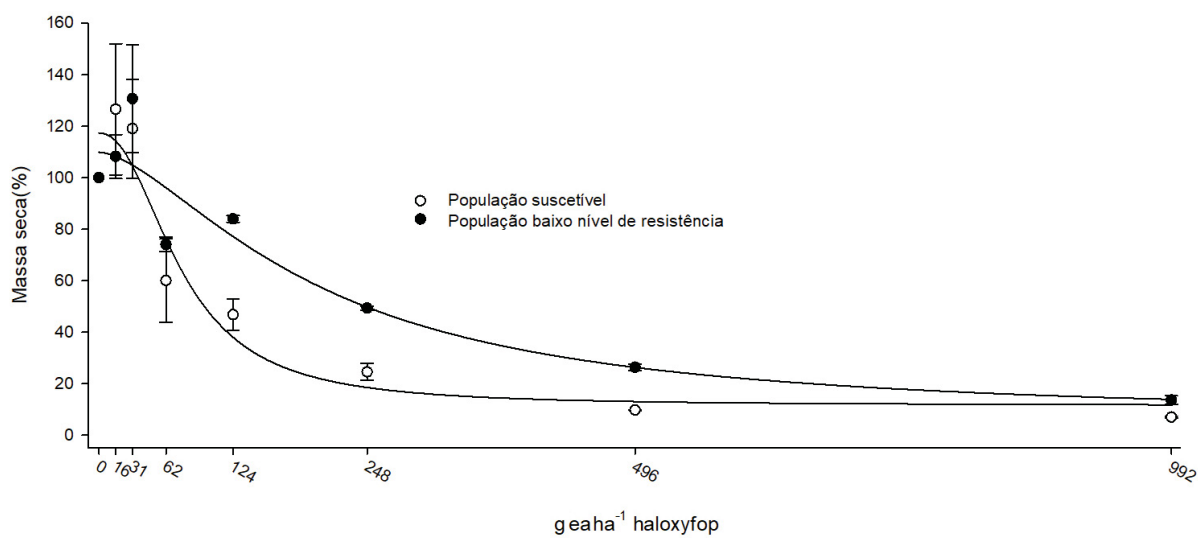
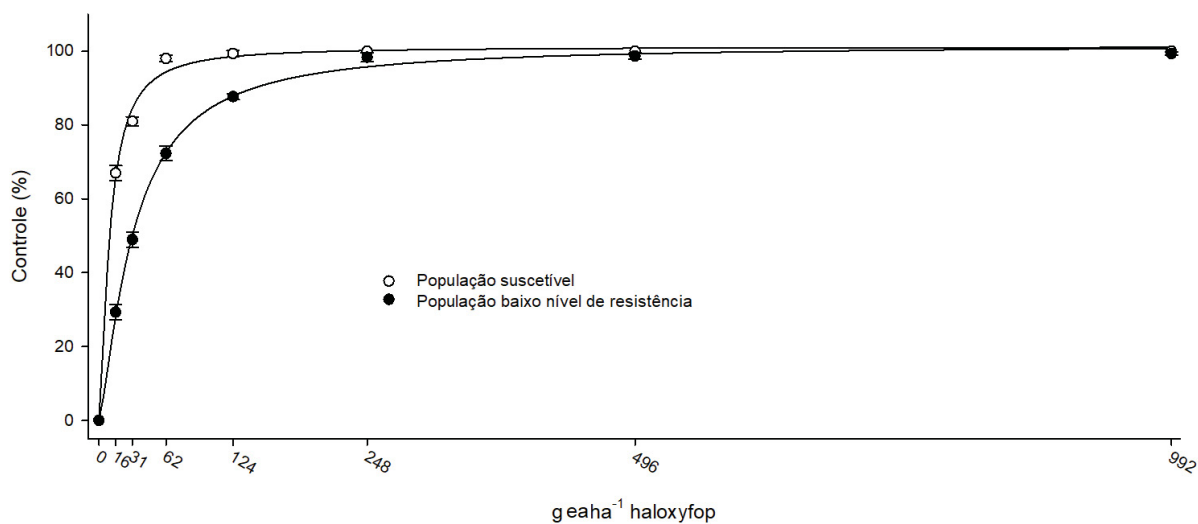
FONTE: O autor (2022) \*Dose em g i.a. ha<sup>-1</sup> para clethodim e haloxypop, em g e.a. ha<sup>-1</sup> para glyphosate

Figura 3 – Controle (%) e redução de massa seca (%) de *D. insularis* (%) a 28 dias após a aplicação do glyphosate.



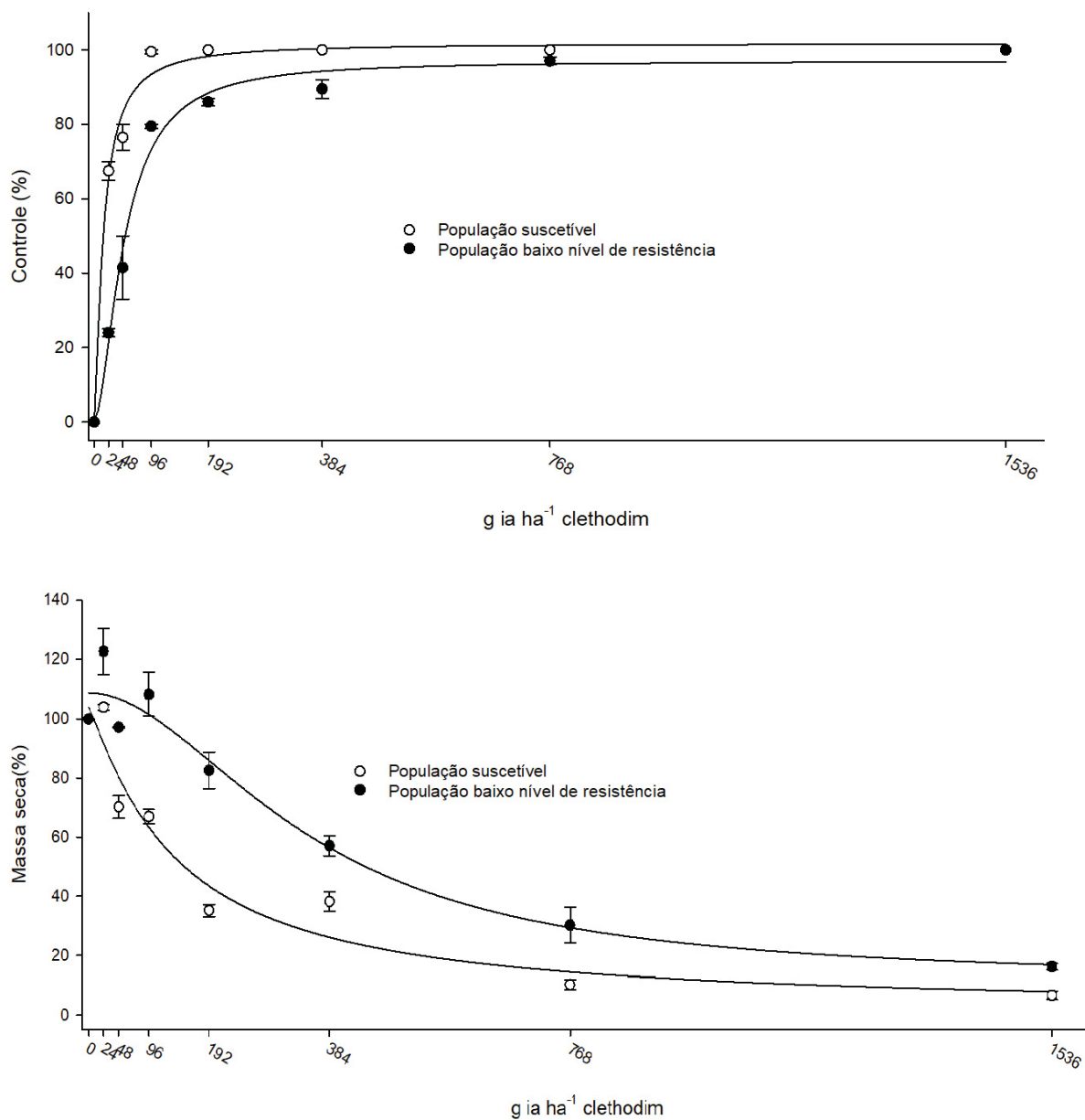
FONTE: O AUTOR (2022)

Figura 4 - Controle (%) e redução da massa seca (%) de *D. insularis* (%) a 28 dias após a aplicação do haloxyfop.



FONTE: O AUTOR (2022).

Figura 5. Controle (%) e redução de massa seca (%) de *D. insularis* (%) a 28 dias após a aplicação do clethodim.



FONTE: O AUTOR (2022)

Um estudo realizado em 2009 por Carvalho et al. (2011), iniciando o problema da *D. insularis* resistente ao glyphosate em áreas agrícolas do estado de São Paulo, mostra que o FR para três biótipos de *D. insularis* resistente eram 2,3 para um biótipo e os outros dois biótipos tinham FR 3,9 para GR50. Isto evidenciou que com o uso de altas doses de glyphosate ao longo dos anos, numa tentativa de

controlar *D. insularis* resistente a este herbicida, a pressão de seleção levou a seleção de biótipos que são mais resistentes em comparação com o biótipo selvagem, podendo ser observado que os FR de C50, ambos para GR50, são muito expressivos.

Atenção é dada à FR com base no C50, onde podemos observar que para os herbicidas ACCase, os valores foram maiores que 3, ou seja, é necessário um aumento de três vezes a dose para controlar 50% de *D. insularis*, em comparação com o biótipo suscetível, mesmo sendo essa dose abaixo da máxima dose recomendada em bula. Quando este problema é observado no campo, o uso de altas doses para controlar uma planta daninha pode acelerar a seleção de biótipos com um nível de resistência maior, agravando a situação, já que estes herbicidas são os mais utilizados para controlar *D. insularis* em uma cultura de soja.

Seguindo raciocínio semelhante a outros trabalhos recentes, além de realizar o procedimento descrito anteriormente na metodologia (BURGOS et al., 2013), também utilizamos o conceito de resistência baseado na dose necessária para fornecer pelo menos 80% de controle de um biótipo suspeito, que combina os conceitos de resistência científica e agrônômica. Em resumo, para que um biótipo seja considerado resistente, o FR deve ser  $> 1,0$  e o C80  $>$  que a dose recomendada do herbicida (SANTOS et al., 2014; TAKANO et al., 2017; ALBRECHT et al., 2020b). Assim, para este estudo, os valores de C80 do biótipo resistente para glyphosate, haloxyfop e clethodim foram: 5.257; 84,17; e 125,4 g i.a. ha<sup>-1</sup>, respectivamente, e os valores de C80 do biótipo suscetível foram 366,66; 25,27; e 41,62 g ha<sup>-1</sup>, respectivamente para o glyphosate, haloxyfop e clethodim, utilizando-se doses quase três vezes maiores do que o necessário em biótipos suscetíveis.

Mesmo o FR maior que 1, o C80 não excede a dose máxima recomendada na bula do herbicida, que para haloxyfop é 182 g e.a. ha<sup>-1</sup> e clethodim é 240 g i.a. ha<sup>-1</sup> (RODRIGUES; ALMEIDA, 2018; MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA, 2022). Isto não aponta para resistência agrônômica, mas mostra um baixo nível de resistência entre os biótipos e tem grandes implicações diretas no campo, já que a taxa de aplicação para controlar este biótipo deve ser maior, o que levará a um aumento de mais de três vezes a dose dos herbicidas haloxyfop e clethodim, nos quais deve ser dada atenção para aumentar a dose de herbicidas e selecionar um problema ainda maior.

Entretanto, os mecanismos que conferem resistência de baixo nível aos herbicidas inibidores de ACCase em *D. insularis*, ainda são desconhecidos. Embora os herbicidas haloxyfop e clethodim tenham o mesmo mecanismo de ação, o grupo químico a que pertencem são diferentes, ariloxifenoxipropionatos e ciclohexanodionas, respectivamente, e junto com o pinoxaden, eles formam os grupos químicos inibidores de ACCase. Como são grupos diferentes, eles se ligam de maneira diferente e específica à enzima ACCase, levando a variações nas mutações que conferem resistência a estes herbicidas. Sete posições de mutação na enzima ACCase já foram especificadas, são elas: Ser ou Gly2096Ala; Ile1781Leu ou Val; Cys2088Arg; Asp2078Gly; Leu ou Trp1999Cys; Trp2027Cys; e Ile2041Asn ou Val. Entre as alterações, nas posições Ile1781, Asp2078 e Cys2088, elas afetam todos os grupos químicos (FOP, DIM e DEN), a alteração na posição Trp2027 pode afetar FOP e DEN, e nas posições Gly2096, Trp1999 e Ile2041, tende a afetar apenas FOP (JANG et al., 2013).

Entre os biótipos estudados, os dois biótipos que mostram resistência ao glyphosate e baixo nível de resistência ao haloxyfop e ao clethodim estão próximos à fronteira Brasil-Paraguai, sendo que no Paraguai em 2020 foi relatado um biótipo resistente aos herbicidas glyphosate, haloxyfop e chletodim, situação análoga o primeiro relato de *D. insularis* resistente ao glyphosate, sendo relatado no Paraguai em 2005 e 3 anos depois foi relatado no Brasil, município de Guaira-PR, (HEAP, 2022), na qual a atenção estará novamente voltada para estas regiões agrícolas. Entretanto, é notável que para o glufosinate não foi observado nenhum biótipo resistente, o que caracteriza este herbicida como uma alternativa para o controle da *D. insularis*. A eficácia do glufosinate no controle do *D. insularis* é observada em outros estudos (SILVA et al., 2017; ALBRECHT et al., 2020c).

Clethodim e haloxyfop ainda podem ser considerados no controle, para locais sem casos identificados de resistência, obviamente, não como as únicas opções. Estes herbicidas são geralmente eficazes nos estágios iniciais de desenvolvimento de *D. insularis* (PRESOTO et al., 2020). Entretanto, é importante ressaltar que como a planta tem a capacidade de rebrotar, a aplicação única de herbicidas, mesmo em altas doses, não é suficiente para um controle efetivo de plantas perenes, exigindo aplicações sequenciais (ZOBIOLE et al., 2016; MENDES et al., 2020), independentemente dos casos conhecidos de resistência. Cassol et al. (2019) observaram eficácia equivalente para clethodim e haloxyfop, em associação

com o glyphosate. Outros estudos destacam a eficácia do clethodim e/ou haloxyfop, em diferentes associações, no controle de *D. insularis* (BARROSO et al., 2014; GILO et al., 2016; BIANCHI et al., 2020). Assim, não é possível determinar qual destes é mais eficaz em todas as situações, e a escolha deve ser baseada em uma série de fatores, incluindo a história de uso destes herbicidas na área, o que reforça a importância de estudos de monitoramento como este.

A dose máxima recomendada em bula dos herbicidas clethodim e haloxyfop para controle de *D. insularis* houveram alterações consideráveis nos últimos anos, para clethodim o herbicida Select 240ec<sup>®</sup>, passou de 108 para 240 g ia. há<sup>-1</sup> dentre os anos de 2006 à 2014, para o haloxyfop, o herbicida Haloxifop Alta 108ec<sup>®</sup> em 2016 registrava uma dose máxima de 60 g ea. há<sup>-1</sup>, em 2021 o herbicida Verdict Max<sup>®</sup> possui registro para 182 g ea. há<sup>-1</sup> para controlar plantas de *D. insularis* (AGROFIT. Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários, 2022).

Vale a pena mencionar o uso de herbicidas pré-emergentes no manejo de *D. insularis* resistentes, por exemplo, s-metolachlor, flumioxazin, imazethapyr, sulfentrazone, clomazone, diclosulam, entre outros (DREHMER et al., 2015), com controle efetivo no manejo de sistemas com culturas de cobertura (MAROCHI et al., 2018) e também, associações de imazapic e imazapyr (ALBRECHT et al., 2020c), que podem ser usadas em aplicações fora de época para controlar *D. insularis* com resistência. A associação do controle químico com roçada mecânica também é eficaz no controle de *D. insularis*, sendo uma alternativa especialmente para plantas perenes (RAIMONDI et al., 2019; RAIMONDI et al., 2020).

Após estas três seções de mapeamento da resistência de *D. insularis* aos herbicidas, foi possível entender alguns problemas distinguindo os casos de resistência de outras situações que causavam controle indesejado. Observa-se, neste contexto, que muitas falhas de controle observadas têm origem em aplicações realizadas sob condições ambientais desfavoráveis ou em plantas perenes, em touceiras e rizomas (CASSOL et al., 2019; BAUER et al., 2021), fora do estágio recomendado para aplicação, ou em ambas as situações, ou mesmo, em alguns casos, no uso de subdoses ou misturas antagônicas de herbicidas, somadas na mesma condição de aplicação. Estes cenários aceleram o processo de pressão de seleção, já evidenciado por casos de resistência de baixo nível, que são plantas que podem requerer altas doses para seu controle e resultar em múltiplas resistências.

O monitoramento da resistência das plantas daninhas é, portanto, uma prática essencial para compreender, identificar e quantificar antecipadamente a frequência dessas plantas (SCHULTZ et al., 2015; ZABALA et al., 2019), propondo a melhor gestão antes da possível perda de ferramentas importantes no mercado agrícola, para o controle de plantas resistentes ou tolerantes (BECKIE et al., 2019; COMONT; NEVE, 2021). Esta análise indica um alto risco de que esta planta daninha seja selecionada no nível de resistência agronômica múltipla e cruzada ao glyphosate, haloxyfop e clethodim, perdendo o controle efetivo com os principais herbicidas utilizados no cultivo de soja tolerante ao glyphosate. Mesmo ainda abaixo da dose máxima registrada para esta planta daninha, fica evidente que os agricultores estão aumentando as doses em cerca de três vezes para herbicidas pertencentes ao grupo ACCase, em uma única planta, razão pela qual novas estratégias de controle e gerenciamento são importantes, assim como diferentes formas de prevenir novas resistências aos herbicidas em plantas daninhas.

## 1.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo alerta sobre a resistência ao herbicida glyphosate e uma baixo nível de resistência aos herbicidas haloxyfop e clethodim.

A diminuição da eficácia dos inibidores da ACCase no controle de *D. insularis* fica evidente, pois há a necessidade de aumentar as doses para controlar populações com doses menores.

## REFERÊNCIAS

- AGROFIT. Sistema de agrotóxicos fitossanitários. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, MAPA. 2012. Available online: [https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons) (acesso em:01 junho 2022)
- ALBRECHT, A. J. P.; ALBRECHT, L. P.; SILVA, A. F. M.; RAMOS, R. A.; ZENY, E. P.; LORENZETTI, J. B.; DANILUSSI, M. T. Y.; BARROSO, A. A. M. (2020c). Efficacy of imazapic/imazapyr and other herbicides in mixtures for the control of *Digitaria insularis* prior to soybean sowing. **Agronomía Colombiana**, 38(3), 350-356. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v38n3.83046>
- ALBRECHT, A. J. P.; PEREIRA, V. G. C.; SOUZA, C. N. Z.; ZOBIOLE, L. H. S.; ALBRECHT L. P.; ADEGAS, F. S. (2020b). Multiple resistance of *Conyza sumatrensis* to three mechanisms of action of herbicides. **Acta Scientiarum. Agronomy**, 42, 42485. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v42i1.42485>
- ALBRECHT, A. J. P.; THOMAZINI, G.; ALBRECHT, L. P.; PIRES, A.; LORENZETTI, J. B.; DANILUSSI, M. T. Y.; SILVA, A. F. M.; ADEGAS, F. S. (2020a). *Conyza sumatrensis* resistant to paraquat, glyphosate and chlorimuron: Confirmation and monitoring the first case of multiple resistance in Paraguay. **Agriculture**, 10(12), 582. <https://doi.org/10.3390/agriculture10120582>
- BARROSO, A. A. M.; ALBRECHT, A. J. P.; REIS, F. C.; VICTORIA FILHO R. (2014). ACCase and glyphosate different formulations herbicides association interactions on sourgrass control. **Planta Daninha**, 32(3), 619-627. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582014000300018>
- BARROSO, A.A.M.; ALBRECHT, A.J.P.; REIS, F.C.; PLACIDO, H.F.; TOLEDO, R.E.; ALBRECHT, L.P.; VICTORIA-FILHO, V. (2014b). Different glyphosate susceptibility in *chloris polydactyla* accessions. *Weed Technology*, v.28, n.4, p.587-591.
- BAUER, F. E.; ALBRECHT, A. J. P.; ALBRECHT, L. P.; SILVA, A. F. M.; BARROSO, A. A. M.; DANILUSSI, M. T. Y. (2021). *Digitaria insularis* control by using herbicide

mixtures application in soybean pre-emergence. **Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín**, 74(1), 9403-9411. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v74n1.89032>

BECKIE, H. J.; ASHWORTH, M. B.; FLOWER, K. C. (2019). Herbicide resistance management: Recent developments and trends. **Plants**, 8, 161. <https://doi.org/10.3390/plants8060161>

BIANCHI, L.; ANUNCIATO, V. M.; GAZOLA, T.; PERISSATO, S. M.; DIAS, R. C.; TROPALDI, L.; CARBONARI, C. A.; VELINI, E. D. (2020). Effects of glyphosate and clethodim alone and in mixture in sourgrass (*Digitaria insularis*). **Crop Protection**, 138, 105322. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105322>

BRAZ, G. B. P.; CRUVINEL, A. G.; CANEPPELE, A. B.; TAKANO, H. K.; SILVA, A. G.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. (2021). Sourgrass interference on soybean grown in Brazilian Cerrado. **Revista Caatinga**, 34(2), 350-358. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252021v34n211rc>

BRUNHARO, C. A.; PATTERSON, E. L.; CARRIJO, D. R.; DE MELO, M. S.; NICOLAI, M.; GAINES, T. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J. (2016). Confirmation and mechanism of glyphosate resistance in tall windmill grass (*Chloris elata*) from Brazil. **Pest Management Science**, 72(9), 1758-1764. <https://doi.org/10.1002/ps.4205>

BURGOS, N. R.; TRANEL, P. J.; STREIBIG, J. C.; DAVIS, V. M.; SHANER, D.; NORSWORTHY, J. K.; RITZ, C. (2013). Confirmation of resistance to herbicides and evaluation of resistance levels. **Weed Science**, 61(1), 4-20. <https://doi.org/10.1614/WS-D-12-00032.1>

BUSI, R.; GOGGIN, D. E.; HEAP, I. M.; HORAK, M. J.; JUGULAM, M.; MASTERS, R. A.; NAPIER, R. M.; RIAR, D. S.; SATCHIVI, N. M.; TORRA, J. (2018). Weed resistance to synthetic auxin herbicides. **Pest Management Science**, 74(10), 2265-2276. <https://doi.org/10.1002/ps.4823>

CARVALHO, L. B.; CRUZ-HIPOLITO, H.; GONZÁLEZ-TORRALVA, F.; ALVES, P. L. D. C. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; DE PRADO, R. (2011). Detection of sourgrass (*Digitaria insularis*) biotypes resistant to glyphosate in Brazil. **Weed Science**, 59(2), 171-176. <https://doi.org/10.1614/WS-D-10-00113.1>

CASSOL, M.; MATTIUZZI, M. D.; ALBRECHT, A. J. P.; ALBRECHT, L. P.; BACCIN, L. C.; SOUZA, C. N. Z. (2019). Efficiency of isolated and associated herbicides to control glyphosate-resistant sourgrass. **Planta Daninha**, 37, e019190671. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582019370100060>

COMONT, D.; NEVE, P. (2021). Adopting epidemiological approaches for herbicide resistance monitoring and management. **Weed Research**, 61(2), 81-87. <https://doi.org/10.1111/wre.12420>

DREHMER, M. H.; ZAGONEL, J.; FERREIRA, C.; SENGER, M. (2015). Eficiência de herbicidas aplicados em pré-emergência para o controle de *Digitaria insularis* na cultura do feijão. **Revista Brasileira de Herbicidas**, 14(2), 141-147. <http://dx.doi.org/10.7824/rbh.v14i2.395>

GAZOLA, T.; DIAS, M. F.; BONATTO, V. M.; BELAPART, D.; CARBONARI, C. A.; VELINI, E. D. (2019). Growth and development of sourgrass plants from vegetative parts of clumps. **Planta Daninha**, 37, e019210585. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582019370100122>

GAZZIERO, D. L. P.; ADEGAS, F. S.; SILVA, A. F.; CONCENÇO, G. (2019). Estimating yield losses in soybean due to sourgrass interference. **Planta Daninha**, 37, e019190835. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582019370100047>

GEMELLI, A.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; BRAZ, G. B. P.; CAMPOS JUMES, T. M.; DE OLIVEIRA NETO, A. M.; DAN, H. A.; BIFFE, D. F. (2012). Aspectos da biologia de *Digitaria insularis* resistente ao glyphosate e implicações para o seu controle. **Revista Brasileira de Herbicidas**, 11(2), 231-240. <https://doi.org/10.7824/rbh.v11i2.186>

GILO, E. G.; MENDONÇA, C. G.; ESPÍRITO SANTO, T. L.; TEODORO, P. E. (2016). Alternatives for chemical management of sourgrass. **Bioscience Journal**, 32(4), 881-889. <https://doi.org/10.14393/BJ-v32n4a2016-32786>

HEAP, I. (2006). Criteria for Confirmation of the Herbicide- Resistant Weeds. Disponível em: [www.weedscience.com](http://www.weedscience.com). (acesso em: 10 Junho 2022)

HEAP, I. (2022). The international herbicide-resistant weed database. Available online: [www.weedscience.org](http://www.weedscience.org) (acesso em:01 junho 2022)

(HRAC) HERBICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE. (2017). *Critérios para relatos oficiais estatísticos de biótipos de plantas daninhas resistentes a herbicidas*. Available online: <https://www.hrac-br.org> (acesso em:16 dezembro 2021)

JANG, S.; MARJANOVIC, J.; GORNICKI, P. (2013). Resistance to herbicides caused by single amino acid mutations in acetyl-CoA carboxylase in resistant populations of grassy weeds. **New Phytologist**, 197(4), 1110-1116. <https://doi.org/10.1111/nph.12117>

KAUNDUN, S.S. (2014). Resistance to acetyl-CoA carboxylase-inhibiting herbicides. **Pest Management Science**, 70(9), 1405-1417. <https://doi.org/10.1002/ps.3790>

LOPEZ-OVEJERO, R. F.; TAKANO, H. K.; NICOLAI, M.; FERREIRA, A.; MELO, M. S.; CAVENAGHI, A. L.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. (2017). Frequency and dispersal of glyphosate-resistant sourgrass (*Digitaria insularis*) populations across Brazilian agricultural production areas. **Weed Science**, 65(2), 285-294. <https://doi.org/10.1017/wsc.2016.31>

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

MACHADO, A. F. L.; MEIRA, R. M. S.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F. A.; TUFFI-SANTOS, L. D.; FIALHO, C. M. T.; MACHADO, M. S. (2008). Anatomical characterization of the leaf, stem and rhizome of *Digitaria insularis*. **Planta Daninha**, 26(1), 1-8. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582008000100001>

(MAPA) MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, Brazil (2022). *Agrofit - Sistema de agrotóxicos fitossanitários*. Available online: [http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons) (acesso em: 01 junho 2022)

MAROCHI, A.; FERREIRA, A.; TAKANO, H. K.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; LOPEZ-OVEJERO, R. F. (2018). Managing glyphosate-resistant weeds with cover crop

associated with herbicide rotation and mixture. **Ciência e Agrotecnologia**, 42(4), 381-394. <https://doi.org/10.1590/1413-70542018424017918>

MARTINS, J. F.; BARROSO, A. A. M.; ALVES, P. L. C. A. (2017). Effects of environmental factors on seed germination and emergence of glyphosate resistant and susceptible sourgrass. **Planta Daninha**, 35, e017164499. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582017350100039>

MENDES, R. R.; TAKANO, H. K.; BIFFE, D. F.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JUNIOR, R. S. (2020). Intplantal between sequential herbicide treatments for sourgrass management. **Revista Caatinga**, 33(3), 579-590. <https://doi.org/10.1590/1983-21252020v33n301rc>

MOREIRA, H. D. C.; BRAGANÇA, H. B. N. (2011). *Manual de identificação de plantas infestantes: cultivos de verão*. Campinas, Brazil: **FMC**.

OWEN, M. D. K.; YOUNG, B. G.; SHAW, D. R.; WILSON, R. G.; JORDAN D. L.; DIXON, P. M.; WELLER, S. C. (2011). Benchmark study on glyphosate-resistant crop systems in the United States. Parte 2: Perspectives. **Pest Management Science**, 67(7), 747-757. <https://doi.org/10.1002/ps.2159>

PEREIRA, G.; COSTA, N.; MORATELLI, G.; RODRIGUES-COSTA, A. C. P. (2017). Growth and development of *Digitaria insularis* biotypes susceptible and resistant to glyphosate. **Planta Daninha**, 35, e017160505. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582017350100025>

PRESOTO, J. C.; ANDRADE, J. F.; SOUZA, L. A.; TEIXEIRA, L. S.; CARVALHO, S. J. P. (2020). Sourgrass phenological stage and efficacy of ACCase-inhibiting herbicides. **Planta Daninha**, 38, e020223617. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582020380100089>

RAIMONDI, R. T.; CONSTANTIN, J.; MENDES, R. R.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; RIOS, F. A. (2020). Glyphosate-resistant sourgrass management programs associating mowing and herbicides. **Planta Daninha**, 38, e020215928. <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-83582020380100033>

RAIMONDI, R. T.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; MENDES, R. R. (2019). Altura de roçada afeta o controle de capim-amargoso perenizado. **Cultura Agronômica**, 28(3), 254-267. <http://dx.doi.org/10.32929/2446-8355.2019v28n3p254-267>

RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. (2018) Guia de herbicidas, 7th ed. Londrina: Ed. authors.

SANTOS, G.; OLIVEIRA JÚNIOR.; R. S.; CONSTANTIN, J.; FRANCISCHINI, A. C.; OSIPE, J. B. (2014). Multiple resistance of *Conyza sumatrensis* to chlorimuron-ethyl and to glyphosate. **Planta Daninha**, 32(2), 409-416. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582014000200019>

SCHULTZ, J.L.; CHATHAM, L.A.; RIGGINS, C.W.; TRANEL, P.J.; AND BRADLEY, K.W. (2015) Distribution of herbicide resistances and molecular mechanisms conferring resistance in Missouri waterhemp (*Amaranthus rudis* Sauer) populations. **Weed Science**, 63(1), 336-345. <https://doi.org/10.1614/WS-D-14-00102.1>

SILVA, W. T.; KARAM, D.; VARGAS, L.; SILVA, A. F. (2017). Alternatives of chemical control for sourgrass (*Digitaria insularis*) on maize crop. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, 16(3), 578-586. <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v16n3p578-586>

SOUZA, A. P.; FERREIRA, F. A.; SILVA, A. A.; CARDOSO, A. A.; RUIZ, H. A. (2000). Logistic equation use in studying the dose-response of glyphosate and imazapyr by using bioassays. **Planta Daninha**, 18(1), 17-28. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582000000100002>

STREIBIG, J. C. (1988). Herbicide bioassay. **Weed Research**, 28(6), 479-84. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.1988.tb00831.x>

TAKANO, H. K.; MELO, M. S.; LOPEZ-OVEJERO, R. F.; WESTRA, P. H.; GAINES, T. A.; DAYAN, F. E. (2020). Trp2027Cys mutation evolves in *Digitaria insularis* with cross-resistance to ACCase inhibitors. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, 164, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2019.12.011>

TAKANO, H. K.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; BRAZ, G. B. P., FRANCHINI L. H. M.; BURGOS, N. R. (2016). Multiple resistance to atrazine and imazethapyr in hairy beggarticks (*Bidens pilosa*). **Ciência e Agrotecnologia**, 40(5), 548-554. <https://doi.org/10.1590/1413-70542016405022316>

TAKANO, H. K.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; BRAZ, G. B. P.; GHENO, E. A. (2017) Goosegrass resistant to glyphosate in Brazil. **Planta Daninha**, 35, e017163071. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582017350100013>

ULGUIM, A. R.; AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L.; SILVA, J. D. G.; SILVA, B. M.; WESTENDORFF, N. R. (2017). Agronomic factors involved in low-level wild poinsettia resistance to glyphosate. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, (1), 51-59. <https://doi.org/10.5039/agraria.v12i1a5423>

VARGAS, L.; ULGUIM, A. R.; AGOSTINETTO, D.; MAGRO, T. D.; THÜRMER, L. (2013). Low level resistance of goosegrass (*Eleusine indica*) to glyphosate in Rio Grande do Sul-Brazil. **Planta Daninha**, 31(3), 677-686. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582013000300019>

VELDMAN, J. W.; PUTZ, F. E. (2011). Grass-dominated vegetation, not species-diverse natural savanna, replaces degraded tropical forests on the southern edge of the Amazon Basin. **Biological Conservation**, 144(5), 1419-1429. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.01.011>

VELINI, D. E.; OSIPE, R.; GAZZIERO, D.L.P. (1995). *Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas*. Londrina, Brazil: SBCPD.

ZABALA, D.; CARRANZA, N.; DARGHAN, A.; PLAZA, G. (2019). Spatial distribution of multiple herbicide resistance in *Echinochloa colona* (L.) Link. **Chilean Journal of Agricultural Research**, 79(4), 576-585. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392019000400576>

ZOBIOLE, L. H. S.; KRENCHINSKI, F. H.; ALBRECHT, A. J. P.; PEREIRA, G.; LUCIO, F. R.; ROSSI, C.; RUBIN, R. S. (2016). Controle de capim-amargoso perenizado em pleno florescimento. **Revista Brasileira de Herbicidas**, 15(2), 157-164. <https://doi.org/10.7824/rbh.v15i2.474>

**CAPITULO 2 – ALTERNATIVAS PARA O CONTROLE QUÍMICO DE *Digitaria insularis* EM PÓS-EMERGÊNCIA**

## 1.1 RESUMO

A *Digitaria insularis* (L.) Mez ex Ekman (capim-amargoso) se destaca como uma planta daninha problemática e de difícil controle, que apresenta casos de resistência a herbicidas, como ao glyphosate e haloxyfop, o que resulta em uma maior complexidade em seu manejo. Objetivou-se caracterizar estratégias de controle químico, com aplicações isoladas ou em misturas de herbicidas pós-emergentes. Os experimentos foram realizados durante as safras 2019-2020 e 2020-2021, conduzidos no campo e em casa-de-vegetação. Foram utilizados os herbicidas atrazine, clethodim, clodinafop, diquat, glufosinate, haloxyfop, imazapic, imazapyr, mesotrione, nicosulfuron, paraquat, saflufenacil, tembotrione e tepraloxymid, isolados ou em misturas. No experimento conduzido em campo, na safra 2019-2020, os controles de *D. insularis* foram considerados baixos, menores que 50%, devido às condições climáticas de estiagem e estádios avançados, com plantas perenizadas na aplicação. Em casa de vegetação, a maioria dos tratamentos obteve um controle satisfatório, maior que 80%, das populações de *D. insularis* aos 28 dias após a aplicação (DAA). Na safra 2020-2021, em condições de campo, a aplicação de glyphosate em associação com haloxyfop, com uma sequencial de glufosinate, proporcionou a maior nota de controle. Em casa de vegetação, a maioria dos tratamentos se demonstrou eficaz, com nota maior que 80%. O herbicida glufosinate e diquat pode ser um substituto ao paraquat em controle de *D. insularis* em aplicações sequenciais.

Palavras-chave: capim-amargoso; herbicidas; planta daninha; inibidores da ACCase; glufosinate.

## 1.2 ABSTRACT

*Digitaria insularis* (L.) Mez ex Ekman (sourgrass) stands out as a problematic and difficult to control weed, which presents cases of resistance to herbicides such as glyphosate and haloxyfop, which results in greater complexity in its management. The objective was to characterize chemical control strategies, with isolated applications or in mixtures of post-emergent herbicides. The experiments were carried out during the 2019-2020 and 2020-2021 seasons, conducted in the field and in a greenhouse. The herbicides atrazine, clethodim, clodinafop, diquat, glufosinate, haloxyfop, imazapic, imazapyr, mesotrione, nicosulfuron, paraquat, saflufenacil, tembotrione and tepraloxym, alone or in mixtures, were used. In the experiment conducted in the field, in the 2019-2020 crop, the sourgrass controls were considered low, less than 50%, due to dry weather conditions and advanced stages, with perennial plants in the application. In a greenhouse, most treatments obtained satisfactory control, greater than 80% of the bitter grass populations at 28 DAA. In the 2020-2021 crop, under field conditions, the application of glyphosate in association with haloxyfop, with a sequential glufosinate, provided the highest control score. In a greenhouse, most treatments proved to be effective, with a score greater than 80%. The herbicide glufosinate can be a substitute for paraquat in sequential applications.

Keywords: Sourgrass; herbicides; weed; ACCase inhibitors; glufosinate.

### 1.3 INTRODUÇÃO

Dentre a ampla gama de espécies de plantas daninhas comumente presentes nos sistemas de produção agrícola, o capim-amargoso (*Digitaria insularis* (L.) Mez ex Ekman) destaca-se como uma planta de difícil controle. É pertencente à família Poaceae e nativa das regiões tropicais e subtropicais da América (VELDMAN e PUTZ, 2011), sendo comumente observada com grande intensidade nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste do Brasil (ALBRECHT; ALBRECHT; SILVA, 2020). A complexidade em efetuar seu manejo pode ser observada em diversas situações, além de apresentar resistência a alguns herbicidas comumente utilizados para o seu controle, como, por exemplo, o glyphosate. É uma planta perene, herbácea, cespitosa, ereta, de 50-100 cm de altura, com folhas ligeiramente ásperas e sementes pequenas, que se dispersam facilmente pelo vento (alta capacidade de reprodução, germinando praticamente o ano todo), além de apresentar alta capacidade de rebrota devido aos rizomas que facilitam a formação de touceiras (MACHADO et al., 2008; CARPEJANI; OLIVEIRA JÚNIOR, 2013).

Esta planta daninha afeta o desenvolvimento da cultura de interesse econômico e, conseqüentemente, reduz sua produtividade, a qual possui características que proporcionam a sobrevivência em ambientes que apresentam os mais variados tipos e intensidades de limitações ao seu crescimento e desenvolvimento (ALBRECHT et al., 2020). A convivência de oito plantas m<sup>2</sup> com a cultura da soja já é suficiente para reduzir a produtividade em 80% (GAZZIERO et al., 2019; BRAZ et al., 2021).

Os herbicidas podem ser citados como a principal ferramenta de manejo utilizada para o controle de plantas daninhas, devido à praticidade e viabilidade de seu uso em pequenas ou grandes áreas de produção. Assim, são considerados substâncias de origem natural ou biológica e sintética, que atuam inibindo, em nível metabólico e fisiológico, a germinação ou o crescimento da plântula, ou o seu desenvolvimento quando adulta (ALBRECHT et al., 2021). A eficácia de muitos herbicidas vem sendo reduzida em razão da presença de espécies de plantas daninhas resistentes. A resistência é o resultado de práticas inadequadas em relação ao uso de herbicidas, o que favorece uma pressão de seleção e o surgimento de populações resistentes.

A complexidade no manejo de *D. insularis* no Brasil é decorrente principalmente dos biótipos resistentes ao glyphosate (CARVALHO et al., 2011), herbicida do mecanismo de ação dos inibidores da 5-enolpiruvilshiquimato-3-fosfato sintase (EPSPs), e herbicidas inibidores da acetil-CoA carboxilase (ACCase) como haloxyfop, fenoxaprop e pinoxaden (TAKANO et al., 2020; HEAP, 2022). No Paraguai há relato de biótipo com resistência múltipla e cruzada aos herbicidas glyphosate, haloxyfop e clethodim (HEAP, 2022), dificultando ainda mais o manejo.

O manejo de *D. insularis* deve ser efetuado em condições que o mesmo se encontre em tamanho reduzido, apresentando, no máximo, 1 à 3 perfilhos, favorecendo, assim, a eficácia do herbicida no controle desta planta daninha. Para o manejo de *D. insularis* resistente, pode-se destacar: dessecação na fase inicial de desenvolvimento para evitar que as plantas controladas produzam sementes, rotação de mecanismos de ação e grupos químicos, além de outras práticas agrícolas como limpeza das máquinas e colhedoras após a colheita, capina, rotação de culturas, roçada e plantas de cobertura. Ainda em relação à dessecação, esta deve ser feita com boa antecedência ao plantio e, quando necessário, complementar a aplicação com outros produtos (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2006; CANEDO et al., 2019). A dessecação imediatamente anterior à semeadura envolve a aplicação de um ou mais herbicidas para o manejo, que em função da composição florística da área e da densidade de infestação, é feita a escolha do produto ou produtos a serem utilizados na área (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2006).

Pensando no uso de herbicidas, para o controle *D. insularis* resistente ao glyphosate, uma alternativa muito utilizada é o uso de herbicidas inibidores da ACCase como clethodim e haloxyfop. Estes herbicidas em geral são eficazes em estádios iniciais de desenvolvimento (PRESOTO et al., 2020). Contudo, é importante ressaltar que como a planta possui capacidade de rebrota, a aplicação única de herbicidas, mesmo em altas doses, não é suficiente para um controle eficaz de plantas perenizadas, com necessidade de aplicações sequenciais (ZOBIOLE et al., 2016; MENDES et al., 2020), além dos referidos casos de resistência a estes herbicidas.

Um dos herbicidas mais utilizados para o manejo do *D. insularis* era o paraquat, para Zobiolo et al. (2016); o uso do paraquat isolado não era o suficiente para controle 100% desta planta daninha, mas era uma ótima opção para o uso em associações ou em manejo em sequencial, herbicida esse que, após reavaliação,

teve seu banimento no Brasil em 2017, com prazo de três anos para a adequação e não sendo mais permitido o seu uso após setembro de 2020 (ANVISA, 2020).

Acredita-se que a associação de herbicidas com diferentes mecanismos de ação seja eficaz no controle de *D. insularis* em pós-emergência. Objetivou-se avaliar a eficácia de herbicidas isolados e em associações para a aplicação em pós-emergência de *D. insularis*, e buscar um possível substituto para o paraquat no manejo em sequencial.

## 1.4 MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos quatro experimentos no estado do Paraná (PR), Brasil, para o controle de *D. insularis*. Para todos os experimentos, os biótipos de *D. insularis* eram resistentes ao glyphosate. O experimento 1 foi conduzido em áreas de pousio, anteriormente cultivadas com milho, entre os meses de agosto e outubro, antecedendo a cultura da soja safra 2019-2020, em dois locais, nos municípios de Terra Roxa (24°13'10,6"S 54°04'18,9"O) e Brasilândia do Sul (24°13'09,4"S 53°32'01,9"O), os tratamentos estão descritos na Tabela 1.

**Tabela 1** - Tratamentos para controle de *D. insularis* em dessecação pré-plantio da soja e pós-emergência das plantas daninhas. Terra Roxa e Brasilândia do Sul (experimento 1), safra 2019-2020.

Herbicida <sup>1</sup>	Dose <sup>2</sup> g ia ha <sup>-1</sup>	Óleo (L ha <sup>-1</sup> )
Testemunha	-	-
Clethodim	192	Lanzar <sup>®</sup> (0,5)
Haloxfop	120	Joint <sup>®</sup> Oil (0,5)
(Mesotrione + atrazine)	(100 + 1.000)	Assist <sup>®</sup> EC (0,5)
Tepraloxymidim	100	Assist <sup>®</sup> EC (0,5)
Tepraloxymidim	200	Assist <sup>®</sup> EC(0,5)
Glufosinate	500	Mees <sup>™</sup> (0,5)
Saflufenacil	35	Mees <sup>™</sup> (0,5)
Mesotrione + glufosinate	192 + 500	Assist <sup>®</sup> EC (0,5)
Saflufenacil + haloxfop	35 + 120	Joint <sup>®</sup> Oil (0,5)
Saflufenacil + clethodim	35 + 192	Lanzar <sup>®</sup> (0,5)
Saflufenacil + clodinafop	35 + 60	Mees <sup>™</sup> (0,5)
Glufosinate + haloxfop	500 + 120	Joint <sup>®</sup> Oil (0,5)
Glufosinate + clethodim	500 + 192	Lanzar <sup>®</sup> (0,5)
(Mesotrione + atrazine) + glufosinate	(100 + 1.000) + 500	Mees <sup>™</sup> (0,5)
(Mesotrione + atrazine) + paraquat	(100 + 1.000) + 500	Assist <sup>®</sup> EC (0,5)
(Mesotrione + atrazine) + clethodim	(100 + 1.000) + 192	Lanzar <sup>®</sup> (0,5)
(Mesotrione + atrazine) + haloxfop	(100 + 1.000) + 120	Joint <sup>®</sup> Oil (0,5)

FONTE: O autor (2022) <sup>1</sup>Produtos comerciais: Select<sup>®</sup> 240 EC (clethodim), Verdict<sup>®</sup> (haloxfop), Calaris<sup>®</sup> (mesotrione + atrazine), Aramo<sup>®</sup> 200 (tepraloxymidim), Finale<sup>®</sup> (glufosinate), Heat<sup>®</sup> (saflufenacil), Callisto<sup>®</sup> (mesotrione), Topik<sup>®</sup> 240 EC (clodinafop), Gramoxone<sup>®</sup> 200 (paraquat).

<sup>2</sup>Doses em g e.a. ha<sup>-1</sup> para haloxfop

O experimento 2 foi conduzido em casa de vegetação localizada no município de Palotina (24°17'36.8"S 53°50'27.0"W), na safra 2019-2020, em condições de temperatura (25 a 30°C), com rega diária e luminosidade/umidade controlada (70%). Os tratamentos são apresentados na Tabela 2. As populações que foram submetidas a aplicação dos tratamentos, são representadas pelos códigos 74 e 77 que foram coletadas nas seguintes coordenadas 23°05'03,1"S 51°07'21"O e 23°14'30,1"S 51°04'51,2"O, respectivamente.

**Tabela 2** - Tratamentos para controle de *D. insularis* aplicados em pós-emergência, em casa de vegetação. Palotina (experimento 2), safra 2019-2 020.

Herbicida <sup>1</sup>	Dose <sup>2</sup> g i.a. ha <sup>-1</sup>	Óleo (L ha <sup>-1</sup> )
Testemunha	-	-
Clethodim + glyphosate	96 + 1.280	Lanzar <sup>®</sup> (0,5)
Haloxifop + glyphosate	60 + 1.280	Joint <sup>®</sup> Oil (0,5)
(Mesotrione + atrazine)	(100 + 1.000)	Assist <sup>®</sup> EC (0,5)
Glufosinate	400	Mees <sup>™</sup> (0,5)
Paraquat	400	Agral <sup>®</sup> (0,2)
Diquat	400	Agral <sup>®</sup> (0,2)
Atrazine + glufosinate	2.400 + 400	Mees <sup>™</sup> (0,5)
Mesotrione + glufosinate	192 + 400	Assist <sup>®</sup> EC (0,5)
Clethodim + glufosinate	96 + 400	Lanzar <sup>®</sup> (0,5)
Haloxifop + glufosinate	60 + 400	Joint <sup>®</sup> Oil (0,5)
(Mesotrione + atrazine) + glufosinate	(100 + 1.000) + 400	Assist <sup>®</sup> EC (0,5)
(Mesotrione + atrazine) + clethodim	(100 + 1.000) + 96	Lanzar <sup>®</sup> (0,5)
(Mesotrione + atrazine) + haloxifop	(100 + 1.000) + 60	Joint <sup>®</sup> Oil (0,5)
Saflufenacil + clethodim	35 + 96	Lanzar <sup>®</sup> (0,5)
Saflufenacil + haloxifop	35 + 60	Joint <sup>®</sup> Oil (0,5)
Nicosulfuron + clethodim	40 + 96	Lanzar <sup>®</sup> (0,5)
Nicosulfuron + haloxifop	40 + 60	Joint <sup>®</sup> Oil (0,5)

FONTE: O autor (2022) <sup>1</sup>Produtos comerciais: Select<sup>®</sup> 240 EC (clethodim), Roundup<sup>®</sup> Transorb R (glyphosate), Calaris<sup>®</sup> (mesotrione + atrazine), Gramoxone<sup>®</sup> 200 (paraquat), Reglone<sup>®</sup> (diquat), Verdict<sup>®</sup> (haloxifop), Finale<sup>®</sup> (glufosinate), Heat<sup>®</sup> (saflufenacil), Primóleo<sup>®</sup> (atrazine), Callisto<sup>®</sup> (mesotrione), Sanson<sup>®</sup> 40 SC (nicosulfuron)

<sup>2</sup>Doses em g e.a. ha<sup>-1</sup> para glyphosate e haloxifop

O experimento 3 foi conduzido em área de pousio, anteriormente cultivada com milho, entre os meses de agosto e outubro, na safra 2020-2021 no município de Iporã (23°57'38,79"S 53°52'34,72"O); os tratamentos estão descritos na Tabela 3.

**Tabela 3** - Tratamentos para controle de *D. insularis* perenizado em dessecação pré-plantio da soja e pós-emergência das plantas daninhas. Iporã (experimento 3), safra 2020-2021.

Herbicida <sup>1</sup>	Dose <sup>2</sup> g ia ha <sup>-1</sup>	Óleo (L ha <sup>-1</sup> )
Testemunha	-	-
Clethodim	192	Lanzar <sup>®</sup> (0,5)
Haloxifop	120	Joint <sup>®</sup> Oil (0,5)
Glyphosate (gly) + clethodim	1.200 + 192	Lanzar <sup>®</sup> (0,5)
Gly + haloxifop	1.200 + 120	Joint <sup>®</sup> Oil (0,5)
Gly + (imazapic + imazapyr)	1.200 + (19 + 26)	Assist <sup>®</sup> HC (0,5)
Gly + tepraloxidim	1.200 + 200	Assist <sup>®</sup> HC (0,5)
Gly + mesotrione + (imazapic + imazapyr)	1.200 + 192 + (19 + 26)	Assist <sup>®</sup> HC (0,5)
Gly + mesotrione + glufosinate	1.200 + 192 + 500	Mees <sup>™</sup> (0,5)
Gly + (mesotrione + atrazine) + paraquat	1.200 + (100 + 1.000) + 500	Assist <sup>®</sup> HC (0,5)
Gly + (mesotrione + atrazine) + haloxifop	1.200 + (100 + 1.000) + 120	Joint <sup>®</sup> Oil (0,5)
Gly + (mesotrione + atrazine) + clethodim	1.200 + (100 + 1.000) + 192	Lanzar <sup>®</sup> (0,5)
Gly + clethodim + glufosinate	1.200 + 192 + 500	Lanzar <sup>®</sup> (0,5)
Gly + haloxifop + glufosinate	1.200 + 120 + 500	Joint <sup>®</sup> Oil (0,5)
Gly + saflufenacil + clethodim	1.200 + 35 + 192	Lanzar <sup>®</sup> (0,5)
Gly + tembotrione + (imazapic + imazapyr)	1.200 + 100 + (19 + 26)	Assist <sup>®</sup> HC (0,5)
Gly + clethodim seq. glufosinate	1.200 + 192 seq. 500	Lanzar <sup>®</sup> (0,5) seq. Mees <sup>™</sup> (0,5)
Gly + clethodim seq. paraquat	1.200 + 192 seq. 400	Lanzar <sup>®</sup> (0,5) seq. Agral <sup>®</sup> (0,2)
Gly + clethodim seq. diquat	1.200 + 192 seq. 400	Lanzar <sup>®</sup> (0,5) seq. Agral <sup>®</sup> (0,2)
Gly + haloxifop seq. glufosinate	1.200 + 120 seq. 500	Joint <sup>®</sup> Oil (0,5) seq. Mees <sup>™</sup> (0,5)
Gly + haloxifop seq. paraquat	1.200 + 120 seq. 400	Joint <sup>®</sup> Oil (0,5) seq. Agral <sup>®</sup> (0,2)
Gly + haloxifop seq. diquat	1.200 + 120 seq. 400	Joint <sup>®</sup> Oil (0,5) seq. Agral <sup>®</sup> (0,2)

FONTE: O autor (2022) <sup>1</sup>Produtos comerciais: Select<sup>®</sup> 240 EC (clethodim), Verdict<sup>®</sup> R (haloxifop), Roundup<sup>®</sup> Transorb R (glyphosate), Amplexus<sup>™</sup> (imazapic + imazapyr), Aramo<sup>®</sup> 200 (tepraloxidim), Calaris<sup>®</sup> (mesotrione + atrazine), Callisto<sup>®</sup> (mesotrione), Finale<sup>®</sup> (glufosinate), Gramoxone<sup>®</sup> 200 (paraquat), Reglone<sup>®</sup> (diquat). Aplicação sequencial (seq.) 7 dias após a aplicação.

<sup>2</sup>Doses em g e.a. ha<sup>-1</sup> para glyphosate, haloxifop, imazapic e imazapyr

O experimento 4 foi conduzido em casa de vegetação localizada no município de Palotina (24°17'36.8"S 53°50'27.0"W), na safra 2020-2021, em condições de temperatura (25 a 30°C), simulação de precipitação (5 mm dia<sup>-1</sup>), luminosidade e umidade controlada (70%), os tratamentos são apresentados na Tabela 4. As populações que foram submetidas a aplicação dos tratamentos, são representadas pelos códigos 2002 e 2007, as quais foram coletadas nas coordenadas 24°19'31,4"S

53°49'33,6"O e 24°11'28,7"S 53°32'09,6"O, respectivamente, populações essas resistentes ao glyphosate, além da aplicação sob plantas perenizadas em pleno florescimento.

**Tabela 4** - Tratamentos para controle de *D. insularis* aplicados em pós-emergência, em casa de vegetação. Palotina (experimento 4), safra 2020-2 021.

Herbicida	Dose <sup>2</sup> g ia ha <sup>-1</sup>	Óleo (L ha <sup>-1</sup> )
Testemunha	-	-
Glyphosate (gly) + (imazapic + imazapyr)	1200 + (19 + 26)	Assist <sup>®</sup> EC (0,5)
Gly + (mesotrione + atrazine) + glufosinate	1.200 + (50 + 500) + 500	Assist <sup>®</sup> EC (0,5)
Gly + (mesotrione + atrazine) + clethodim	1.200 + (100 + 1.000) + 192	Dash <sup>®</sup> HC (0,5)
Gly + (mesotrione + atrazine) + haloxyfop	1.200 + (100 + 1.000) + 120	Joint <sup>®</sup> Oil (0,5)
Gly + mesotrione + (imazapic + imazapyr)	1.200 + 192 + (19 + 26)	Assist <sup>®</sup> EC (0,5)
Gly + mesotrione + glufosinate	1.200 + 192 + 500	Mees <sup>™</sup> (0,5)
Gly + saflufenacil + clethodim	1.200 + 35 + 192	Dash <sup>®</sup> HC (0,5)
Gly + atrazine + glufosinate	1.200 + 2.400 + 500	Mees <sup>™</sup> (0,5)
Gly + clethodim	1.200 + 192	Dash <sup>®</sup> HC (0,5)
Gly + clethodim + glufosinate	1.200 + 192 + 500	Dash <sup>®</sup> HC (0,5)
Gly + tembotrione + (imazapic + imazapyr)	1.200 + 100 + (19 + 26)	Assist <sup>®</sup> EC (0,5)
Gly + haloxyfop	1.200 + 120	Joint <sup>®</sup> Oil (0,5)
Gly + haloxyfop + glufosinate	1.200 + 120 + 500	Joint <sup>®</sup> Oil (0,5)
Gly + saflufenacil + haloxyfop	1.200 + 35 + 120	Joint <sup>®</sup> Oil (0,5)
Glufosinate	500	Mees <sup>®</sup> (0,5)
Diquat	500	Agral <sup>®</sup> (0,2)
Saflufenacil + glufosinate	35 + 500	Mees <sup>®</sup> (0,5)
Glufosinate	700	Mees <sup>™</sup> (0,5)
Clethodim + saflufenacil + glufosinate	192 + 35 + 500	Dash <sup>®</sup> HC (0,5)

FONTE: O autor (2022) <sup>1</sup>Produtos comerciais: Roundup<sup>®</sup> Transorb R (glyphosate), Amplexus<sup>™</sup> (imazapic + imazapyr), Calaris<sup>®</sup> (mesotrione + atrazine), Finale<sup>®</sup> (glufosinate), Select<sup>®</sup> 240 EC (clethodim), Verdict<sup>®</sup> Max (haloxyfop), Callisto<sup>®</sup> (mesotrione), Heat<sup>®</sup> (saflufenacil), Primóleo<sup>®</sup> (atrazine), Soberan<sup>®</sup> (tembotrione), Reglone<sup>®</sup> (diquat)

Para os experimentos conduzidos em campo, foi utilizado o delineamento em blocos casualizados, com 4 repetições, em parcelas de 3 x 5 m. Para os experimentos em casa de vegetação, utilizou-se delineamento inteiramente casualizado, as unidades experimentais foram compostas por vasos com capacidade de 0,8 L e utilizado substrato vegetal (Humusfértil<sup>®</sup>).

A aplicação dos tratamentos foi realizada com um pulverizador costal pressurizado a CO<sub>2</sub>, com pressão de 2 bar, equipado com barra com 6 pontas tipo leque (110.015 Jacto<sup>®</sup>), com espaçamento entre pontas de 0,5 m, com velocidade de aplicação de 1 m s<sup>-1</sup>, propiciando volume de calda de 150 L ha<sup>-1</sup>.

No momento da aplicação nos experimentos a campo as plantas estavam perenizadas (em pleno florescimento), com densidade entre 2 a 4 plantas m<sup>2</sup>. Para os experimentos em casa de vegetação, as plantas estavam no estágio ideal de aplicação de 1 a 3 perfilhos ou de 3 a 4 folhas (SOSSMEIER, 2020). No experimento 4, a aplicação ocorreu em planta perenizadas, já em florescimento.

As avaliações de controle de *D. insularis* aconteceram aos 14 e 28 dias após a aplicação (DAA), para os experimentos 1 e 2, e aos 7, 14, 21 e 28 DAA para os experimentos 3 e 4. Foram atribuídas notas de 0% (ausência de injúrias) a 100% (morte da planta), considerando os sintomas visíveis apresentados e desenvolvimento das plantas (VELINI; OSIPE; GAZZIERO, 1995).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANAVA) pelo teste F ( $p < 0,05$ ), posteriormente as médias dos tratamentos foram submetidas ao teste de agrupamento Scott e Knott (1974) ao nível de 5%. Para a análise foi utilizado o programa Sisvar 5.6 (FERREIRA, 2011).

## 1.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se a baixa eficácia dos tratamentos no controle de *D. insularis*, aos 14 e 28 DAA em Terra Roxa (Tabela 5). Este evento pode ser resultado da ausência de chuvas durante o período que o experimento foi conduzido, uma vez que o estresse hídrico provoca alterações no desenvolvimento da planta, influenciando na absorção e ação do herbicida. A eficácia dos herbicidas está amplamente relacionada com o processo de absorção, sendo que vários fatores ambientais podem afetar esse processo, interferindo diretamente na eficácia de ação desses herbicidas, onde a temperatura, luminosidade, umidade do solo, umidade relativa do ar, geada e a ocorrência de precipitações após sua pulverização, podem ser citados como os principais fatores (SOUZA; MARTINS; PEREIRA, 2013).

**Tabela 5** - Controle de *D. insularis* aos 14 e 28 dias após a aplicação (DAA) de herbicidas isolados ou em associações. Experimento 1, safra 2019-2 020.

Tratamento	Dose <sup>1</sup> g ia ha <sup>-1</sup>	Terra Roxa		Brasilândia do Sul	
		14 DAA	28 DAA	14 DAA	28 DAA
Testemunha	-	0,0 c	0,0 d	0,0 e	0,0 d
Clethodim	192	7,8 c	35,0 a	16,0 c	73,8 a
Haloxypop	120	6,3 c	34,3 a	10,8 d	67,5 a
(Mesotrione + atrazine)	(100 + 1.000)	20,5 b	13,8 c	20,5 c	23,8 c
Tepraloxymid	100	5,3 c	15,0 c	36,3 a	28,8 c
Tepraloxymid	200	6,3 c	22,8 c	30,5 b	77,5 a
Glufosinate	500	41,5 a	33,0 a	25,8 b	15,0 d
Saflufenacil	35	16,3 b	5,0 d	24,8 b	11,3 d
Mesotrione + glufosinate	192 + 500	30,5 a	40,0 a	14,8 c	18,8 d
Saflufenacil + haloxypop	35 + 120	15,5 b	34,5 a	38,3 a	18,8 d
Saflufenacil + clethodim	35 + 192	13,0 b	38,8 a	38,5 a	52,5 b
Saflufenacil + clodinafop	35 + 60	14,5 b	25,0 b	32,5 b	44,8 b
Glufosinate + haloxypop	500 + 120	41,8 a	39,8 a	19,0 c	30,0 c
Glufosinate + clethodim	500 + 192	41,3 a	43,0 a	19,8 c	33,8 c
(Mesotrione + atrazine) + glufosinate	(100 + 1.000) + 500	24,3 b	30,0 b	17,0 c	32,5 c
(Mesotrione + atrazine) + paraquat	(100 + 1.000) + 500	39,5 a	7,5 d	25,5 b	61,3 a
(Mesotrione + atrazine) + clethodim	(100 + 1.000) + 192	18,0 b	24,3 b	9,3 d	69,3 a
(Mesotrione + atrazine) + haloxypop	(100 + 1.000) + 120	18,8 b	17,0 c	18,0 c	73,8 a
	Média	20,0	25,5	22,1	40,7
	CV (%)	33,8	25,7	28,0	25,0

FONTE: O autor (2022) <sup>1</sup> Doses em g e.a. ha<sup>-1</sup> para haloxypop.

Médias com mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott & Knott (1974) ao nível de 5%

Em Brasilândia do Sul, foi verificado que um dos tratamentos que obteve a melhor eficiência é composto pela aplicação do dobro da dose de tepraloxymidim. Poucos tratamentos apresentaram uma evolução no controle de *D. insularis*. Assim, além de tepraloxymidim, apenas clethodim e (mesotrione + atrazine) + haloxyfop, proporcionaram controle >70%. Além disso, nenhum dos tratamentos apresentaram eficácia >80%, o que pode estar relacionado com o estágio de desenvolvimento avançado das plantas submetidas à aplicação, onde muitas se encontravam entouceiradas (Tabela 5). Plantas provenientes de rizomas podem apresentar maior espessura na epiderme das faces adaxial e abaxial e maior espessura da lâmina foliar, quando comparadas a plantas provenientes de sementes, o que dificulta o seu manejo por meio da aplicação de herbicidas (NUNES et al., 2021).

No experimento 2, conduzido em casa de vegetação com a população 74, aos 28 DAA, a aplicação isolada de (mesotrione + atrazine) foi ineficaz, com um controle inferior a 50%. Para os demais tratamentos, foram observadas algumas diferenças, mas todos proporcionaram controle de no mínimo 88,8%. Para a população 77, aos 28 DAA, a maior parte dos tratamentos resultaram na nota máxima de controle. A aplicação de diquat isolado e (mesotrione + atrazine) + clethodim, apresentaram controle de 90,3 e 86,8% respectivamente, inferiores aos demais com quase 100%. Apenas a aplicação de (mesotrione + atrazine), resultou em um baixo controle, o que também se observou na população 74 (Tabela 6).

A associação de outros herbicidas com clethodim e haloxyfop incrementaram o controle, o que pode caracterizar um efeito sinérgico, onde a aplicação desta associação pode atuar em diferentes mecanismos da planta ao mesmo tempo, ou favorecer o processo de absorção e translocação dos herbicidas na planta daninha. A associação de clethodim e glyphosate é reconhecidamente eficaz (ONOFRE et al., 2021), inclusive com efeito sinérgico no controle de *D. insularis* (BIANCHI et al., 2020). Bem como os dessecantes isolados, glufosinate, paraquat e diquat foram eficazes, estes herbicidas são importantes no controle de gramíneas, com destaque para glufosinate (ALBRECHT et al., 2020).

Cassol et al. (2019) observaram eficácia equivalente para clethodim e haloxyfop, em associação com glyphosate. Outros estudos destacam a eficácia de clethodim e haloxyfop, em diferentes associações, no controle de *D. insularis*, mas

todos ressaltam a necessidade do controle ainda em estágios iniciais, até três perfílios (BARROSO et al., 2014; BAUER et al., 2021). Assim, não é possível determinar qual destes é mais eficaz em todas as situações, sendo que a escolha deve ser embasada de uma série de fatores, entre eles, o histórico de uso destes herbicidas na área.

**Tabela 6** - Controle de *D. insularis* (populações 74 e 77) aos 14 e 28 dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas isolados ou em associações, em casa de vegetação. Palotina (experimento 2), safra 2019-2020.

Tratamentos	Dose <sup>1</sup> g ia ha <sup>-1</sup>	População 74		População 77	
		14 DAA	28 DAA	14 DAA	28 DAA
Testemunha	-	0,0 f	0,0 d	0,0 h	0,0 d
Clethodim + glyphosate	96 + 1.280	68,8 c	100 a	65,0 e	100,0 a
Haloxypop + glyphosate	60 + 1.280	62,3 c	100 a	64,3 e	100 a
(Mesotrione + atrazine)	(100 + 1.000)	36,3 e	49,0 c	29,3 g	36,3 c
Glufosinate	400	94,3 a	100 a	92,8 b	100 a
Paraquat	400	100 a	100 a	100 a	100 a
Diquat	400	86,8 b	91,3 b	84,3 c	90,3 b
Atrazine + glufosinate	2.400 + 400	81,5 b	100 a	75,0 d	100 a
Mesotrione + glufosinate	192 + 400	88,5 b	100 a	92,0 b	100 a
Clethodim + glufosinate	96 + 400	86,0 b	100 a	91,5 b	100 a
Haloxypop + glufosinate	60 + 400	93,0 a	100 a	90,8 b	100 a
(Mesotrione + atrazine) + glufosinate	(100 + 1.000) + 400	67,3 c	100 a	71,0 d	100 a
(Mesotrione + atrazine) + clethodim	(100 + 1.000) + 96	33,8 e	88,8 b	36,0 g	86,8 b
(Mesotrione + atrazine) + haloxypop	(100 + 1.000) + 60	38,5 e	95,0 b	34,5 g	97,5 a
Saflufenacil + clethodim	35 + 96	53,3 d	100 a	50,5 f	100 a
Saflufenacil + haloxypop	35 + 60	52,0 d	100 a	49,0 f	100 a
Nicosulfuron + clethodim	40 + 96	36,8 e	100 a	39,5 g	97,8 a
Nicosulfuron + haloxypop	40 + 60	41,5 e	98,0 a	37,3 g	98,0 a
	Média	62,2	90,1	61,3	89,3
	CV (%)	7,9	4,5	7,8	4,8

FONTE: O autor (2022) <sup>1</sup> Doses em g e.a. ha<sup>-1</sup> para glyphosate e haloxypop.

Médias com mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott & Knott (1974) ao nível de 5%

No experimento 3, a aplicação de glyphosate em associação com clethodim ou haloxypop, complementada com uma aplicação sequencial de paraquat, aos 7 dias após a primeira aplicação, proporcionou elevada eficácia de controle, o que pode estar relacionado com um possível efeito sinérgico que o glyphosate

proporciona sobre a ação dos graminicidas, também pela ausência ou baixa resistência aos princípios ativos que compõem os tratamentos aplicados. Além disso, o paraquat era uma ótima alternativa, visto que a sua aplicação em sequencial atingiu as plantas fisiologicamente afetadas, favorecendo o bom controle observado (Tabela 7). Ressalta-se o banimento do paraquat no Brasil em 2021, assim, os dessecantes diquat e glufosinate passam a ser as principais opções.

**Tabela 7** - Controle de *D. insularis* perenizado aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação de herbicidas isolados e em associações. Iporã (experimento 3), safra 2020-2021.

Herbicida <sup>1</sup>	Dose <sup>2</sup> g ia ha <sup>-1</sup>	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA	
Testemunha	-	0,0 e	0,0 e	0,0 c	0,0 d	
Clethodim	192	20,5 d	30,0 d	24,3 b	30,0 c	
Haloxifop	120	11,5 e	28,8 d	35,3 b	36,3 c	
Glyphosate (gly) + clethodim	1.200 + 192	40,0 c	68,8 b	80,0 a	88,8 a	
Gly + haloxifop	1.200 + 120	44,8 c	77,5 b	84,3 a	89,5 a	
Gly + (imazapic + imazapyr)	1.200 + (19 + 26)	49,3 c	81,8 b	89,0 a	96,3 a	
Gly + tepraloxymid	1.200 + 200	28,8 d	55,0 c	61,3 a	66,5 a	
Gly + mesotrione + (imazapic + imazapyr)	1.200 + 192 + (19 + 26)	43,8 c	78,8 b	86,5 a	93,8 a	
Gly + mesotrione + glufosinate	1.200 + 192 + 500	79,3 b	86,8 a	83,5 a	87,0 a	
Gly + (mesotrione + atrazine) + paraquat	1.200 + (100 + 1.000) + 500	45,5 c	51,3 c	43,0 b	52,5 b	
Gly + (mesotrione + atrazine) + haloxifop	1.200 + (100 + 1.000) + 120	43,0 c	68,8 b	83,0 a	91,3 a	
Gly + (mesotrione + atrazine) + clethodim	1.200 + (100 + 1.000) + 192	53,8 c	77,0 b	83,3 a	86,0 a	
Gly + clethodim + glufosinate	1.200 + 192 + 500	76,3 b	86,8 a	86,8 a	91,0 a	
Gly + haloxifop + glufosinate	1.200 + 120 + 500	76,8 b	86,0 a	80,0 a	87,0 a	
Gly + saflufenacil + clethodim	1.200 + 35 + 192	61,3 b	80,8 b	83,3 a	89,5 a	
Gly + tembotrione + (imazapic + imazapyr)	1.200 + 100 + (19 + 26)	43,8 c	74,0 b	81,3 a	88,8 a	
Gly + clethodim seq. Glufosinate	1.200 + 192 seq. 500	77,5 b	91,5 a	94,5 a	96,3 a	
Gly + clethodim seq. Paraquat	1.200 + 192 seq. 400	93,8 a	97,5 a	95,0 a	96,5 a	
Gly + clethodim seq. Diquat	1.200 + 192 seq. 400	87,8 a	92,3 a	90,0 a	94,0 a	
Gly + haloxifop seq. Glufosinate	1.200 + 120 seq. 500	75,0 b	91,5 a	94,3 a	97,3 a	
Gly + haloxifop seq. Paraquat	1.200 + 120 seq. 400	91,0 a	93,0 a	86,5 a	92,5 a	
Gly + haloxifop seq. Diquat	1.200 + 120 seq. 400	79,3 b	92,0 a	85,5 a	88,5 a	
		Média	55,6	72,6	74,1	79,0
		CV (%)	20,7	16,5	16,3	15,2

FONTE: O autor (2022) <sup>1</sup> Doses em g e.a. ha<sup>-1</sup> para glyphosate, haloxifop, imazapic e imazapyr.

Médias com mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott & Knott (1974) ao nível de 5%

A aplicação de glyphosate e graminicidas, seguidas de uma aplicação sequencial de glufosinate, paraquat ou diquat, foi considerada eficiente no controle

de *D. insularis* perenizado. Os tratamentos compostos por glyphosate em associação com (imazapic + imazapyr) ou com mesotrione + (imazapic e imazapyr), apresentarem as melhores notas de controle aos 28 DAA. Dessa forma, é de suma importância destacar o uso de glyphosate em associação na aplicação de graminicidas. Melo et al. (2012) observaram efeito sinérgico na aplicação de glyphosate e clethodim no controle de *D. insularis* resistente ao glyphosate. Também (imazapic + imazapyr) deve ser considerado no manejo, com eficácia verificada em outros estudos (FRANCISCHINI et al., 2012; ALBRECHT et al., 2020; MELO et al., 2017).

Os resultados para o experimento 4, sobre as populações 2002 e 2007 são apresentados nas Tabelas 8 e 9. A maioria dos tratamentos se demonstrou eficaz no controle de *D. insularis*. Assim, além da aplicação dos graminicidas associados ao glyphosate e a outros herbicidas como inibidores da PROTOX, da biossíntese de carotenoides, do fotossistema II e da glutamina sintetase, proporcionaram o controle desta planta daninha.

**Tabela 8** - Controle de *D. insularis* (população 2002) aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas em casa de vegetação. Palotina (experimento 4), safra 2020-2 021.

Tratamento	Dose <sup>1</sup> g ia ha <sup>-1</sup>	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA	
Testemunha	-	0,0 c	0,0 c	0,0 c	0,0 c	
Glyphosate (gly) + (imazapic + imazapyr)	1200 + (19 + 26)	15,8 c	45,0 b	71,5 b	81,3 a	
Gly + (mesotrione + atrazine) + glufosinate (glu)	1.200 + (50 + 500) + 500	50,3 b	62,0 b	56,3 b	50,8 b	
Gly + (mesotrione + atrazine) + clethodim	1.200 + (100 + 1.000) + 192	30,8 c	69,5 b	68,8 b	87,5 a	
Gly + (mesotrione + atrazine) + haloxyfop	1.200 + (100 + 1.000) + 120	28,0 c	75,8 b	98,3 a	100 a	
Gly + mesotrione + (imazapic + imazapyr)	1.200 + 192 + (19 + 26)	23,3 c	52,5 b	85,3 a	92,8 a	
Gly + mesotrione + glu	1.200 + 192 + 500	52,0 b	67,5 b	97,8 a	100 a	
Gly + saflufenacil + clethodim	1.200 + 35 + 192	52,0 b	74,0 a	95,0 a	95,5 a	
Gly + atrazine + glu	1.200 + 2.400 + 500	58,3 b	68,3 b	57,5 b	57,5 b	
Gly + clethodim	1.200 + 192	26,3 c	89,8 a	100 a	100 a	
Gly + clethodim + glu	1.200 + 192 + 500	72,5 a	88,0 a	91,3 a	96,3 a	
Gly + tembotrione + (imazapic + imazapyr)	1.200 + 100 + (19 + 26)	42,3 b	52,5 b	65,0 b	74,5 a	
Gly + haloxyfop	1.200 + 120	29,5 c	62,5 b	88,3 a	95,0 a	
Gly + haloxyfop + glu	1.200 + 120 + 500	46,3 b	75,3 a	93,0 a	91,3 a	
Gly + saflufenacil + haloxyfop	1.200 + 35 + 120	52,8 b	86,5 a	93,3 a	96,3 a	
Glu	500	57,0 b	74,0 a	60,3 b	50,3 b	
Diquat	500	63,0 b	58,8 b	42,5 b	42,5 b	
Saflufenacil + glu	35 + 500	84,8 a	95,3 a	100 a	100 a	
Glu	700	63,8 b	84,5 a	83,8 a	86,3 a	
Clethodim + saflufenacil + glu	192 + 35 + 500	80,0 a	91,3 a	97,5 a	100 a	
		Média	46,4	68,6	77,3	79,9
		CV (%)	39,8	25,1	25,8	21,7

FONTE: O autor (2022)<sup>1</sup> Doses em g e.a. ha<sup>-1</sup> para glyphosate, haloxyfop, imazapic e imazapyr.

Médias com mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott & Knott (1974) ao nível de 5%

**Tabela 9** - Controle de *D. insularis* (população 2007) aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas em casa de vegetação. Palotina (experimento 4), safra 2020-2021.

Tratamento	Dose <sup>1</sup> g ia ha <sup>-1</sup>	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA	
Testemunha	-	0,0 d	0,0 c	0,0 d	0,0 d	
Glyphosate (gly) + (imazapic + imazapyr)	1200 + (19 + 26)	13,0 d	40,8 b	72,8 b	75,8 b	
Gly + (mesotrione + atrazine) + glufosinate (glu)	1.200 + (50 + 500) + 500	48,0 b	92,8 a	96,3 a	100 a	
Gly + (mesotrione + atrazine) + clethodim	1.200 + (100 + 1.000) + 192	38,0 c	85,0 a	97,0 a	100 a	
Gly + (mesotrione + atrazine) + haloxyfop	1.200 + (100 + 1.000) + 120	41,3 c	88,0 a	100 a	100 a	
Gly + mesotrione + (imazapic + imazapyr)	1.200 + 192 + (19 + 26)	35,8 c	44,3 b	39,0 c	82,3 b	
Gly + mesotrione + glu	1.200 + 192 + 500	33,8 c	49,5 b	58,8 c	43,3 c	
Gly + saflufenacil + clethodim	1.200 + 35 + 192	47,5 b	84,3 a	100 a	100 a	
Gly + atrazine + glu	1.200 + 2.400 + 500	53,5 b	62,0 b	58,3 c	48,8 c	
Gly + clethodim	1.200 + 192	40,3 c	91,5 a	100 a	100 a	
Gly + clethodim + glu	1.200 + 192 + 500	54,8 b	91,3 a	95,3 a	100 a	
Gly + tembotrione + (imazapic + imazapyr)	1.200 + 100 + (19 + 26)	18,3 d	45,8 b	73,3 b	75,5 b	
Gly + haloxyfop	1.200 + 120	50,3 b	95,0 a	100 a	100 a	
Gly + haloxyfop + glu	1.200 + 120 + 500	65,8 a	80,5 a	98,0 a	100 a	
Gly + saflufenacil + haloxyfop	1.200 + 35 + 120	41,3 c	84,8 a	95,5 a	98,8 a	
Glu	500	71,0 a	84,5 a	86,5 a	87,5 b	
Diquat	500	60,5 b	56,3 b	47,5 c	47,0 c	
Saflufenacil + glu	35 + 500	77,8 a	88,3 a	100 a	100 a	
Glu	700	72,0 a	84,8 a	93,8 a	100 a	
Clethodim + saflufenacil + glu	192 + 35 + 500	72,0 a	86,8 a	99,0 a	100 a	
		Média	46,7	71,8	80,5	82,9
		CV (%)	28,2	18,6	16,7	17,6

FONTE: O autor (2022) <sup>1</sup> Doses em g e.a. ha<sup>-1</sup> para glyphosate, haloxyfop, imazapic e imazapyr.

Médias com mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott & Knott (1974) ao nível de 5%

Em estudo de Bauer et al. (2021), a adição de saflufenacil (inibidor da PROTOX) não incrementou a eficácia de glyphosate + inibidores da ACCase no controle de *D. insularis*, mas não foi observado efeito antagônico. Esta situação pode ser explorada, uma vez que este herbicida não afetará o controle de *D. insularis* e é eficaz no controle de plantas daninhas folhas largas. Misturas como esta têm amplo espectro de ação, sendo importantes no manejo de plantas daninhas em áreas infestadas com *D. insularis* e folhas largas (ROSKAMP et al., 2012).

Na aplicação da dose mais alta de glufosinate (700 g i.a. ha<sup>-1</sup>), o controle foi de 100% para a população 2007 e 86,25% para a população 2022, aos 28 DAA, fato este que pode ser relacionado com uma suscetibilidade inicial ou tolerância dessa população, visto que a aplicação foi realizada no mesmo momento, com as mesmas condições. Outro ponto a se ressaltar é um possível antagonismo entre a associação

de atrazine com glufosinate, onde os controles foram relativamente baixos, efeito este pouco estudado e sem embasamento teórico na literatura.

No controle de plantas de *D. insularis* perenizado em casa de vegetação, a eficácia dos tratamentos foi relativamente baixa, o que pode ser explicado pelo estágio de desenvolvimento avançado, folhas secas e colmo lignificado. Porém, a aplicação de glyphosate e haloxyfop, proporcionou o controle próximo aos 70% (Tabela 10), cultivadas em casa de vegetação até a produção total de sementes.

**Tabela 10** - Controle de *D. insularis* perenizado aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas em casa de vegetação. Palotina (experimento 4), safra 2020-2021.

Tratamento	Dose <sup>1</sup> g ia ha <sup>-1</sup>	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA
Testemunha	-	0,0 d	0,0 d	0,0 f	0,0 e
Glyphosate (gly) + (imazapic + imazapyr)	1200 + (19 + 26)	19,0 c	28,8 c	47,5 c	60,0 b
Gly + (mesotrione + atrazine) + glufosinate (glu)	1.200 + (50 + 500) + 500	25,5 b	54,0 a	63,0 b	64,0 a
Gly + (mesotrione + atrazine) + clethodim	1.200 + (100 + 1.000) + 192	17,0 c	51,0 a	56,3 c	56,3 b
Gly + (mesotrione + atrazine) + haloxyfop	1.200 + (100 + 1.000) + 120	12,8 c	50,8 a	61,3 b	63,8 a
Gly + mesotrione + (imazapic + imazapyr)	1.200 + 192 + (19 + 26)	19,3 c	49,5 a	64,8 b	62,5 a
Gly + mesotrione + glu	1.200 + 192 + 500	30,0 a	51,3 a	55,8 c	57,5 b
Gly + saflufenacil + clethodim	1.200 + 35 + 192	12,0 c	41,5 b	51,5 c	55,0 b
Gly + atrazine + glu	1.200 + 2.400 + 500	18,8 c	32,5 c	47,5 c	51,3 c
Gly + clethodim	1.200 + 192	13,3 c	25,8 c	60,8 b	50,0 c
Gly + clethodim + glu	1.200 + 192 + 500	25,0 b	36,3 c	66,5 b	63,8 a
Gly + tembotrione + (imazapic + imazapyr)	1.200 + 100 + (19 + 26)	17,0 c	29,5 c	76,5 a	59,3 b
Gly + haloxyfop	1.200 + 120	23,3 b	32,5 c	67,0 b	69,5 a
Gly + haloxyfop + glu	1.200 + 120 + 500	20,8 c	30,3 c	52,0 c	56,3 b
Gly + saflufenacil + haloxyfop	1.200 + 35 + 120	16,5 c	27,8 c	56,3 c	60,0 b
Glu	500	34,0 a	41,0 b	26,8 e	41,5 d
Diquat	500	17,0 c	28,8 c	31,0 e	37,3 d
Saflufenacil + glu	35 + 500	28,8 a	40,3 b	34,5 d	39,0 d
Glu	700	23,5 b	38,3 b	40,8 d	40,5 d
Clethodim + saflufenacil + glu	192 + 35 + 500	34,0 a	50,0 a	71,8 a	50,0 c
	Média	20,4	37,0	51,6	51,9
	CV (%)	24,1	18,3	11,2	10,1

FONTE: O autor (2022) <sup>1</sup> Doses em g e.a. ha<sup>-1</sup> para glyphosate, haloxyfop, imazapic e imazapyr.

Médias com mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott & Knott (1974) ao nível de 5%

A aplicação única de herbicidas, mesmo em altas doses, não é suficiente para um controle eficaz de plantas perenizadas, com necessidade de aplicações sequenciais, e, ainda assim, em algumas situações, pode não se atingir eficácia de controle (ZOBIOLE et al., 2016; MENDES et al., 2020). Muitas falhas de controle

observadas têm origem em aplicações realizadas em condições ambientais desfavoráveis ou em plantas perenizadas (CASSOL et al., 2019; BAUER et al., 2021), fora do estágio recomendado para aplicação.

A associação do controle químico, com a roçada, pode ser alternativa no controle de plantas perenizadas (CORREIA et al., 2015; RAIMONDI et al., 2019), o que pode proporcionar o esgotamento de plantas do rizoma e propiciar, após a rebrota, um controle mais eficaz da touceira. Nesse sentido, todas as estratégias possíveis de controle devem ser usadas e associadas em termos de sistema produtivo.

De modo geral, conforme observado nos experimentos conduzidos durante as duas safras, em dois ambientes diferentes, é necessário considerar que a eficiência da aplicação dos herbicidas em condições de campo pode ser reduzida em razão de diversos fatores, sendo que o principal está relacionado com as condições no momento da aplicação, como o estágio de desenvolvido da planta daninha. Dessa forma, com a aplicação realizada no estágio ideal, existem alguns herbicidas que podem ser utilizados em associação para o controle de *D. insularis*, o que favorece a rotação de mecanismos de ação e evita a seleção de biótipos resistentes.

A presença de um possível efeito antagônico observada entre as aplicações de atrazine em associação com glufosinate, determina que investigações mais aprofundadas sobre esses eventos devem ser realizadas, com o objetivo de entender o comportamento dessas associações quando posicionadas em condições de campo.

Por fim, o glufosinate se encontra presente na maioria dos tratamentos que apresentaram os melhores controles, maior que 80%, o que caracteriza uma alternativa de substituição do paraquat, como destacado por outros estudos (MELO et al., 2017; SILVA et al., 2017; SIQUEIRA et al., 2021). Ainda, o uso desse herbicida em cultivares de soja tolerantes, pode atuar como uma excelente alternativa para o controle desta planta daninha mesmo em condições de pós-emergência da cultura. Dessa forma, o glufosinate pode ser adotado no manejo de *D. insularis*, favorecendo maiores possibilidades para a rotação de mecanismos.

## 1.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A eficácia dos herbicidas no controle de *D. insularis* é maior quando efetuada no estágio ideal, até três perfilhos. No controle de *D. insularis* perenizado, a aplicação de glyphosate + (imazapic + imazapyr) e glyphosate + clethodim ou haloxyfop, com uma sequencial de glufosinate, proporcionaram resultados acima de 96%.

A presença de glufosinate em sequencial ou em associação, favoreceu os melhores controles de *D. insularis*. O diquat e o glufosinate podem atuar como alternativas de substituição ao paraquat, não diferindo estatisticamente em condições de aplicação sequencial para o *D. insularis*.

## REFERÊNCIAS

ALBRECHT, A. J. P.; ALBRECHT, L. P.; SILVA, A. F. M.; RAMOS, R. A.; ZENY, E. P.; LORENZETTI, J. B.; DANILUSSI, M. T. Y.; BARROSO, A. A. M. (2020). Efficacy of imazapic/imazapyr and other herbicides in mixtures for the control of *Digitaria insularis* prior to soybean sowing. **Agronomía Colombiana**, 38(3), 350-356.

ALBRECHT, L. P. ALBRECHT, A. J. P.; DANILUSSI, M. T. Y.; LORENZETTI, J. B. Métodos de Controle de Plantas Daninhas. In: BARROSO, A. A. M.; MURATA, A. T. Matologia: estudos sobre plantas daninhas. Jaboticabal: **Fábrica da Palavra**, 2021. Cap. 5. p. 145-169.

ALBRECHT, L. P.; ALBRECHT, A. J. P.; SILVA, A. F. M. Manejo de capim-amargoso (*Digitaria insularis* (L.) Mez ex Ekman). Paulínia: **HRAC-BR**, 2020.

BARROSO, A. A. M.; ALBRECHT, A. J. P.; REIS, F. C.; VICTORIA FILHO R. (2014). ACCase and glyphosate different formulations herbicides association interactions on sourgrass control. **Planta Daninha**, 32(3), 619-627. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582014000300018>

BAUER, F. E.; ALBRECHT, A. J. P.; ALBRECHT, L. P.; SILVA, A. F. M.; BARROSO, A. A. M.; DANILUSSI, M. T. Y. (2021). *Digitaria insularis* control by using herbicide mixtures application in soybean pre-emergence. **Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín**, 74(1), 9403-9411. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v74n1.89032>

BIANCHI, L.; ANUNCIATO, V. M.; GAZOLA, T.; PERISSATO, S. M.; DIAS, R. C.; TROPALDI, L.; VELINI, E. D. (2020). Effects of glyphosate and clethodim alone and in mixture in sourgrass (*Digitaria insularis*). **Crop Protection**, 138, 105322.

BRAZ, G. B. P.; CRUVINEL, A. G.; CANEPPELE, A. B.; TAKANO, H. K.; DA SILVA, A. G.; DE OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. (2021). Sourgrass interference on soybean grown in Brazilian Cerrado. **Revista Caatinga**, 34(2), 350-358. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252021v34n211rc>

CANEDO, I. F.; ARAÚJO, L. S.; SILVA, L. G. B.; VALENTE, M. D. S.; FREITAS, M. A. M.; CUNHA, P. C. R. (2019). Differential susceptibility to glyphosate herbicide and

re-growth capacity of different populations of sourgrass. **Revista Ceres**, 66(1), 18-25. <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737x201966010003>

CARPEJANI, M. DA S.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. Manejo químico de capim-amargoso resistente a glyphosate na pré-semeadura da soja. **Revista Ciências Exatas e da Terra e Ciências Agrárias**, v. 8, n. 1, p.26-33, ago. 2013.

CARVALHO, L. B.; CRUZ-HIPOLITO, H.; GONZÁLEZ-TORRALVA, F.; ALVES, P. L. C. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; DE PRADO, R. (2011). Detection of sourgrass (*Digitaria insularis*) biotypes resistant to glyphosate in Brazil. **Weed Science**, 59(2), 171-176. <https://doi.org/10.1614/WS-D-10-00113.1>

CASSOL, M.; MATTIUZZI, M. D.; ALBRECHT, A. J. P.; ALBRECHT, L. P.; BACCIN, L. C.; SOUZA, C. N. Z. Efficiency of isolated and associated herbicides to control glyphosate-resistant sourgrass. **Planta Daninha**, v. 37, 2019.

COMITÊ DE AÇÃO A RESISTÊNCIA AOS HERBICIDAS (HRAC-BR). Comunicado de resistência: referente ao relato de resistência de *Digitaria insularis* aos herbicidas dos grupos dos Inibidores da ACCase (Grupo A) e dos Inibidores da EPSPs (Grupo G). 2021. Disponível em: <https://www.hrac-br.org/comunicados>. Acesso em: 23 fev. 2021.

CORREIA, N. M.; ACRA, L. T.; BALIEIRO, G. (2015). Chemical control of different *Digitaria insularis* populations and management of a glyphosate-resistant population. **Planta Daninha**, 33(1),93-101.<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582015000100011>

FERREIRA, D. F. (2011). Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, 35(6), 1039-1042. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>

FRANCISCHINI, A.C.; G. SANTOS, J. CONSTANTIN, H. GHIGLIONE, G.F.; VELHO, N. GUERRA, AND G.B.P. BRAZ. 2012. Efficacy and selectivity of herbicides from the imidazolinone group applied in post-emergence of monocotyledon weeds on CL sunflower culture. **Planta Daninha** 30(4), 843-851.

GAZOLA, T.; BELAPART, D.; CASTRO, E. D.; CIPOLA FILHO, M. L.; DIAS, M. F. Características biológicas de *Digitaria insularis* que conferem sua resistência à

herbicidas e opções de manejo. Científica, **Jaboticabal**, v. 44, n. 4, p. 557-567, jul. 2016.

GAZZIERO, D. L. P.; ADEGAS, F. S.; SILVA, A. F.; CONCENÇO, G. (2019). Estimating yield losses in soybean due to sourgrass interference. **Planta Daninha**, 37, e019190835. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582019370100047>

HEAP, I. The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Disponível em: [www.weedscience.com](http://www.weedscience.com). Acesso em: 04 abril. 2022.

HRAC; SBCPD. Dez passos para relatos de novos casos de resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil. Folder. 2018.

MACHADO, A. F. L.; MEIRA, R. M. S.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F. A.; TUFFI SANTOS, L. D.; FIALHO, C. M. T.; MACHADO, M. S. (2008). Anatomical characterization of the leaf, stem and rhizome of *Digitaria insularis*. **Planta Daninha**, 26(1), 1-8. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582008000100001>

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

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

MENDES, R. R.; TAKANO, H. K.; BIFFE, D. F.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JUNIOR, R. S. (2020). Intplantal between sequential herbicide treatments for sourgrass management. **Revista Caatinga**, 33(3), 579-590. <https://doi.org/10.1590/1983-21252020v33n301rc>

NUNES, J. J.; DE FREITAS, M. A. M.; DE SOUZA, T. P.; SILVA, W. L.; DA CUNHA, P. C. R. Eficácia de glifosato + haloxifope-p-metilico em associação com outros

herbicidas no controle de capim-amargoso. **Científica, Jaboticabal**, v. 49, n. 2, p. 67-74, mar. 2021.

OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; COSTA, J. M.; CAVALIERI, S. D.; ARANTES, J. G. Z.; ALONSO, D. G.; ROSO, A. C.; BIFFE, D. F. (2006). Interaction between burndown systems and post-emergence weed control affecting soybean development and yield. **Planta Daninha**, 24(4), 721-732. <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-83582006000400013>.

ONOFRE, L. C.; ONOFRE, T. B.; REZENDE, T. T. (2021). Control of *Digitaria insularis* resistant to glyphosate using a combination of herbicides in coffee farms. **Coffee Science**, 16, e161786. <https://doi.org/10.25186/.v16i.1876>

PRESOTO, J. C.; ANDRADE, J. F.; SOUZA, L. A.; TEIXEIRA, L. S.; CARVALHO, S. J. P. (2020). Sourgrass phenological stage and efficacy of ACCase-inhibiting herbicides. **Planta Daninha**, 38, e020223617. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582020380100089>

RAIMONDI, R. T.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; MENDES, R. R. (2019). Altura de roçada afeta o controle de capim-amargoso perenizado. **Cultura Agrônômica**, 28(3), 254-267. <http://dx.doi.org/10.32929/2446-8355.2019v28n3p254-267>

ROSKAMP, J. M.; CHAHAL, G. S.; JOHNSON, W. G. (2012). Influence of water hardness and co-applied herbicides on saflufenacil efficacy. **Crop Management**, 11(1), 1-8.

SIQUEIRA, T. D.; JÚNIOR, K. S. F.; BRIGANTE, G. P.; DIAS, M. S.; CAJAZEIRO, W. S. (2021). Efficiency of different herbicides in the control of sourgrass (*Digitaria insularis* L.) in coffee crops. **Revista Ciência Agrícola**, 19(1), 79-84.

SBCPD - SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas. **Londrina: SBCPD**, 1995. 42 p.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. (1974). A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, 30(3), 507-512.

<https://doi.org/10.2307/2529204>

SILVA, W. T.; KARAM, D.; VARGAS, L.; DA SILVA, A. F. (2017). Alternatives of chemical control for sourgrass (*Digitaria insularis*) on maize crop. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, 16(3), 578-586. <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v16n3p578-586>

SOSSMEIER, S. G. **Capim-amargoso no Rio Grande do Sul: resistência, crescimento e controle**. 2020. 92 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2020.

SOUZA, G. S. F.; MARTINS, D.; PEREIRA, M. R. R. Efeito da chuva na eficiência de herbicidas aplicados em pós-emergência sobre corda-de-viola. **Planta Daninha**, v. 31, n. 1, p. 175-184, mar. 2013.

TAKANO, H. K.; MELO, M. S.; LOPEZ-OVEJERO, R. F.; WESTRA, P. H.; GAINES, T. A.; DAYAN, F. E. (2020). Trp2027Cys mutation evolves in *Digitaria insularis* with cross-resistance to ACCase inhibitors. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, 164, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2019.12.011>

VELDMAN, J. W.; PUTZ, F. E. (2011). Grass-dominated vegetation, not species-diverse natural savanna, replaces degraded tropical forests on the southern edge of the Amazon Basin. **Biological Conservation**, 144(5), 1419-1429.

<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.01.011>

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

<https://doi.org/10.7824/rbh.v15i2.474>

## 2 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O estudo evidencia que a resistência múltipla e cruzada com os herbicidas glyphosate, haloxyfop e clethodim, no Brasil, está cada vez mais próxima, pois para o controle das mesmas populações, está sendo necessário o aumento das doses e, com o aumento de dose dos herbicidas, a seleção de biótipos resistentes a esses herbicidas está a caminho. Por conta disso, os inibidores da ACCase mais utilizados para o controle de *D. insularis*, que são o haloxyfop e clethodim, podem não ser mais uma ferramenta para este fim.

Como visto no capítulo 2, os manejos para *D. insularis* perenizado que contém aplicação de glyphosate + (imazapic + imazapyr), e glyphosate + clethodim ou haloxyfop, com uma sequencial de glufosinate ou diquat, foram os que resultaram num manejo satisfatório, sendo que o manejo pode ser facilitado quando realizado com a aplicação em estádios do *D. insularis* com, no máximo, três perfilhos, como as aplicações que aconteceram em casa de vegetação.

## REFERÊNCIAS GERAIS

- ANVISA - AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. RDC nº 428. Brasília: Diretoria colegiada -**Anvisa**, 2020.
- BARROSO, A. A. M.; GALEANO, E.; ALBRECHT, A. J. P.; REIS, F. C.; VICTORIA FILHO, R. (2015). Does Sourgrass leaf anatomy influence glyphosate resistance? **Comunicata Scientiae**, 6(4), 445-453. <https://doi.org/10.14295/cs.v6i4.1124>
- BRAZ, G. B. P.; CRUVINEL, A. G.; CANEPPELE, A. B.; TAKANO, H. K.; DA SILVA, A. G.; DE OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. (2021). Sourgrass interference on soybean grown in Brazilian Cerrado. **Revista Caatinga**, 34(2), 350-358. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252021v34n211rc>
- CANEDO, I. F.; ARAÚJO, L. S.; SILVA, L. G. B.; VALENTE, M. D. S.; FREITAS, M. A. M.; CUNHA, P. C. R. (2019). Differential susceptibility to glyphosate herbicide and re-growth capacity of different populations of sourgrass. **Revista Ceres**, 66(1), 18-25. <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737x201966010003>
- CARVALHO, L. B.; CRUZ-HIPOLITO, H.; GONZÁLEZ-TORRALVA, F.; ALVES, P. L. C. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; DE PRADO, R. (2011). Detection of sourgrass (*Digitaria insularis*) biotypes resistant to glyphosate in Brazil. **Weed Science**, 59(2), 171-176. <https://doi.org/10.1614/WS-D-10-00113.1>
- GAZZIERO, D. L. P.; ADEGAS, F. S.; SILVA, A. F.; CONCENÇO, G. (2019). Estimating yield losses in soybean due to sourgrass interference. **Planta Daninha**, 37, e019190835. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582019370100047>
- GEMELLI, A.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; BRAZ, G. B. P.; CAMPOS JUMES, T. M.; DE OLIVEIRA NETO, A. M.; DAN, H. A.; BIFFE, D. F. (2012). Aspectos da biologia de *Digitaria insularis* resistente ao glyphosate e implicações para o seu controle. **Revista Brasileira de Herbicidas**, 11(2), 231-240. <https://doi.org/10.7824/rbh.v11i2.186>
- GEMELLI, A.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; BRAZ, G. B. P.; JUMES, T. M. C.; GHENO, E. A.; RIOS, F. A.; FRANCHINI, L.H.M. (2013). Estratégias para o controle de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) resistente ao glyphosate na cultura

milho safrinha. **Revista Brasileira de Herbicidas**, 12(2), 162-170.  
<https://doi.org/10.7824/rbh.v12i2.201>.

GREEN, J.M. The rise and future of glyphosate and glyphosate-resistant crops. **Pest Management Science**, v.74, n.5, p.1035-1039, 2018.  
<https://doi.org/10.1002/ps.4462>.

HEAP, I. (2022). The international herbicide-resistant weed database. Available online: [www.weedscience.org](http://www.weedscience.org) (acesso em: 01 junho 2022).

HEAP, I.M.; DUKE, S.O. Overview of glyphosate-resistant weeds worldwide. **Pest Management Science**, v.74, n.5, p.1040-1049, 2018.  
<https://doi.org/10.1002/ps.4760>.

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

MACHADO, A. F. L.; MEIRA, R. M. S.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F. A.; TUFFI SANTOS, L. D.; FIALHO, C. M. T.; MACHADO, M. S. (2008). Anatomical characterization of the leaf, stem and rhizome of *Digitaria insularis*. **Planta Daninha**, 26(1), 1-8. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582008000100001>

MOREIRA, H. D. C.; BRAGANÇA, H. B. N. (2011). Manual de identificação de plantas infestantes: cultivos de verão. Campinas: FMC.

NEVE, P.; BARNEY, J. N.; BUCKLEY, Y.; COUSENS, R. D.; GRAHAM, S.; JORDAN, N. R.; WILLIAMS, M. (2018) Reviewing research priorities in weed ecology, evolution and management: a horizon scan. **Weed Research**, v. 58, p. 250-258.

OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; COSTA, J. M.; CAVALIERI, S. D.; ARANTES, J. G. Z.; ALONSO, D. G.; ROSO, A. C.; BIFFE, D. F. (2006). Interaction between burndown systems and post-emergence weed control affecting soybean development and yield. **Planta Daninha**, 24(4), 721-732.  
<http://dx.doi.org/10.1590/s0100-83582006000400013>.

RIAR, D. S.; NORSWORTHY, J. K.; STECKEL, L. E.; STEPHENSON, D. O.; EUBANK, T. W.; BOND, J.; SCOTT, R. C. (2013). Adoption of best management practices for herbicide-resistant weeds in midsouthern United States cotton, rice, and soybean. **Weed Technology**, 27(4), 788-797.

TAKANO, H. K.; DE OLIVEIRA JR, R. S.; CONSTANTIN, J.; MANGOLIM, C. A.; MACHADO, M. D. F.; BEVILAQUA, M. R. (2018). Spread of glyphosate-resistant sourgrass (*Digitaria insularis*: Independent selections or merely propagule dissemination? **Weed Biology and Management**, 18(1), 50-59. <https://doi.org/10.1111/wbm.12143>

TAKANO, H. K.; MELO, M. S.; LOPEZ-OVEJERO, R. F.; WESTRA, P. H.; GAINES, T. A.; DAYAN, F. E. (2020). Trp2027Cys mutation evolves in *Digitaria insularis* with cross-resistance to ACCase inhibitors. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, 164, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2019.12.011>

ZOBIOLE, L. H. S.; KRENCHINSKI, F. H.; ALBRECHT, A. J. P.; PEREIRA, G.; LUCIO, F. R.; ROSSI, C.; RUBIN, R. S. (2016). Controle de capim-amargoso perenizado em pleno florescimento. **Revista Brasileira de Herbicidas**, 15(2), 157-164. <https://doi.org/10.7824/rbh.v15i2.474>