

**UFRRJ**

**INSTITUTO DE TECNOLOGIA**

**PROGRAMA DE POS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL**

**DISSERTAÇÃO**

**Suscetibilidade de *Digitaria insularis* a  
Herbicidas Inibidores de EPSPs e ACCase e  
Alternativas de Controle**

**Felipe Cipriano da Silva**

**2017**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA  
AGRÍCOLA E AMBIENTAL**

**SUSCETIBILIDADE DE *Digitaria insularis* A HERBICIDAS  
INIBIDORES DE EPSPs e ACCase E ALTERNATIVAS DE  
CONTROLE**

**FELIPE CIPRIANO DA SILVA**

*Sob a Orientação da Professora*  
**Camila Ferreira de Pinho**

*e Co-orientação dos Pesquisadores*  
**Fernando Storniolo Adegas e**  
**Rogério da Silva Rubin**

Dissertação submetida ao  
Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Agrícola e Ambiental –  
PGEAAmb, como requisito parcial  
para obtenção do título de **Mestre**  
em Ciências.

Seropédica, RJ  
Fevereiro de 2017

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

d586s da Silva, Felipe Cipriano , 1985-  
Suscetibilidade de Digitaria insularis a  
Herbicidas Inibidores de EPSPs e ACCase e  
Alternativas de Controle / Felipe Cipriano da Silva.  
- 2017.  
89 f.

Orientadora: Camila Ferreira de Pinho.  
Coorientador: Rogerio da Silva Rubin.  
Dissertação(Mestrado). -- Universidade Federal  
Rural do Rio de Janeiro, Pós-Graduação em Engenharia  
Agrícola e Ambiental, 2017.

1. capim-amargoso. 2. glifosato. 3. resistência.  
4. curva dose-resposta. I. de Pinho, Camila Ferreira  
, 1985-, orient. II. Rubin, Rogerio da Silva , -,  
coorient. III Universidade Federal Rural do Rio de  
Janeiro. Pós-Graduação em Engenharia Agrícola e  
Ambiental. IV. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA E  
AMBIENTAL**

**FELIPE CIPRIANO DA SILVA**

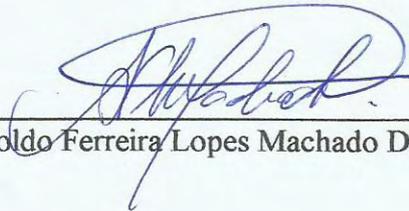
Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental, área de Concentração em Sistemas Agrícolas

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 16/02/2017



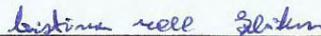
---

Camila Ferreira de Pinho, Dr.<sup>a</sup>UFRRJ  
(Orientadora)



---

Aroldo Ferreira Lopes Machado Dr. UFRRJ



---

Cristina Moll Hüther Dr.<sup>a</sup>UFF

## DEDICATÓRIA

*Dedico e ofereço*

*A Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.*

*Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental (PPGEAAmb).*

*A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo  
apoio financiamento.*

*À minha orientadora Camila Ferreira de Pinho.*

*Ao meu co-orientador Rogerio Rubin.*

*Ao amigo Orlando Tavares.*

*Ao grupo PDPA.*

*À banca pelas considerações feitas.*

*À minha namorada Vanessa Vital pela paciência e compreensão pelo tempo que dediquei  
por este trabalho.*

*A todos àqueles que de alguma forma contribuíram para que este trabalho fosse concluído.*

## AGRADECIMENTOS

A força do raciocínio nos leva à busca pela razão, entretanto, diante de tantas idas e vindas pelo caminho que Deus nos dá, essa razão, por vezes, perde seu sentido. Ele pode nos presentear pelo nosso esforço com nossos sonhos ou nos fazer refletir sobre os impedimentos do alcance daquilo que ficou apenas como desejo.

É nesse sentido que quero agradecer a Deus pela trajetória que me levou até este presente momento.

Agradecer de ter colocado como guia dos meus primeiros passos os meus pais José Carlos e Marina Alice e como companheiros meus irmãos Cíntia, Patrícia, Rafael e Letícia.

Agradecer por ter despertado em mim o amor pela terra e pelas plantas;

Agradecer por ter dado a oportunidade da proximidade com minha prima Elidiane e seu marido Nilson e desde então ter me mostrado o valor do estudo.

Ter colocado em meu caminho a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro onde tive a oportunidade de construir amizades para vida toda, em especial Sérgio Sho, Dérique, Carla, Leandro, Vitor, Noêmia, Amanda e Jéssica.

Agradecer por ter colocado em meu caminho meus amigos de quarto que deram o sentido da existência de uma segunda família - Carlos Magno, Mateus, Guilherme, Pedro, Pablo, Flávio, Breno, Bruno, Gustavo e Vitor.

Agradecer por ter conhecido minha orientadora que confiou e me deu a oportunidade desse desafio para meu desenvolvimento profissional.

Agradecer por ter proporcionado o encontrado com o destino da minha namorada Vanessa, um alguém tão especial que me trouxe conforto e confiança nesta etapa tão conturbada e é a minha segurança pra ir cada vez mais longe.

E agradecer por todas as dificuldades e impedimentos. Isso me fez e vai continuar me fazendo mais forte.



Conhecimento, atitude e mudança

## RESUMO

SILVA, Felipe Cipriano da. **Suscetibilidade de *Digitaria insularis* a Herbicidas Inibidores de EPSPs e ACCase e Alternativas de Controle**. 2017. 89p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola e Ambiental). Instituto de Tecnologia, Departamento de Engenharia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2017.

A frequente utilização do herbicida glifosato em sistema de produção agrícola tem selecionado populações de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) resistente a este herbicida. A opção de controle desses biótipos tem sido feita, quase que exclusivamente, com herbicidas inibidores de ACCase. Com o objetivo de avaliar a eficiência dos herbicidas cletodim e haloxifope no controle de biótipos de *D. insularis* coletados nos estados de SP, GO, PR e RJ, e propor alternativas de controle com herbicidas pós-emergentes sistêmicos e de contato, foram conduzidos 3 ensaios. No primeiro ensaio (EI), conduzido em casa de vegetação, foram aplicadas doses crescentes (0, 1, 2, 4 e 8 vezes a partir da maior dose de bula) dos herbicidas haloxifope ( $60 \text{ g ha}^{-1}$  de i.a.), cletodim ( $96 \text{ g ha}^{-1}$  de i.a.) e glifosato ( $1440 \text{ g ha}^{-1}$  de e.a.) em plantas de 9 biótipos de capim-amargoso com três a quatro folhas. Foi avaliado a resposta obtida pelo sintoma das plantas aos herbicidas, o fator de resistência ao glifosato através de curvas de dose-resposta, a avaliação dos parâmetros da clorofila *a* além dos dados biométricos de comprimento da parte aérea, comprimento de raiz e biomassa seca total.

O segundo ensaio (EII) e o terceiro ensaio (EIII) foram realizados em condições de campo com plantas de capim-amargoso nos estádios de 3-4 folhas, 3-4 perfilhos e pleno florescimento onde foram testados doses de 0,  $\frac{1}{2}$  e dose máxima de bula. Para EII foram utilizados os herbicidas quizalofope ( $120 \text{ g ha}^{-1}$  de i.a.), haloxifope ( $60 \text{ g ha}^{-1}$  de i.a.), cletodim ( $96 \text{ g ha}^{-1}$  de i.a.) e setoxidim ( $184 \text{ g ha}^{-1}$  de i.a.) e para EIII os herbicidas paraquat ( $600 \text{ g ha}^{-1}$  de i.a.), paraquat+diuron ( $200+100 \text{ g ha}^{-1}$  de i.a.) e glufosinato ( $600 \text{ g ha}^{-1}$  de i.a.). No EII e EIII foi avaliado a resposta das plantas aos herbicidas nos três estádios de desenvolvimento assim como avaliação dos parâmetros da clorofila *a* e dados biométricos. No primeiro experimento foi verificado uma variação na suscetibilidade ao glifosato entre os biótipos avaliados. Em todos os biótipos avaliados o fator de resistência foi inferior a 10. Através da avaliação da fluorescência da clorofila *a* observou-se que os biótipos coletados em Toledo1/PR e Cascavel/PR, tratados com glifosato, sinalizaram uma recuperação dos parâmetros fotossintéticos avaliados, aos 21 DAA, quando comparado ao tratamento testemunha. Para todos os biótipos o herbicida cletodim ofereceu controle superior aos 7 DAA quando comparado ao haloxifope. Entretanto aos 14 DAA os sintomas dos biótipos proporcionado pelos dois herbicidas foi semelhante. Para EII a ação dos pós-emergentes sistêmicos mostraram elevado dano nas plantas (superior 80%) de capim-amargoso. No estágio fenológico de 3-4 folhas o sintoma proporcionado pelos herbicidas testados aos 14 DAA, mesmo na menor dose avaliada, foi superior a 90%. Aos 21 DAA foi obtido o controle de 100% das plantas de capim-amargoso. Para EIII a ação dos herbicidas de contato proporcionou severos danos a parte aérea das plantas de capim amargoso, em especial as que se encontravam no estágio de 3-4 folhas, quando aos 7 DAA foi observado controle de 100%. Nos demais estádios para os herbicidas paraquate e a mistura comercial entre paraquate+diuron o sintoma de 95% foi alcançado aos 14 DAA e somente para o herbicida glufosinato foi observado a recuperação das plantas de capim-amargoso.

**Palavras-chave:** glifosato, resistência, curva dose-resposta, capim-amargoso.

## ABSTRACT

SILVA, Felipe Cipriano da. **Susceptibility of *Digitaria insularis* to Inhibitors of EPSPs and ACCase and Control Alternatives**. 2017. 89p. Dissertation (MSc in Agricultural and Environmental Engineering). Institute of Technology, Department of Engineering, Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2017.

The frequent use of the herbicide glyphosate in an agricultural production system has selected populations of sourgrass (*Digitaria insularis*) resistant to this herbicide. The control option of these biotypes has been made, almost exclusively, with ACCase inhibitor herbicides. In order to evaluate the efficiency of the herbicides clethodim and haloxyfop in control of *D. insularis* biotypes collected in the states of SP, GO, PR and RJ, and to propose control alternatives with pre and post emergent herbicides of soybean, three trials. In the first assay (EI) conducted in a greenhouse, increasing doses (0, 1, 2, 4 and 8 times from the highest leaflet dose) of the herbicides haloxyfop (60 g ha<sup>-1</sup> of a.i.), clethodim (96 g ha<sup>-1</sup> of a.i.) and glyphosate (1440 g ha<sup>-1</sup> of a.e.) in plants of 9 biotypes of sourgrass with three to four leaves. The control response of the plants to the herbicides, the resistance factor to glyphosate through dose response curves, the evaluation of the chlorophyll parameters in addition to the biometric data of shoot length, root length and total dry biomass were evaluated. The second assay (EII) and the third assay (EIII) were performed under field conditions with 3-4 leaf stages, 3-4 tillers and full flowering stages where doses of 0, ½ and dose were tested maximum of package leaflet. For EII, the herbicides quizalofop (120 g ha<sup>-1</sup> of a.i.), haloxyfop (60 g ha<sup>-1</sup> of a.i.), clethodim (96 g ha<sup>-1</sup> of a.i.) and sethoxydim (184 g ha<sup>-1</sup> of i.a.) and For EIII the herbicides paraquat (600 g ha<sup>-1</sup> of a.i.), paraquat + diuron (200 + 100 g ha<sup>-1</sup> of i.a.) and glufosinate (600 g ha<sup>-1</sup> of i.a.). EII and EIII evaluated the response of plants to herbicides at three stages of development as well as evaluation of chlorophyll a parameters and biometric data. In the first experiment, a variation in susceptibility to glyphosate was observed among the evaluated biotypes. In all evaluated biotypes the resistance factor was lower than 10. The evaluation of chlorophyll fluorescence showed that the biotypes collected in Toledo/PR and Cascavel/PR, treated with glyphosate, showed a recovery of the photosynthetic parameters evaluated, At 21 DAA, when compared to the control treatment. For all the biotypes the herbicide clethodim offered control superior to the 7 DAA when compared to the haloxyfop. However, at 14 DAA the control of the biotypes exerted by the two herbicides was similar. For EII, the action of the systemic emergent powders showed high control efficiency (superior 80%) of the sourgrass. At the 3-4 leaf phenological stage, the control provided by the herbicides tested at 14 DAA, even at the lowest evaluated dose, was superior to 90%. At 21 DAA the control of 100% of the sourgrass plants was obtained. For EIII, the action of the contact herbicides provided severe damage to the aerial part of the sourgrass plants, especially those that were in the 3-4 leaf stage, when at the 7 DAA a 100% control was observed. In the other stages for the herbicides paraquat and the commercial mixture between paraquat + diuron the control above 95% was reached at 14 DAA and only for the herbicide glufosinate the recovery of the sourgrass plants was observed.

**Key words:** glyphosate, resistance, dose-response curve, sourgrass.

## LISTA DE ABREVIACÕES

ACCCase - acetil-CoA carboxilase

C<sub>50</sub> – dose necessária para o controle de 50% da população de plantas

CPA - comprimento da parte aérea

CR - comprimento de raiz

DAA – dias após aplicação dos tratamentos

DAE - dias após-emergência

EPSPs - 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase

FS I – fotossistema I

FS II – fotossistema II

g ha<sup>-1</sup> dee.a. - gramas por hectare de equivalente ácido

g ha<sup>-1</sup> de i.a. - gramas por hectare de ingrediente ativo

GR<sub>50</sub> – dose necessária para redução de 50% do crescimento das plantas

GS – glutamina sintase

MST - biomassa seca total

R – biótipo potencialmente resistente

S - biótipo potencialmente suscetível

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	2
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	9
3.1 ENSAIO I– Detecção da Suscetibilidade Diferencial.....	9
3.2 ENSAIO EII e EIII – Avaliação da Eficiência de Controle de Herbicidas de Pós-emergência em Plantas de <i>D. insularis</i> .....	10
3.3 Avaliações.....	12
3.4 Estatística .....	14
4 RESULTADOS .....	15
4.1 ENSAIO I - Detecção da Suscetibilidade Diferencial.....	15
4.1.1 Biótipo Mogi Mirim/SP .....	15
4.1.2 Biótipo Palotina1/PR .....	20
4.1.3 Biótipo Palotina2/PR .....	25
4.1.4 Biótipo Toledo1/PR.....	30
4.1.5 Biótipo de Cascavel/PR .....	35
4.1.6 Biótipo de Maripá/PR .....	40
4.1.7 Biótipo de Toledo2/PR .....	44
4.1.8 Biótipo de Santa Helena de Goiás/GO .....	45
4.1.9 Biótipo de Seropédica/RJ.....	47
4.2 ENSAIO II - Ação de Pós-emergentes Sistêmicos no Controle de Capim-Amargoso em Diferentes Estádios Fenológicos .....	49
4.2.1 Ação do setoxidim .....	49
4.2.2 Ação do cletodim.....	52
4.2.3 Ação do haloxifope.....	55
4.2.4 Ação do quizalofope .....	59
4.3 ENSAIO III - Ação de Pós-emergentes de Contato no Controle de Capim-Amargoso em Diferentes Estádios Fenológicos .....	63
4.3.1 Ação do paraquate .....	63
4.3.2 Ação do paraquate+diuron .....	63
4.3.3 Ação do glufosinato .....	64
5 DISCUSSÃO .....	68
5.1 Ensaio I – Detecção da Suscetibilidade Diferencial.....	68
5.2 Ensaio II e III - Ação de Pós-emergentes Sistêmicos e de Contato no Controle de Capim-Amargoso em Diferentes Estádios Fenológicos .....	71
6 CONCLUSÕES .....	73
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74

## 1 INTRODUÇÃO

A expansão no uso do método químico de controle de plantas daninhas com o glifosato aconteceu com a difusão das culturas transgênicas, dando aos produtores a possibilidade de ampliação do emprego do herbicida em pós-emergência. O uso da tecnologia aumentou a frequência de aplicação do glifosato, principalmente na cultura da soja, aumentando pressão de seleção sobre as plantas daninhas e seleção de populações resistentes.

Dentre as plantas daninhas com resistência na cultura da soja, o capim-amargoso (*Digitaria insularis*) destaca pelo aumento no número de casos documentados em diversas regiões produtoras do país, em função da sua rápida dispersão, difícil controle e ter se adaptado a vários sistema de cultivos.

Em áreas infestadas com capim-amargoso resistente ao glifosato o controle tem sido realizado quase que exclusivamente, com herbicidas inibidores de ACCase, como cletodim e haloxifope. Herbicidas desse grupo também são conhecidos como graminicidas, seletivos e já empregados no controle de outras espécies monocotiledôneas em pós-emergência da soja. Nessa condição de manejo, a pressão de seleção promovida pelos herbicidas começa a ter a mesma magnitude com que foi exercido pelo glifosato ao capim-amargoso.

Desta forma, a melhor alternativa para evitar a seleção de biótipos resistentes é a integração de diferentes métodos de controle e a rotação de herbicidas que controlem as plantas daninhas envolvendo diferentes mecanismos de ação.

Diante do exposto, no presente trabalho objetivou-se identificar a suscetibilidade diferencial de biótipos de capim-amargoso coletados em áreas de cultivo de soja aos herbicidas glifosato, cletodim e haloxifope, além de buscar alternativas de controle para esta espécie, utilizando herbicidas pós-emergentes sistêmicos e de contato.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

A soja é a cultura que mais se desenvolveu nas últimas décadas no Brasil. Atualmente, a área ocupada com a produção do grão corresponde a 56% da área cultivada sendo a principal responsável pelo aumento da fronteira agrícola no país (CONAB, 2016).

O estímulo para a expansão da área de cultivo se dá pelo crescimento recorde no consumo mundial do grão. Para safra de 2016/17, o USDA (*United State Department of Agriculture*), ampliou em 6,7% o total produzido pelo país, superando a produção da safra anterior que foi de 96,5 milhões de toneladas (CONAB, 2016). Considerando a perspectiva de crescimento ainda maior dos índices produtivos da soja para os próximos anos (ISSA, 2015), o avanço em tecnologias que assegurem o fornecimento do grão se tornam indispensáveis.

Tendo em vista o importante papel desempenhado pela engenharia genética na evolução dos processos biotecnológicos que auxiliaram na seleção de plantas voltadas para a simplificação do manejo das culturas, nada foi tão revolucionário quanto o surgimento da soja transgênica resistente ao herbicida glifosato. A tecnologia dos transgênicos, definida como a técnica de engenharia genética usada para a inserção de parte do genoma de uma espécie em outra, é guiada através da seleção de características que proporcionem redução na perda de produtividade causada pela competição por plantas daninhas ou insetos à cultura de interesse (COSTA& GELAIN, 2014).

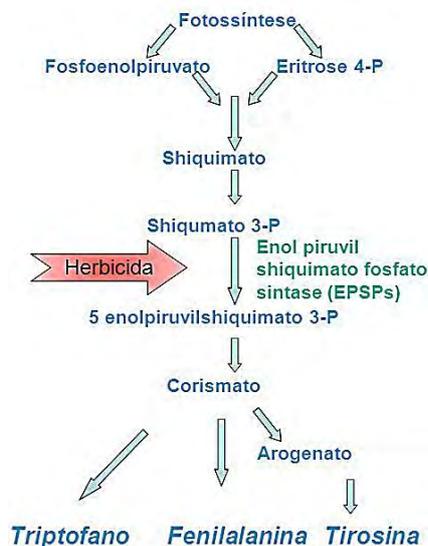
O início do desenvolvimento da tecnologia transgênica aconteceu na década de 80 e 90 com o investimento maciço em biotecnologia por grandes empresas químicas da área agrícola no âmbito de facilitar o trabalho no controle de pragas e de plantas daninhas responsáveis por boa parte dos prejuízos no campo. O resultado dessas pesquisas foi a criação de pacotes tecnológicos que atrelaram a venda de sementes aos pesticidas usados no manejo das culturas (BENTHIEN, 2006). O início do cultivo de transgênicos foi feito no EUA e na França no ano de 1996 e a taxa de adoção foi notável de maneira que no ano de 1997 o aumento na área de plantio de soja geneticamente modificada no mundo foi de mais de 1000% (ROESSING & LAZZAROTO, 2006).

A liberação do plantio e comercialização da soja transgênica no Brasil aconteceu no ano de 2005 com o domínio no mercado da tecnologia *Roundup Ready*® - RR. A introdução das culturas geneticamente modificadas promoveram uma revolução no controle de plantas daninhas, pois permitiu o uso mais intensivo do herbicida glifosato, que anteriormente aos transgênicos, era utilizado apenas como parte do manejo de controle de plantas daninhas. Associado ao controle químico, o método mecânico e cultural, auxiliava no controle mais efetivo das plantas daninhas que eventualmente sobreviviam a aplicação do herbicida (CARPEJANI & OLIVEIRA JR, 2013).

Com o sistema RR, o controle químico predominou e causou modificações estruturais importantes que simplificaram o processo de controle de plantas daninhas na cultura da soja. O glifosato combinou produtividade e eficiência com reduções nos custos operacionais com a aplicação de apenas um único ingrediente ativo aplicado em diferentes estádios de desenvolvimento da planta daninha (MEROTTO JR et al., 2015).

A importância do glifosato é atribuída a seu espectro de controle, por não ser seletivo e promover a formação da palhada tão desejada no sistema de plantio direto. Sua absorção ocorre principalmente via foliar sendo facilmente transportado via floema, conseguindo alcançar estruturas reprodutivas de reservas como bulbos e colmos. Age na planta inibindo o complexo formado pela enzima 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase (EPSPs) com o chiquimato 3 fosfato (S3P) impedindo que ocorra a sua interação com o fosfoenolpiruvato (PEP) na rota biossintética do ácido chiquímico (Figura 1) responsável pela produção dos

aminoácidos aromáticos essenciais fenilalanina, tirosina e triptofano (COSTA & GELAIN, 2014).



**Figura 1** - Rota metabólica responsável pela síntese dos aminoácidos triptofano, fenilalanina e tirosina. Local de ação dos herbicidas inibidores da EPSPs (Adaptado HRAC, 2016).

O efeito da inibição da 5-enolpiruvilshiquimato-3-fosfato causa na planta a paralisação no crescimento e a degradação lenta de tecidos em função da falta de proteínas. Os sintomas atribuídos ao produto são o gradual aparecimento de clorose e necrose dos tecidos (AMARANTES JR. et al., 2002).

A eficiência no controle de plantas daninhas com o uso da tecnologia RR durante 10 anos aumentou significativamente o consumo do herbicida glifosato, e como consequência da sua aplicação como medida de controle massivo, levou ao aparecimento de espécies de plantas daninhas resistentes no Brasil e em vários outros países agrícolas do mundo (ROSO & VIDAL, 2010).

O surgimento de plantas daninhas resistentes é um fenômeno induzido, em que o herbicida é o agente selecionador, ou seja, os biótipos resistentes, por consequência dos processos evolutivos básicos estão naturalmente inseridos em uma população a uma frequência inicial baixa, e que devido a possíveis alterações na condição do ambiente onde a planta está inserida, acontece a seleção (CHRISTOFFOLETI & NICOLAI, 2016).

Dessa forma, quando uma população de plantas daninhas é exposta a um herbicida ao qual uma ou mais plantas são naturalmente resistentes, o herbicida mata os indivíduos suscetíveis, mas permite que os indivíduos resistentes sobrevivam e reproduzam. Com o uso repetido de um mecanismo de ação, as plantas daninhas resistentes que inicialmente aparecem como plantas isoladas no campo podem se espalhar rapidamente e dominar a área e o banco de sementes do solo (YAMASHITA & GUIMARÃES, 2013; LICORINI et al., 2015; WSSA, 2016).

No Brasil, a primeira espécie com biótipos resistente aos herbicidas inibidores da enzima EPSPs detectada foi a *Lolium perene* ssp. *Multiflorum* em 2003, na cultura do trigo, seguida da *Conyza bonariensis* e *Conyza canadensis*, ambas em 2005, em pomares de citrus (HEAP, 2016).

A pressão pela popularidade das vantagens econômicas atribuídas à soja transgênica criou um interesse pela compra irregular de sementes da Argentina, por produtores, principalmente da Região Sul do Brasil, de maneira que três anos após a tecnologia ser

liberada pelo Congresso Nacional através da aprovação da Lei de Biossegurança de 2005 (ROESSING & LAZZAROTO, 2006), foi verificado em lavoura de soja no município de Guaira/PR, biótipos da *Digitaria insularis* resistente ao glifosato (ADEGAS et al., 2010; HEAP, 2016).

Desde então casos mais frequentes de populações resistentes de capim-amargoso estão sendo relatados em áreas de produção agrícola localizadas em diferentes municípios dos estados do Paraná, São Paulo, Mato Grosso do Sul e Goiás que adotam o uso intensivo de manejo químico de plantas daninhas com o herbicida glifosato.

A *D. insularis*, também conhecida vulgarmente como capim-amargoso, é uma espécie nativa de regiões tropicais e subtropicais da América, onde é frequentemente encontrada em áreas agrícolas, pastagens e áreas ruderais como terrenos baldios e beiras de estradas. É uma espécie de metabolismo fotossintético do tipo C<sub>4</sub>, perene, herbácea, entouceirada, cespitosa ereta e rizomatosa (MACHADO, et al., 2008; GEMELLI et al., 2013). Sua ampla adaptação edafoclimática, elevada produção de propágulos (sementes e perfilhos), além do seu rápido desenvolvimento, atribui à espécie um alto potencial de infestação (REINERT et al., 2013).

Em lavouras onde a espécie é encontrada perenizada nota-se que o controle químico efetuado com o herbicida glifosato não tem sido eficiente. Acredita-se que características inerentes relacionadas à planta em estádios fenológicos mais avançados como formação de rizomas que acumulam uma maior concentração de amido, podem constituir em uma barreira para translocação do herbicida para demais partes da planta (MACHADO et al., 2008). Característica semelhante ocorre em outras famílias, como apontam estudos que verificaram baixa suscetibilidade ao herbicida glifosato em *Commelina difusa* e *Commelina benghalensis* em função da maior quantidade de amido encontrado no caule dessas espécies (TUFFI SANTOS et al., 2004).

Essa dificuldade no controle químico das plantas de *D. insularis* é uma característica natural e é denominada de tolerância. Dessa forma tolerância é definida como a capacidade de uma planta em sobreviver e se reproduzir após a aplicação de um herbicida a uma determinada dose. É uma característica que existe na planta, o que implica a não seleção ou manipulação genética que leve a esse comportamento (WSSA, 2016).

Entretanto, a preferência pelo controle químico é atribuído às propriedades que lhe permitem elevada eficiência a uma única operação de aplicação. O herbicida ao penetrar no vegetal, provoca uma reação na região atingida e/ou transloca até seu local de ação, competindo por sítios de ligação específicos e inibindo enzimas importantes para o desenvolvimento da planta (MARTINS, 2013; MONQUERO et al., 2005). Até alcançar o local de ação, o herbicida pode sofrer interferências que afetam a eficiência do produto no controle de plantas daninhas o que é caracterizado como mecanismos de resistência.

Ao menos três mecanismos de resistência são capazes de interferir na ação de um herbicida: mutação no local de ação do herbicida na planta; metabolização ou desintoxicação do herbicida; e redução da concentração do herbicida no local de ação promovida pela redução na absorção e na velocidade de transporte do composto (CARVALHO et al., 2011; CARVALHO et al., 2012; MARTINS, 2013).

Em estudos realizados com capim-amargoso, foi verificado que os mecanismos que conferem resistência da espécie ao glifosato estão relacionados com a perda de afinidade do herbicida pelo local de ação na enzima EPSPs; a rápida metabolização do herbicida em AMPA (ácido aminometilfosfônico), glioxilato e sarcosina; e a menor taxa de absorção do glifosato pelos biótipos resistentes (CARVALHO et al., 2011; GEMELLI et al., 2013).

O mecanismo da perda de afinidade do produto pelo local de ação na enzima foi observado em plantas de capim-amargoso através de técnicas que evidenciaram a mudança

dos aminoácidos nas posições 182 e 310 da enzima EPSPs de plantas de capim-amargoso resistentes (CARVALHO et al., 2011; CARVALHO et al., 2012). Além disso foi verificado a mais rápida metabolização do glifosato em AMPA, glioxilato e sarcosina e uma maior distribuição do herbicida nas raízes e folhas de plantas suscetíveis, enquanto que em plantas resistentes a distribuição se limitou ao local da aplicação (CARVALHO et al., 2011; CARVALHO et al., 2012).

Contudo, o efeito da evolução das plantas de capim-amargoso resistentes, seja qual for o mecanismo de resistência envolvido, é unicamente impedir que os inibidores da EPSPs interfiram primariamente, no sítio de ação da rota da síntese dos aminoácidos aromáticos essenciais fenilalanina, tirosina e triptofano (HESS & FALK, 1990), e de forma secundária, na respiração, fotossíntese e síntese proteica do vegetal (DUKE, 1990).

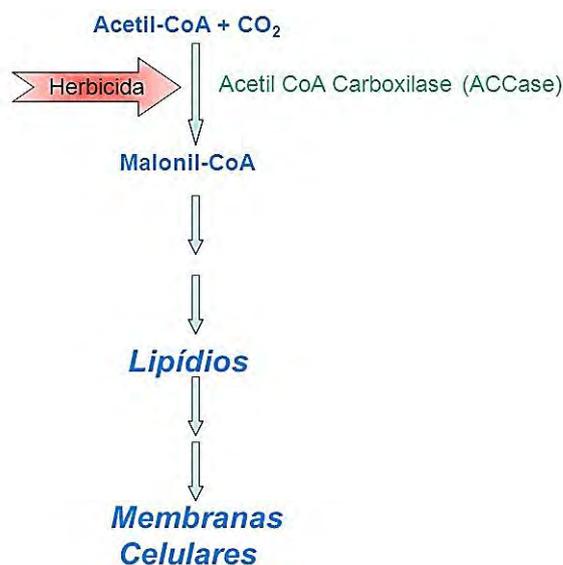
Os mecanismos de resistência conferem diferentes níveis de resistência expressos mediante a razão dos valores de  $C_{50}$  ou  $GR_{50}$  (dose do herbicida em  $g\ ha^{-1}$  de ingrediente ativo necessária para proporcionar 50% de controle 'C' ou redução do crescimento 'GR' da planta daninha) de um biótipo potencialmente resistente comparado a um biótipo suscetível. O resultado desse quociente expressa o fator de resistência (FR) cujo valor representa o número de vezes em que a dose do herbicida é necessária para controlar 50% da população resistente, ou seja, superior à dose que controla 50% da população suscetível (NICOLAI, 2010). Com o FR é possível distinguir o mecanismo envolvido no tipo de resistência da planta, onde valores elevados indicam alterações no sítio de ação ou por super expressão gênica quando comparado aos níveis mais baixos, encontrados em plantas cujo o mecanismo envolvido é resultado da alteração no metabolismo (REINERT et al., 2013). Entretanto, o valor de FR pode variar em função do biótipo estudado, do tempo em que o processo de seleção está instalado na área e da espécie avaliada (DUKE & POWLES, 2008).

Sabe-se que alguns aspectos anatômicos desenvolvidos por plantas perenizadas de capim-amargoso (originadas de rizomas) como lâmina foliar e cutícula mais espessas, devido a composição distinta das ceras epicuticulares, como, por exemplo, uma maior cristalização dessas ceras contribuem para reduzir a absorção do glifosato quando comparado com plantas originadas por sementes (MACHADO et al., 2008; MICHITTE et al. 2007).

Com a baixa eficiência do glifosato no controle da *D. insularis* em pós-emergência da soja RR, o número de mecanismos de ação se restringe apenas aos inibidores da enzima acetil-CoA carboxilase (ACCase) (GEMELLI et al., 2012).

Os inibidores da enzima ACCase são utilizados para controle de gramíneas em condição de pós-emergência. Esses herbicidas são divididos em dois grupos químicos, as ciclohexanodionas (CHD ou dims) e os ariloxifenoxipropionatos (APP ou fops), que embora possuam diferenças em suas estruturas químicas, apresentam afinidade pelo mesmo sítio de ação da enzima ACCase (CHRISTOFFOLETI & NICOLAI, 2016).

Tanto os "dims" quanto os "fops", possuem ação sistêmica, sendo assim o herbicida é absorvido pelas folhas das gramíneas e translocado até partes meristemáticas das plantas onde a divisão celular é intensa. Nessa região, a elevada demanda por malonil-CoA oriunda da carboxilação da Acetil-CoA para biossíntese de ácidos graxos e lipídeos é bloqueada pela ação do herbicida comprometendo a integridade das membranas celulares com o extravasamento de metabólitos intracelulares e morte celular (Figura 2 -) (KAUNDUN, 2014). Os sintomas da aplicação de inibidores da ACCase se refletem na facilidade em remover as folhas jovens ou a haste da panícula, demonstrando a morte do tecido meristemático e a capacidade de translocação desses herbicidas.



**Figura 2** - Rota metabólica responsável pela biossíntese de ácidos graxos. Local de ação dos herbicidas inibidores da ACCase (Adaptado de HRAC-BR, 2016).

As diferenças entre os “dims” e “fops” não se limitam a apenas ao grupo químico. Alguns autores mostram que em casos de resistência aos inibidores da ACCase os biótipos de diferentes espécies mostram um fator de resistência menor aos “fops” em comparação aos “dims”, evidenciando diferentes níveis de resistência a dois ou mais herbicidas pertencentes a um mesmo mecanismo de ação, de grupos químicos diferentes, caracterizando uma resistência cruzada a esses herbicidas (LÓPEZ-OVEJERO, 2006; VIDAL et al., 2006; OSUNA et al., 2012; VARGAS et al., 2013).

Na busca pelo controle de plantas de capim-amargoso resistentes ao glifosato, tem-se adotado, com relativa frequência, a mistura de tanque envolvendo diferentes mecanismos de ação. A prática, embora não regulamentada no Brasil, é relativamente comum e tem o objetivo de ampliar o espectro de controle das plantas além de reduzir custos operacionais. Em mistura de tanque os inibidores da ACCase são uma das principais opções de controle principalmente entre “dims” e “fops”, com adição ou não do glifosato como observado por Adegas et al. (2010) e Melo et al. (2012).

Apesar da eficiência observada no controle de plantas de *D. insularis* resistentes ao glifosato envolvendo os herbicidas cletodim e haloxifope em pós-emergência da soja, limitar o manejo a aplicações com inibidores da ACCase pode ser uma medida com curto prazo de eficiência, pois o uso intenso abre caminho para seleção de plantas com resistência múltipla (GEMELLI et al., 2012). Licorini et al. (2015) já observaram tolerância diferenciada de biótipos em capim-amargoso, resistentes ao glifosato, encontradas no município de Cascavel e Santa Mariana/PR que não foram controlados pelas doses recomendadas do herbicida cletodim.

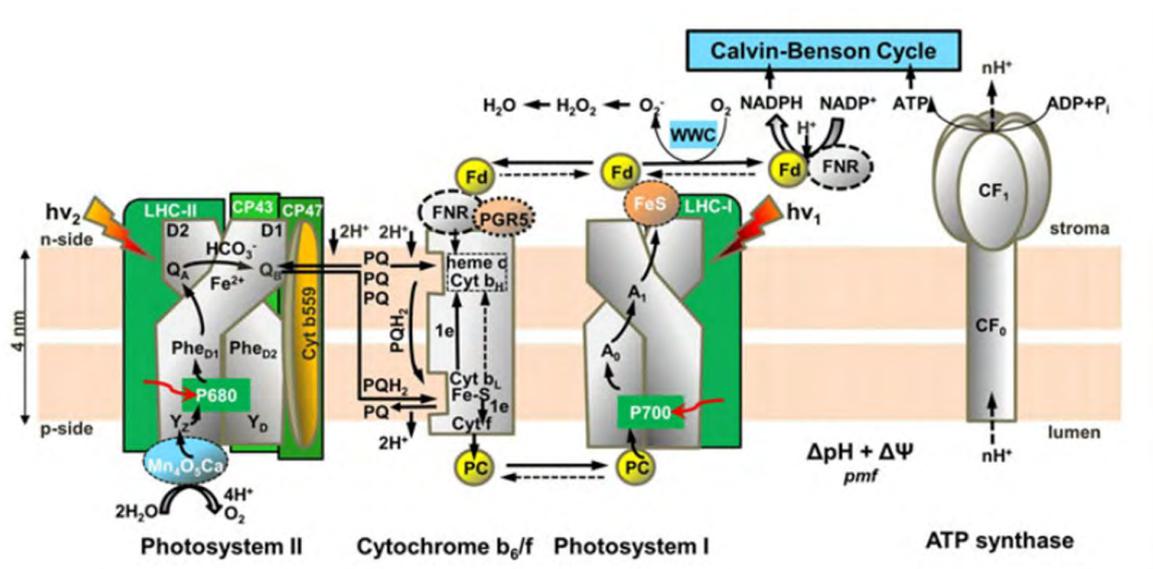
A resistência simples da *D. insularis* já foi relatado pela HEAP (2016) em áreas de produção de soja convencional onde a pressão de seleção exercida pelos inibidores de ACCase é maior. Nessas áreas de cultivo, o rigor no controle do capim-amargoso resistente deve ser feito com maior intensidade, pois o surgimento da planta daninha em pós-emergência da soja fica limitada a apenas ao uso de graminicidas.

A lacuna que existe no controle da *D. insularis* em estádios fenológicos mais avançados realizado em partes pelos inibidores da ACCase é feito com os herbicidas de contato, em especial o paraquate, paraquate+diuron (GEMELLI et al., 2012; BARROSO et al., 2014; ZOBIOLE et al., 2016). Esses herbicidas são eficientes no manejo do capim-

amargoso resistente por reduzir drasticamente a área foliar dessas plantas. A perda da parte aérea deixa a planta mais fragilizada, pois obriga a mobilização de reservas para emissão de perfilhos, ficando mais sensível aos demais herbicidas empregados no controle sequencial, cujo o parcelamento da dose com o intervalo entre as aplicações acaba aumentando a eficiência de controle (GEMELLI et al., 2012).

O paraquate e a mistura comercial entre paraquate+diuron são herbicidas inibidores do fotossistema I e fotossistema I e II (em mistura comercial), respectivamente. Os fotossistemas funcionam de forma independente e complementar e ambos são necessários para que a fotossíntese possa funcionar eficientemente (GILO et al., 2016).

A fotossíntese que é uma reação de transformação energética, ocorre em seres vivos clorofilados onde a energia solar é transformada em energia química utilizada para síntese de carboidratos, essenciais à manutenção vegetal (ASHRAF & HARRIS, 2013). Os herbicidas inibidores do fotossistema II (FSII) interrompem o fluxo de elétrons ligando-se ao sítio de ligação do complexo da proteína D1, competindo com a plastoquinona (PQ) pelo transporte de elétrons (Figura 3). A interrupção no transporte de elétrons reduz drasticamente a produção de carboidratos porém, a absorção de energia continua sendo efetivada pelo centro de reação do FSII, o que resulta na formação de espécies reativas de oxigênio que degradam proteínas e membranas vegetais, levando a planta à morte (POWLES & YU, 2010).



**Figura 3** – Ilustração esquemática da etapa fotoquímica da fotossíntese. (STIBERT & GOVINDJEE, 2012).

O paraquate e o diquate são os herbicidas mais importantes do grupo dos inibidores do fotossistema I (FSI). O FSI é um complexo proteico envolvido no processo da fotossíntese e que atua na transferência de elétrons na redução do NADP<sup>+</sup> em NADPH (TAIZ & ZEIGER, 2013). Ambos herbicidas possuem ação de contato com rápida absorção pelas folhas das plantas.

O paraquate age na captura de elétrons do FSI produzindo radicais hidroxilas e espécies reativas de oxigênio que superam os mecanismos de defesas endógenas da planta, causando danos à membrana plasmática, com extravasamento do líquido intracelular (MARTINS, 2013). Com isso as plantas começam, em poucas horas, a demonstrar sintomas de murchamento e cloroses internervurais, evoluindo para tecidos necrosados, culminando com a morte da planta (CHRISTOFFOLETI & NICOLAI, 2016).

Outro herbicida alternativo bastante empregado em espécies resistentes ao glifosato é o glufosinato de amônio. O glufosinato é um herbicida de elevado espectro de controle que age inibindo de maneira irreversível a enzima glutamina sintase (GS) (CHRISTOFFOLETI & NICOLAI, 2016).

A enzima GS catalisa a transferência de amônia para o glutamato, formando a glutamina. É uma enzima fundamental na assimilação de nitrogênio, sendo uma importante componente necessária para a planta utilizar amônio, produzir aminoácidos e também participar na desintoxicação da amônia como metabólito resultante da redução do nitrato (MEEK & VILLAFRANCA, 1980). Com a ação do herbicida, a morte da planta é causada pela deficiência de nitrogênio nas células aumentando níveis tóxicos de glioxilato e reduzindo a regeneração de compostos intermediários em rotas metabólicas que são dependentes do nitrogênio (LEA, 1991).

Contudo, os herbicidas inibidores do fotossistema I (paraquate) e a mistura comercial entre inibidores do fotossistema I e II (paraquate+diuron), além do uso do glufosinato, compõem de maneira eficiente os principais herbicidas promotores na redução da área foliar para o manejo do capim-amargoso em associação a outros mecanismos de ação (ADEGAS et al., 2010; MELO et al., 2012; GEMELLI et al., 2013).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho foram conduzidos três ensaios distintos, denominados de EI, EII e EIII.

O primeiro ensaio (EI) foi conduzido em casa-de-vegetação na estação experimental da empresa Dow AgroScience, em Mogi Mirim – SP, no período de novembro a dezembro de 2015, para avaliar o desenvolvimento de nove biótipos de *D. insularis* coletados em diferentes localidades no Brasil sob a ação de doses crescentes dos herbicidas glifosato, cletodim e haloxifope.

O segundo (EII) e terceiro ensaio (EIII) foram conduzidos em condições de campo na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, em Seropédica – RJ, no período de julho a outubro de 2016, para avaliar alternativas de controle de *D. insularis* em pós-emergência utilizando herbicidas sistêmicos e de contato.

#### 3.1 Ensaio I – Detecção da Suscetibilidade Diferencial

Neste ensaio foram coletados biótipos de capim-amargoso em áreas de produção de soja com histórico de aplicações de glifosato nos municípios de Mogi Mirim/SP, Santa Helena de Goiás/GO, Palotina1/PR, Palotina2/PR, Cascavel/PR, Maripá/PR, Toledo1/PR, Toledo2/PR e um biótipo supostamente suscetível (em área sem histórico de aplicação de glifosato) em Seropédica/RJ, totalizando nove biótipos.

As unidades experimentais foram compostas por vasos de 4 cm<sup>3</sup> (Figura 4) preenchidos com substrato preparado na proporção de 3:1 de solo e composto orgânico peneirado. O substrato recebeu o equivalente a 1.000 kg ha<sup>-1</sup> de calcário e 100 kg h<sup>-1</sup> do fertilizante formulado 4-20-20 de NPK.



**Figura 4** - Visão geral do experimento em casa-de-vegetação.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos inteiramente casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 3x4+1 sendo o Fator A os herbicidas (glifosato, cletodim e haloxifope) e o Fator B, as doses dos herbicidas mais o controle, totalizando 52 unidades experimentais por biótipo.

As doses utilizadas para cada herbicida foram determinadas em 1D, 2D, 4D e 8D sendo que D foi definido conforme a dose máxima recomendada em bula para plantas daninhas do mesmo gênero *Digitaria* na cultura da soja, conforme descrito a seguir:

- Glifosato: 0 (controle), 1440, 2880, 5760, 11520 g ha<sup>-1</sup> de e.a.
- Cletodim: 0 (controle), 96, 192, 384, 768 g ha<sup>-1</sup> de i.a.
- Haloxifope: 0 (controle), 60, 120, 240, 480 g ha<sup>-1</sup> de i.a.

A semeadura foi realizada no dia 04/11/2015 cobrindo com uma fina camada uma média de 30 sementes por unidade experimental, com substrato comercial Plantmax<sup>®</sup> peneirado. Os vasos foram mantidos em estufa em temperatura de 26 ± 5 °C e umidade a 65% com irrigação programada para conservar a condição de água no substrato próxima a capacidade de campo. Aos seis dias após-emergência (DAE) foi realizado desbaste, uniformizando o número de quatro plântulas por vaso.

As aplicações dos herbicidas foram realizadas aos 33 DAE, quando as plantas encontravam-se com três a cinco folhas totalmente expandidas. As aplicações foram realizadas fora da casa-de-vegetação, com pulverizador costal pressurizado com CO<sub>2</sub> equipado com barra de 4 bicos equipados com pontas AIXR Teejet<sup>®</sup> 110.015 na pressão de trabalho de 45 PSI e consumo de calda de 120 L ha<sup>-1</sup>. No momento da aplicação foi registrado temperatura de 28,4 °C, umidade relativa do ar de 67,8% e vento de 2,4 km h<sup>-1</sup>.

### **3.2 Ensaio EII e EIII– Avaliação da Eficiência de Controle de Herbicidas de Pós-emergência em Plantas de *D. insularis***

Dois ensaios distintos (EII e EIII) foram conduzidos em condições de campo no Setor de Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, em Seropédica–RJ visando o controle químico alternativo de *D. insularis* em pós-emergência.

Foram utilizados, para ambos os experimentos, sementes de *D. insularis* coletadas no município de Mogi Mirim/SP, e semeadas em unidades experimentais compostas por vasos de 1000 cm<sup>3</sup> preenchidos com substrato preparado na proporção de 3:1 de solo, composto orgânico e o equivalente a 1.500 kg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico. A semeadura foi realizada no dia 05/07/2016 cobrindo, com uma fina camada de substrato preparado na proporção de 3:1 de solo e composto orgânico peneirado, uma média de 30 sementes por unidade experimental. Aos 21 DAE foi realizado desbaste onde foram mantidos 4 plântulas por vaso. A irrigação foi realizada de maneira que a umidade do substrato em todas as unidades experimentais fosse mantida de acordo com a necessidade das plantas.

Os tratamentos dos ensaios EII e EIII foram aplicados quando as plantas alcançaram os estádios fenológicos de 3-4 folhas (27 DAE), 3-4 perfilhos (47 DAE) e pleno florescimento da planta (69 DAE) (Figura 5).



**Figura 5** - Estádios fenológicos de aplicação das plantas de capim-amargoso com 3-4 folhas (A), 3-4 perfilhos (B) e em florescimento (C).

Ambos os ensaios foram organizados em delineamento experimental de blocos inteiramente casualizados, com quatro repetições.

No ensaio EII, foi utilizado o esquema fatorial 3x3 para cada herbicida sendo o Fator A os estádios fenológicos (3-4 folhas, 3-4 perfilhos e pleno florescimento) e o Fator B as doses dos herbicidas mais a testemunha sem aplicação, totalizando 36 unidades experimentais por herbicida. As doses utilizadas para cada herbicida foram determinadas em 1/2D e 1D sendo que D foi definido conforme a dose máxima recomendada em bula para plantas daninhas do mesmo gênero *Digitaria* na cultura da soja, conforme descrito a seguir:

- Setoxidim: 0 (testemunha), 92, 184 g ha<sup>-1</sup> de i.a.
- Cletodim: 0 (testemunha), 48, 96 g ha<sup>-1</sup> de i.a.
- Haloxifope: 0 (testemunha), 30, 60 g ha<sup>-1</sup> de i.a.
- Quizalofope: 0 (testemunha), 60, 120 g ha<sup>-1</sup> de i.a.

As aplicações dos herbicidas foram feitas com as plantas nos estádios de desenvolvimento de 3 a 4 folhas, 3 a 4 perfilhos e em pleno florescimento, sendo realizadas com pulverizador costal pressurizado com CO<sub>2</sub> equipado com barra de 4 bicos com pontas AIXR Teejet® 110.015 na pressão de trabalho de 40 PSI e volume de calda de 100 L ha<sup>-1</sup>.

No ensaio III foi utilizado o esquema fatorial 3x3 sendo o Fator A os estádios fenológicos (3-4 folhas, 3-4 perfilhos e pleno florescimento) e o Fator B as doses dos herbicidas mais a testemunha sem aplicação, somando 36 unidades experimentais. As doses utilizadas para cada herbicida foram determinadas em 1/2D e 1D sendo que D foi definido conforme a dose máxima recomendada em bula para plantas daninhas do mesmo gênero *Digitaria* na cultura da soja, conforme descrito a seguir:

- Paraquate: 0 (testemunha), 300, 600 g ha<sup>-1</sup> de i.a.
- Paraquate+Diuron: 0 (testemunha), 100+50, 200+100 g ha<sup>-1</sup> de i.a.
- Glufosinato: 0 (testemunha), 300, 600 g ha<sup>-1</sup> de i.a.

As plantas de capim-amargoso conforme foram atingindo os estádios de desenvolvimento de 3 a 4 folhas, 3 a 4 perfilhos e pleno florescimento receberam a aplicação das doses dos herbicidas paraquate, glufosinato e paraquate+diuron como indicado anteriormente.

Após 10 dias da primeira aplicação foi realizado, nas mesmas plantas, a aplicação sequencial com os herbicidas paraquate, glufosinato e paraquate+diuron nas mesmas doses estabelecidas para o ensaio III. A aplicação sequencial é uma ferramenta que auxilia o

controle de plantas daninhas, que muitas vezes apresentam dificuldade de controle por se encontrarem em um estágio de desenvolvimento avançado (ZOBIOLE et al., 2016).

As aplicações, realizadas em uma área distante aos demais vasos com o intuito de evitar a deriva dos herbicidas, foram feitas com pulverizador costal pressurizado com CO<sub>2</sub> equipado com barra de 4 bicos com pontas AIXR Teejet®110.015 na pressão de trabalho de 40 PSI e consumo de calda de 100 L ha<sup>-1</sup>.

### 3.3 Avaliações

Para os três ensaios foram realizadas as seguintes avaliações:

#### a) Eficácia de controle

Foram feitas avaliações de sintoma aos 7, 14 e 21 dias após aplicação (DAA) obedecendo a escala visual de injúrias das plantas que varia de 0 a 100% em que 0% representa a ausência de sintoma e 100% a morte total da planta, segundo método proposto pela Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas (SBCPD, 1995).

#### b) Fluorescência da clorofila *a*

As avaliações dos parâmetros da cinética de emissão da clorofila *a* transiente foram realizadas utilizando fluorômetro portátil (HandPEA, Hansatech, King's Lynn, Norfolk UK). Os cliques utilizados para estas medições foram colocados no terço médio de folhas jovens completamente expandidas, no período da manhã, e as medições, realizadas 20 minutos após a adaptação das folhas ao escuro. A emissão de fluorescência foi induzida em uma área de aproximadamente 12 mm<sup>2</sup> de folha pela exposição da amostra a um pulso de luz saturante numa intensidade de 3.000 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>. A partir da curva de emissão de fluorescência transiente obtida após o pulso, as intensidades determinadas a 50 μs (fluorescência inicial - F<sub>0</sub>), 100, 300 μs, 2 (F<sub>J</sub>) e 30 (F<sub>I</sub>) ms e F<sub>M</sub> (fluorescência máxima), foram utilizadas para o cálculo dos parâmetros estabelecidos pelo Teste JIP (STRASSER e STRASSER, 1995) (Tabela 1).

**Tabela 1** - Principais parâmetros do Teste JIP (Adaptada de: STRASSER et al., 2004 e YUSUF et al., 2010).

<b>Parâmetros de fluorescência calculados a partir dos dados primários obtidos</b>	
$F_V = F_M - F_0$	Fluorescência variável
$F_V/F_M$	Rendimento quântico máximo do FSII
$V_t$	Fluorescência variável relativa em um tempo "t"
$V_j$	Fluorescência variável relativa em relação ao nível J
$V_i$	Fluorescência variável relativa em relação ao nível I
$M_0 = 4(F_{300\mu s} - F_0)/(F_M - F_0)$	Declive inicial aproximado (em $ms^{-1}$ ) da fluorescência transiente $V = f(t)$
$S_s = V_j/M_0$	Área total normalizada complementar correspondente apenas a fase OJ (reflete um único volume de eventos de redução de $Q_A$ )
$S_m = (Area)/(F_M - F_0)$	Área total normalizada complementar acima da curva OJIP (reflete múltiplos eventos de redução $Q_A$ )
$N = S_m/S_s$	Número total de elétrons transferidos para a cadeia de transporte de elétrons entre o tempo de 0 e (necessário para atingir $F_M$ )
<b>Atividade específica por centro de reação (RC)</b>	
$ABS/RC = M_0 (1/V_j) (1/\phi P_0)$	Medida do tamanho aparente do sistema antena ou o fluxo de absorção por RC
$TR_0/RC = M_0 (1/V_j)$	Máxima taxa pela qual um éxciton é capturado pelo RC resultando em uma redução da plastoquinona ( $Q_A^-$ )
$ET_0/RC = M_0 (1/V_j) \Psi_0$	Reoxidação da $Q_A^-$ via transporte de elétrons em um RC ativo
$DI_0/RC = (ABS/RC) - (TR_0/RC)$	Razão de dissipação total de energia de excitação não capturada do total de RC, sendo a dissipação neste caso à perda de energia na forma de calor
$RE_0/RC$	Redução do aceptor final de elétrons no lado do aceptor de elétrons do FSI por RC
<b>Rendimentos energéticos ou taxas de fluxo</b>	
$\phi P_0 = TR_0/ABS = F_V/F_M$	Rendimento quântico máximo fotoquímico
$\phi_{E0} = ET_0/ABS$	Rendimento quântico de transporte de elétrons de $Q_A^-$ para o intersistema de aceptores de elétrons
$\phi_{D0} = 1 - \phi P_0 = (F_0/F_M)$	Rendimento quântico para dissipação de energia
$\phi_{R0} = RE_0/ABS$	Rendimento quântico de transporte de elétrons de $Q_A^-$ para o aceptor final de elétrons do FSI
<b>Eficiências</b>	
$\psi E_0 = ET_0/TR_0$	Eficiência com que um éxciton capturado no RC pode mover um elétron de $Q_A^-$ para o intersistema de aceptores de elétrons
$\rho_0 = RE_0/TR_0$	Eficiência com que um éxciton capturado no RC pode mover um elétron dentro da cadeia de transporte de elétrons de $Q_A^-$ para os aceptores finais de elétrons do FSI
$\delta R_0 = RE_0/ET_0$	Eficiência com que um elétron pode mover o intersistema de aceptores de elétrons reduzidos no intersistema para o aceptor final de elétrons do FSI
<b>Índices de desempenho</b>	
$PI_{ABS} = \frac{RC}{ABS} B \left( \frac{\phi P_0}{10 S \phi P_0} \right) 0Si \left( \frac{\Psi_0}{10 \Psi_0} \right)$ $= \frac{RC}{ABS} B \frac{TR_0}{DI_0} \times \frac{ET_0}{1 TSET_0}$	Índice de desempenho fotossintético (conservação de energia a partir do éxciton para a redução dos aceptores de elétrons do intersistema)
$PI_{total} = PI_{ABS} BS \frac{\delta_0}{1 B \delta_0}$	Índice de desempenho fotossintético total (conservação de energia a partir do éxciton para a redução dos aceptores finais do FSI)

As avaliações da clorofila *a* no ensaio EI foram realizadas aos 14 e 21 DAA e no ensaio EII e EIII realizadas aos 7 e 21 DAA em plantas no estágio de 3-4 folhas, 3-4 perfilhos e em florescimento.

### c) Avaliações biométricas

As plantas que sobreviveram a aplicação das doses dos herbicidas após 21 dias tiveram as seguintes variáveis resposta avaliadas: comprimento das raízes das plantas (CR), removendo todo substrato em água e mensurando seu comprimento; biomassa seca total (MST) acondicionando as plantas em sacos de papel e levando-as para estufa de circulação forçada na temperatura de  $60\pm 5^{\circ}\text{C}$  por 72 horas, ou até que a massa se mantenha constante, e pesadas em balança analítica; e o comprimento da parte aérea (CPA). O CPA das plantas do ensaio EI foi feito medindo-se a extensão entre a superfície do substrato dos vasos e toda parte verde ainda que permaneceu nas plantas tratadas de capim-amargoso. Para os ensaios EII e EIII, as plantas com 3-4 folhas e 3-4 perfilhos, tiveram o comprimento determinado seguindo a mesma metodologia descrita para as plantas com 3-4 folhas do ensaio EI; e para as plantas em pleno florescimento o CPA foi feito considerando a medida entre a superfície do substrato à folha bandeira, desconsiderando o comprimento da panícula.

Nos ensaios EII e EIII a MST foi determinada considerando as folhas aderidas a planta matriz e que ainda apresentavam coloração que sinalizasse que as plantas ainda estavam vivas mesmo numa pequena fração da lâmina foliar. Com isso os dados de MST e CPA não mostraram diferença significativa do tratamento testemunha mesmo com notas elevadas de controle.

### 3.4 Estatística

Os dados de sintoma visual foram submetidos a análise de variância e a aplicação do teste F com  $p\leq 0,05$ . Identificada diferença entre as respostas de controle dos biótipos aos tratamentos, realizou-se a análise de regressão não-linear. Os dados foram ajustados a modelos propostos por Knezevic et al., (2007) e Kniss & Streibig (2015).

Os parâmetros “b”, “d” e “e” gerados pelos modelos de regressão não-linear são parâmetros da curva dose-resposta dos biótipos estudados de modo que “b” é a declividade da curva, “d” o limite superior da curva e “e” a dose que proporciona 50% da resposta da variável. Considerou-se 0 como limite inferior (Equação 1).

$$y = \frac{d}{\{1 + \exp[b(\log x - \log e)]\}} \quad (1)$$

Os resultados do fator de resistência (FR) empregados para efeito de comparação entre os biótipos pelo uso do  $C_{50}$  (controle de 50% da população) e  $GR_{50}$  (redução de 50% do crescimento) foram fornecidos por modelo estatístico usado pelo programa R (CHRISTOFFOLETI, 2002; MELO, 2011).

Os dados biométricos de massa seca total (MST), comprimento de raiz (CR) e comprimento de parte aérea (CPA) avaliados no experimento EI foram submetidos à aplicação do teste F sobre análise da variância com  $p\leq 0,05$  e posteriormente ajustados por modelos de regressão não-linear (MACHADO & CONCEIÇÃO, 2007). A escolha dos modelos foi baseada na significância estatística (teste F) e no ajuste do coeficiente de determinação ( $R^2$ ). Para o experimento EII e EIII os dados biométricos foram submetidos a análise da variância a aplicação do teste F sobre com  $p\leq 0,05$  e, se significativos, as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 ENSAIO I - Detecção da Suscetibilidade Diferencial

Os nove biótipos de *Digitaria insularis* avaliados sob aplicação dos herbicidas cletodim e haloxifope apresentaram sintomas semelhantes logo na primeira avaliação, realizada aos 7 DAA, caracterizada com clorose foliar mais acentuada, quando comparado ao glifosato, e o surgimento da coloração avermelhada entre as nervuras foliares. Outro sintoma observado nas plantas sob efeito das doses de cletodim e haloxifope e descrito na sintomatologia de plantas sobre a ação dos inibidores da ACCase é o “coração morto”, onde se remove com facilidade a folha do ápice, devido a necrose da zona de crescimento pelo bloqueio da síntese de lipídeos (GEMELLI et al., 2012).

Todos os sintomas verificados aos 7 DAA para cletodim, haloxifope e glifosato foram observados de maneira mais intensa aos 14 DAA. Nesse período, notou-se uma acentuação na clorose e senescência foliar.

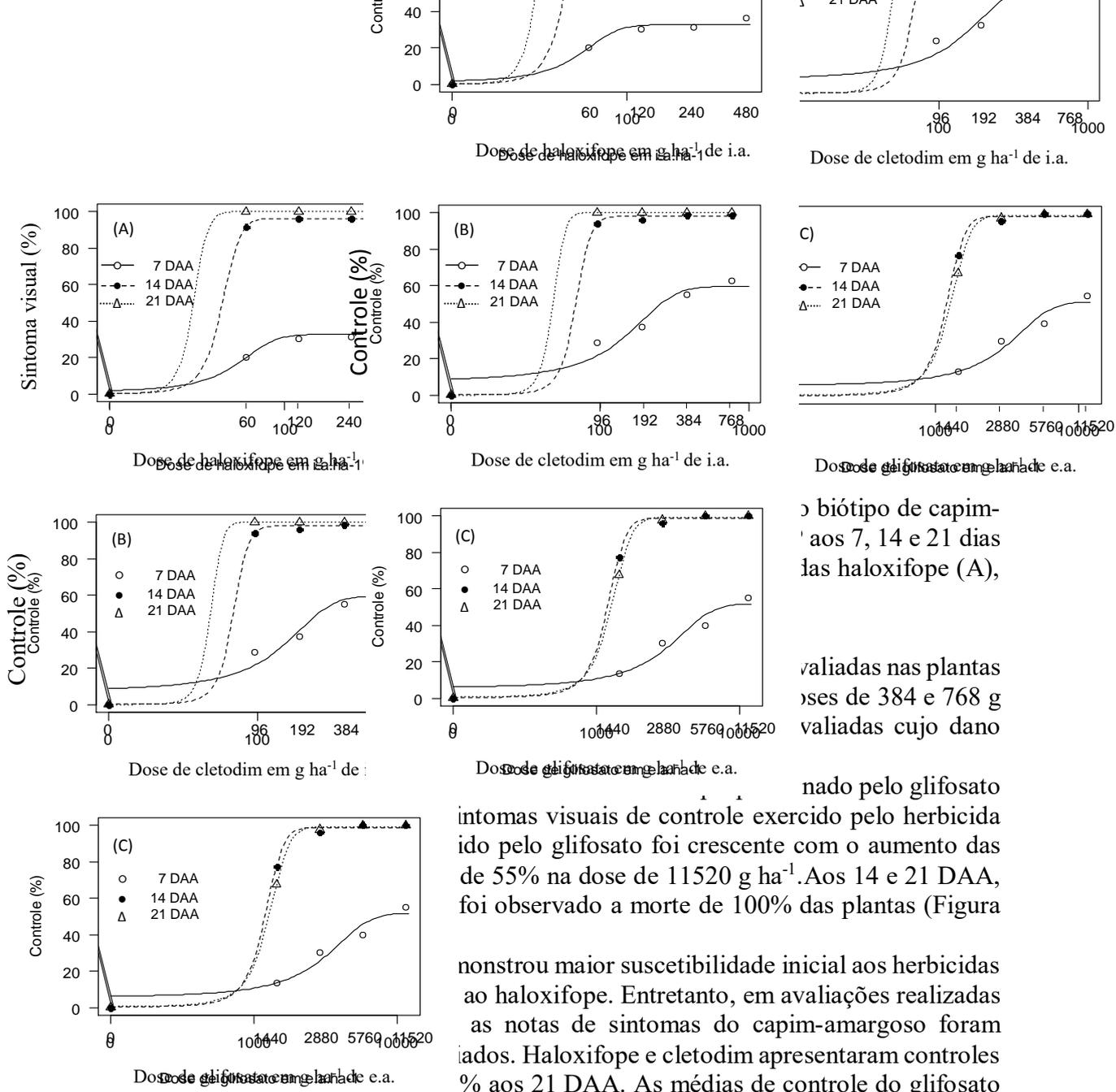
Acompanhando a evolução dos sintomas nas plantas de capim-amargoso sob efeito dos tratamentos buscou-se informações sobre a condição do aparato fotossintético das plantas sobre efeito do cletodim, haloxifope e glifosato. Entretanto, os sintomas severos das doses de cletodim e haloxifope nas plantas de capim-amargoso aos 21 DAA, levou as plantas à morte (sintoma de 100%), impossibilitando as avaliações da fluorescência da clorofila *a* aos 21 DAA. Em plantas que receberam glifosato, não foi possível a avaliação da fluorescência da clorofila *a* aos 21 DAA nos biótipos coletados nos municípios de Toledo2/PR, Santa Helena de Goiás/GO, Seropédica/RJ pelo mesmo motivo relatado para os herbicidas cletodim e haloxifope.

Neste ensaio os parâmetros biométricos de comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR) e biomassa seca total (MST) das plantas tratadas com cletodim e haloxifope não existem, pois as plantas foram controladas aos 21 DAA.

Os dados obtidos após 21 DAA, em plantas de capim-amargoso que receberam glifosato mostraram diferenças significativas na redução da massa seca (GR) e no controle visual (C) entre os biótipos testados, confirmando uma variação no fator de resistência (FR) de plantas no estágio fenológico de 3-4 folhas, oriundas de sementes coletadas nos municípios de Palotina1/PR, Palotina2/PR, Toledo1/PR, Maripá/PR e Cascavel/PR, para este herbicida. Os demais biótipos coletados em Seropédica/RJ, Santa Helena de Goiás/GO e Toledo2/PR não sobreviveram ao herbicida em avaliação realizada aos 21 DAA dos tratamentos.

#### 4.1.1 Biótipo Mogi Mirim/SP

As plantas do biótipo coletado no município de Mogi Mirim/SP tratadas com o herbicida haloxifope, aos 7 DAA, não mostraram diferença entre as doses avaliadas e a testemunha com exceção da dose de 60 g ha<sup>-1</sup> de i.a.. Nas doses de 120, 240 e 480 g ha<sup>-1</sup> de i.a. o sintoma visual do capim amargoso foi de aproximadamente 33% de dano enquanto que na dose de 60 g ha<sup>-1</sup> de i.a. o sintoma foi de 20% em comparação a planta testemunha. Aos 14 e 21 DAA as plantas tratadas com o herbicida haloxifope não mostraram aumento dos sintomas com o aumento das doses. Aos 21 DAA foi observado a morte de 100% das plantas de capim-amargoso em todos os tratamentos (Figura 6A).

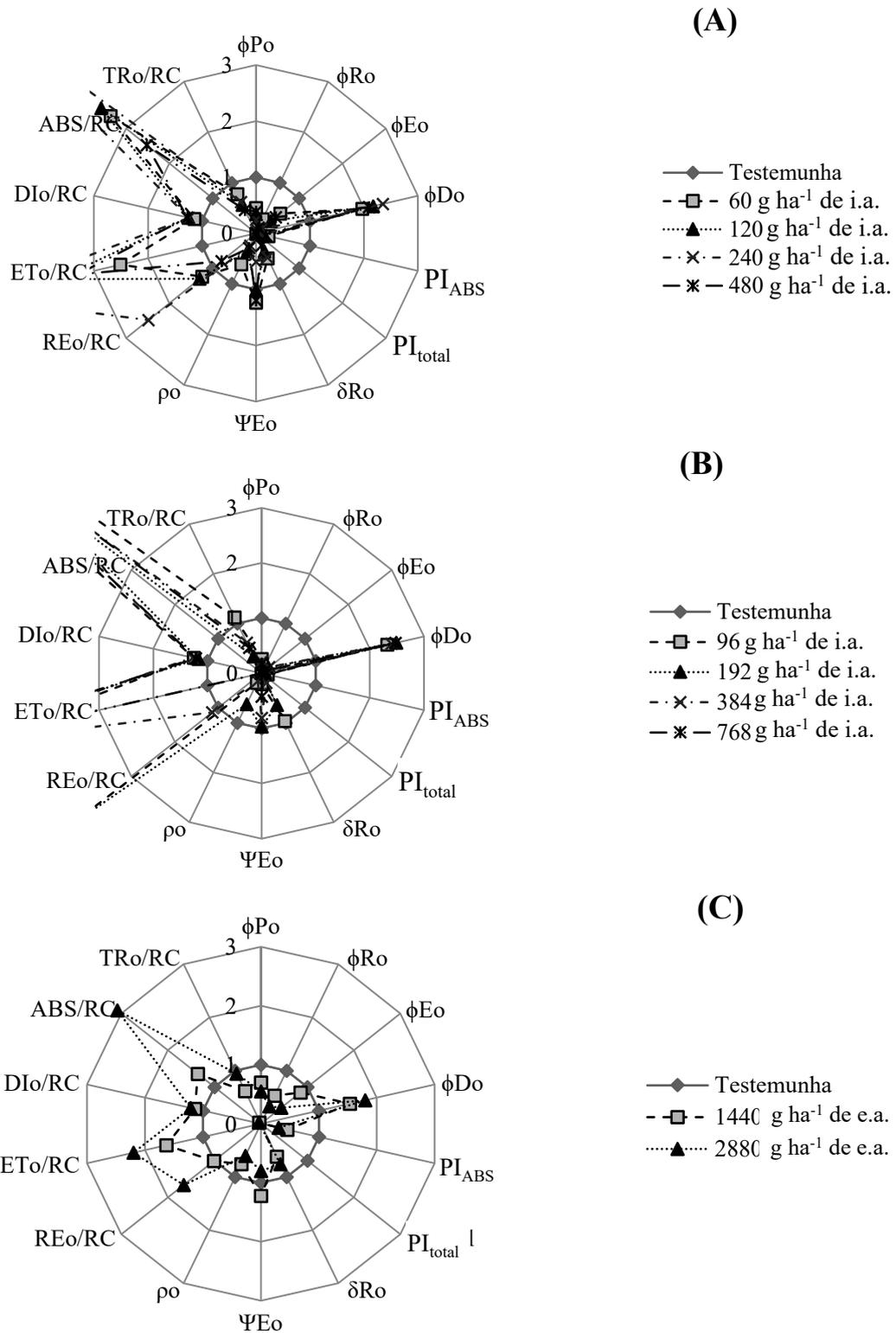


destoaram do comportamento do cletodim e haloxifope apenas na dose de 1440 g ha<sup>-1</sup> de e.a. quando o controle aos 21 DAA (77,5%) foi menor que o observado aos 14 DAA (67,5%) (Figura 6C).

Para as plantas tratadas com os herbicidas cletodim e haloxifope, os parâmetros da fluorescência da clorofila *a*, aos 14 DAA, mostraram que a resposta das plantas foram semelhantes. Houve incremento de mais de 150% na medida do tamanho aparente do sistema antena ou o fluxo de absorção por RC(ABS/RC) e na reoxidação da Q<sub>A</sub><sup>-</sup> via transporte de elétrons em um RC ativo (ET<sub>0</sub>/RC), e redução de quase 100% dos parâmetros PI<sub>ABS</sub>, PI<sub>total</sub>, φRo e φPo em todas as doses testadas, quando comparado à testemunha (Figura 7A e B).

o biótipo de capim-amargoso aos 7, 14 e 21 dias após a aplicação dos herbicidas haloxifope (A), cletodim (B) e glifosato (C) avaliadas nas plantas daninhas com doses de 384 e 768 g ha<sup>-1</sup> de e.a. cujo dano

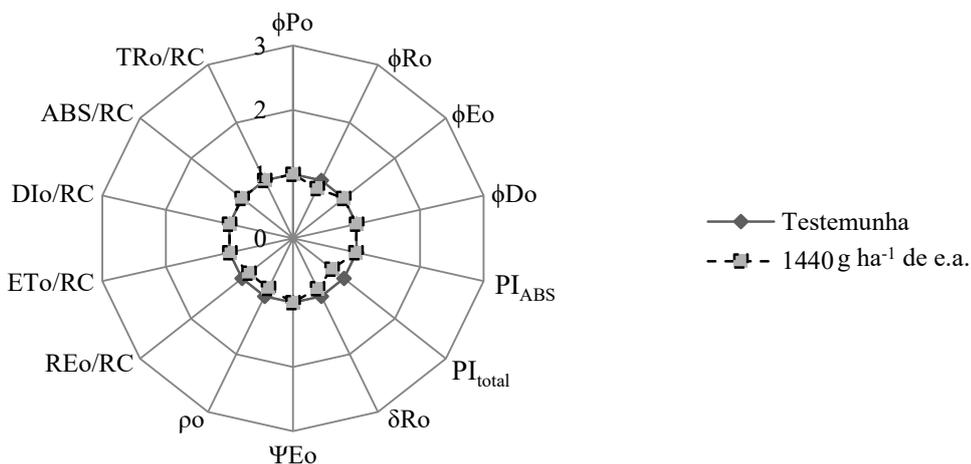
causado pelo glifosato foi maior que o observado pelo cletodim e haloxifope. O dano causado pelo glifosato foi crescente com o aumento das doses, chegando a 100% de controle aos 11520 g ha<sup>-1</sup> de e.a. Aos 14 e 21 DAA, foi observado a morte de 100% das plantas (Figura 6C).



**Figura 7** - Efeito das doses de haloxifope (A), cletodim (B) e glifosato (C) sob os parâmetros da fluorescência da clorofila *a*, obtidos através do teste JIP (centro radar=0,0, máximo=3,0) em relação ao padrão de comportamento - controle (linha contínua = 1,0), de biótipo de *D. insularis* coletado no município de Mogi Mirim/SP aos 14 dias após as aplicações dos herbicidas.

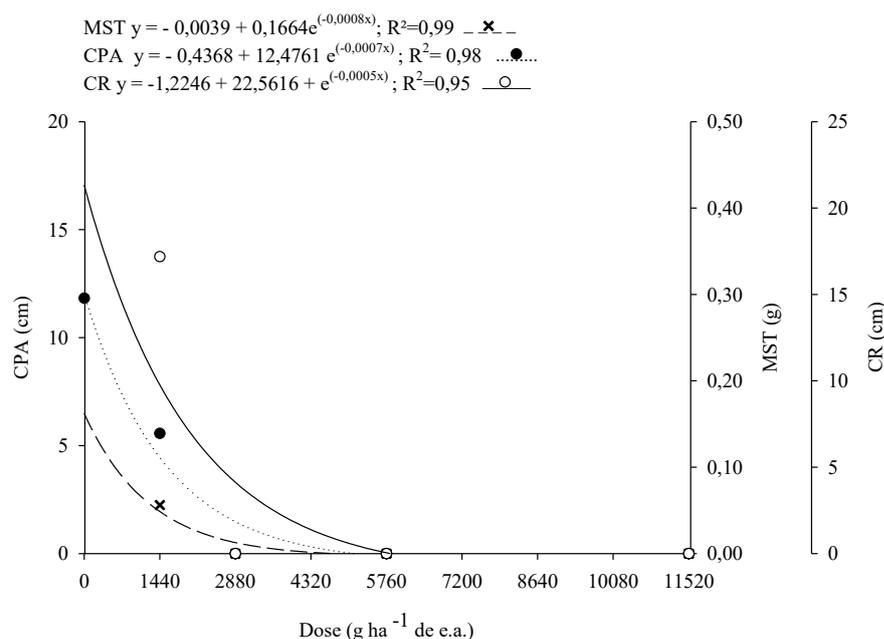
Na avaliação dos parâmetros da fluorescência da clorofila *a* das plantas tratadas com o herbicida glifosato, aos 14 DAA, foi possível efetuar as leituras somente das plantas tratadas nas doses de 1440 e 2880 g ha<sup>-1</sup> de e.a.. Nas demais doses, a ausência de área foliar para as leituras impossibilitou a coleta de dados. As plantas que sobreviveram às doses aplicadas apresentaram uma redução de quase 100% e 60% do parâmetro PI<sub>ABS</sub> e PI<sub>total</sub>, respectivamente, e incremento de cerca de 45% e 200% nos parâmetro ABS/RC nas doses de 1440 e 2880 g ha<sup>-1</sup> de e.a., respectivamente, quando comparados à testemunha (Figura 7C).

As plantas tratadas com o herbicida glifosato na dose de 1440 g ha<sup>-1</sup> de e.a. apresentaram aumento de 10% nos sintomas de controle visual entre as avaliações realizadas aos 14 e aos 21 DAA, o que não expressou a real recuperação aparente da planta. Essa observação é para destacar a recuperação das plantas tratadas com glifosato em dose comercial (1440 g ha<sup>-1</sup> de e.a.) aos 21 DAA. Na Figura 8 é possível verificar que os parâmetros fotossintéticos estão muito próximos aos verificados para o a testemunha. As demais doses de glifosato (2880, 5760 e 11520 g ha<sup>-1</sup> de e.a.) promoveram o controle de 100% das plantas aos 21 DAA.



**Figura 8** - Efeito das doses de glifosato sob os parâmetros da fluorescência da clorofila *a*, obtidos através do teste JIP (centro radar=0,0, máximo=3,0) em relação ao padrão de comportamento - controle (linha contínua = 1,0), de biótipo de *D. insularis* coletado no município de Mogi Mirim/SP aos 21 dias após a aplicação do herbicida.

Foi observado diferença significativa no CPA, MST e CR, cujas características avaliadas tiveram redução exponencial com o aumento das doses de glifosato testadas. A dose comercial (1440g ha<sup>-1</sup> de e.a.) reduziu 70,4%, 65,8% e 54,3% da MST, CPA e CR, respectivamente. Controle maior foi observado entre a dose comercial e o seu dobro (2880g ha<sup>-1</sup> de e.a.) com decréscimo de 72,9%, 70,4% e 57,8% da MST, CPA e CR, respectivamente. A partir do dobro da dose comercial (2880g ha<sup>-1</sup> de e.a.), houve redução de 100% no comprimento das plantas, massa seca e comprimento de raiz (Figura 9).



**Figura 9** - Efeito do herbicida glifosato no comprimento de parte aérea (CPA), massa seca total (MST) e comprimento de raiz (CR) de plantas de *D. insularis* aos 21 DAA. Biótipo coletado no município de Mogi Mirim/SP.

O dados de GR e C do biótipo de Mogi Mirim/SP foram utilizados como parâmetro de comparação para a determinação do fator de resistência (FR). O biótipo apresentou maior suscetibilidade às aplicações do herbicida glifosato quando comparado aos outros que sobreviveram aos 21 DAA. Dessa forma, os demais biótipos foram considerados como potencialmente resistentes (R) e o coletado no município de Mogi Mirim/SP suscetível (S) com FR para C<sub>50</sub> e GR<sub>50</sub> igual a 1,0.

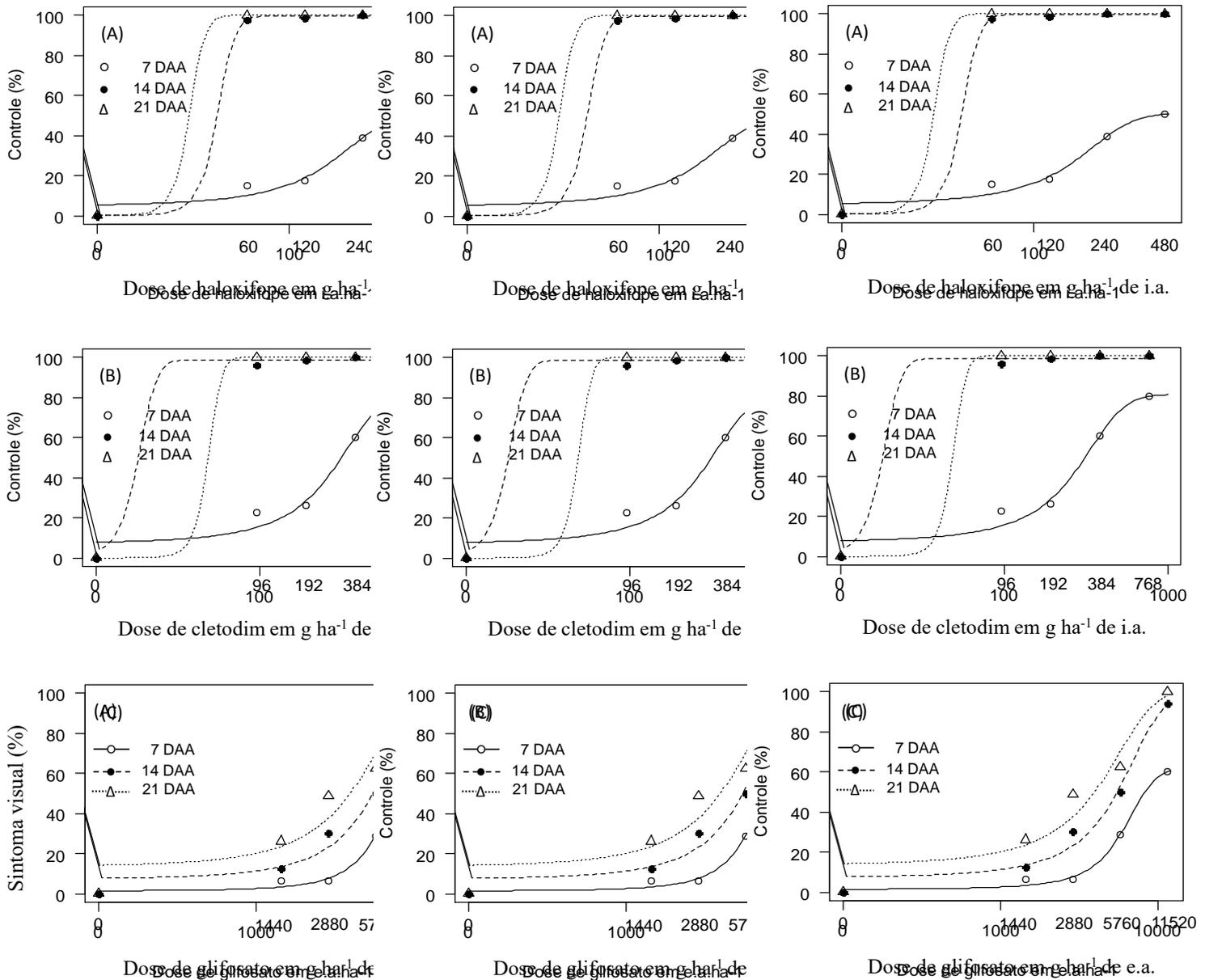
Os parâmetros estimados baseados na regressão não-linear mostram que o valor de “e” (dose que proporciona 50% de resposta da variável) é menor que a dose comercial de 1440 g ha<sup>-1</sup> de e.a. para GR e para C (Tabela 2).

**Tabela 2** - Parâmetros estimados para as curvas de dose-resposta do biótipo suscetível de capim-amargoso (*D. insularis*), no estágio de 3 a 4 folhas (SE = desvio padrão). Biótipo coletado em Mogi Mirim/SP.

<b>Parâmetros estimados baseados na regressão não-linear</b>				
		<b>b±SE</b>	<b>d±SE</b>	<b>e±SE</b>
<b>%Controle (C)</b>	Suscetível	-0,004±0,002	99,19±1,43	1269,0±91,37
<b>Biomassa seca (GR)</b>	Suscetível	3,47± 2,30	0,16± 0,01	1203,9±164,56

“b” é a declividade da curva; “d” é o limite superior da curva; “e” dose que proporciona 50% de resposta da variável.

Aos 21 DAA foi observado redução de 65,1% na massa seca das plantas de capim-amargoso no tratamento na dose comercial do herbicida glifosato (1440 g ha<sup>-1</sup> de e.a.), quando comparado à testemunha. O dobro da dose comercial proporcionou 100% de controle das plantas (Figura 10).



**Figura 11** - Curvas de dose-resposta para a avaliação de sintoma visual do biótipo de capim-amargoso (*D. insularis*) coletado no município de Palotina/PR aos 7, 14 e 21 dias após aplicação (DAA) no estágio fenológico de 3 a 4 folhas dos herbicidas haloxifope (A), cletodim (B) e glifosato (C).

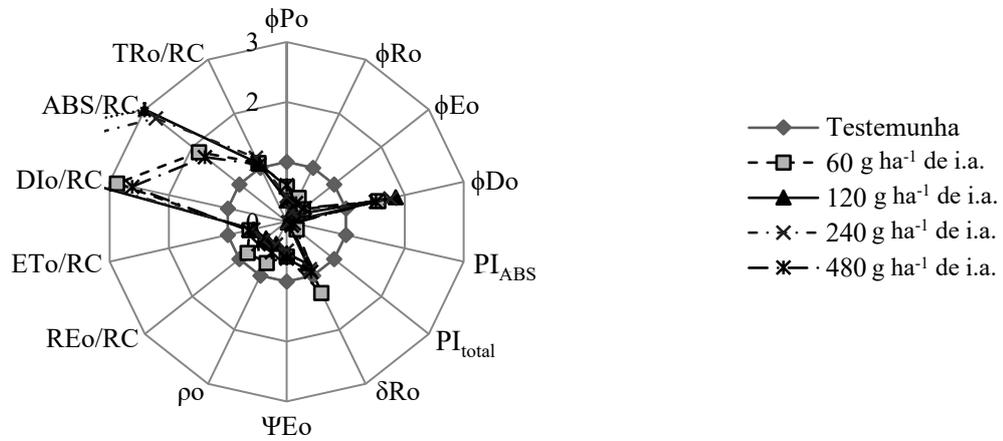
O mesmo foi observado para o herbicida cletodim quando os sintomas nas plantas verificadas para a dose recomendada em bula não diferiram das demais doses testadas aos 14 e 21 DAA. Aos 7 DAA do cletodim, foi observado maior sintoma de intoxicação das plantas a partir do dobro da dose recomendada por bula (192 g ha<sup>-1</sup> de i.a.) com aproximadamente 60% de controle (Figura 11B).

Para o glifosato, aos 7 DAA, não foi observado diferença nos sintomas da planta com a aplicação da dose de glifosato recomendada em bula, quando comparado à testemunha. As demais doses não diferiram das médias de controle. Embora o glifosato tenha proporcionado aos 14 e 21 DAA maior dano ao capim-amargoso, quando comparado a avaliação aos 7 DAA (Figura 11C), foi possível observar menor suscetibilidade do biótipo ao herbicida, quando comparado ao cletodim e haloxifope (Figura 11B e A), respectivamente.

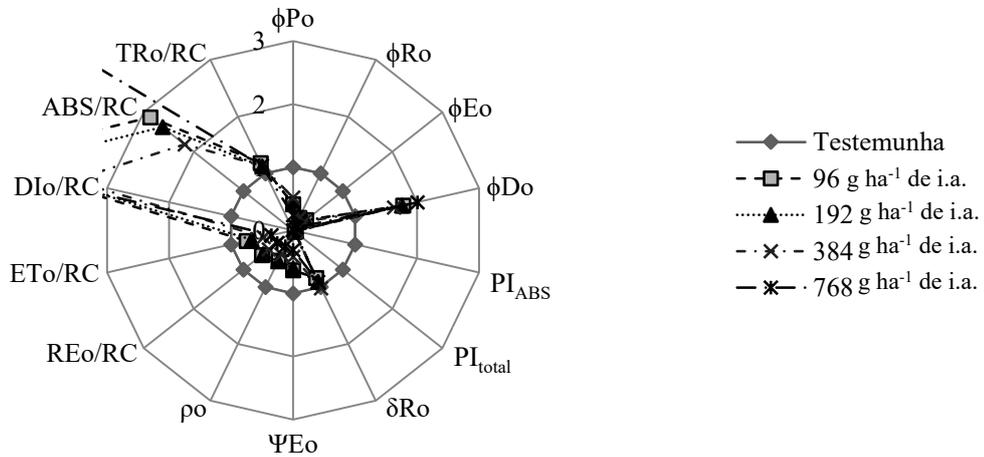
Para o biótipo coletado no município de Palotina/PR foi possível observar que o cletodim apresentou sintomas mais expressivos aos 7 DAA nas duas maiores doses aplicadas, quando comparado ao haloxifope e ao glifosato. Entretanto, a partir dos 14 DAA, os sintomas da *D. insularis* observados para o herbicida haloxifope se equiparou aos valores de eficiência do herbicida cletodim e somente o glifosato apresentou valores menores de controle.

Nas avaliações de fluorescência da clorofila *a* das plantas de capim-amargoso sob efeito dos herbicidas cletodim e haloxifope foram observados, aos 14 DAA, injúrias severas em  $PI_{total}$ ,  $PI_{ABS}$ ,  $\rho_0$  e  $\phi_{R0}$ , em todas as doses avaliadas, com redução superior a 70 % destes parâmetros, quando comparados a testemunha, o que demonstra uma sensibilidade no metabolismo dessas plantas pela ação dos herbicidas (Figura 12A e B).

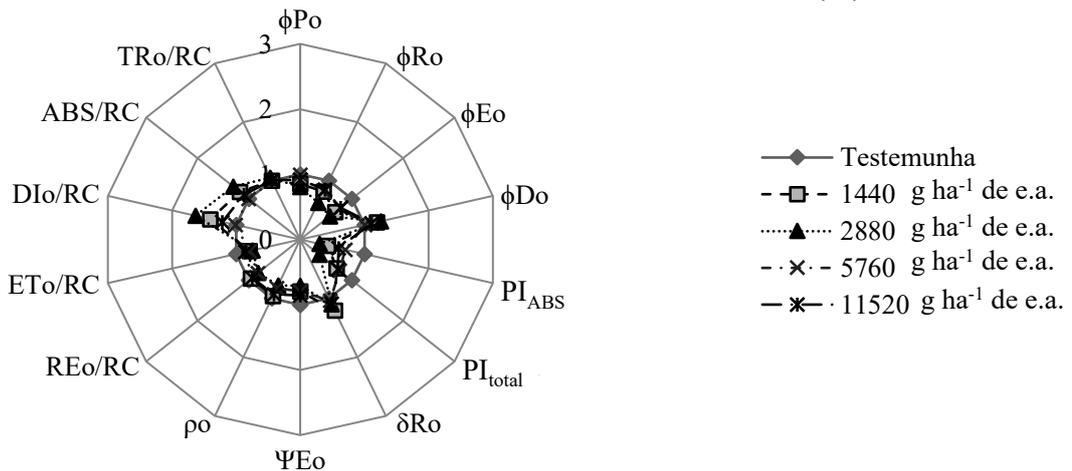
(A)



(B)



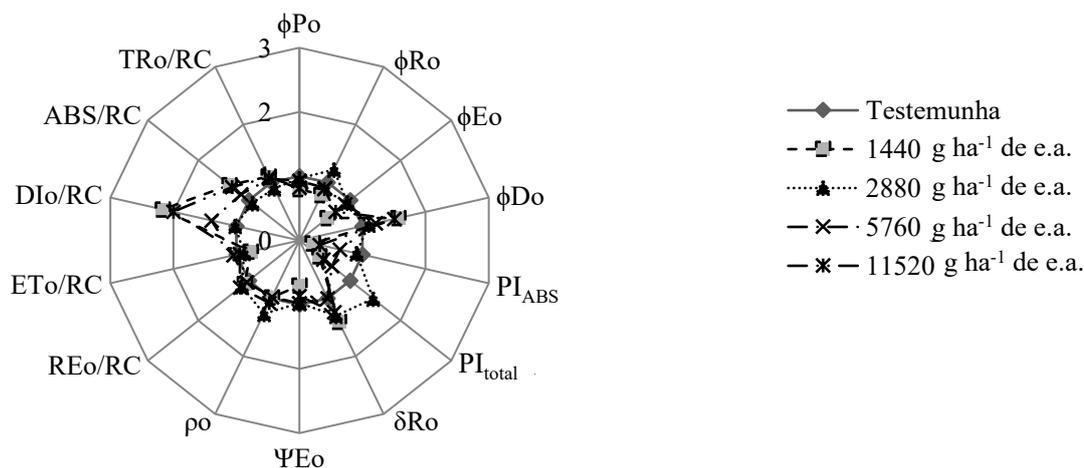
(C)



**Figura 12** - Efeito das doses de haloxifope (A), cletodim (B) e glifosato (C) sob os parâmetros da fluorescência da clorofila *a*, obtidos através do teste JIP (centro radar=0,0, máximo=3,0) em relação ao padrão de comportamento - controle (linha contínua = 1,0), de biótipo de *D. Insularis* coletado no município de Palotina/PR aos 14 dias após as aplicações dos herbicidas.

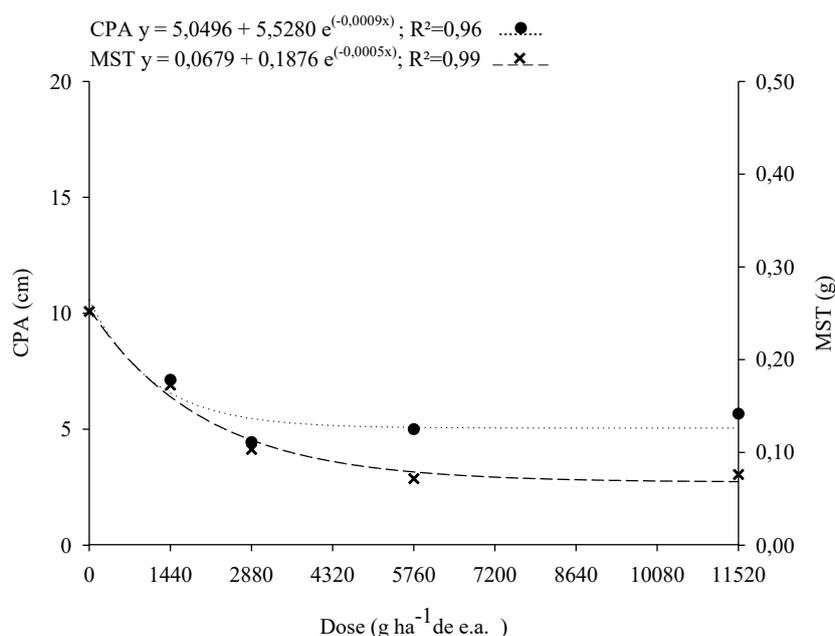
Em plantas tratadas com glifosato, a avaliação de fotossíntese realizada aos 14 DAA demonstrou comportamento semelhante entre as doses, como a redução de aproximadamente 50% de  $PI_{total}$ ,  $PI_{ABS}$ ,  $DIo/RC$  e  $\phi Do$ , principalmente nas doses de 1440 e 2880 g ha<sup>-1</sup> de i.a., quando comparadas a testemunha (Figura 12C).

Aos 21 DAA do herbicida glifosato os efeitos nos parâmetros  $PI_{total}$ ,  $PI_{ABS}$ ,  $DIo/RC$  e  $\phi Do$  se acentuaram para doses avaliadas, exceto para o tratamento de 2880 g ha<sup>-1</sup> de e.a.. Nesta avaliação os valores de  $PI_{total}$  e  $PI_{ABS}$  reduziram a valores próximos a zero e  $DIo/RC$  e  $\phi Do$ , obtiveram aumento de quase 100%, quando comparados a testemunha (Figura 13).



**Figura 13** – Efeito das doses de glifosato sob os parâmetros da fluorescência da clorofila *a*, obtidos através do teste JIP (centro radar=0,0, máximo=3,0) em relação ao padrão de comportamento - controle (linha contínua = 1,0), de biótipo de *D. insularis* coletado no município de Palotina/PR aos 21 dias após a aplicação do herbicida glifosato.

O efeito das doses de glifosato sobre as plantas de capim-amargoso aos 21 DAA mostrou diferença significativa para as variáveis respostas referente ao comprimento da parte aérea (CPA) e biomassa seca total (MST), indicando uma redução exponencial em ambas variáveis. O comprimento de raiz não mostrou diferença significativa entre as doses crescentes de glifosato (Figura 14).



**Figura 14** - Efeito de doses crescentes do glifosato no comprimento de parte aérea (CPA) e massa seca total (MST) de plantas de *D. insularis* aos 21 DAA. Biótipo coletado no município de Palotina/PR.

Foi observada uma redução de 52 e 72% no CPA e na MST, respectivamente.

A ação do glifosato causou decréscimo de 38% e de 36% para a MST e CPA entre a testemunha e a dose máxima de bula (1440 g ha<sup>-1</sup> de e.a.). O CR não apresentou diferença entre os tratamentos.

No estágio de 3 a 4 folhas o valor do FR para os níveis de inibição de crescimento a 50% no parâmetro analisado GR, para o biótipo de Palotina/PR, foi de 1,11 (Tabela 3).

**Tabela 3** - Doses de glifosato (g ha<sup>-1</sup> de e.a.) necessária para controlar (C) ou reduzir a massa seca (GR) de 50% da espécie *Digitaria insularis* do biótipo potencialmente resistente (R) e suscetível (S) no estágio de 3 a 4 folhas. Biótipo coletado em Palotina/PR.

Biótipo	Controle Visual (C) <sup>1</sup>	Massa seca (GR) <sup>1</sup>
R	1540,30	1337,30
S	1269,03	1203,90
FR (R/S) <sup>2</sup>	1,21	1,11

<sup>1</sup>- Dose necessária para controlar (C) ou reduzir a massa seca (GR) de 50% das plantas quando comparado com a testemunha.

<sup>2</sup>- Fator de resistência (FR) obtido a partir divisão do valor do biótipo R pelo biótipo S.

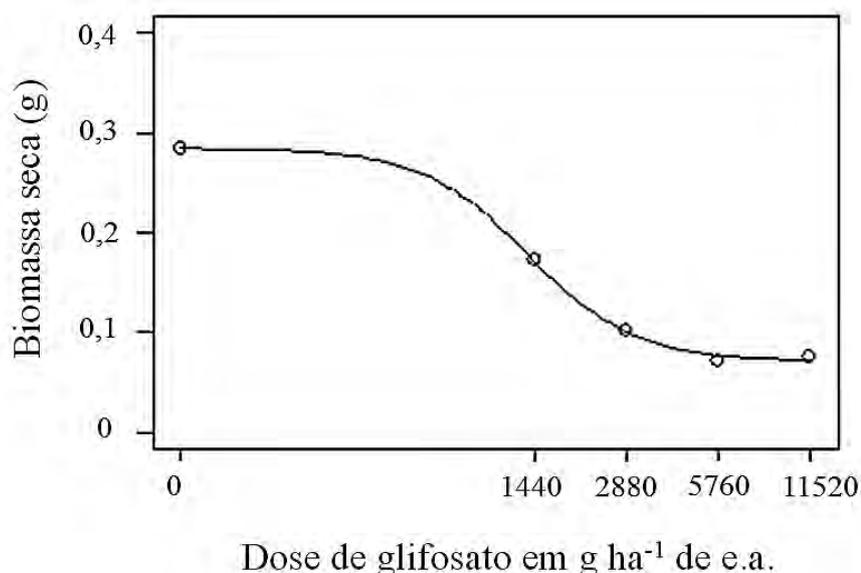
Foi observado que nos parâmetros estimados para a curva de dose-resposta do biótipo resistente, o valor de “e”, dose que proporciona 50% de resposta da variável, teve o desvio padrão elevado quando comparado à média. Dessa forma, a dose determinada pelos parâmetros estimados pela regressão não-linear não difere estatisticamente do biótipo potencialmente resistente do suscetível apesar do C e do GR serem maiores que 1,0 (Tabela 4).

**Tabela 4** - Parâmetros estimados para as curvas de dose-resposta dos biótipos potencialmente resistente (R) e suscetível (S) de capim-amargoso (*D. insularis*), no estágio de 3 a 4 folhas (SE = desvio padrão). Biótipo coletado em Palotina1/PR.

Parâmetros estimados baseados na regressão não-linear				
		b±SE	d±SE	e±SE
%Controle (C)	S	-0,004±0,002	99,19±1,43	1269,03±91,37
	R	-0,0014±0,00026	61,88±3,29	1540,3±219
Biomassa seca (GR)	S	3,47± 2,3	0,16± 0,01	1203,9±164,56
	R	2,67± 1,63	0,25± 0,02	1337,3±186,88

“b” é a declividade da curva; “d” é o limite superior da curva; “e” dose que proporciona 50% de resposta da variável.

Pela curva dose-resposta (Figura 15) é possível avaliar que mesmo a maior dose testada (11520 g ha<sup>-1</sup> de e.a.) não reduz a zero a massa seca das plantas tratadas com o herbicida glifosato. A dose máxima aplicada proporcionou 69,7% de redução da massa seca, quando comparado com a testemunha.



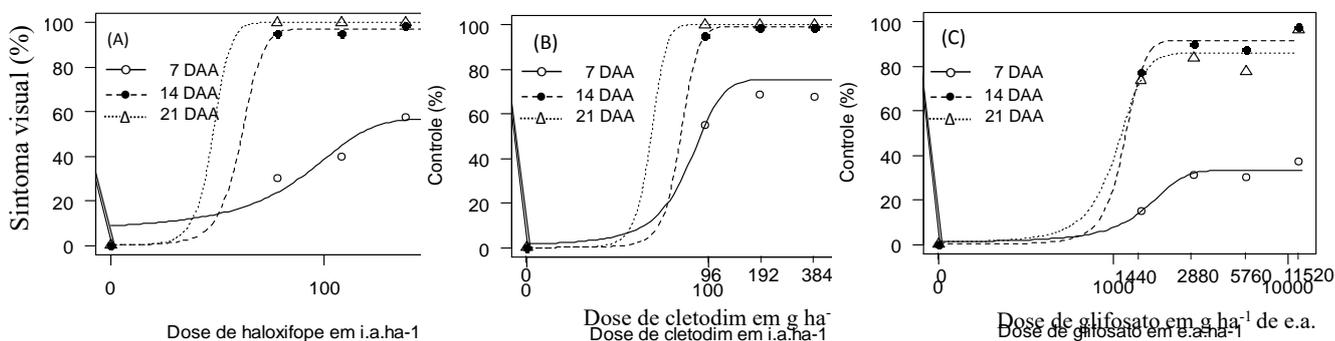
**Figura 15** - Curva de dose-resposta para a avaliação da redução da massa seca (GR) dos biótipos de *D. insularis* suscetível (S) e potencialmente resistente (R), aos 21 DAA do herbicida glifosato. Biótipo de coletado em Palotina1/PR.

#### 4.1.3 Biótipo Palotina2/PR

O biótipo coletado no município de Palotina2/PR sob efeito do haloxifope, apresentou aos 7 DAA, sintomas expressivos a partir da dose de 60 g ha<sup>-1</sup> de i.a., mostrando uma resposta crescente a ação do herbicida até 240 g ha<sup>-1</sup> de i.a. O controle se manteve em 57,5% a partir da dose de 240 g ha<sup>-1</sup> de i.a., não sendo observado incremento nas doses superiores de haloxifope.

Aos 14 DAA foi observado um efeito mais severo do haloxifope nas plantas de *D. insularis*, onde o mínimo de sintoma de 95%, obtido na dose de 60 g ha<sup>-1</sup> de i.a., se manteve

nas demais doses testadas, quando comparado a testemunha. E, aos 21 DAA, foi observado a morte das plantas em todas as doses de haloxifope avaliadas (Figura 16A).



**Figura 16** - Curvas de dose-resposta para a avaliação de sintoma visual do biótipo de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) coletado no município de Palotina/PR aos 7, 14 e 21 dias após aplicação (DAA) no estágio fenológico de 3 a 4 folhas dos herbicidas haloxifope (A), cletodim (B) e glifosato (C).

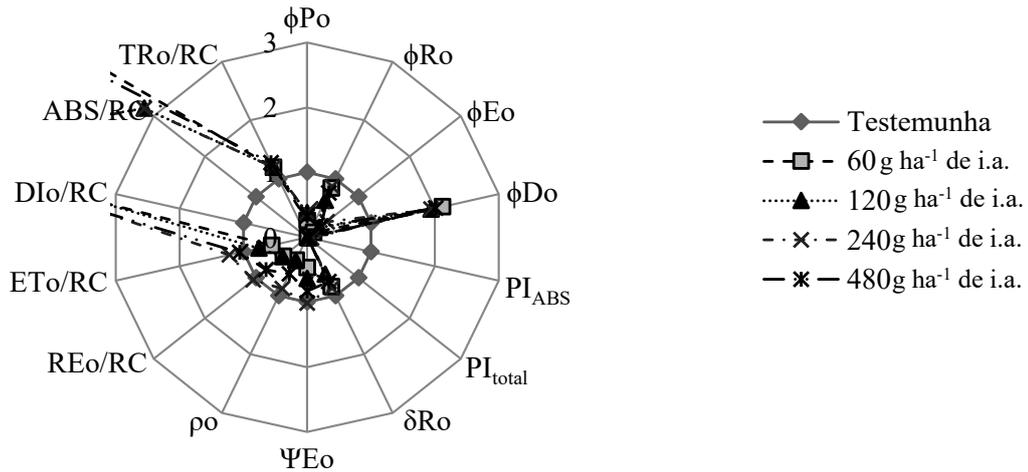
Para o herbicida cletodim foi observado que aos 7 DAA (Figura 16B) foi alcançado dano superior a 50% dos biótipos na menor dose avaliada (96 g ha<sup>-1</sup> de i.a.), quando comparado a testemunha, sendo este mantido nas doses superiores avaliadas. Aos 14 DAA o valor mínimo de controle obtido foi de 95%. Aos 21 DAA foi observado a morte das plantas tratadas com cletodim.

As plantas tratadas com o herbicida glifosato aos 7 DAA demonstraram diferença entre as doses, somente na primeira avaliação. Na dose de 1440 g ha<sup>-1</sup> de e.a. o dano foi de 15% em comparação a testemunha, enquanto que para as demais doses (2880, 5760 e 11520 g ha<sup>-1</sup> de e.a.) o dano foi de pouco mais de 30%. Aos 14 e 21 DAA não houve diferenças nos sintomas entre as doses aplicadas de glifosato e entre as avaliações realizadas, mostrando que o aumento na dose não interferiu no controle do biótipo que ficou em torno de 85% em comparação a testemunha (Figura 16C).

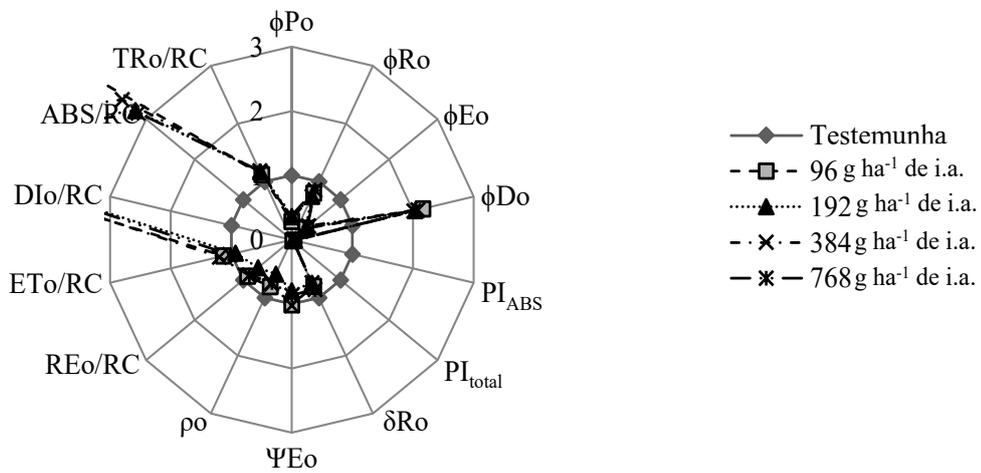
Comparando os resultados de sintomas visuais obtidos pelos inibidores de ACCase foi verificado que o cletodim, aos 7 DAA, apresentou um dano maior das plantas e que aos 14 DAA as comparações entre as médias de controle dos herbicidas cletodim e haloxifope não mostraram diferença significativa nas avaliações visuais.

Nas avaliações dos parâmetros da clorofila *a* aos 14 DAA foi observado expressivas reduções nos índices de rendimento quântico máximo fotoquímico ( $\phi P_o$ ) e no desempenho fotossintético ( $PI_{total}$  e  $PI_{ABS}$ ), para os dois inibidores de ACCase avaliados (Figura 17 -A e B).

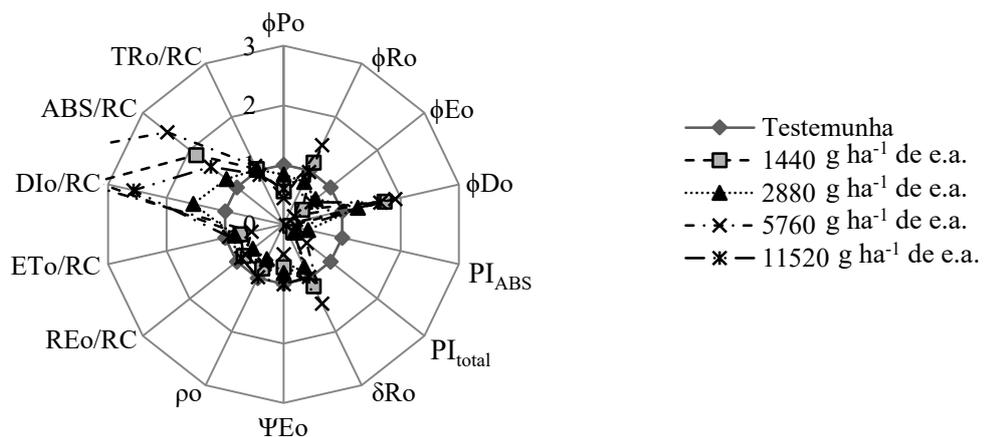
(A)



(B)



(C)

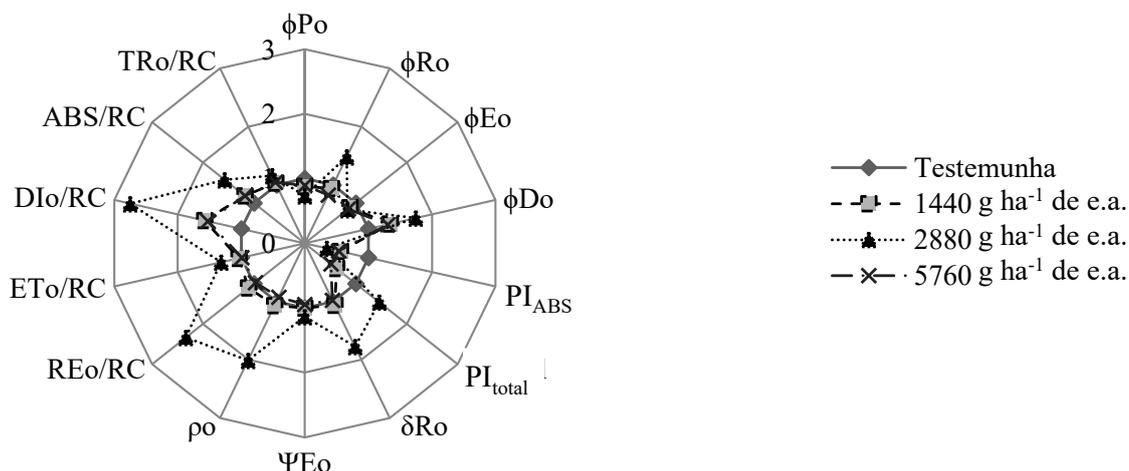


**Figura 17** - Efeito das doses de haloxifope (A), cletodim (B) e glifosato (C) sob os parâmetros da fluorescência da clorofila *a*, obtidos através do teste JIP (centro radar=0,0, máximo=3,0) em relação ao padrão de comportamento - controle (linha contínua = 1,0), de biótipo de *D. insularis* coletado no município de Palotina2/PR aos 14 dias após as aplicações dos herbicidas.

Os valores tiveram expressivas reduções próximos a zero em todas as doses dos herbicidas cletodim e haloxifope, e aumento considerável na dissipação de energia de excitação em forma de calor (DIO/RC e  $\phi Do$ ), quando comparados ao tratamento testemunha (Figura 17 -A e B).

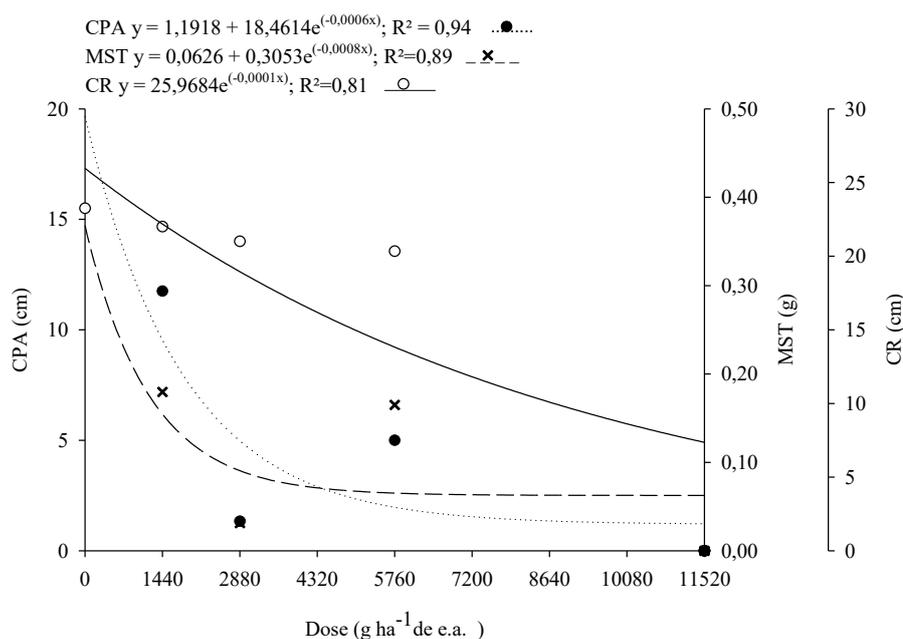
Para o glifosato, aos 14 DAA, foi observado na cinética da fotossíntese que os valores atribuídos a avaliação visual correspondem com as respostas obtidas nos parâmetros fotossintéticos da planta. O  $PI_{total}$  e  $PI_{ABS}$  foram reduzidos a valores próximos a zero em todas as doses e ABS/RC e DIO/RC tiveram aumento acima dos valores observados para o tratamento testemunha (Figura 17C). Estas observações não foram proporcionais à dose, mostrando que embora os parâmetros sinalizem uma sensibilidade da planta ao herbicida glifosato, a resposta metabólica ao estresse acontece em momentos distintos.

Aos 21 DAA foi observado uma tendência de recuperação das plantas, onde foi verificado que os valores de ABS/RC, DIO/RC,  $PI_{total}$  e  $PI_{ABS}$  das plantas tratadas com glifosato tiveram seus parâmetros mais próximos ao tratamento testemunha, principalmente nas doses de 1440 e 5760 g ha<sup>-1</sup> de e.a. No momento da avaliação aos 21 DAA, as plantas que receberam a dose de 11520 g ha<sup>-1</sup> de e.a. não tiveram área foliar necessária para realização da avaliação, justificando a ausência dos dados da Figura 18.



**Figura 18** - Efeito das doses de glifosato sob os parâmetros da fluorescência da clorofila  $a$ , obtidos através do teste JIP (centro radar=0,0, máximo=3,0) em relação ao padrão de comportamento - controle (linha contínua = 1,0), de biótipo de *D. insularis* coletado no município de Palotina2/PR aos 21 dias após a aplicação do herbicida.

Foi verificado aos 21 DAA que o aumento nas doses do herbicida glifosato promoveu uma redução exponencial no CPA e MST das plantas de capim-amargoso. De acordo com a equação de regressão, entre o tratamento testemunha e a maior dose avaliada (11520 g ha<sup>-1</sup> de e.a.), houve uma redução de 96%, 67,2% e de 86,5% no CPA, CR e na MST, respectivamente (Figura 19).



**Figura 19** - Efeito das doses crescentes do herbicida glifosato no comprimento de parte aérea (CPA), massa seca total (MST) e comprimento de raízes (CR) de plantas de *D. insularis* aos 21 DAA. Biótipo coletado no município de Palotina2/PR.

O biótipo coletado em Palotina2/PR apresentou FR para GR de 1,65 porém o FR para o C foi reduzido 1,14. O valor atribuído ao controle visual não correspondeu a valores próximos a GR devido a notável aparência debilitada das plantas, recebendo notas elevadas de controle. Foi observado que essas plantas tratadas com o herbicida glifosato tiveram a formação precoce de gemas que dariam origem a perfilhos. Essa estratégia da planta permitiu alcançar valores maiores de acúmulo de massa seca conferindo a esse biótipo GR mais elevado (Tabela 5).

**Tabela 5** - Doses de glifosato (g ha<sup>-1</sup> de e.a.) necessária para controlar (C) ou reduzir a massa seca (GR) de 50% da espécie *Digitaria insularis* dos biótipos potencialmente resistente (R) e suscetível (S) no estágio de 3 a 4 folhas. Biótipo coletado em Palotina2/PR.

Biótipo	Controle Visual (C) <sup>1</sup>	Massa seca (GR) <sup>1</sup>
R	1450,20	1992,9
S	1269,03	1203,90
FR (R/S) <sup>2</sup>	1,14	1,65

<sup>1</sup>- Dose necessária para controlar (C) ou reduzir a massa seca (GR) de 50% das plantas quando comparado com a testemunha.

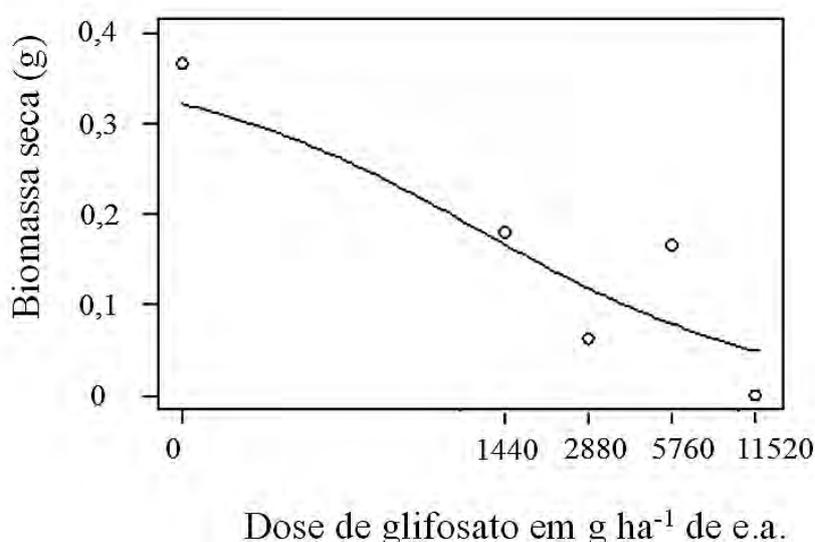
<sup>2</sup> Fator de resistência (FR) obtido a partir divisão do valor do biótipo R pelo biótipo S.

A partir dos parâmetros estimados pela regressão não-linear foi possível a construção das curvas dose-resposta (Tabela 6 e Figura 20).

**Tabela 6** - Parâmetros estimados para as curvas de dose-resposta dos biótipos potencialmente resistente (R) e suscetível (S) de capim-amargoso (*Digitaria insularis*), no estágio de 3 a 4 folhas (SE = desvio padrão). Biótipo coletado em Palotina2/PR.

Parâmetros estimados baseados na regressão não-linear				
		b±SE	d±SE	e±SE
%Controle (C)	S	-0,004±0,002	99,19±1,43	1269,03±91,37
	R	-0,0046±0,005	85,80±6,09	1450,2±479,28
Biomassa seca (GR)	S	3,47± 2,30	0,16± 0,01	1203,9±164,56
	R	0,44± 0,47	0,36±0,05	1992,9±470,10

“b” é a declividade da curva; “d” é o limite superior da curva; “e” dose que proporciona 50% de resposta da variável.

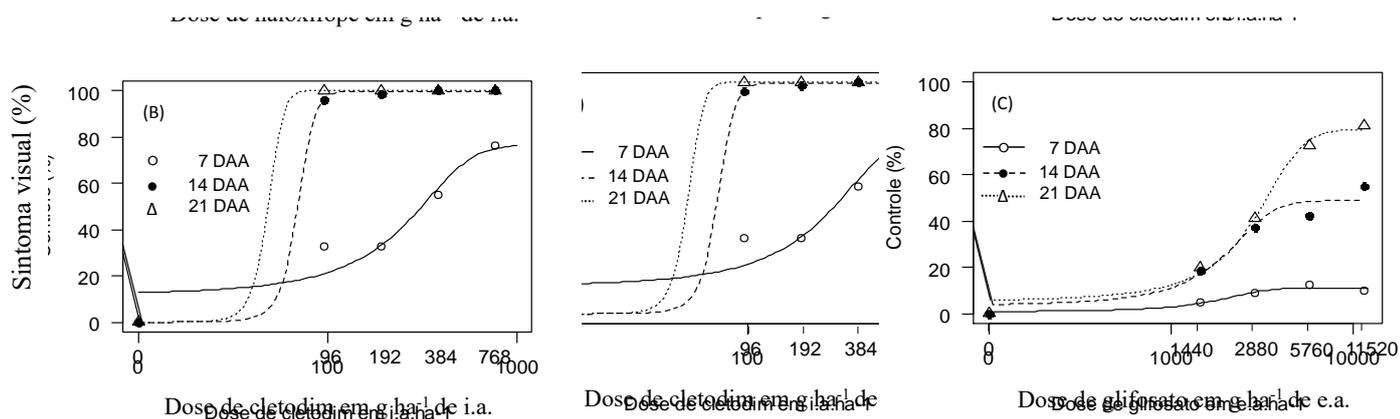


**Figura 20** - Curva de dose-resposta para a avaliação da redução da massa seca (GR) dos biótipos de *D. insularis* suscetível (S) e potencialmente resistente (R), aos 21 DAA do herbicida glifosato. Biótipo coletado em Palotina2/PR.

Observou-se que a dose de bula (1440 g ha<sup>-1</sup> de e.a.) reduziu em 50,7% a massa seca do biótipo em estudo pela ação do herbicida glifosato e que o aumento da dose para 5760 g ha<sup>-1</sup> de e.a. não mostrou diferença significativa entre elas. A maior dose avaliada (11520 g ha<sup>-1</sup> de e.a.) controlou 100% das plantas.

#### 4.1.4 Biótipo Toledo1/PR

O biótipo de Toledo1/PR não demonstrou diferença nos sintomas de controle aos 7, 14 e 21 DAA, com o aumento das doses aplicadas do herbicida haloxifope. A diferença observada foi entre as avaliações aos 7 e 14 DAA cujo controle médio passou de 27,5%, entre as doses, para 100%, quando comparado a testemunha (Figura 21A).

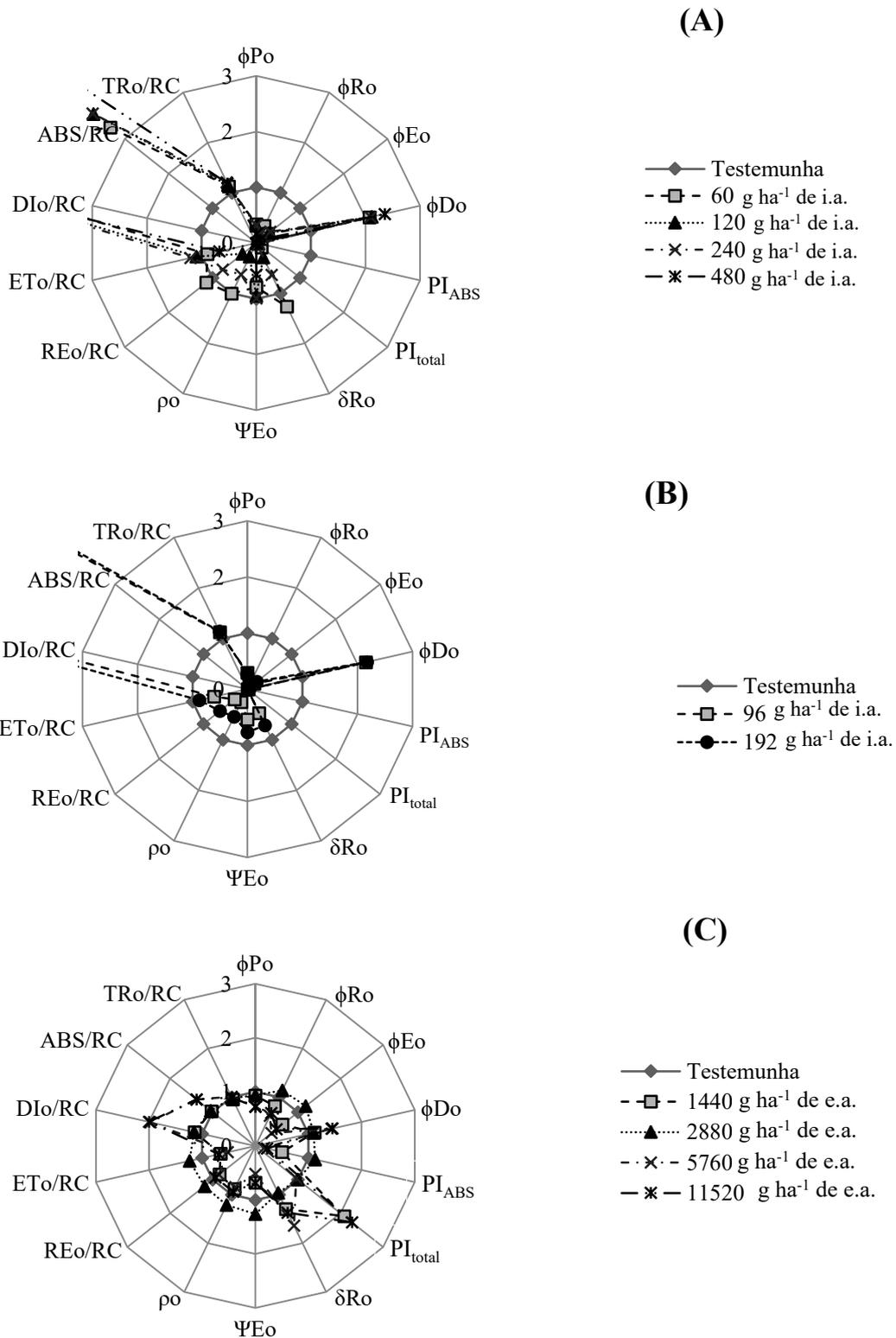


**Figura 21** - Curvas de dose-resposta para a avaliação de sintoma visual do biótipo de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) coletado no município de Toledo/PR aos 7, 14 e 21 dias após aplicação (DAA) no estágio fenológico de 3 a 4 folhas dos herbicidas haloxifoprop (A), cletodim (B) e glifosato (C).

Os danos observados pelo cletodim aos 7 DAA foi superior ao danos verificados para as plantas tratadas com o herbicida haloxifoprop na avaliação de sintoma visual. As plantas tratadas com o cletodim mostraram que aos 7 DAA não houve aumento nos sintomas visuais nas doses de 96 e 192 g ha<sup>-1</sup> de i.a.. A partir da dose de 192 g ha<sup>-1</sup> de i.a. foi observado o controle crescente de 32,5% para 76% na dose de 768 g ha<sup>-1</sup> de i.a.. Aos 14 DAA, foi verificado a morte de 100% das plantas a partir da dose de 192 g ha<sup>-1</sup> de i.a. de cletodim. Na dose de bula, não houve diferença entre a avaliação aos 14 e 21 DAA, onde o controle observado nesta última avaliação foi de 100% em todas as doses avaliadas, quando comparada a testemunha.

As plantas tratadas com glifosato, aos 7 DAA, não demonstraram diferenças nos sintomas com o aumento nas doses, quando comparadas a testemunha. Os sintomas mais severos observados pela ação do glifosato aconteceram aos 14 DAA onde foi possível verificar o aumento nos sintomas do capim-amargoso com o aumento nas doses do herbicida. A diferença entre os valores nas notas de sintomas das doses de 1440 e 11520 g ha<sup>-1</sup> de e.a. foi de 36,25%. Essa diferença aumenta para 61,25% aos 21 DAA mostrando que o biótipo é pouco suscetível à dose recomendada em bula cujo o dano observado foi de aproximadamente 20% aos 21 DAA (Figura 21C).

Nas análises de fluorescência da clorofila *a*, aos 14 DAA, foram observados que apesar das plantas tratadas com haloxifoprop terem mostrado menor suscetibilidade comparado às plantas tratadas com cletodim, os dados obtidos na avaliação da fluorescência da clorofila *a* se assemelham (Figura 22A e B).

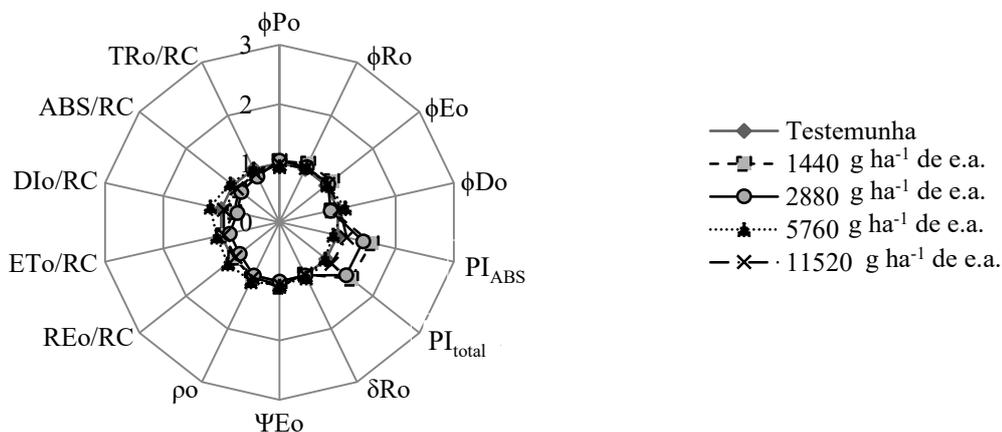


**Figura 22** - Efeito das doses de haloxifopropil (A), cletodim (B) e glifosato (C) sob os parâmetros da fluorescência da clorofila *a*, obtidos através do teste JIP (centro radar=0,0, máximo=3,0) em relação ao padrão de comportamento - controle (linha contínua = 1,0), de biótipo de *D. insularis* coletado no município de Toledo/PR aos 14 dias após as aplicações dos herbicidas.

A resposta das plantas a ação dos herbicidas cletodim e haloxifope demonstraram severos danos nos índices de desempenho fotossintético ( $PI_{total}$  e  $PI_{ABS}$ ) em todos os tratamentos, quando comparado a testemunha, reduzindo esse parâmetro a valores muito próximos a zero. Em contrapartida, houve um incremento expressivo na expansão em ABS/RC e DIO/RC a valores acima de 300% em virtude da maior captação de energia luminosa pelo aumento da medida do tamanho aparente do sistema antena e a não utilização dessa energia, que foi dissipada na forma de calor (TSIMILLI-MICHEL et al, 1998).

As plantas tratadas com o glifosato demonstraram poucas alterações nos parâmetros fotossintéticos quando comparado ao tratamento testemunha. A maior sensibilidade foi verificada com o acréscimo de mais de 100% do parâmetro  $PI_{total}$  nas doses de 1440 e 11520 g ha<sup>-1</sup> de e.a. e reduções de aproximadamente 75% de  $PI_{ABS}$  e  $\phi Eo$  (Figura 22C).

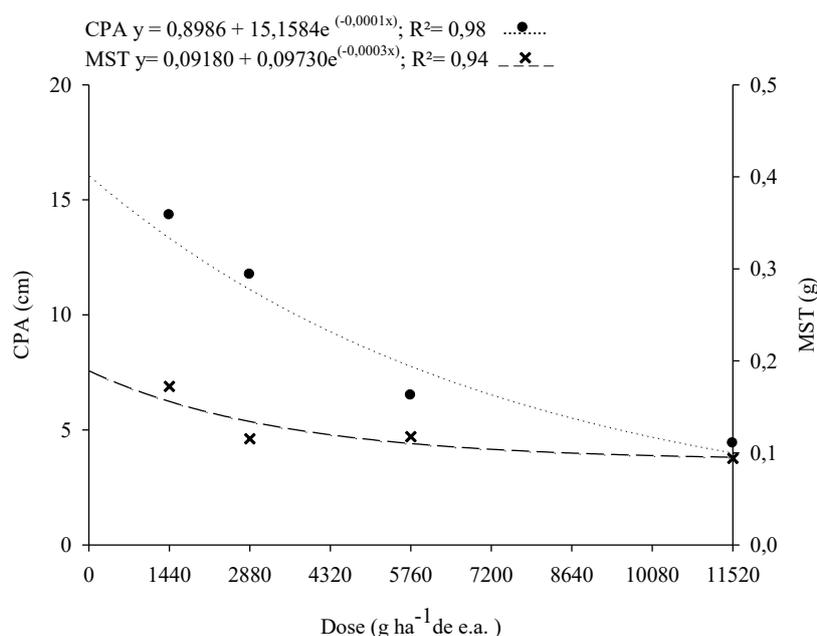
Embora a avaliação dos sintomas de controle visual sinalize o aumento de sintomas como clorose foliar nas plantas tratadas com glifosato de 14 DAA para 21 DAA, a avaliação da fluorescência da clorofila *a* indicou uma recuperação das plantas aos 21 DAA (Figura 23).



**Figura 23** - Efeito das doses de glifosato sob os parâmetros da fluorescência da clorofila *a*, obtidos através do teste JIP (centro radar=0,0, máximo=3,0) em relação ao padrão de comportamento - controle (linha contínua = 1,0), de biótipo de *D. insularis* coletado no município de Toledo1/PR aos 21 dias após a aplicação do herbicida.

Nesta avaliação foi observado que os parâmetros avaliados ficaram muito próximos aos parâmetros da testemunha. A exceção foi das doses de 1440 e 2880 g ha<sup>-1</sup> de e.a. que tiveram acréscimo de aproximadamente 50% em  $PI_{total}$  e  $PI_{ABS}$ , em comparação a testemunha, muito provavelmente pela resposta mais lenta das plantas pela metabolização do herbicida.

O efeito nas aplicações de doses crescentes do herbicida glifosato nas plantas de capim-amargoso resultaram na redução exponencial do CPA e MST. Foram observadas, entre a testemunha e a maior dose testada (11520 g ha<sup>-1</sup> de e.a.), reduções de 64,6% e 49,7% no CPA e na MST, respectivamente (Figura 24). Diferente da MST, onde foi observada diferença significativa entre a testemunha e a dose comercial (1440 g ha<sup>-1</sup> de e.a.) com redução de 21,05%, não foi observado diferença significativa no CPA para esta mesma dose. As maiores reduções no CPA ficaram entre as doses de 5760 g ha<sup>-1</sup> de e.a. e 11520 g ha<sup>-1</sup> de e.a. com redução de 39,7%. Não foram observadas diferenças significativas no comprimento de raízes para as doses avaliadas do herbicida glifosato.



**Figura 24** - Efeito do herbicida glifosato no comprimento de parte aérea (CPA) e massa seca total (MST) de plantas de *D. insularis* aos 21 DAA. Biótipo coletado no município de Toledo 1/PR.

Para o biótipo de Toledo1/ PR, no estágio de 3-4 folhas foi possível observar fatores de resistência mais elevados quando comparado aos biótipos anteriores. Para C o FR foi de 2,20 e GR igual a 1,73 (Tabela 7).

**Tabela 7** - Doses de glifosato (g ha<sup>-1</sup> de e.a.) necessária para controlar (C) ou reduzir a massa seca (GR) de 50% da espécie *Digitaria insularis* do biótipo potencialmente resistente (R) e suscetível (S) no estágio de 3 a 4 folhas. Biótipo coletado em Toledo1/PR.

Biótipo	Controle visual (C) <sup>1</sup>	Massa seca (GR) <sup>1</sup>
R	2802,50	2086,60
S	1269,03	1203,90
FR (R/S) <sup>2</sup>	2,20	1,73

<sup>1</sup>- Dose necessária para controlar (C) ou reduzir a massa seca (GR) de 50% das plantas quando comparado com a testemunha.

<sup>2</sup>- Fator de resistência (FR) obtido a partir divisão do valor do biótipo R pelo biótipo S.

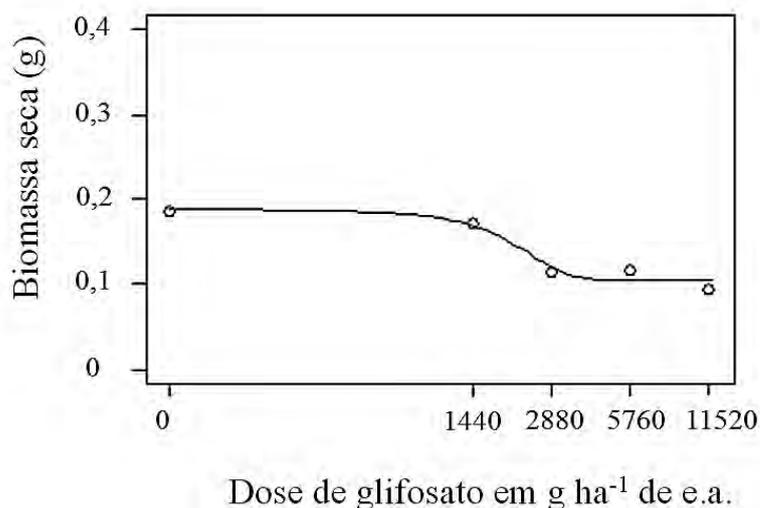
Na Tabela 8 estão expressos os valores dos parâmetros que originaram a curva dose-resposta do biótipo potencialmente resistente em estudo aplicando-se a análise não-linear. Mesmo levando-se em consideração o desvio-padrão (SE), os valores de C e GR do biótipo considerado suscetível não superam os valores de FR do biótipo potencialmente resistente.

**Tabela 8** - Parâmetros estimados para as curvas de dose-resposta dos biótipos potencialmente resistente (R) e suscetível (S) de capim-amargoso (*Digitaria insularis*), no estágio de 3 a 4 folhas (SE = desvio padrão). Biótipo coletado em Toledo1/PR.

Parâmetros estimados baseados na regressão não-linear				
		b±SE	d±SE	e±SE
%Controle (C)	S	-0,004±0,002	99,19±1,43	1269,0±91,37
	R	-0,0009±0,0001	79,44±8,19	2802,5±525,50
Biomassa seca (GR)	S	3,47± 2,30	0,16± 0,01	1203,9±164,56
	R	4,95± 5,33	0,18± 0,02	2086,6±685,91

“b” é a declividade da curva; “d” é o limite superior da curva; “e” dose que proporciona 50% de resposta da variável.

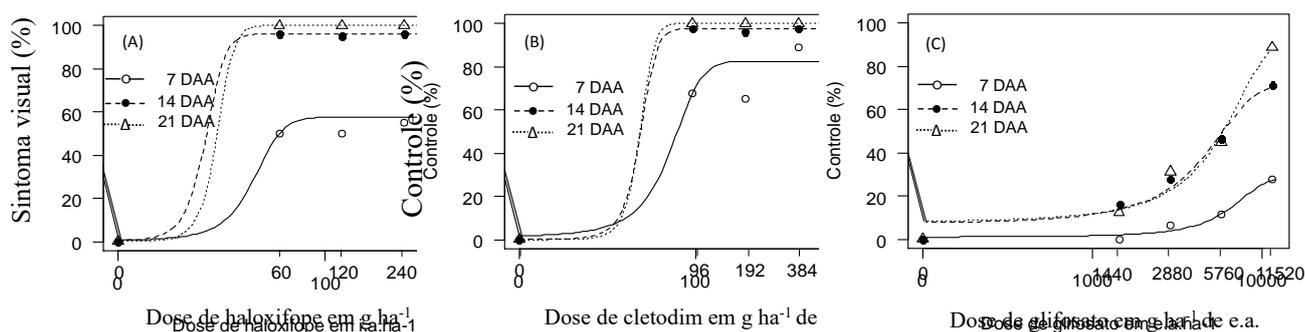
Foi observado que a dose máxima testada no ensaio não foi suficiente para reduzir completamente a biomassa do biótipo avaliado. A maior redução entre as doses avaliadas foi obtida entre a dose comercial (1440 g ha<sup>-1</sup> de e.a.) e o seu dobro (2880 g ha<sup>-1</sup> de e.a.) cuja redução foi de 42,8%. Não houve diferença na redução da biomassa entre o controle e a dose comercial assim como na dose de 2880 g ha<sup>-1</sup> de e.a. até a dose de 11520 g ha<sup>-1</sup> de e.a. (Figura 25).



**Figura 25** - Curva de dose-resposta para a avaliação da redução da massa seca (GR) dos biótipos de *D. insularis* suscetível (S) e potencialmente resistente (R), aos 21 DAA do herbicida glifosato. Biótipo coletado em Toledo1/PR.

#### 4.1.5 Biótipo de Cascavel/PR

Para as plantas do biótipo coletado no município de Cascavel/PR, aos 7 DAA, não foram observados comportamentos distintos nos sintomas entre as doses 60, 120 e 240 g ha<sup>-1</sup> de i.a. (valor próximo a 50%), do haloxifope, havendo sintomas mais expressivo na dose de 480 g ha<sup>-1</sup> de i.a. (67,5%). Aos 14 DAA foi identificado dano superior a 95% em todas as plantas tratadas com as doses de haloxifope e aos 21 DAA foi observado a morte de 100% das plantas em todas as doses, quando comparado a testemunha (Figura 26A).



**Figura 26** - Curvas de dose-resposta para a avaliação de sintoma visual do biótipo de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) coletado no município de Cascavel/PR aos 7, 14 e 21 dias após aplicação (DAA) no estágio fenológico de 3 a 4 folhas dos herbicidas haloxifopropargil (A), clethodim (B) e glifosato (C).

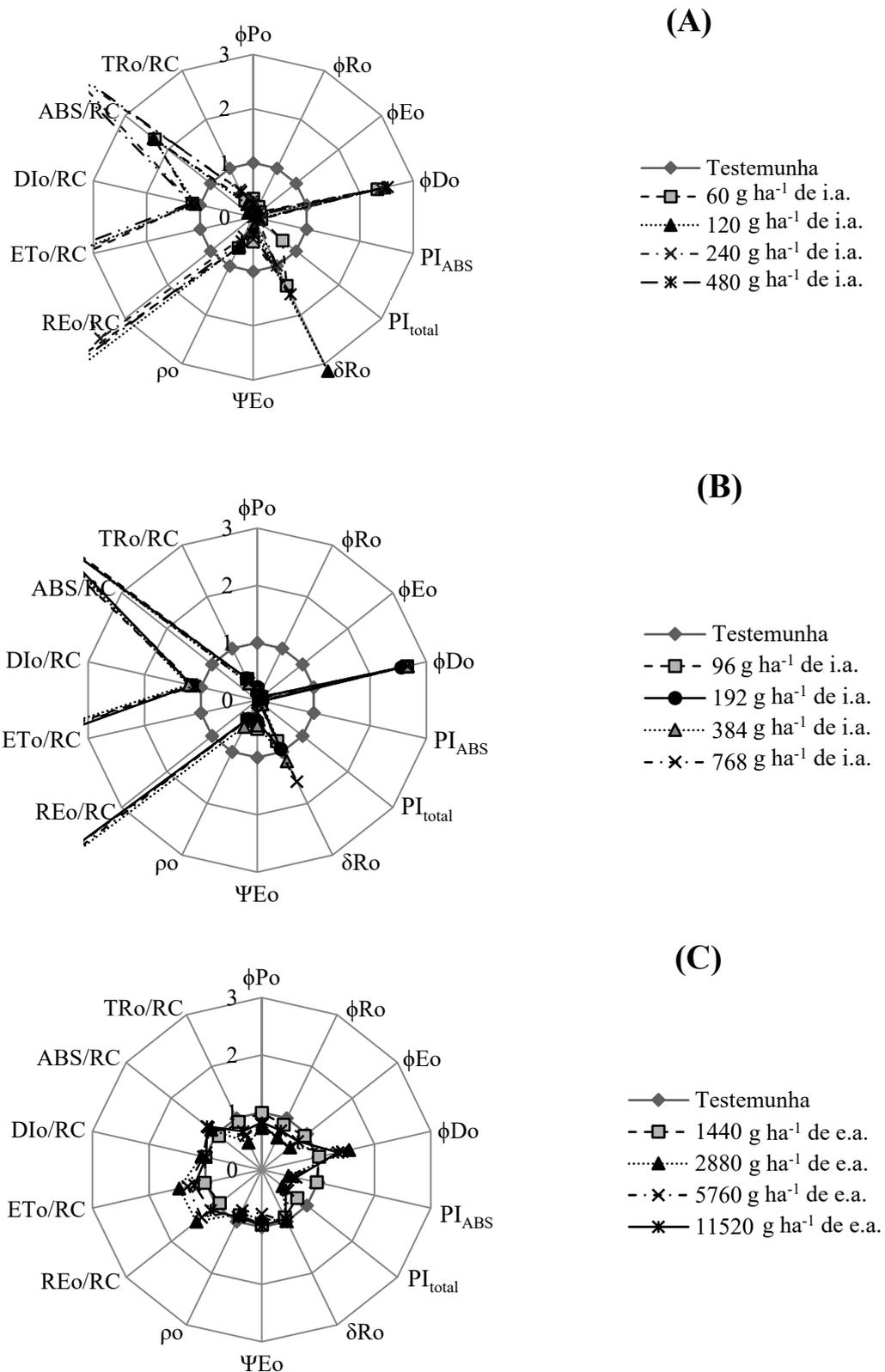
Para o herbicida clethodim foi observado a mesma tendência do haloxifopropargil, porém com sintomas mais acentuados aos 7 DAA (Figura 26B). Aos 7 DAA não foi observado diferença entre os danos proporcionado pelas doses de 96 e 192 g ha<sup>-1</sup> de i.a. (66%) assim como para as doses 384 e 768 g ha<sup>-1</sup> de i.a. (90%) de clethodim. As médias de sintomas atribuídos as plantas de capim-amargoso aos 14 DAA não diferiram quando comparado ao controle aos 21 DAA (100% de controle).

O biótipo de *D. insularis* coletado na região Cascavel mostrou baixa suscetibilidade ao glifosato em avaliação realizada aos 7 DAA. Na dose recomendada em bula (1440 g ha<sup>-1</sup> de e.a.) e no dobro da dose (2880 g ha<sup>-1</sup> de e.a.), os valores de sintoma proporcionado pela aplicação do glifosato não diferiram do tratamento testemunha. Aos 7 DAA o maior dano observado foi de 27,5% com a dose máxima avaliada (11520 g ha<sup>-1</sup> de e.a.) do glifosato (Figura 26C).

Nas avaliações aos 14 e 21 DAA foi observado o controle crescente do capim-amargoso em função do aumento das doses e que as médias entre a avaliação aos 14 DAA não foi superior as observadas para os 21 DAA, com exceção da maior dose avaliada de glifosato, quando aos 14 DAA os sintomas proporcionaram 71% de dano, aumentando para 89% aos 21 DAA.

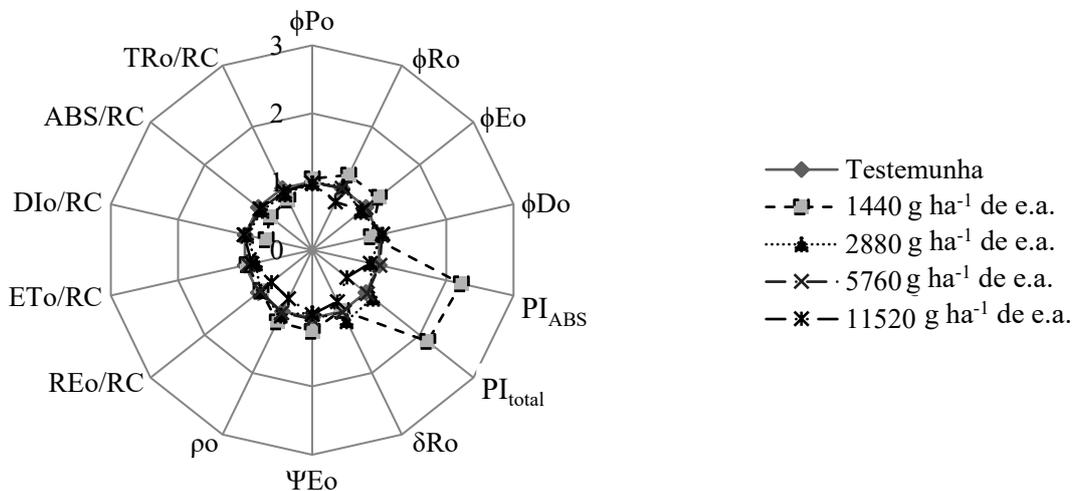
Aos 14 DAA foi observado que todos os parâmetros fotossintéticos relacionados ao rendimento fotossintético ( $\phi_{E0}$ ,  $\phi_{P0}$ ,  $\phi_{R0}$ ), eficiência no fluxo de elétrons ( $\rho_0$ ,  $\delta R_0$  e  $\psi E_0$ ) e índices de desempenho fotossintético ( $PI_{ABS}$  e  $PI_{total}$ ) para as plantas tratadas com haloxifopropargil e clethodim tiveram reduções muito próximas a 100%. Já os parâmetros relacionados ao rendimento quântico para dissipação de energia ( $\phi_{D0}$ ), medida do tamanho aparente do sistema antena ( $ABS/RC$ ) e redução do aceptor final de elétrons do FSI ( $RE_0/RC$ ) tiveram incremento superior a 300% (Figura 27A e B).

Aos 14 DAA os parâmetros da clorofila *a* observados para plantas que receberam o glifosato tiveram as maiores reduções (50%) em  $PI_{ABS}$ ,  $PI_{total}$  e  $TR_0/RC$  nas doses a partir de 2880 g ha<sup>-1</sup> de e.a.. Os incrementos de pouco mais de 40% foram observados em  $\phi_{D0}$ ,  $ETo/RC$  e  $RE_0/RC$  também nas doses a partir de 2880 g ha<sup>-1</sup> de e.a. (Figura 27C).



**Figura 27** - Efeito das doses de haloxifopropil (A), cletodim (B) e glifosato (C) sob os parâmetros da fluorescência da clorofila *a*, obtidos através do teste JIP (centro radar=0,0, máximo=3,0) em relação ao padrão de comportamento - controle (linha contínua = 1,0), de biótipo de *D. insularis* coletado no município de Cascavel/PR aos 14 dias após as aplicações dos herbicidas.

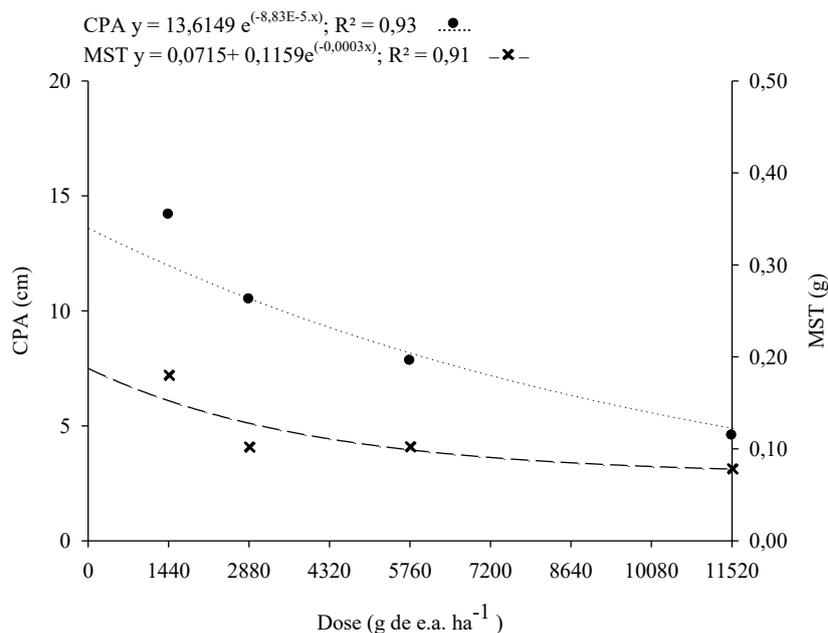
Aos 21 DAA foi observado que os parâmetros fotossintéticos apresentaram valores mais próximos aos obtidos pela testemunha. A exceção foi o tratamento com a dose de 1440 g ha<sup>-1</sup> de e.a. onde houve um aumento de mais de 100% em PI<sub>ABS</sub>, PI<sub>total</sub> e incremento de cerca de 20% em  $\phi$ Eo e  $\phi$ Ro (Figura 28).



**Figura 28** - Efeito das doses de glifosato sob os parâmetros da fluorescência da clorofila *a*, obtidos através do teste JIP (centro radar=0,0, máximo=3,0) em relação ao padrão de comportamento - controle (linha contínua = 1,0), de biótipo de *D. insularis* coletado no município de Cascavel/PR aos 21 dias após a aplicação do herbicida.

O efeito das aplicações de doses crescentes do herbicida glifosato nas plantas de capim-amargoso resultaram na redução exponencial da MST e CPA. Foram observadas reduções de 63,8% e 59,9% no CPA e na MST, respectivamente (Figura 29).

Não foram observadas diferenças significativas no comprimento de raízes entre os tratamentos.



**Figura 29** - Efeito do herbicida glifosato no comprimento de parte aérea (CPA) e massa seca total (MST) de plantas de *D. insularis* aos 21 DAA. Biótipo coletado no município de Cascavel/PR.

O biótipo coletado em Cascavel/PR alcançou o maior valor de FR para o controle visual (4,52), mais que o dobro do FR determinado para o GR (1,92) (Tabela 9).

**Tabela 9** - Doses de glifosato (g ha<sup>-1</sup> de e.a.) necessária para controlar (C) ou reduzir a massa seca (GR) de 50% da espécie *Digitaria insularis* do biótipo potencialmente resistente (R) e suscetível (S) no estágio de 3 a 4 folhas. Biótipo coletado em Cascavel/PR.

Biótipo	Controle visual (C) <sup>1</sup>	Massa seca (GR) <sup>1</sup>
R	5741,30	2316,20
S	1269,03	1203,90
FR (R/S) <sup>2</sup>	4,52	1,92

<sup>1</sup>- Dose necessária para controlar (C) ou reduzir a massa seca (GR) de 50% das plantas quando comparado com a testemunha.

<sup>2</sup> Fator de resistência (FR) obtido a partir divisão do valor do biótipo R pelo biótipo S.

Na Tabela 10 estão expressos os valores dos parâmetros que originaram a curva dose-resposta deste biótipo. Foi observado que foi necessário uma elevada dose para proporcionar 50% de resposta para redução da massa seca (2316,2 g ha<sup>-1</sup> de e.a.) e para controle visual (5741,3 g ha<sup>-1</sup> de e.a.).

**Tabela 10** - Parâmetros estimados para as curvas de dose-resposta dos biótipos potencialmente resistente (R) e suscetível (S) de capim-amargoso (*Digitaria insularis*), no estágio de 3 a 4 folhas (SE = desvio padrão). Biótipo coletado em Cascavel/PR.

Parâmetros estimados baseados na regressão não-linear				
		b±SE	d±SE	e±SE
%Controle (C)	S	-0,004±0,002	99,19±1,43	1269,0±91,37
	R	-0,0004±0,001	96,22±9,73	5741,3±0,81
Biomassa seca (GR)	S	3,47± 2,30	0,16± 0,01	1203,9±164,56
	R	11,94± 57,42	0,17± 0,01	2316,2±404,53

“b” é a declividade da curva; “d” é o limite superior da curva; “e” dose que proporciona 50% de resposta da variável.

Na curva dose-resposta gerada a partir dos parâmetros gerados foi possível observar que a dose de 11520g ha<sup>-1</sup> de e.a. do herbicida glifosato não foi suficiente para reduzir totalmente a biomassa das plantas tratadas. Na primeira dose testada (1440g ha<sup>-1</sup> de e.a.), em comparação a testemunha foi observado uma redução de 1,15%, não havendo diferença significativa entre os tratamentos. A redução notável na massa seca ocorreu entre a dose comercial (1440 g ha<sup>-1</sup> de e.a.) e a dose de 2880 g ha<sup>-1</sup> de e.a. com redução de 42,3% da biomassa. Não foi observado diferença significativa entre as demais doses avaliadas (5760 e 11520g ha<sup>-1</sup> de e.a.) (Figura 30).

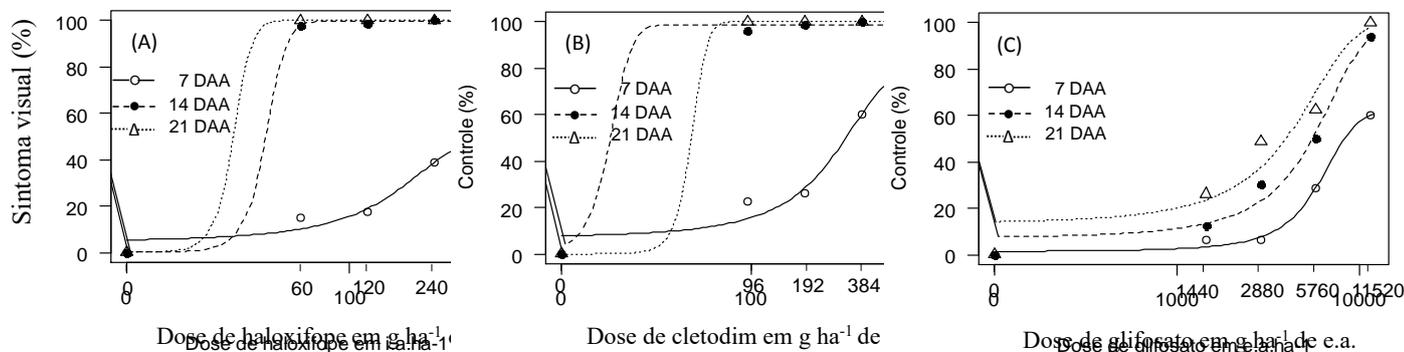


**Figura 30** - Curva de dose-resposta para a avaliação da redução da massa seca (GR) dos biótipos de *D. insularis* suscetível (S) e potencialmente resistente (R), aos 21 DAA do herbicida glifosato. Biótipo coletado em Cascavel/PR.

#### 4.1.6 Biótipo de Maripá/PR

As plantas do biótipo coletado no município de Maripá/PR, aos 7 DAA, não demonstraram diferenças entre os sintomas proporcionado pela máxima dose recomendada e no dobro da dose de bula tanto para o haloxifope quanto para o cletodim. Ainda aos 7 DAA, as médias dos danos mais expressivos foram observadas, para o haloxifope nas doses de 240 e 480 g ha<sup>-1</sup> de i.a. (39% e 50% respectivamente) e para cletodim nas doses de 384 e

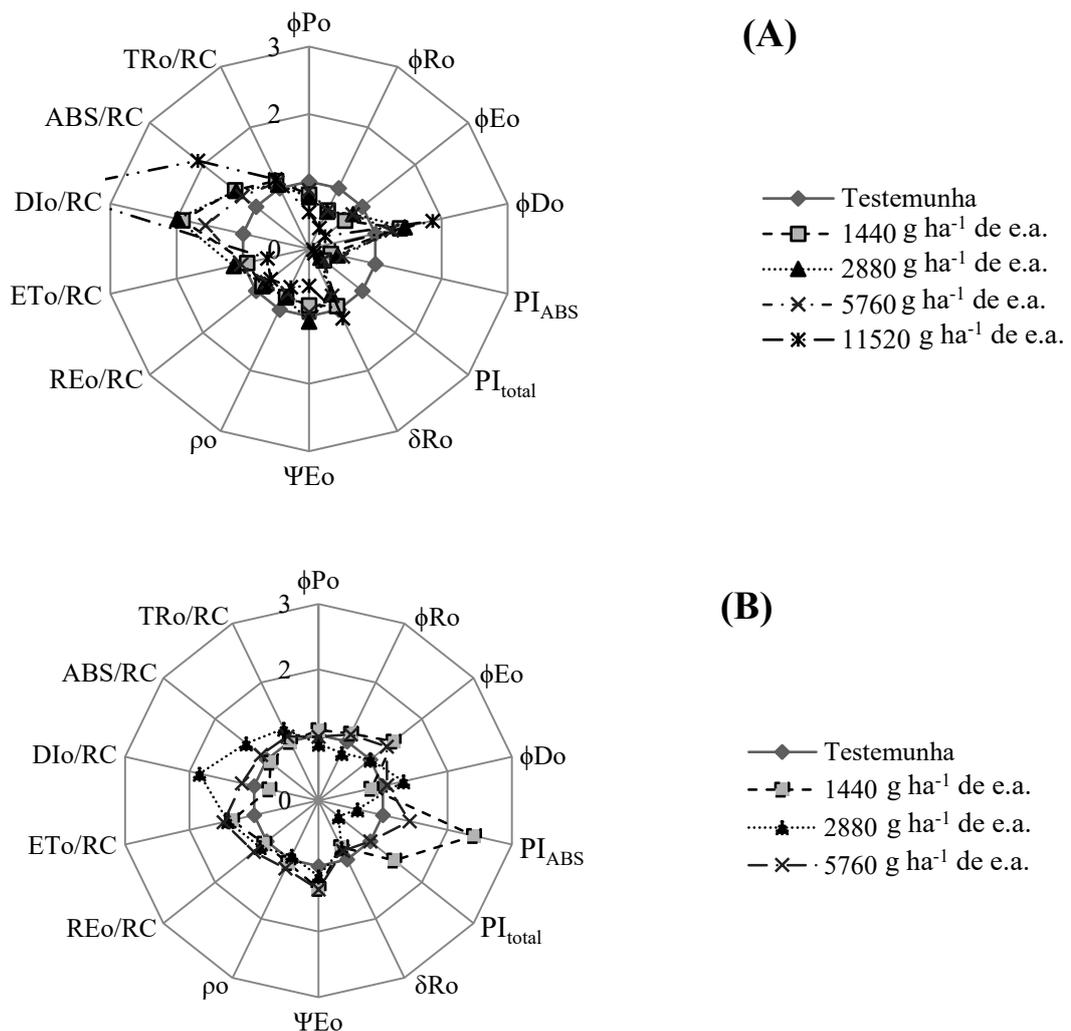
768 g ha<sup>-1</sup> de i.a. (60% e 80%, respectivamente). Aos 14 DAA as médias dos sintomas para todas as doses de cletodim e haloxifope, a partir da dose recomendada em bula, ficaram acima de 96%, não havendo diferença significativa entre as médias observadas aos 21 DAA, que foram de 100% de morte das plantas (Figura 31A e B).



**Figura 31** - Curvas de dose-resposta para a avaliação de sintoma visual do biótipo de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) coletado no município de Maripá/PR aos 7, 14 e 21 dias após aplicação (DAA) no estágio fenológico de 3 a 4 folhas dos herbicidas haloxifope (A), cletodim (B) e glifosato (C).

Para o glifosato foi observado resposta semelhante aos 7 DAA, onde não foi observado diferença entre as médias de sintomas das plantas tratadas com as doses 1440 e 2880 g ha<sup>-1</sup> de e.a. e a testemunha. Aos 14 e 21 DAA foi verificado o aumento nos sintomas das plantas conforme o aumento das doses. Para o glifosato o controle de 100% das plantas de capim-amargoso foi observado aos 21 DAA na dose de 11520 g ha<sup>-1</sup> de e.a. (Figura 31C).

Para o herbicida glifosato, a avaliação dos parâmetros da fluorescência da clorofila *a* mostram uma resposta semelhante entre todas as doses aplicadas. Foi observado que os tratamentos reduziram em aproximadamente 80% e 90% os valores de PI<sub>total</sub> e PI<sub>ABS</sub> e aumentou em mais de 100% o parâmetro DIo/RC para as doses de 1440, 2880 e 5760 g ha<sup>-1</sup> de e.a. e em mais de 200% na dose de 11520 g ha<sup>-1</sup> de e.a. quando comparados a testemunha. Houve também incremento no parâmetro ABS/RC de aproximadamente 40% nas três primeiras doses, e incremento de mais de 100% na dose máxima avaliada, quando comparados ao tratamento testemunha (Figura 32A).



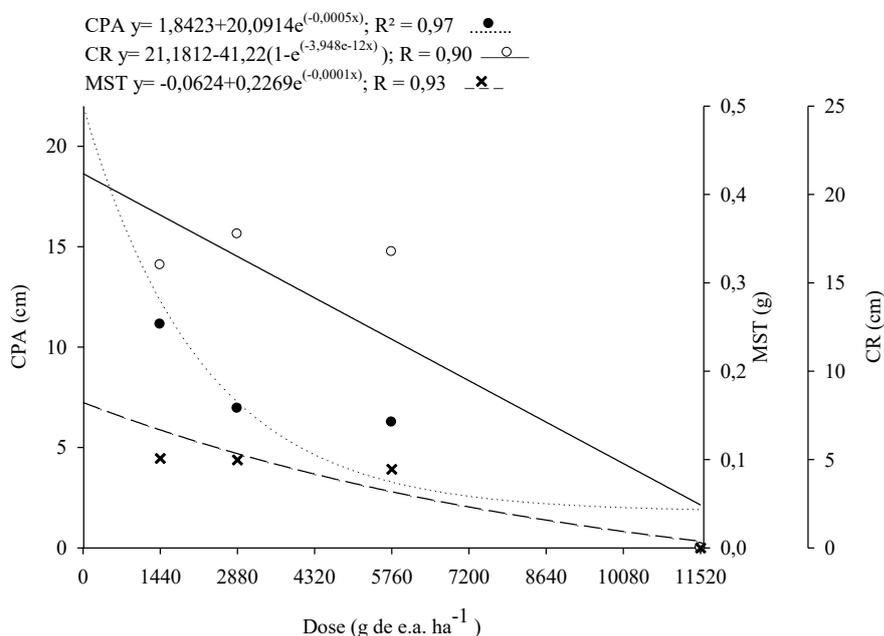
**Figura 32** - Efeito das doses de glifosato sob os parâmetros da fluorescência da clorofila  $a$ , obtidos através do teste JIP (centro radar=0,0, máximo=3,0) em relação ao padrão de comportamento - controle (linha contínua = 1,0), de biótipo de *D. insularis* coletado no município de Maripá/PR aos 14 (A) e 21 dias (B) após a aplicação do herbicida.

Aos 21 DAA do herbicida glifosato, a avaliação da fotossíntese das plantas tratadas nas doses de 1440, 2880 e 5760 g ha<sup>-1</sup> de e.a., mostraram que os parâmetros fotossintéticos ficaram mais próximos ao tratamento testemunha. O maior incremento observado foi obtido para DIo/RC na dose de 2880 g ha<sup>-1</sup> de e.a. (aproximadamente 95%) e em PItotal e PIABS, na dose de 1440 g ha<sup>-1</sup> de e.a. (Figura 32B).

As plantas tratadas com os herbicidas haloxifope e cletodim apresentaram 100% de controle e, portanto, não houve a possibilidade de avaliação dos parâmetros fotossintéticos aos 14 e 21 DAA.

Aos 21 DAA foram observadas diferenças significativas entre os parâmetros de crescimento do biótipo de capim-amargoso coletado em Maripá/PR. Com o aumento crescente entre as doses do herbicida glifosato, CPA, CR e MST tiveram reduções exponenciais. Foi observado maiores reduções entre as dose de 2880 a 5720 g ha<sup>-1</sup> de e.a. com redução de 39,8%, 55% e 28% da MST, CPA e CR, respectivamente. Na maior dose

testada (11520 g ha<sup>-1</sup> de i.a.) foi observado redução de 100% no comprimento das plantas, massa seca e comprimento de raiz (Figura 33).



**Figura 33** - Efeito do herbicida glifosato no comprimento de parte aérea (CPA), massa seca total (MST) e comprimento de raiz (CR) de plantas de *D. insularis* aos 21 DAA. Biótipo coletado no município de Maripá/PR.

O biótipo coletado no município de Maripá/PR apresentou o maior FR (2,08) para GR em comparação aos demais biótipos analisados. O FR para o C ficou em 3,13 (Tabela 11).

**Tabela 11** - Doses de glifosato (g ha<sup>-1</sup> de e.a.) necessária para controlar (C) ou reduzir a massa seca (GR) de 50% da espécie *Digitaria insularis* do biótipo potencialmente resistente (R) e suscetível (S) no estágio de 3 a 4 folhas. Biótipo coletado em Maripá/PR.

Biótipo	Controle visual (C) <sup>1</sup>	Massa seca (GR) <sup>1</sup>
R	4009,50	2505,60
S	1269,03	1203,90
FR (R/S) <sup>2</sup>	3,13	2,08

<sup>1</sup>- Dose necessária para controlar (C) ou reduzir a massa seca (GR) de 50% das plantas quando comparado com a testemunha.

<sup>2</sup>- Fator de resistência (FR) obtido a partir divisão do valor do biótipo R pelo biótipo S.

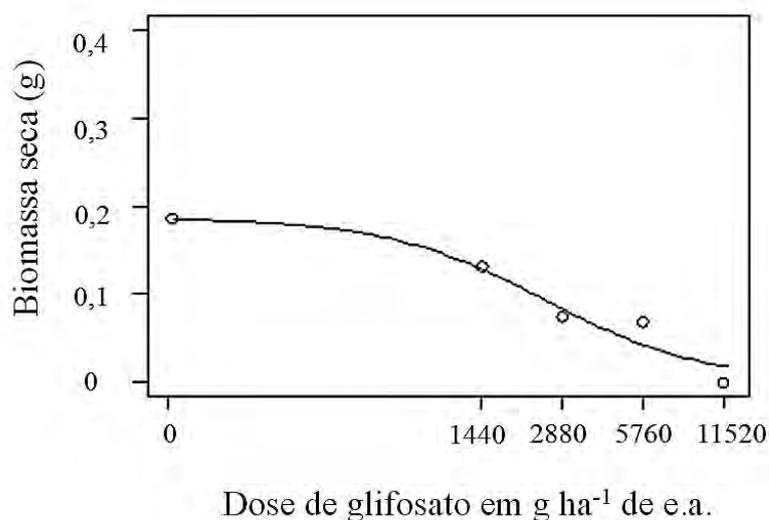
Os valores do desvio padrão (SE) para o biótipo potencialmente resistente foram elevados tanto para o C quanto para GR, entretanto o biótipo R apresentou valores significativamente maiores para as doses de glifosato que o biótipo S (Tabela 12).

**Tabela 12** - Parâmetros estimados para as curvas de dose-resposta dos biótipos potencialmente resistente (R) e suscetível (S) de capim-amargoso (*Digitaria insularis*), no estágio de 3 a 4 folhas (SE = desvio padrão). Biótipo coletado em Maripá/PR.

Parâmetros estimados baseados na regressão não-linear				
		b±SE	d±SE	e±SE
%Controle (C)	S	-0,004±0,002	99,19±1,43	1269,0±91,37
	R	-0,0005±0,0001	100,9±7,19	4009,5±527,60
Biomassa seca (GR)	S	3,47± 2,30	0,16± 0,01	1203,9±164,56
	R	0,92± 0,67	0,18± 0,029	2505,6± 704,28

“b” é a declividade da curva; “d” é o limite superior da curva; “e” dose que proporciona 50% de resposta da variável.

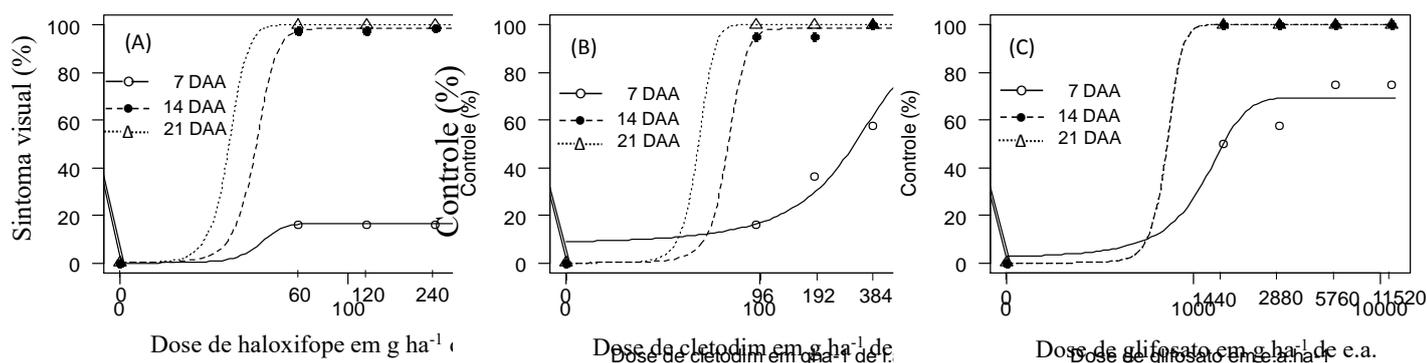
Na curva dose-resposta gerada a partir dos parâmetros obtidos foi possível observar que a dose de 11520 g ha<sup>-1</sup> de e.a. do herbicida glifosato foi suficiente para reduzir totalmente a biomassa das plantas tratadas. A redução da biomassa comparada ao controle, foi de 45,5%, 46,4% e 52,1% nas doses de 1440, 2880 e 5760g ha<sup>-1</sup> de e.a., respectivamente (Figura 34).



**Figura 34** - Curva de dose-resposta para a avaliação da redução da massa seca (GR) dos biótipos de *D. insularis* suscetível (S) e potencialmente resistente (R), aos 21 DAA do herbicida glifosato. Biótipo coletado em Maripá/PR.

### 3.1.7 Biótipo de Toledo2/PR

O biótipo de *D. insularis* coletado no município de Toledo 2/PR não mostrou diferença nas avaliações de sintomas entre as doses de haloxifope nos três tempos avaliados (7, 14 e 21 DAA). Aos 7 DAA as plantas tratadas com o herbicida haloxifope tiveram aproximadamente 17% de sintoma. Aos 14 DAA, o sintoma obtido foi de 98% e aos 21 DAA foi observado o controle de 100% das plantas (Figura 35A).



**Figura 35** - Curvas de dose-resposta para a avaliação de sintoma visual do biótipo de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) coletado no município de Toledo2/PR aos 7, 14 e 21 dias após aplicação (DAA) no estágio fenológico de 3 a 4 folhas dos herbicidas haloxifope (A), cletodim (B) e glifosato (C).

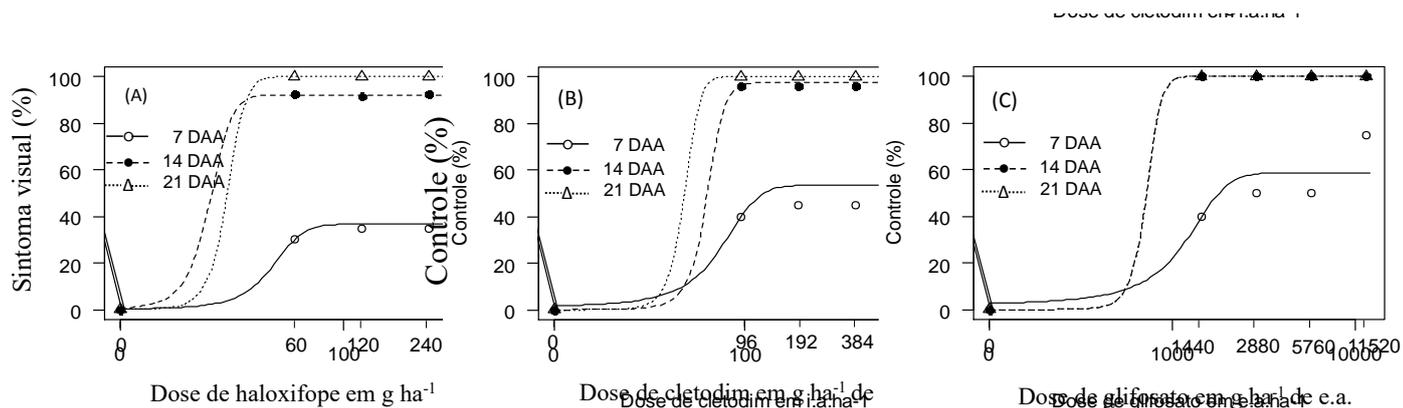
As plantas do biótipo de capim-amargoso coletado em Toledo 2/PR apresentaram elevada suscetibilidade ao herbicida cletodim. Aos 7 DAA os danos foram de 16%, 36%, 57% e 85% para as doses de 96, 192, 384 e 768 g ha<sup>-1</sup> de i.a. respectivamente, quando comparados a testemunha. Aos 14 DAA o cletodim proporcionou sintoma de 95% para as plantas tratadas com as doses de 96 e 192 g ha<sup>-1</sup> de i.a. e de 100% para as doses de 384 e 768 g ha<sup>-1</sup> de i.a.. Aos 21 DAA foi observado a morte de 100% das plantas em todos os tratamentos, quando comparado a testemunha (Figura 35B).

O biótipo apresentou elevada suscetibilidade ao glifosato aos 7 DAA, com controle crescente das plantas. Nas doses de 1440, 2880 e 5760 g ha<sup>-1</sup> de e.a. as médias de controle foram de 50%, 58% e 75%, respectivamente. Não houve diferença significativa entre as médias de controle entre as doses de 5760 e 11520 g ha<sup>-1</sup> de e.a.. Aos 14 e 21 DAA foi observado a morte de 100% das plantas em todas as doses avaliadas (Figura 35C).

Devido aos elevados danos à estrutura vegetal causados pela aplicação dos herbicidas haloxifope, cletodim e glifosato não foi possível determinar os parâmetros da fluorescência da clorofila *a* para o biótipo Toledo2/PR, tampouco a realização da coleta das plantas para as avaliações biométricas.

### 3.1.8 Biótipo de Santa Helena de Goiás/GO

Os sintomas da avaliação visual do biótipo de capim-amargoso coletado em Santa Helena de Goiás/GO mostrou que o aumento nas doses do haloxifope não proporcionou aumento nos sintomas causado pela ação do herbicida aos 7, 14 e 21 DAA. Os sintomas proporcionado pela ação do haloxifope nos três tempos de avaliação (7, 14 e 21 DAA) foram de aproximadamente 16%, 98% e 100%, respectivamente (Figura 36A).

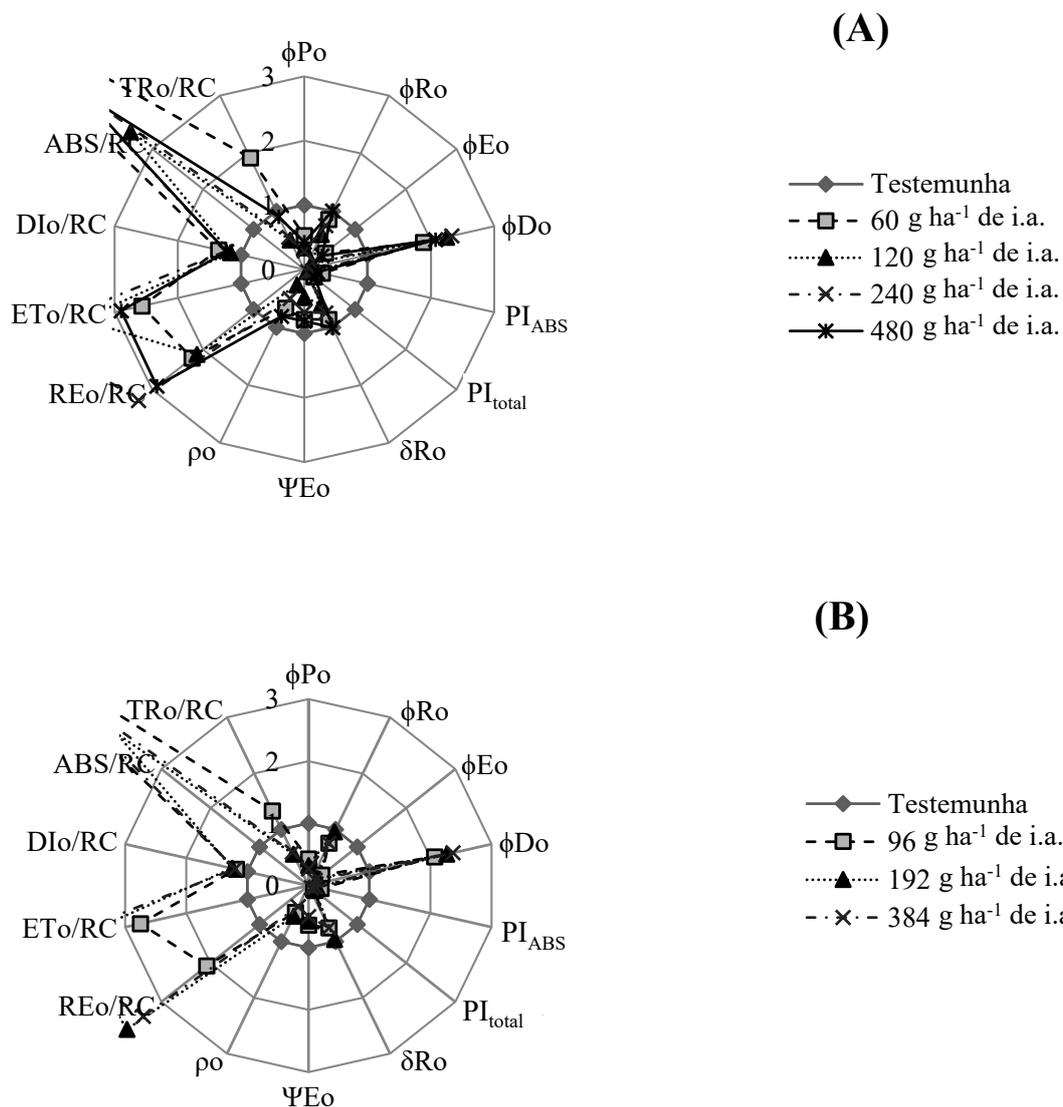


**Figura 36** - Curvas de dose-resposta para a avaliação de sintoma visual do biótipo de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) coletado no município de Santa Helena de Goiás/GO aos 7, 14 e 21 dias após aplicação (DAA) no estágio fenológico de 3 a 4 folhas dos herbicidas haloxifope (A), cletodim (B) e glifosato (C).

O biótipo de capim-amargoso de Santa Helena de Goiás/GO mostrou maior suscetibilidade ao cletodim quando comparado ao haloxifope. Os danos médios observados através dos sintomas para o cletodim foram de aproximadamente 50% para as doses de 96, 192 e 384 g ha<sup>-1</sup> de i.a. e de 70% para a dose de 768 g ha<sup>-1</sup> de i.a.. Aos 14 DAA do herbicida cletodim foi observado sintoma superior a 96% a partir da dose de 96 g ha<sup>-1</sup> de i.a.. Aos 21 DAA foi observado a morte de 100% das plantas em todas as doses avaliadas (Figura 36B).

As plantas tratadas com o herbicida glifosato tiveram danos, aos 7 DAA, de 40% na dose de 1440 g ha<sup>-1</sup> de e.a., de 50% nas doses de 2880 e 5760 g ha<sup>-1</sup> de e.a. e de 70% na dose de 11520 g ha<sup>-1</sup> de e.a., quando comparado a testemunha. (Figura 36C). Aos 14 DAA foi observado a morte de 100% das plantas de capim-amargoso com o herbicida glifosato.

Os parâmetros de fluorescência observados aos 14 DAA, para cletodim e haloxifope, mostram semelhanças (Figura 37A e B). PI<sub>total</sub> e PI<sub>ABS</sub> alcançaram valores muito próximos a zero, ABS/RC aumentou mais de 200% e ETo/RC e REo/RC apresentaram valores acima de 100%, quando comparados a testemunha controle.



**Figura 37** - Efeito das doses de haloxifope (A), cletodim (B) e glifosato (C) sob os parâmetros da fluorescência da clorofila *a*, obtidos através do teste JIP (centro radar=0,0, máximo=3,0) em relação ao padrão de comportamento - controle (linha contínua = 1,0), de biótipo de *D. insularis* coletado no município de Santa Helena de Goiás/GO aos 14 dias após as aplicações dos herbicidas.

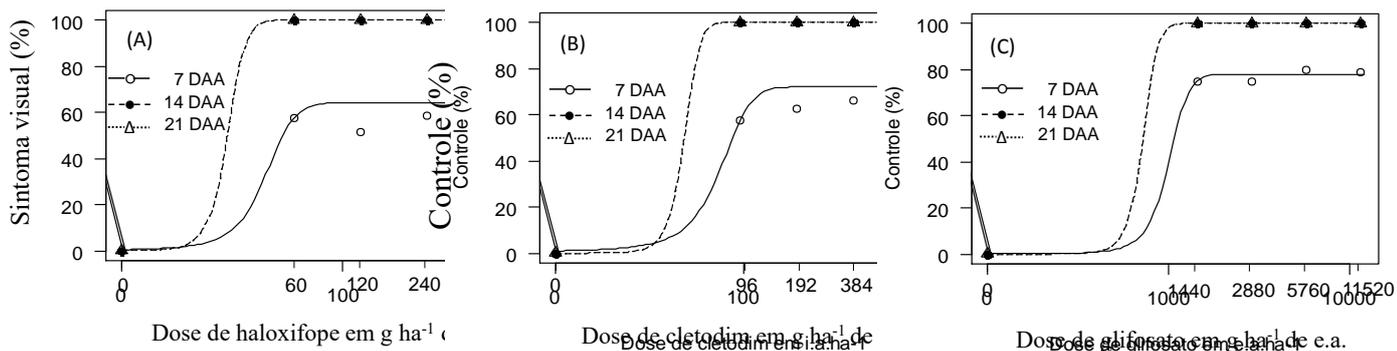
As plantas tratadas com glifosato apresentaram elevada sensibilidade ao glifosato logo aos 14 DAA com controle de 100% das plantas, quando comparado a testemunha, em todas as doses testadas. Não houve avaliação dos parâmetros fluorescência da clorofila *a* nas plantas tratadas com o herbicida glifosato devido a morte das plantas aos 14 DAA, tampouco a coleta de informações biométrica pelo controle de todas as plantas aos 21 DAA.

### 3.1.9 Biótipo de Seropédica/RJ

Coletado em áreas onde não existe histórico de aplicação de herbicidas para controle de *D. insularis*, o biótipo do município de Seropédica/RJ mostrou elevada suscetibilidade

aos três herbicidas testados. Nos tratamentos com haloxifope e glifosato, aos 7 DAA não foi observado diferença entre a menor dose testada e o dobro da dose (Figura 38A e C). Para o cletodim as doses 96, 192 e 384 g ha<sup>-1</sup> de i.a não mostraram diferença significativa no sintoma das plantas de capim-amargoso, quando comparadas a testemunha (Figura 38B).

Comparando os inibidores da ACCase, com o glifosato, aos 7 DAA, foi observado maior suscetibilidade das plantas ao herbicida glifosato, entretanto, na avaliação aos 14 DAA mostrou que o controle do capim-amargosos e equiparou aos herbicidas haloxifope e cletodim, com a morte das plantas em todas as doses testadas (Figura 38A, B e C).



**Figura 38** - Curvas de dose-resposta para a avaliação de sintoma visual do biótipo de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) coletado no município de Seropédica/RJ aos 7, 14 e 21 dias após aplicação (DAA) no estágio fenológico de 3 a 4 folhas dos herbicidas haloxifope (A), cletodim (B) e glifosato (C).

## 4.2 ENSAIO II - Ação de Pós-emergentes Sistêmicos no Controle de Capim-Amargoso em Diferentes Estádios Fenológicos

A ação dos pós-emergentes sistêmicos mostraram elevada eficiência de controle do capim-amargoso. No estágio fenológico de 3-4 folhas os sintomas proporcionados pelos herbicidas testados aos 14 DAA, mesmo na menor dose avaliada, foi superior a 90%. Aos 21 DAA a morte de 100% das plantas de capim-amargoso justifica a ausência dos dados biométrico de CR, CPA e MST.

A aplicação dos herbicidas sinalizou uma resposta mais lenta das plantas nos estádios de 3-4 perfilhos e pleno florescimento aos 7 DAA entretanto, esse atraso no controle foi revertido de maneira que aos 21 DAA o controle alcançado na maior dose avaliada foi superior a 90% para ambos estádios fenológicos.

### 4.2.1 Ação do setoxidim

Na Tabela 13 são apresentadas as avaliações de sintoma das plantas da capim-amargoso nos estádios fenológicos de 3-4 folhas, 3-4 perfilhos e em pleno florescimento aos 7, 14 e 21 DAA do herbicida setoxidim.

**Tabela 13** - Sintoma visual do capim-amargoso (*Digitaria insularis*), aos 7, 14 e 21 dias após aplicação (DAA) do herbicida setoxidim, nos estádios fenológicos de 3-4 folhas, 3-4 perfilhos e pleno florescimento. Seropédica/ RJ, 2016.

Época de avaliação	Dose (g ha <sup>-1</sup> de i.a.)	Sintoma Visual (%)			CV (%)
		Estádio fenológico			
		3-4 folhas	3-4 perfilhos	florescimento	
7 DAA	0	0 bA	0 bA	0 aA	30,4
	92	59 aA	24 aB	1,3 aC	
	184	69 aA	24 aB	2,5 aC	
14 DAA	0	0 bA	0 bA	0 cA	8,3
	92	93 aA	95 aA	39 Bb	
	184	98 aA	97 aA	50 aB	
21 DAA	0	0 bA	0 bA	0 bA	5,3
	92	100 aA	92 aAB	89 aB	
	184	100 aA	94 aA	89 aB	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna (para a mesma avaliação) e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na avaliação aos 7 DAA verificou-se que apenas os sintomas das plantas tratadas no estágio de pleno florescimento não apresentou diferença do tratamento testemunha, e nos demais estádios foi observado que ambas as doses avaliadas proporcionaram a mesma porcentagem de sintoma. Ainda aos 7 DAA observou-se que os sintomas mais expressivos foram obtidos em plantas com 3-4 folhas.

Aos 14 DAA, a diferença nos sintomas entre os estádios de 3-4 folhas e 3-4 perfilhos, encontrada aos 7 DAA, não foi mais observada. Isso mostra que o setoxidim, é capaz de proporcionar danos superiores a 90% em plantas de capim-amargoso no estágio de 3-4 folhas com a mesma eficiência que o observado em plantas em estágio fenológico de 3-4 perfilhos. Porém, em plantas no estágio de pleno florescimento as médias de sintoma foram menores, não ultrapassando 50%.

Aos 21 DAA verificou-se a morte de 100% das plantas de capim-amargoso com 3-4 folhas, indiferentemente da dose aplicada. Foi verificado também o aumento dos sintomas nas plantas no estágio de pleno florescimento, cujos valores obtidos foram semelhantes ao observado para o estágio de 3-4 perfilhos (89%), utilizando a metade da dose comercial de setoxidim.

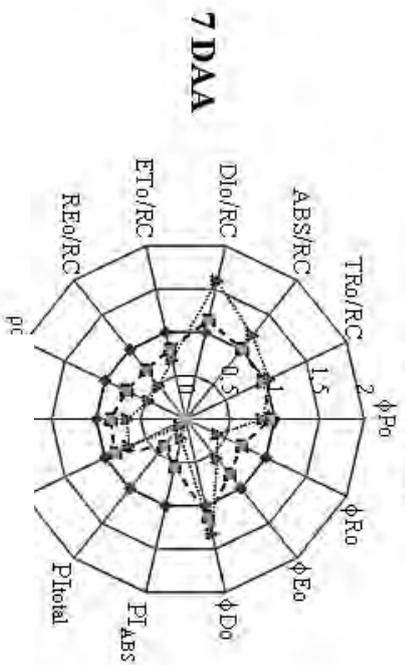
A resposta das plantas às doses de setoxidim aos 7 e 21 DAA, foi verificada observando parâmetros fotossintéticos. Na primeira avaliação das plantas no estágio fenológico de 3-4 folhas, quando comparado ao controle, observou-se a redução em torno de 50% e 85% nos índices de desempenho fotossintético ( $PI_{total}$  e  $PI_{ABS}$ ) para as doses de 92 e 184 g ha<sup>-1</sup> de i.a., respectivamente. Ainda aos 7 DAA, houve um incremento de 30% e 55% nos níveis de ABS/RC e DIO/RC para o tratamento com 184 g ha<sup>-1</sup> de i.a. e de 10% e 15% para o tratamento 92 g ha<sup>-1</sup> de i.a., respectivamente. Aos 21 DAA foi observado 100% de controle das plantas.

No estágio de 3-4 perfilhos verificou-se aos 7 DAA, que a resposta das plantas ao herbicida foi muito mais intensa para a menor dose avaliada, com o incremento de 100%, 50% e 45% dos parâmetros DIO/RC,  $\phi Do$  e ABS/RC, respectivamente, e redução de aproximadamente 60% de  $PI_{total}$  e  $PI_{ABS}$ . Na maior dose avaliada foi observado incremento de 45% 25% e 20% dos parâmetros DIO/RC,  $\phi Do$  e ABS/RC, respectivamente, e redução de aproximadamente 40% de  $PI_{total}$  e de 15% de  $PI_{ABS}$ .

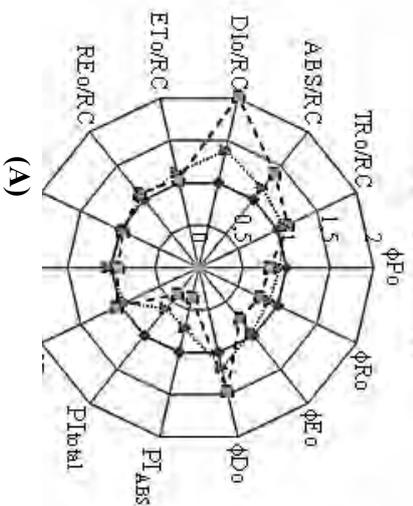
Aos 21 DAA foi verificado que os níveis dos parâmetros  $PI_{total}$ ,  $PI_{ABS}$ , DIO/RC e ABS/RC, destacados nas avaliações anteriores para a dose de 92 g ha<sup>-1</sup> de i.a. tiveram recuperação próxima ao tratamento testemunha. Para o tratamento com a dose de 184 g ha<sup>-1</sup> de i.a. também foi observado a recuperação dos parâmetros aos 21 DAA, porém a níveis de menor intensidade.

No estágio de pleno florescimento, as avaliações dos parâmetros da fluorescência da clorofila *a* refletem de maneira semelhante aos resultados de controle visual onde aos 7 DAA se observou danos pouco expressivo às plantas em ambas as doses. Foi observado apenas um incremento de aproximadamente 50% de DIO/RC na menor dose avaliada para o herbicida setoxidim e redução de 45% e 20% nos parâmetros  $PI_{total}$  e  $PI_{ABS}$  respectivamente, em comparação ao tratamento testemunha. Já aos 21 DAA houve um incremento mais expressivo de cerca de 20% dos parâmetros REO/RC, ETO/RC na dose de 184 g ha<sup>-1</sup> de i.a. Houve incremento também de 35% para  $\phi Do$  e de 60% para DIO/RC nas plantas tratadas com a dose de 184 g ha<sup>-1</sup> de i.a.  $PI_{ABS}$  e  $PI_{total}$  reduziram cerca de 30% para ambas as doses, em comparação a testemunha (Figura 39).

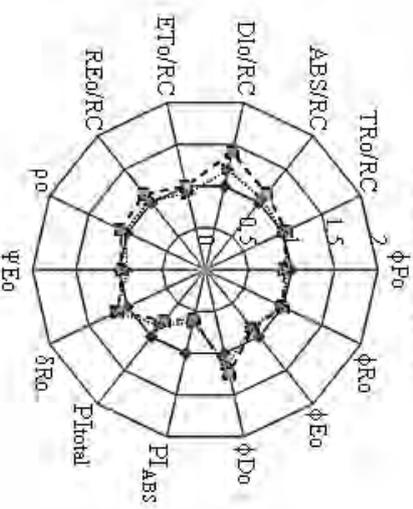
### 3-4 folhas



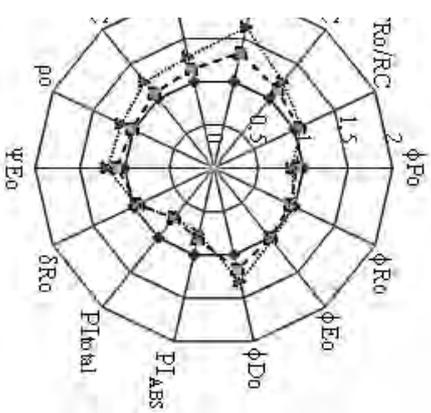
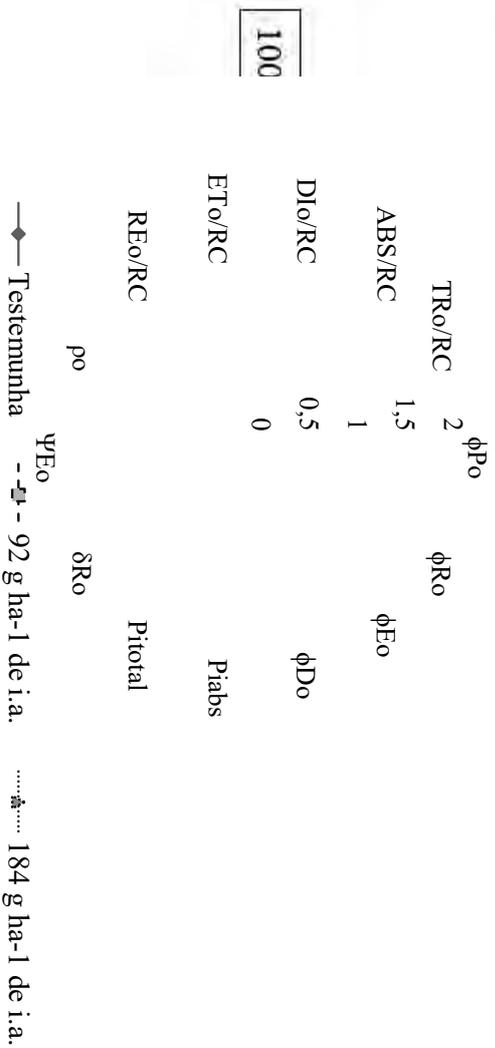
### 3-4 perfilhos



### Florescimento



21 DAA



**Figura 39** - Efeito das doses do herbicida setoxidim sob os parâmetros da fluorescência da clorofila *a*, obtidos através do teste JIP (centro radar=0,0, máximo=2,0) em relação ao padrão de comportamento - controle (linha contínua=1,0) em biótipo de *D. insularis*, no estágio fenológico de 3-4 folhas, 3-4 perfilhos e em pleno florescimento aos 7 e 21 dias após a aplicação do herbicida (DAA).

Analisando os dados de coleta aos 21 DAA foi observado que a aplicação do herbicida setoxidim contribuiu para a redução no comprimento das raízes (CR) das plantas de capim-amargoso tanto no estágio de 3-4 perfilhos quanto para pleno florescimento, quando comparado ao tratamento testemunha, entretanto, o aumento da dose não mostrou diferença significativa na redução da componente biométrica em discussão.

A MST e CPA não demonstraram diferença significativa com o aumento da dose do herbicida setoxidim de plantas no estágio de 3-4 perfilhos e pleno florescimento, em comparação a testemunha (Tabela 14).

**Tabela 14** - Efeito do herbicida setoxidim no comprimento de raiz (CR), massa seca total (MST) e comprimento da parte aérea (CPA) de plantas de *D. insularis* nas fases fenológicas de 3-4 perfilhos e pleno florescimento aos 21 DAA.

Componente biométrico	Dose (g ha <sup>-1</sup> de i.a.)	Estádio fenológico		CV 1 (%)	CV 2 (%)
		3-4 perfilhos <sup>(1)</sup>	Florescimento <sup>(2)</sup>		
CR (cm)	0	51,0 a	52,0 a	9,9	12,1
	92	30,7 b	28,2 b		
	184	26,0 b	31,0 b		
MST (g)	0	3,7 <sup>ns</sup>	3,8 <sup>ns</sup>	19,7	22,1
	92	2,7	2,5		
	184	2,2	3,6		
CPA (cm)	0	53,5 <sup>ns</sup>	55,0 <sup>ns</sup>	15,5	23,0
	92	43,3	48,7		
	184	42,0	49,2		

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna (para a mesma avaliação) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. <sup>ns</sup> – sem diferença entre os tratamentos.

#### 4.2.2 Ação do cletodim

Os resultados obtidos com a ação do cletodim em plantas de capim-amargoso mostraram que o herbicida apresentou maior eficiência por proporcionar maiores sintomas em plantas no estágio fenológico de 3-4 folhas e 3-4 perfilhos, na maior dose avaliada. No estágio de pleno florescimento essa diferença nos sintomas entre doses não foi observada.

Aos 7 DAA verificou-se sintomas mais expressivos em plantas com 3-4 folhas seguido das plantas com 3-4 perfilhos, cujo dano máximo obtido foi de 82,5% e 27% respectivamente. No estágio de pleno florescimento não foi observado diferenças nos sintomas entre as doses aplicadas e o tratamento testemunha.

Aos 14 DAA observou-se que os sintomas das plantas no estágio fenológico de 3-4 perfilhos foi semelhante ao sintoma obtido no estágio de 3-4 folhas. Em pleno florescimento o dano de aproximadamente 50% obtido em ambas as doses foi inferior aos danos observados para os demais estádios que ficaram acima de 95%.

Aos 21 DAA foi observado a morte de 100% das plantas com 3-4 folhas. Em plantas perfilhadas a dose de 48 g ha<sup>-1</sup> de i.a. proporcionou sintoma de 90% e na dose de 96 g ha<sup>-1</sup> de i.a., sintoma de 97%, em comparação ao tratamento testemunha. Não houve diferença entre o dano de 97% observado no tratamento com a maior dose aplicada nas plantas com 3-4 perfilhos com a morte de 100% das plantas com 3-4 folhas.

Aos 21 DAA, na dose máxima avaliada, as plantas no estágio de pleno florescimento apresentaram sintomas visuais iguais as médias observadas para as plantas com 3-4 folhas e o dano obtido na metade da dose máxima, não diferiu do dano observado na mesma dose das plantas com 3-4 perfilhos (Tabela 15).

**Tabela 15** – Sintoma visual do capim-amargoso (*Digitaria insularis*), aos 7, 14 e 21 dias após aplicação (DAA) do herbicida cletodim, nos estádios fenológicos de 3-4 folhas, 3-4 perfilhos e pleno florescimento. Seropédica/ RJ, 2016.

Época de avaliação	Dose (g ha <sup>-1</sup> de i.a.)	Sintoma visual (%)			CV (%)
		Estádio fenológico			
		3-4 folhas	3-4 perfilhos	florescimento	
7 DAA	0	0 cA	0 bA	0 aA	28,1
	48	57,5 bA	15 abB	1,3 aC	
	96	82,5 aA	27 aB	1,3 aC	
14 DAA	0	0 cA	0 cA	0 bA	9,5
	48	90 bA	85 bA	47,5 aB	
	96	99 aA	96aA	51 aB	
21 DAA	0	0 bA	0 cA	0 bA	4,0
	48	100 aA	90 bB	91aB	
	96	100 aA	96bA	93,5 aA	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna (para a mesma avaliação) e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

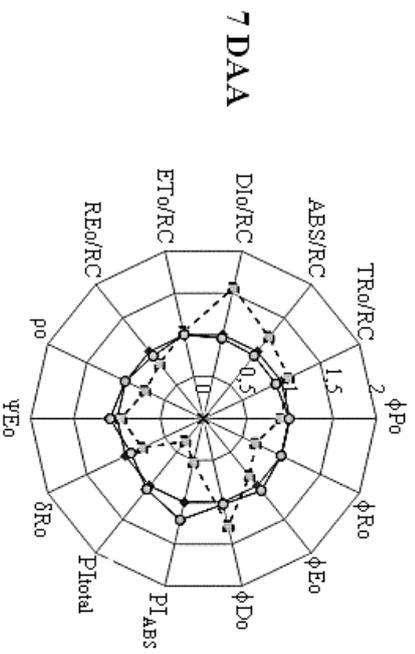
Observando os parâmetros da clorofila *a* das plantas com 3-4 folhas aos 7 DAA, é possível verificar que as alterações promovidas pela aplicação da dose de 96 g ha<sup>-1</sup> de i.a. não mostrou grandes diferenças, quando comparado ao tratamento testemunha. Na metade da dose aplicada foi verificado incremento de aproximadamente 50% e 25% em D<sub>Io</sub>/R<sub>C</sub> e ABS/R<sub>C</sub>, respectivamente, e redução de 50% e 60% em PI<sub>ABS</sub> e PI<sub>total</sub>, respectivamente.

Em plantas com 3-4 perfilhos, os parâmetros fotossintéticos destacados para o estágio de 3-4 folhas, aos 7 DAA, foram semelhantes, porém com intensidade ligeiramente maior para ambas as doses. Houve redução de aproximadamente 50% de PI<sub>ABS</sub> e PI<sub>total</sub>, 25% de  $\phi$ E<sub>o</sub> e  $\phi$ R<sub>o</sub> e incremento de aproximadamente 70% e 40% de D<sub>Io</sub>/R<sub>C</sub> e ABS/R<sub>C</sub> respectivamente, para ambas as doses.

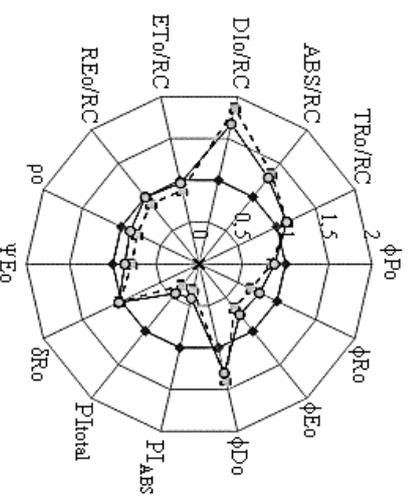
Aos 21 DAA foi observado o controle de 100% das plantas com 3-4 folhas. Na mesma avaliação, as plantas com 3-4 perfilhos tiveram uma acentuada redução, principalmente dos parâmetros PI<sub>ABS</sub> e PI<sub>total</sub>. Na maior dose avaliada e a sua metade proporcionaram uma redução de PI<sub>ABS</sub> e PI<sub>total</sub> de aproximadamente 100% e 70%, respectivamente, em comparação ao tratamento testemunha, e acréscimo de mais de 200% em D<sub>Io</sub>/R<sub>C</sub>, na dose de 96 g ha<sup>-1</sup> de i.a..

No estágio de florescimento, aos 7 DAA, foi observado que as alterações dos parâmetros para ambas as doses foram semelhantes. Foi observado o incremento de aproximadamente 45% e de 25% em D<sub>Io</sub>/R<sub>C</sub> e  $\phi$ D<sub>o</sub>, respectivamente e redução de 50% em PI<sub>ABS</sub> e PI<sub>total</sub> (Figura 40). Aos 21 DAA na metade da dose comercial fixada, os parâmetros destacados anteriormente tiveram um acréscimo de 25% nos seus valores.

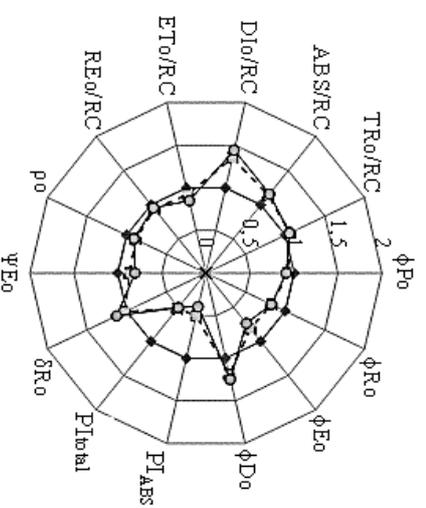
### 3-4 folhas



### 3-4 perflhos



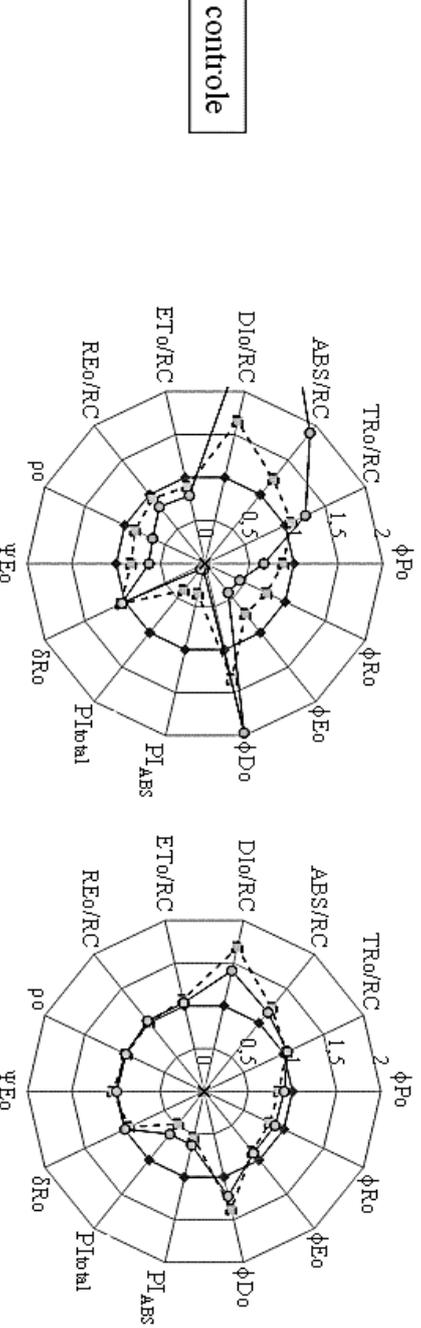
### Florescimento



7 DAA

21 DAA

100% de controle



—●— Testemunha    - - - □ - - 48 g ha-1 de ia    —●— 96 g ha-1 de ia

**Figura 40** - Efeito das doses do herbicida cletodim sob os parâmetros da fluorescência da clorofila *a*, obtidos através do teste JIP (centro radar=0,0, máximo=2,0) em relação ao padrão de comportamento - controle (linha contínua=1,0) em biótipo de *D. insularis*, no estágio fenológico de 3-4 folhas, 3-4 perflhos e em pleno florescimento aos 7 e 21 dias após a aplicação do herbicida (DAA).

As alterações dos dados biométricos pelo efeito das aplicações do cletodim em plantas de capim-amargoso aconteceu principalmente com aplicação no estágio de 3-4 perfilhos. Nesse estágio, o aumento das doses refletiram e reduções no CR e MST. No CPA, foi verificado que o aumento da dose aplicada não refletiu na redução do CPA.

No estágio de pleno florescimento foi observado que a aplicação do cletodim reduziu o CR das plantas de capim-amargoso, mas que essa redução não mostrou diferença significativa com o aumento da dose do herbicida. MST e CPA não demonstraram redução significativa pela ação do cletodim, quando comparado a testemunha (Tabela 16).

**Tabela 16** - Efeito do herbicida cletodim no comprimento de raiz (CR), massa seca total (MST) e comprimento da parte aérea (CPA) de plantas de *D. insularis* nas fase fenológicas de 3-4 perfilhos e pleno florescimento aos 21 DAA.

Componente biométrico	Dose (g ha <sup>-1</sup> de i.a.)	Estádio fenológico		CV 1 (%)	CV 2 (%)
		3-4 perfilhos <sup>(1)</sup>	Florescimento <sup>(2)</sup>		
CR (cm)	0	51,0 a	52,0 a	22,7	12,1
	48	36,0 ab	28,2 b		
	96	20,2 b	31,0 b		
MST (g)	0	3,7 a	3,8 <sup>ns</sup>	41,3	22,1
	48	2,0 ab	2,5		
	96	1,3 b	3,6		
CPA (cm)	0	53,5 a	55,0 <sup>ns</sup>	24,1	23,0
	48	32,0 b	48,8		
	96	30,0 b	50,2		

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna (para a mesma avaliação) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. <sup>ns</sup> – sem diferença entre os tratamentos.

#### 4.2.3 Ação do haloxifope

O efeito da aplicação do herbicida haloxifope em plantas de capim-amargoso não mostrou diferença significativa nas médias de sintoma visual obtidas aplicando-se as doses de 30 e 60 g ha<sup>-1</sup> de i.a. nos três estádios fenológicos estudados (3-4 folhas, 3-4 perfilhos e pleno florescimento) aos 7 e 14 DAA, quando comparados com a testemunha.

Aos 7 DAA o haloxifope apresentou dano de aproximadamente 80% nas plantas de 3-4 folhas, valor este elevado quando comparado ao estágio de pleno florescimento, quando as doses testadas não diferiram estatisticamente do tratamento controle.

Aos 14 DAA verificou-se um aumento significativo no sintoma das plantas no estágio de 3-4 perfilhos e em pleno florescimento, tratadas com o haloxifope. Nesses estádios foi observado sintoma visual superior a 90% das plantas com 3-4 perfilhos e em pleno florescimento, observou-se um sintoma visual de 40% e 50% para as doses de 30 e 60 g ha<sup>-1</sup> de i.a., respectivamente.

Aos 21 DAA foi observado a morte de 100% das plantas com 3-4 folhas em ambas as doses testadas e, as plantas com 3-4 perfilhos, danos superiores a 90% sendo que a dose máxima testada não diferiu estatisticamente dos 100% de controle verificado na avaliação de 3-4 folhas.

As plantas tratadas no estágio de florescimento tiveram resposta mais tardia aos efeitos de sintoma visual proporcionado pelo haloxifope de maneira que aos 21 DAA mesmo

com valores de sintomas inferiores aos demais estádios fenológico, as notas atribuídas foram superiores a 85% (Tabela 17).

**Tabela 17** - Sintoma visual de capim-amargoso (*Digitaria insularis*), aos 7, 14 e 21 dias após aplicação (DAA) do herbicida haloxifope, nos estádios fenológicos de 3-4 folhas, 3-4 perfilhos e pleno florescimento. Seropédica/ RJ, 2016.

Época de avaliação	Dose (g ha <sup>-1</sup> de i.a.)	Sintoma visual (%)			CV (%)
		Estádio fenológico			
		3-4 folhas	3-4 perfilhos	florescimento	
7 DAA	0	0 bA	0 bA	0 aA	35,5
	30	79 aA	16 aB	1,3 aC	
	60	80 aA	16 aB	2,5 aC	
14 DAA	0	0 bA	0 aA	0 bA	30,5
	30	100 aA	92,5 bA	40 aB	
	60	77,5 aA	95,5 bA	50 aB	
21 DAA	0	0 bA	0 cA	0 cA	2,5
	30	100 aA	92 bB	86,5 bC	
	60	100 aA	96aA	93 aB	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna (para a mesma avaliação) e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Embora aos 7 DAA não tenha sido observado diferença visual entre as doses e estádios fenológicos, nos controles, verificou-se que a mesma tendência não se aplicou a avaliação dos parâmetros fotossintéticos. Observou-se que a maior dose avaliada do haloxifope proporcionou maiores alterações nos parâmetros fotossintéticos.

Os parâmetros da avaliação da florescência aos 7 DAA mostrou que o haloxifope reduziu em aproximadamente 100% os parâmetros  $PI_{ABS}$ ,  $PI_{total}$  e  $\phi Ro$  de ambas as doses do herbicida testado, e em 40% e 60%  $\rho$  e  $\psi Eo$ , respectivamente, nas plantas de 3-4 folhas, em comparação ao tratamento testemunha. Houve ainda o incremento de 100% e 160% de  $DIo/RC$  para as doses de 30 e 60 g ha<sup>-1</sup> de i.a., respectivamente. Houve incremento também observado em  $ABS/RC$  de 40% e 50% nas doses de 30 e 60 g ha<sup>-1</sup> de i.a. respectivamente.

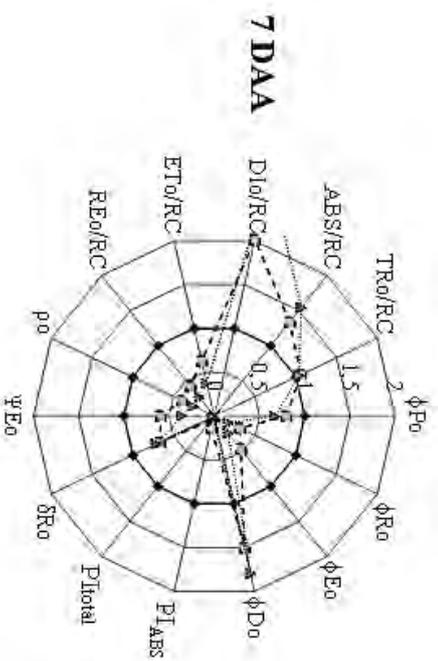
Nas plantas com 3-4 perfilhos foi observado que os parâmetros na menor dose avaliada ficaram próximos aos estabelecidos para o tratamento controle, havendo poucas alterações, aos 7 DAA. Na dose de 60 g ha<sup>-1</sup> de i.a., a redução mais severa aconteceu nos parâmetros  $PI_{ABS}$ ,  $PI_{total}$  e  $\phi Eo$  com 75, 60 e 40%, respectivamente, e o incremento maior foi observado em  $DIo/RC$  com aproximadamente 95%, em relação ao tratamento testemunha.

Aos 21 DAA foi observado que as plantas com 3-4 perfilhos, tratadas com a dose de 30 g ha<sup>-1</sup> de i.a., respondeu de forma semelhante a maior dose testada do herbicida haloxifope. Ainda aos 21 DAA foi verificado que  $PI_{ABS}$ ,  $PI_{total}$  tiveram reduções de mais de 80% para ambas as doses e incremento de 100% e mais de 200% em  $DIo/RC$  para as doses de 30 e 60 g ha<sup>-1</sup> de i.a., respectivamente.

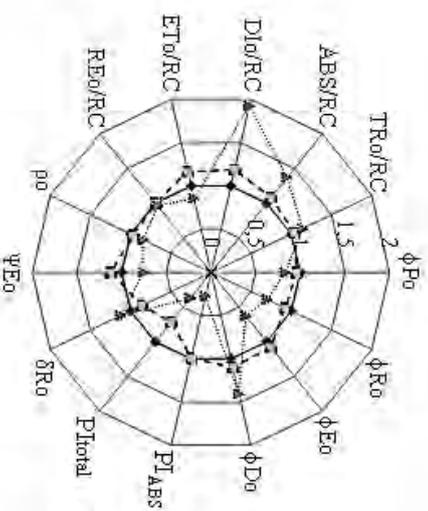
As plantas no estágio de pleno florescimento, apresentaram pequena variação dos parâmetros entre as doses. Aos 7 DAA as alterações mais expressivas, em comparação a testemunha, ocorreram em  $PI_{ABS}$ ,  $PI_{total}$  com 50% de redução, e incremento de 40% e 50% de  $DIo/RC$  nas doses de 30 e 60 g ha<sup>-1</sup> de i.a. respectivamente. Aos 21 DAA foi observado uma ligeira recuperação do  $PI_{ABS}$ ,  $PI_{total}$  de aproximadamente 15% em comparação a avaliação aos 7 DAA das plantas tratadas com a menor dose. O mesmo comportamento não foi verificado para as plantas tratadas com a maior dose do herbicida, cujos valores

destacados anteriormente tiveram redução de aproximadamente 20% em  $PI_{ABS}$ ,  $PI_{total}$ , e aumento de mais 50% em  $DIO/RC$ , em relação a avaliação anterior (Figura 41).

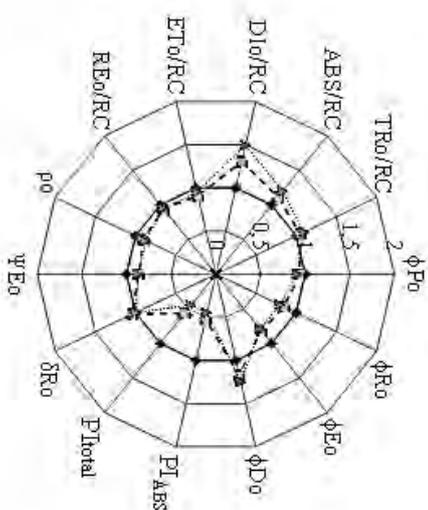
### 3-4 folhas



### 3-4 perfilhos

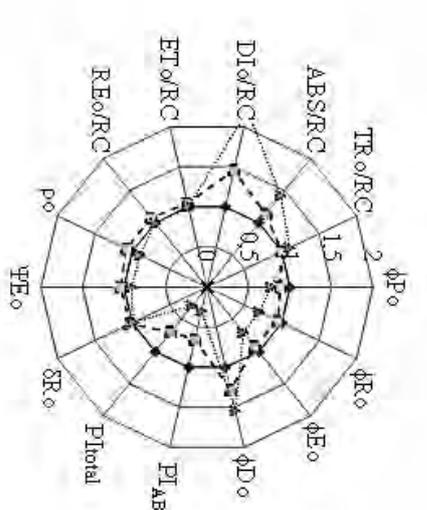
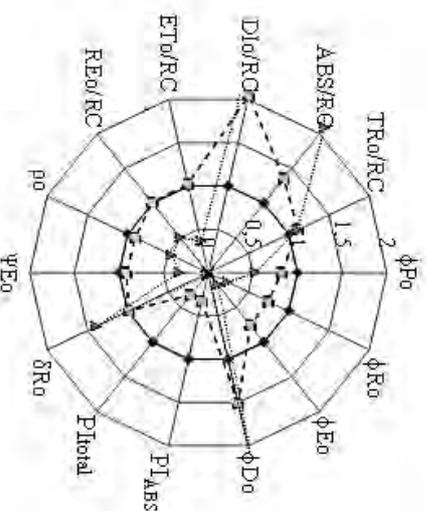


### Florescimento



### 21 DAA

### 100% de controle



—●— Testemunha    - - ■ - 30 g ha-1 de ia    - - ▲ - 60 g ha-1 de ia

**Figura 41** - Efeito das doses do herbicida haloxifope sob os parâmetros da fluorescência da clorofila  $a$ , obtidos através do teste JIP (centro radar=0,0, máximo=2,0) em relação ao padrão de comportamento - controle (linha contínua=1,0) em biótipo de *D. insularis*, no estágio fenológico de 3-4 folhas, 3-4 perfilhos e em pleno florescimento aos 7 e 21 dias após a aplicação do herbicida (DAA).

O efeito do herbicida haloxifope promoveu redução no CR quando comparado ao tratamento testemunha, entretanto, o aumento na dose do herbicida não mostrou efeito significativo na redução ainda maior desse componente biométrico. O CR e MST não demonstraram diferença significativa com a ação do herbicida haloxifope (Tabela 18).

**Tabela 18** - Efeito do herbicida haloxifope no comprimento de raiz (CR), massa seca total (MST) e comprimento da parte aérea (CPA) de plantas de *D. insularis* nas fase fenológicas de 3-4 perfilhos e pleno florescimento aos 21 DAA.

Componente biométrico	Dose (g ha <sup>-1</sup> de i.a.)	Estádio fenológico		CV 1 (%)	CV 2 (%)
		3-4 perfilhos <sup>(1)</sup>	Florescimento <sup>(2)</sup>		
CR (cm)	0	51,0 a	52,0 a	14,4	10,2
	30	29,2 b	28,5 b		
	60	33,7 b	26,5 b		
MST (g)	0	3,7 <sup>ns</sup>	3,8 <sup>ns</sup>	35,0	31,0
	30	1,7	3,4		
	60	2,4	2,8		
CPA (cm)	0	53,5 <sup>ns</sup>	55,0 <sup>ns</sup>	36,4	10,3
	30	27,7	50,5		
	60	41,0	50,0		

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna (para a mesma avaliação) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. <sup>ns</sup> – sem diferença entre os tratamentos.

#### 4.2.4 Ação do quizalofope

O uso do quizalofope se mostrou eficaz em plantas com 3-4 folhas logo aos 7 DAA com 85% e 97,5% de sintoma visual nas doses de 60 e 120 g ha<sup>-1</sup> de i.a., quando comparado a testemunha, enquanto que o estágio de pleno florescimento os sintomas observados entre as doses não mostraram diferenças significativas em comparação a testemunha. As plantas com 3-4 perfilhos apresentaram controle, nas doses de meia e dose inteira, de 26% e 34%, respectivamente. Aos 14 DAA foi verificado a morte de 100% das plantas tratadas no estágio de 3-4 folhas. No estágio de 3-4 perfilhos foi observado aumento nos sintomas nas plantas em comparação a avaliação anterior de modo que as médias obtidas não diferiram significativamente das médias de sintomas atribuídas ao estágio de 3-4 folhas. Aumento expressivo também foi observado nos danos às plantas do estágio de pleno florescimento com 55% e 69% de controle obtido nas doses aplicadas de 60 e 120 g ha<sup>-1</sup> de i.a., respectivamente.

Aos 21 DAA o sintoma proporcionado pela ação do herbicida haloxifope às plantas no estágio fenológico de pleno florescimento não mostrou diferença estatística entre os valores de 100% de controle obtido nos estádios de 3-4 folhas e 3-4 perfilhos aplicando-se a dose máxima avaliada. Com a metade da dose, os sintomas nas plantas se assemelharam com os dados de controle obtidos em plantas com 3-4 perfilhos (Tabela 19).

**Tabela 19** – Sintoma visual de capim-amargoso (*Digitaria insularis*), atribuído visualmente aos 7, 14 e 21 dias após aplicação (DAA) do herbicida quizalofope, nos estádios fenológicos de 3-4 folhas, 3-4 perfilhos e pleno florescimento. Seropédica/ RJ, 2016.

Época de avaliação	Dose (g ha <sup>-1</sup> de i.a.)	Sintoma visual (%)			CV (%)
		Estádio fenológico			
		3-4 folhas	3-4 perfilhos	florescimento	
7 DAA	0	0 cA	0 bA	0 aA	17,4
	60	85 bA	26 aB	2,5 aC	
	120	96,5 aA	34 aB	2,5 aC	
14 DAA	0	0 bA	0 bA	0 cA	9,7
	60	100 aA	95 aA	55 bB	
	120	100 aA	95 aA	69 aB	
21 DAA	0	0 bA	0 bA	0 bA	3,4
	60	100 aA	96,5 aAB	92,5 aB	
	120	100 aA	98 aA	97 aA	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna (para a mesma avaliação) e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

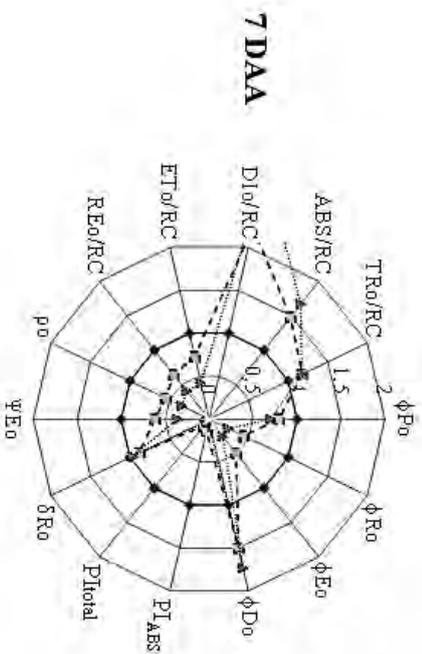
Nos parâmetros de fluorescência, para as plantas no estágio fenológico de 3-4 folhas, aos 7 DAA, verificou-se uma redução de aproximadamente 100% de  $PI_{ABS}$ ,  $PI_{total}$  para ambas as doses em comparação ao tratamento testemunha. Houve redução também de 50% em  $\phi Ro$  e  $\phi Eo$  nas plantas tratadas com a dose de 60 g ha<sup>-1</sup> de i.a. e redução de 80% na dose de 120 g ha<sup>-1</sup> de i.a.. Para ambas as doses houve aumento de mais de 100% em  $DIo/RC$  e de 50% e 60% em  $ABS/RC$  nas doses de 60 e 120 g ha<sup>-1</sup> de i.a., respectivamente.

As plantas no estágio fenológico de 3-4 perfilhos apresentaram uma tendência semelhante, aos 7 DAA, entre as doses de 60 e 120 g ha<sup>-1</sup> de i.a.. Dentre os parâmetros avaliados, a redução do  $PI_{ABS}$ ,  $PI_{total}$  e o incremento em  $DIo/RC$ ,  $ABS/RC$  e  $\phi Do$  foram os mais expressivos, quando comparado ao tratamento testemunha.

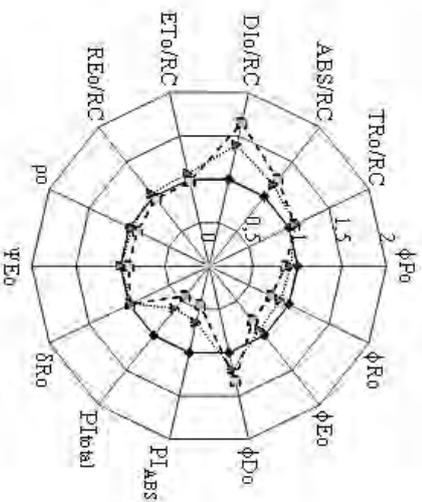
Aos 21 DAA as plantas não apresentaram área foliar o suficiente para leitura da fluorescência da clorofila *a* devido os severos danos causados pela ação do herbicida. Na dose de 60 g ha<sup>-1</sup> de i.a. foi observado a redução de 75% de  $PI_{ABS}$  e  $PI_{total}$  e aumento de aproximadamente 60% de  $\phi Do$ , 40% de  $ABS/RC$  e de 130% de  $ABS/RC$ .

Para as plantas no estágio fenológico de florescimento verificou-se que o comportamento dos parâmetros fotossintéticos da planta foi semelhante ao observado nas plantas perfilhadas porém aos 21 DAA observou-se sintomas mais deletérios nas plantas tratadas com a dose de 60 g ha<sup>-1</sup> de i.a. em comparação as plantas com a maior dose avaliada (Figura 42).

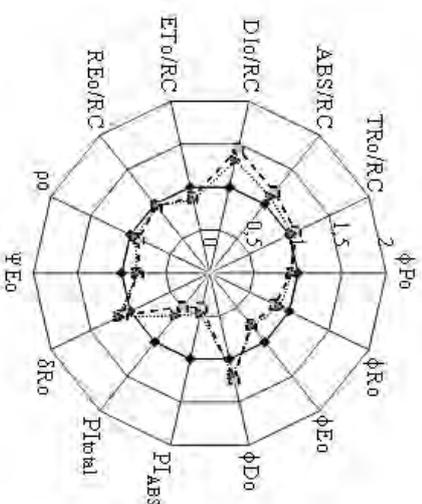
### 3-4 folhas



### 3-4 perfilhos

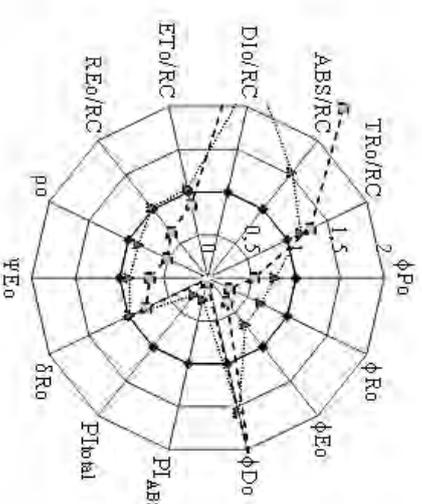
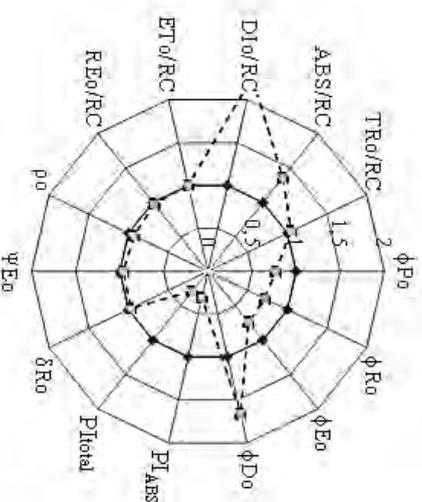


### Florescimento



### 21 DAA

100% de controle



— Testemunha    - - - 60 g ha-1 de i.a.    ..... 120 g ha-1 de i.a.

**Figura 42** - Efeito das doses do herbicida quizalofópe sob os parâmetros da fluorescência da clorofila *a*, obtidos através do teste JIP (centro radar=0,0, máximo=2,0) em relação ao padrão de comportamento - controle (linha contínua=1,0) em biótipo de *D. insularis*, no estágio fenológico de 3-4 folhas, 3-4 perfilhos e em pleno florescimento aos 7 e 21 dias após a aplicação do herbicida (DAA).

O herbicida quizalofope proporcionou a redução do CR e CPA de plantas de 3-4 perfilhos, em comparação ao tratamento testemunha. Foi observado que a redução no CR foi independente da dose aplicada, enquanto que pra o CPA a redução foi crescente com o aumento das doses. O componente biométrico de MST para plantas no estágio de 3-4 perfilhos não mostrou diferença significativa do tratamento controle.

No estágio de florescimento, CR, CPA e MST apresentaram diferenças do tratamento testemunha pela ação do herbicida. No CR, ambas as doses proporcionaram o mesmo comprimento com a ação do herbicida, porém, inferior ao tratamento testemunha. As reduções em MST e CPA foram menos expressivas entre o tratamento controle e a menor dose do herbicida avaliado, mas entre a testemunha e a maior dose aplicada essa diferença foi significativamente maior (Tabela 20).

**Tabela 20** - Efeito do herbicida quizalofope no comprimento de raiz (CR), massa seca total (MST) e comprimento da parte aérea (CPA) de plantas de *D. insularis* nas fase fenológicas de 3-4 perfilhos e pleno florescimento aos 21 DAA.

Componente biométrico	Dose (g ha <sup>-1</sup> de i.a.)	Estádio fenológico		CV 1 (%)	CV 2 (%)
		3-4 perfilhos <sup>(1)</sup>	Florescimento <sup>(2)</sup>		
CR (cm)	0	51,0 a	52,0 a	7,6	14,4
	60	30,3 b	27,2 b		
	120	28,0 b	23,2 b		
MST (g)	0	3,7 <sup>ns</sup>	3,8 a	24,5	47,4
	60	2,3	1,9 ab		
	120	2,0	1,2 b		
CPA (cm)	0	53,5 a	55,0 a	24,1	48,2
	60	36,3 b	36,0 ab		
	120	19,3 c	13,5 b		

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna (para a mesma avaliação) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. <sup>ns</sup> – sem diferença entre os tratamentos.

### 4.3 ENSAIO III - Ação de Pós-emergentes de Contato no Controle de Capim-Amargoso em Diferentes Estádios Fenológicos

#### 4.3.1 Ação do paraquate

O herbicida paraquate demonstrou elevada eficiência no controle das plantas de capim-amargoso com 3-4 folhas, mesmo na menor dose avaliada de maneira que após 5 dias da primeira aplicação foi possível observar a morte de 100% das plantas tratadas.

No estágio fenológico de 3-4 perfilhos, assim como no de pleno florescimento o “efeito guarda-chuva” impediu que os sintomas ocorresse em toda planta logo na primeira aplicação. Isso aconteceu devido as folhas do terço superior protegerem fisicamente as folhas do terço inferior do contato com o herbicida.

Nas plantas com 3-4 perfilhos foram observados sintomas mais severos em toda estrutura foliar aos 7 DAA da sequencial, permanecendo verde apenas os colmos. Aos 14 DAA da sequencial foi observado a morte de 100% das plantas. No estágio fenológico de pleno florescimento ambas as doses proporcionaram sintomas superiores a 90% não havendo diferença significativa de controle entre elas.

Observando o efeito do herbicida paraquate nas plantas em aplicação nos três estádios, é possível verificar que o dano nas plantas com 3-4 folhas foi maior quando comparado aos estádios fenológicos de 3-4 perfilhos e em pleno florescimento, uma vez que não foi necessário a aplicação da sequencial (Tabela 21).

**Tabela 21** - Sintoma visual de capim-amargoso (*Digitaria insularis*), atribuído visualmente aos 7 dias após aplicação (DAA) do herbicida paraquate, nos estádios fenológicos de 3-4 folhas, 3-4 perfilhos e pleno florescimento. Seropédica/ RJ, 2016.

Época de avaliação	Dose (g ha <sup>-1</sup> de i.a.)	Sintoma visual (%)			CV (%)
		Estádio fenológico			
		3-4 folhas	3-4 perfilhos	florescimento	
7 DAA	0	0 bA	0 bA	0 bA	1,9
	300	100 aA	99 aA	95 aB	
	600	100 aA	97,5 aB	97 aB	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna (para a mesma avaliação) e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Aos 14 DAA as plantas nos estádios de 3-4 perfilhos e em pleno florescimento apresentaram morte de 100% em ambas as doses, quando comparadas ao controle.

#### 4.3.2 Ação do paraquate+diuron

As plantas tratadas com a mistura comercial entre paraquate+diuron apresentaram comportamento semelhante ao observado no ensaio com paraquate em plantas de capim-amargoso no estágio fenológico de 3-4 folhas. A morte de 100% das plantas ocorreu antes da aplicação sequencial do herbicida paraquate+diuron.

A aplicação de paraquate+diuron no estágio fenológico de 3-4 perfilhos indicou que na avaliação aos 7 DAA, a maior dose avaliada proporcionou maiores sintomas (97%) quando comparado a metade da dose avaliada (86%). Aos 14 DAA a diferença nos sintomas entre as doses aplicadas permaneceu, sendo que na maior delas foi obtido a morte de 100% das plantas.

No estágio de pleno florescimento não foi observado diferença estatística entre as doses avaliadas cujos sintomas foram de 93%. Aos 14 DAA foi observado a morte de 100% das plantas em comparação ao tratamento testemunha.

Verificou-se que os sintomas no capim-amargoso com a mistura comercial do herbicida paraquate+diuron foi eficiente aos 7 DAA, principalmente na maior dose avaliada cujos sintomas nas plantas foram superiores a 93% nos 3 estádios fenológicos estudados (Tabela 22).

Devido aos danos severos causados pelo herbicida à parte aérea aos 7 DAA e a morte de 100% das plantas aos 14 DAA não foi possível a realização da avaliação de fluorescência da clorofila *a*, tampouco a realização da coleta para avaliação biométrica aos 21 DAA.

**Tabela 22** - Sintoma visual de capim-amargoso (*Digitaria insularis*), atribuído visualmente aos 7, 14 dias após aplicação (DAA) do herbicida paraquate+diuron, nos estádios fenológicos de 3-4 folhas, 3-4 perfilhos e pleno florescimento. Seropédica/ RJ, 2016.

Época de avaliação	Dose (g ha <sup>-1</sup> de i.a.)	Sintoma visual (%)			CV (%)
		Estádio fenológico			
		3-4 folhas	3-4 perfilhos	florescimento	
7 DAA	0	0 bA	0 cA	0 bA	5,9
	100+50	100 aA	86 bC	93 aB	
	200+100	100 aA	97 aA	93,5 aA	
14 DAA	0	0 bA	0 cA	0 bA	0,9
	100+50	100 aA	98,5 bB	100 aA	
	200+100	100 aA	100 aA	100 aA	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna (para a mesma avaliação) e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

#### 4.3.3 Ação do glufosinato

Aos 7 DAA do sequencial do herbicida glufosinato foi observado a morte de 100% das plantas com 3-4 folhas. No estágio de 3-4 perfilhos foi observado que ambas as doses proporcionaram danos semelhantes, observando os sintomas, enquanto que no estágio de pleno florescimento os danos nas plantas de capim-amargoso foram de 91%, na maior dose e de 79% na metade da dose testada, quando comparado com o tratamento testemunha (Tabela 23).

**Tabela 23** - Controle de capim-amargoso (*Digitaria insularis*), atribuído visualmente aos 7, 14 e 21 dias após aplicação (DAA) do herbicida glufosinato, nos estádios fenológicos de 3-4 folhas, 3-4 perfilhos e pleno florescimento. Seropédica/ RJ, 2016.

Época de avaliação	Dose (g ha <sup>-1</sup> de i.a.)	Controle (%)			CV (%)
		Estádio fenológico			
		3-4 folhas	3-4 perfilhos	florescimento	
<b>7 DAA</b>	0	0 bA	0 bA	0 cA	16,9
	300	100 aA	96 aA	79 bB	
	600	100 aA	96 aA	90 aA	
<b>14 DAA</b>	0	0 bA	0 cA	0 bA	6,7
	300	100 aA	90 bB	97 aB	
	600	100 aA	100 aA	97,5 aA	
<b>21 DAA</b>	0	0 bA	0 bA	0 aA	25,5
	300	100 aA	100 aA	100 bA	
	600	100 aA	100 aA	100 bA	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna (para a mesma avaliação) e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Aos 7 DAA verificou-se que a maior dose avaliada proporcionou a morte de 100% das plantas nos estádios de 3-4 folhas, 3-4 perfilhos e pleno florescimento. Para a menor dose avaliada os estádios de 3-4 folhas e 3-4 perfilhos apresentaram semelhança entre os sintomas enquanto que no estágio de pleno florescimento o dano causado pelos sintomas foi menor (79%) quando comparado a todas as médias obtidas de plantas tratadas desta avaliação.

Aos 14 DAA foi observado a morte de 100% das plantas com 3-4 perfilhos tratadas com a maior dose de glufosinato. Na menor dose avaliada do glufosinato foi verificado o sintoma de 90% das plantas com 3-4 perfilhos.

Aos 21 DAA foi observado 100% de morte das plantas em todas as doses aplicadas do herbicida.

Os parâmetros fotossintéticos com as plantas no estágio de 3-4 perfilhos ficaram impossibilitadas de serem avaliadas devido ao efeito desfolhante do herbicida glufosinato. Aos 14 DAA foi observado que as plantas tratadas com a dose de 300g ha<sup>-1</sup> de i.a. continuaram seu desenvolvimento possibilitando verificar a redução de aproximadamente 100% dos parâmetros PI<sub>ABS</sub> e PI<sub>total</sub> e incremento de 100% em  $\phi$ Do, 50% de REo/RC e ETo/RC e mais de 200% em ABS/RC e DIo/RC. Aos 21 DAA foi observado apenas o colmo da planta ainda verde (Figura 43).



No estágio de florescimento observou-se, aos 7 DAA, que ambas as doses avaliadas proporcionaram danos severos ao aparato fotossintético. As plantas mostraram redução de 100% do parâmetro  $PI_{ABS}$  e  $PI_{total}$  e aumento de mais de 200% de  $DIO/RC$  e  $ABS/RC$  e mais de 50% em  $\phi Po$ , quando comparado com o tratamento controle.

Apesar dos severos danos ao aparato fotossintético, as plantas tratadas com a dose de  $600 \text{ g ha}^{-1}$  de i.a. na avaliação aos 21 DAA, emitiram perfilhos que possibilitaram avaliar a recuperação através da comparação entre os parâmetros das plantas tratadas e da testemunha.

A recuperação das plantas no estágio de 3-4 perfilhos que receberam meia dose e, no florescimento, plantas que receberam dose inteira do glufosinato não indicou diferença significativa entre as componentes biométricas avaliadas das plantas com 100% de controle com os dados do tratamento testemunha (Tabela 24).

**Tabela 24** - Efeito do herbicida glufosinato no comprimento de raiz (CR), massa seca total (MST) e comprimento da parte aérea (CPA) de plantas de *D. insularis* nas fase fenológicas de 3-4 perfilhos e pleno florescimento aos 21 DAA.

Componente biométrico	Dose ( $\text{g ha}^{-1}$ de i.a.)	Estádio fenológico		CV 1 (%)	CV 2 (%)
		3-4 perfilhos <sup>(1)</sup>	Florescimento <sup>(2)</sup>		
CR (cm)	0	51,0 aA	48,5 aA	52,2	80,2
	30	17,2 bA	0 bA		
	60	0 bA	9,5 bA		
MST (g)	0	3,7aA	6,6 aA	50,5	88,5
	30	0,6 bA	0bA		
	60	0 bA	0,8 bA		
CPA (cm)	0	53,5 aA	37,5aA	52,0	35,7
	30	13,0bA	0 bA		
	60	0bA	14,0 bA		

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna (para a mesma avaliação) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## 5 DISCUSSÃO

### 5.1 ENSAIO I – Detecção da Suscetibilidade Diferencial

Nas avaliações visuais realizadas aos 7, 14 e 21 DAA foi observado que inicialmente o herbicida cletodim, quando comparado ao haloxifope, apresentou maior eficiência no controle de 6 dos 9 biótipos de *D. insularis* estudados. Embora a maioria das gramíneas tenham sensibilidade aos herbicidas inibidores de ACCase, sabe-se que os grupos químicos ariloxifenoxipropionatos e cicloexanodionas apresentam diferença de espectro de ação no controle de gramíneas (HARWOOD, 1999; LÓPEZ-OVEJERO, 2006).

São poucas as informações que justificam o real desempenho dos herbicidas inibidores da ACCase no controle de diferentes gramíneas. Sabe-se que dentre as duas formas de ACCase, encontrada tanto no citoplasma quanto nos plastídios das plantas, ambas possuem uma organização formando subunidades denominadas de complexos homodiméricos e heteroméricos. Em gramíneas o predomínio acontece nas formas homodiméricas tanto no citosol quanto nos plastídios e não apresentam a forma heterodimérica (BUCHANAN et al., 2015).

A variação no controle de gramíneas pela ação de inibidores da ACCase, então, está ligada a um complexo homodimérico da enzima nos plastídios podendo proporcionar respostas distintas em determinadas plantas devido a presença de uma forma insensível ao herbicida ou a capacidade de metabolizar de maneira distinta “dims” e “fops” (BURTON et al., 1991). Sabendo disso, a ampla biologia das plantas permite variações no controle, como maior ou menor suscetibilidade aos inibidores da ACCase, como verificado por Marshall et al. (1994), onde os “fops” apresentaram menor eficiência no controle de *Eleusine indica* em relação aos “dims”.

Ausência na diferença de controle de gramíneas utilizando “dims” e “fops” também ocorre. Lingenfelter & Curran (2007) verificaram que os herbicidas fluazifope e cletodim foram mais eficientes no controle de *Muhlenbergia frondosa* em relação a quizalofope e setoxidim.

Neste experimento não foram observadas diferenças de controle entre os biótipos estudados utilizando cletodim e haloxifope. Ambos os herbicidas controlaram 100% das plantas de capim-amargoso aos 21 DAA. A mesma eficiência foi constatada por Barroso et al. (2014) quando cletodim e haloxifope, em doses comerciais, mostraram elevado controle visual aos 28 DAA em plantas de capim-amargoso. A eficiência no controle do capim-amargoso com a aplicação do cletodim e haloxifope também foi descrito por Adegas et al. (2010) que observaram, para plantas com até 4 folhas, controles superiores a 95% aos 14 DAA.

Neste experimento, a eficiência de controle utilizando o herbicida glifosato foi verificado somente para os biótipos coletados no município de Toledo/PR, Santa Helena de Goiás/GO e Seropédica/RJ com controle de 100% das plantas já aos 14 DAA, com a dose recomendada em bula. Para os demais biótipos foi verificada uma variação de controle onde doses de até oito vezes a dose recomendada em bula foi insuficiente para o controle.

A redução na suscetibilidade dos biótipos ao herbicida é explicada pela existência de três mecanismos gerais que podem influenciar na ação desses compostos: mutação no local de ação, metabolização do herbicida em substâncias menos fitotóxicas e redução na absorção foliar e/ou translocação do herbicida pela planta (CHRISTOFFOLETI & NICOLAI, 2016).

Trabalhos similares sobre fator de resistência mostram que para determinados biótipos o FR encontrado foi de 5,6 (CARVALHO, 2011) e até 8,0 (CHRISTOFFOLETI et al., 2009). O maior valor encontrado neste trabalho, calculado pelo valor de GR50 foi de

2,08. Considerando os estudos do FR encontrado para plantas de capim-amargoso ainda é considerado baixo em comparação a outras espécies de gramíneas como *E. indica* com 11,8 (LEE; NGIM, 2000) e *S. halepense* com 10,5 (VILA-AIUB et al., 2007), também para o herbicida glifosato.

No caso das plantas de capim-amargoso avaliadas é possível afirmar que a suscetibilidade observada ao herbicida glifosato não está ligada ao mecanismo de mutação no sítio de ação uma vez que casos como esse exigem fator de resistência elevado ( $FR > 10$ ), como o encontrado por Reinert et al., (2013) para plantas de *D. insularis*.

A baixa suscetibilidade dos biótipos estudados ao glifosato pode estar ligada a metabolização acelerada do herbicida ou na redução da absorção do glifosato pela planta (POWLES&PRESTON, 2006).

Para melhor elucidação sobre o real mecanismo fisiológico que impede a ação do glifosato nas plantas, assim como a confirmação se as diferenças na suscetibilidade entre os biótipos de capim-amargoso ao herbicida glifosato é caso de resistência, é necessário novos estudos, uma vez que a comprovação é realizada após a caracterização da herdabilidade da planta daninha. Isso é feito com a implantação de experimentos de curva de dose-resposta em casa de vegetação e campo utilizando-se plantas suscetíveis e potencialmente resistentes, de tamanho e localização similares (GAZZIERO et al., 2008; CORREIA et al., 2010).

O estudo da fluorescência da clorofila *a* em plantas de *D. insularis* permitiu compreender como a ação do glifosato, cletodim e haloxifope interfere na etapa fotoquímica da fotossíntese. A fase fotoquímica é a responsável pela produção de energia química necessárias às reações subsequentes como a síntese de açúcares e de inúmeras outras reações (TROPALDI et al., 2015). O contato do herbicida com a planta promove uma série de reações de alteração metabólica podendo interferir também nos processos fotossintéticos que em circunstâncias normais tem seus elétrons derivados da oxidação da água direcionados através da cadeia transportadora de elétrons com o objetivo de produzir ATP e NADPH (DAYAN & ZACCARO, 2012).

Com a ação dos herbicidas testados neste experimento verificou-se a interferência dessas moléculas na cinética de transporte de elétrons. Nas plantas tratadas com os herbicidas cletodim e haloxifope observou-se acentuada diminuição do parâmetro de rendimento máximo fotoquímico ( $\phi P_o$ ). Tsimilli-Michael et al. (1998) também observaram esse comportamento em plantas sob estresse térmico ou luminoso e sugeriram que este resultado foi devido a transformação de alguns centros de reação do fotossistema II (FSII) ativos em inativos de maneira a potencializar os demais CRs para atuarem de alguma forma como armadilhas de excitação mais eficientes. Contudo, a resposta a esse aumento da atividade no centro de reação detectado, principalmente pela elevação do parâmetro ABS/RC, foi a dissipação de energia em forma de calor (STIBERT & GOVINDJEE, 2011; MARTINAZZO et al., 2013).

Toda energia captada pelo complexo antena e que não foi utilizada pela cadeia transportadora de elétrons se dissipou em forma de calor causando o efeito de incremento visto em  $DIo/RC$  e  $\phi Do$ . Esses efeitos individuais detalhados anteriormente, de aumento na captação de fótons e incapacidade de utilizar os elétrons na cadeia transportadora reflete na redução da eficiência fotoquímica pelas plantas ( $PI_{total}$  e  $PI_{ABS}$ ) (THACH et al., 2007), como observado por Sousa et al. (2014a) que aplicando herbicidas do grupo das imidazolinonas em plantas de arroz verificaram reação semelhante aos do capim-amargoso com aumento dos parâmetros ABS/RC,  $DIo/RC$ ,  $\phi Do$  assim como a redução de  $\phi E_o$  e  $\Psi_o$  resultando no decréscimo em  $PI_{ABS}$  e  $PI_{total}$ .

As plantas tratadas com o herbicida glifosato responderam com decréscimo acentuado no índice de desempenho fotossintético ( $PI_{ABS}$  e  $PI_{total}$ ), principalmente nas doses

mais elevadas de glifosato, mostrando sensibilidade do parâmetro a este herbicida. Estes índices são multiparamétricos e estão relacionados com a combinação de várias respostas parciais do aparato fotossintético como eficiência de absorção, captura e transferência de energia de excitação através do FSII em condições estressantes (GONÇALVES & SANTOS JR., 2005).

Avaliando esses parâmetros é possível afirmar que a técnica da fluorescência da clorofila *a* foi uma ferramenta importante para o fornecimento de informações de estresses causados pelos herbicidas cletodim, haloxifope e glifosato, mesmo eles não interferindo diretamente nos fotossistemas I e II. Observando os parâmetros da fluorescência da clorofila *a* durante as avaliações foi possível detectar, também, a recuperação das plantas de capim-amargoso submetidas ao herbicida glifosato de maneira muito mais eficiente que o controle visual.

A interferência do glifosato na fluorescência da clorofila *a* é causada por uma desregulação da rota do ácido chiquímico resultando no acúmulo do chiquimato o que representa um forte dreno de carbono do ciclo de Calvin. Isso reflete num efeito secundário importante da inibição pelo glifosato, que reduz a produção fotossintética da planta. (KRUSE, et al. 2000).

O glifosato por ser um produto de ação sistêmica não proporcionou diferença significativa na redução do CR em três (Toledo1/PR, Palotina1/PR e Cascavel/PR) dos seis biótipos que sobreviveram aos 21 DAA e outros dois biótipos (Palotina2/PR e Maripá/PR), tiveram redução no comprimento seguindo uma tendência menor, quando comparado a redução do CPA ou MST, na dose de até quatro vezes a dose comercial do glifosato.

Considerando as observações feitas por Machado et al. (2008) de que a presença de grande quantidade de amido no rizoma das plantas de capim-amargoso pode interferir na translocação do glifosato, para este estudo, não se pode afirmar que de fato existe um impedimento na translocação do herbicida para as raízes, pela presença dessa estrutura.

As plantas avaliadas estavam no estágio fenológico inicial (3-4 folhas), com 33 DAE. A estrutura rizomatosa começa a ser desenvolvida na fase intermediária da planta, aos 45 DAE, onde há um rápido incremento de massa seca das raízes (MACHADO et al., 2006). Dessa forma, a menor suscetibilidade das plantas de capim-amargoso ao glifosato pode estar associada a um possível início de resistência, uma vez que as plantas em estudo tiveram sementes coletadas em áreas com histórico de aplicação do herbicida.

Contudo, foi observado que os biótipos estudados não apresentaram diferença na suscetibilidade de controle para os herbicidas cletodim e haloxifope e que a dose comercial recomendada proporciona controle acima de 85% aos 14 DAA, enquanto as plantas que receberam aplicação do glifosato mostraram diferenças na suscetibilidade indicando um potencial desenvolvimento de resistência, caso o manejo de controle da espécie nas áreas de coleta permaneça sendo feito com o uso de inibidores de EPSPs.

## 5.2 ENSAIO II - Ação de Pós-emergentes Sistêmicos e de Contato no Controle de Capim-Amargoso em Diferentes Estádios Fenológicos

A busca por opções de controle de biótipos de capim-amargoso resistentes a inibidores da EPSPs além dos herbicidas que compõem o grupo dos inibidores de ACCase se faz necessária. Entretanto, existe uma dificuldade em encontrar herbicidas seletivos para a cultura da soja para pós-emergente como verificado por FORNAROLLI et al. (2010) e PROCÓPIO et al. (2006). Porém, o manejo químico na pré-semeadura baseado em combinações entre herbicidas demonstra eficiência mas não descartam o uso de inibidores de ACCase entre seus componentes.

Diante disso, a proposta de controle utilizando herbicidas sistêmicos inibidores da ACCase e herbicidas de contato foi eficiente no controle de plantas no estágio fenológico de 3-4 folhas. Os herbicidas quizalofop e haloxifop tiveram vantagem inicial com 100% de controle aos 14 DAA enquanto que para cletodim e setoxidim, este controle foi obtido aos 21 DAA. Nas plantas com 3-4 folhas sob ação de inibidores de ACCase não foi observado nenhum indício de recuperação dos parâmetros fotossintéticos indicando que esses herbicidas, em todas as doses avaliadas, promoveram alterações mais expressiva em  $PI_{ABS}$  e  $PI_{total}$  e em  $ABS/RC$  e  $DIo/RC$ .

Os herbicidas de contato apresentaram eficiência superior comparado aos inibidores da ACCase, principalmente em plantas no estágio inicial de desenvolvimento. Plântulas não possuem folhas o suficiente para formação de touceiras que causam o efeito físico de proteção e impede que a cobertura pelo processo de aplicação aconteça na planta toda (BARROSO et al., 2014). Em virtude disso foi observado que os herbicidas paraquate e paraquate+diuron controlaram as plantas com 3-4 folhas após 6 DAA. O herbicida glufosinato teve o efeito mais tardio, porém eficiente, alcançando 100% de morte das plantas com 4 DAA da sequencial.

As plantas com 3-4 perfilhos não mostraram diferença de controle entre “dms” e “fops”. Aos 21 DAA todas as plantas tratadas apresentaram controle acima do mínimo de 80%, aceitável pela SBCPD (1995). Resultado semelhante foi observado por BARROSO et al. (2014), utilizando os mesmos herbicidas avaliados. MELO et al. (2012), obtiveram controle satisfatório de plantas de capim-amargoso aplicando, no estágio fenológico de 3-5 perfilhos, herbicidas inibidores de ACCase em mistura com glifosato. Porém, na aplicação do herbicida cletodim isolado na dose de  $108 \text{ g ha}^{-1}$  de i.a., aos 21 DAA, obteve os piores resultados do ensaio com apenas 15% de controle das plantas. No ensaio realizado com quatro biótipos de capim-amargoso com dois perfilhos, LICORINI et al. (2015) identificaram que o herbicida cletodim, na dose de  $96 \text{ g ha}^{-1}$  de i.a., em dois deles obteve cerca de 65% de controle e nos outros, controle superior a 80% aos 28 DAA.

O número maior de dados relacionados a eficiência de controle do herbicida cletodim em diferentes biótipos de *D. insularis* sugere que assim como ocorre para glifosato, já existem biótipos com níveis de sensibilidade diferentes e que todos eles são oriundos de áreas onde já existe dificuldade de controle do capim-amargoso e que usam o cletodim como método químico alternativo no controle desta gramínea.

Os dados de controle observados das plantas no estágio fenológico de florescimento confirma a afirmação de ADEGAS et al. (2010) que na fase inicial as plantas de capim-amargoso são mais fáceis de serem controladas. Observando a resposta das plantas aos herbicidas setoxidim, cletodim, haloxifop e quizalofop evidente claro que o controle das plantas no estágio de florescimento é menor em comparação a fase de perfilho e de 3-4 folhas. Entretanto, esse menor controle foi identificado somente aos 7 DAA. Aos 21 DAA o controle observado foi acima de 85% para todos herbicidas utilizados nesta pesquisa.

Apesar de se encontrarem em estágio de florescimento o controle utilizando até mesmo a metade das doses máximas comerciais o controle obtido contrapõe a afirmação de ZOBIOLE et al. (2016), de que plantas de capim-amargoso em estágio de florescimento necessitam de aplicações sequenciais para seu controle. Na verdade o uso de sequenciais e a associação de produtos ocorre em plantas já perenizadas, formando grandes touceiras e em florescimento (GEMELLI et al., 2013). Em seu trabalho, ZOBIOLE et al. (2016) afirmam o que outros autores concluíram de que a utilização de herbicidas inibidores da ACCase em pós-emergência apresentam controle insatisfatório de capim-amargoso perenizado (PARREIRA et al., 2010; GEMELLI et al., 2013 e CORREIA & DURIGAN, 2009).

De toda forma, os herbicidas inibidores da ACCase possuem uma grande importância no controle de *D. insularis* em pós-emergência da cultura da soja mas não deve ser a única opção de controle de plantas de capim-amargoso especialmente em áreas de resistência ao glifosato, pois pode constituir de um início de pressão de seleção para a resistência múltipla (GEMELLI et al., 2012).

A estratégia de usar o controle inicial com herbicidas de contato é atraente ao ponto de vista prático pois este experimento mostra, assim como Adegas et al.(2010), que o paraquate possui um controle eficiente da *D. insularis*. Confirmando as informações de PROCÓPIO et al. (2006) o herbicida paraquate+diuron apesar da eficiência de controle do capim amargoso, tem casos de rebrote, principalmente de plantas perenizadas, necessitando de um manejo posterior para controle efetivo.

O glufosinato de amônio apesar da incidência de rebrote é uma opção de controle quando se utiliza sequenciais com herbicidas sistêmicos.

## 6 CONCLUSÕES

Os biótipos estudados mostraram uma suscetibilidade diferencial ao herbicida glifosato mostrando variações no FR calculado aos 21 DAA.

Os 9 biótipos de capim-amargoso estudados mostraram elevada suscetibilidade aos herbicidas cletodim e haloxifope ainda nas doses recomendadas em bula.

Os herbicidas inibidores da ACCase continuam sendo uma opção eficiente de controle do capim-amargoso, inclusive em estádios fenológicos de 3-4 folhas, 3-4 perfilhos e pleno florescimento.

Os herbicidas de contato paraquate, paraquate+diuron e glufosinato são opções de controle para o capim-amargoso nos estádios fenológicos de 3-4 folhas, 3-4 perfilhos e pleno florescimento.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEGAS, F. S.; GAZZIERO, D. L. P.; VOLL, E.; OSIRE, R. Alternativas de controle químico de *D. insularis* resistente. **Brasileiro, XXVII Congresso Daninhas, Plantas**, p. 756–760, 2010.
- AMARANTES JR, O. P.; DOS SANTOS, T. C. R.; BRITO, N. M. Glifosato: Propriedades, toxicidade, usos e legislação. **Química Nova**, v. 25, n. 4, p. 589–593, 2002.
- ASHRAF, M. & HARRIS, P.J.C. Photosynthesis Under Stressful Environments. **Photosynthetica**, v.51, n. 2, p.163-190, 2013.
- BARROSO, A.A.M.; ALBRECHT, A.J.P.; REIS, F.C.; FILHO R.V Interação entre herbicidas inibidores da ACCase e diferentes formulações de glyphosate no controle de capim-amargoso. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 32, n. 3, p. 619-627, 2014.
- BENTHIEN, P.F. Engenharia genética nos séculos XIX e XX e a transgenia agrícola no século XXI. **Theomi Journal**. n.13. 2006. Disponível em: <http://revista-theomai.unq.edu.ar/NUMERO13/ArtFaraco1.htm>. Acesso em 05/09/2016.
- BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. Biochemistry and molecular biology of plants. John Wiley & Sons, 2015.
- CARPEJANI, M. S.; OLIVEIRA JR. Manejo químico de capim-amargoso resistente a glyphosate na pré-semeadura da soja. **Campo Digital: Rev. Ciências Exatas e da Terra e Ciências agrárias**, v. 8, n. 1, p. 26–23, 2013.
- CARVALHO, L. B. de; CRUZ-HIPOLITO, H.; GONZÁLEZ-TORRALVA, F.; DA COSTA AGUIAR ALVES, P. L.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; DE PRADO, R. ) Biotypes Resistant to Glyphosate in Brazil. **Weed Science**, v. 59, n. 2, p. 171–176, 2011.
- CARVALHO, L. B. De; LUIS, P.; ALVES, A.; GONZA, F.; CRUZ-HIPOLITO, H. E.; MAR, A.; GIL-HUMANES, J.; BARRO, F. Pool of Resistance Mechanisms to Glyphosate in *Digitaria insularis*. **Journal Agriculture and Food Chemistry**. v.60. p. 615-622. 2012.
- CORREIA, B. I. A. M.; DURIGAN, J. C. Manejo químico de plantas adultas de *Digitaria insularis* com glyphosate isolado e em mistura com chlorimuron-ethyl ou quizalofop-p-tefuril em área de plantio direto. **Bragantia**, v.68, n.3, p. 689–697, 2009.
- CHRISTOFFOLETI, P.J. & NICOLAI, M. Aspectos da resistência de planta daninha a herbicidas. 4 ed. Piracicaba. Esalq, 2016. 262 p. 2016.
- CHRISTOFFOLETI, P.J.; NICOLAI, M.; DIAS, A.C.R.; MELO, M.S.C.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; GALLI, A.J. Avaliação de suspeita de resistência de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) ao herbicida glyphosate em pomares cítricos no Estado de São Paulo - Brasil. In: Congresso da sociedad española de maleherbologia, 22., Congresso da asociación latinoamericana de malezas, 19.; Congresso iberoamericano de ciência de las malezas, 2., 2009. Lisboa. **Resumos...** Lisboa: Fundação Calouste Glubenkian, p. 533-536. 2009.
- CHRISTOFFOLETI, P.J. Curvas de dose-resposta de biótipos resistentes e suscetível de *Bidens pilosa* L. aos herbicidas inibidores da ALS. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.59, n.3, p.513-519, 2002.
- CONAB Companhia Nacional de Abastecimento. Boletim. Disponível em: [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16\\_08\\_09\\_09\\_00\\_07\\_boletim\\_graos\\_agosto\\_2016\\_.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_08_09_09_00_07_boletim_graos_agosto_2016_.pdf). 2016. Acesso em 12/08/2016.

- CORREIA, N.M.; LEITE, G.J. e GARCIA, L.D. Resposta de diferentes populações de *Digitaria insularis* ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 28, n. 4, p. 769-776, 2010.
- CORREIA, N.M.; DURIGAN, J.C. Manejo químico de plantas adultas de *Digitaria insularis* com glyphosate isolado e em mistura com chlorimuron-ethyl ou quizalofop-p-tefuril em área de plantio direto. **Revista Bragantia**, v.68, n.3, p.689-697, 2009.
- COSTA, R.C.; GELAIN, E. Um estudo comparado referente aos custos de produção no cultivo da soja do tipo RR em relação ao cultivo da soja simplificada. **Rev. Cienc. Gerenc.** v.18, n.28, p. 71-77, 2014.
- DAYAN, F. E.; ZACCARO, M. L. M. Chlorophyll fluorescence as a marker for herbicide mechanisms of action. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 102 p. 189–197, 2012.
- DUKE, S. O. Overview of herbicides mechanism of action. *Env. Health Persp.*, v. 87, p. 263-271, 1990.
- DUKE, S.O.; POWLES, S.B. Glyphosate: a once-in-a-century herbicide. **Pesticide Management Science**, v. 64, p.319–325, 2008.
- FORNAROLLI, D.A.; GAZZIERO, D.L.P.; BONOTTO, A.T.; SANTOS, B.C.; SEBASTIANI,R.; BANDEIRA, S.A.E. Manejo de biotípos de *Digitaria insularis* resistente ao herbicida glifosato. In: III Simpósio internacional sobre glyphosate, Botucatu, SP, 2011.**Resumos...** Botucatu: UNESP, 2011.
- GAZZIERO, D. L. P.et al. Critérios para relatos oficiais estatísticos de biótipos de plantas daninhas resistentes a herbicidas. In: GAZZIERO, D. L. P.; GALLI, A. J. B.; KARAM, D. (Eds.). Sete Lagoas: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas; Campinas: Associação Brasileira de Ação à Resistência de Plantas aos Herbicidas no Brasil, 22 p. 2008.
- GEMELLI, A.; SILVÉRIO, R.; JR, D. O.; CONSTANTIN, J.; BRAGA, G. Aspectos da biologia de *Digitaria insularis* resistente ao glyphosate e implicações para seu controle. **Revista Bras. de Herbicidas** v. 11, n.2, p. 231–240, 2012.
- GEMELLI, A.; SILVÉRIO, R.; JR, D. O.; CONSTANTIN, J.; BRAGA, G. Estratégias para o controle de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) resistente ao glyphosate na cultura milho safrinha.**Revista Bras. de Herbicidas**. v.12, n.2, p. 162–170, 2013.
- GILO, E. G.; MENDONÇA, C. G.; SANTO, T. L. E.; TEODORO, P. E. Alternatives for Chemical Management of Sourgrass. **Bioscience Journal**, v. 32, n. 2012, p. 881–889, 2016.
- GOVINDJEE; KERN, J. F.; MESSINGER, J.; WHITMARSH, **Journal Photosystem II**. eLS. 2010. URL: [www.els.net](http://www.els.net).
- HARWOOD, J. L. Graminicides which inhibit lipid synthesis. *Pest. Outlook*, v. 10, n. 4, p. 154-158, 1999.
- HEAP, I. International survey of resistant weeds. Disponível em <http://www.weedscience.org/Summary/Country.aspx?CountryID=5>. Acesso em: 13 ago. 2016.
- HESS,F.D.; FALK, R.H. Herbicide deposition on leaf surfaces. **Weed Science**, v.38, n.3, p. 280-288, 1990.
- HRAC – BR. Mecanismo de ação dos herbicidas. Disponível em: <<http://www.hrac-br.com.br>>. Acesso em 12/09/2016.

ISSA – International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications. Report on Global Status of Biotech/GM Crops - Disponível em: <http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/49/ppts/slides/pdf/B49-Slides-English.pdf> Acesso em: 18 de abril de 2015.

KAUNDUN, S. Resistance to acetyl-CoA carboxylase-inhibiting herbicides. **Pest Management Science**. West Sussex, v. 70, p. 1405-1417, 2014.

KNEZEVIC, S.Z.; STREIBIG, J.C.; RITZ, C. Utilizing R software package for dose-response studies: the concept and data analysis. **Weed Technology**, v.21, n.3, p.840-848, 2007.

KNISS, A. R. & STREIBIG, J. C. Statistical Analysis of Agricultural Experiments with R. <http://rstats4ag.org/2015>.

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

LEA, P.J. The inhibition of ammonia assimilation: a mechanism of herbicide action. In: Baker, N. R.; Percival, M. P. (eds.). **Herbicides**. New York/Amsterdam: Elsevier. p. 267-297, 1991.

LEE, L.J.; NGIM, J. A first report of glyphosate-resistant goosegrass (*Eleusine indica*(L) Gaertn) in Malaysia. **Pesticide Management Science**., v.56, n.4, p.336-339, 2000.

LICORINI, L. R.; GANDOLFO, M. A.; SORACE, M. A.; COSSA, C. A.; OSIPE, J. B. Identificação e controle de biótipos resistentes de *Digitaria insularis* ( L .) Fedde. v. 394, p. 141–147, 2015.

LINGENFELTER, D. D.; CURRAN, W.S. Effect of glyphosate and several ACCase-inhibitor herbicides on Wirestem Muhly (*Muhlenbergia frondosa*) control. **Weed Technology**, v. 21, n. 3, p. 732-738, 2007.

LÓPEZ-OVEJERO, R.F. Resistência de populações da planta daninha *Digitaria ciliaris* (Retz.) Koel. A herbicidas inibidores da acetil coenzima A carboxilase (ACCase). Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, p. 101, Piracicaba, 2006.

MACHADO, A. A.; CONCEIÇÃO, A. R. WinStat – Sistema de Análise Estatística para Windows versão 1.0. Universidade Federal de Pelotas, 2007.

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

MARSHALL, G.; KIRKWOOD, R. C.; LEACH, G. E. Comparative studies on graminicide-resistant and susceptible biotypes of *Eleusine indica*. **Weed Resistance**, v.34, n.3, p.177-185, 1994.

MARTINAZZO, E.G.; PERBONI, A.T.; OLIVEIRA, P.V.; BIANCHI, V.J.; BACARIN, M.A. Atividade fotossintética em plantas de ameixeira submetidas ao déficit hídrico e ao alagamento. **Ciência Rural**, v.43, n.1, 2013.

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

2013.

MARTINS, T. Herbicida Paraquat: conceitos, modo de ação e doenças relacionadas. *Semina: Ciências Biológicas e da Saúde*, Londrina, v. 34, n. 2, p. 175-186, jul./dez. 2013.

MEEK, T. D.; VILLAFRANCA, J. J. Kinect mechanism of *Escherichia coli* glutamine synthetase. *Biochemistry*, v. 19, p. 5513-5519, 1980.

MELO M.S.C. Alternativas de controle, acúmulo de chiquimato e curva de crescimento de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) suscetível e resistente ao glyphosate. p 17-70, 2012. **Dissertação** (Mestrado em ciências – área Fitotecnia) – Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2011.

MEROTTO JR, A. M.; WAGNER, J.; MENEGUZZI, C. Efeitos do herbicida glifosato e da aplicação foliar de micronutrientes em soja transgênica. *Biosci Journal* v.31, n.2, p. 499–508, 2015.

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

MICHITTE, P.; DE PRADO, R.; ESPINOZA, N.; RUIZ-SANTAELLA, J.P.; GAUVRIT, C. Mechanisms of resistance to glyphosate in a ryegrass (*Lolium multiflorum*) biotype from Chile. *Weed Sci.*, v.55, n.5, p.435-440, 2007.

MONQUERO, P. A. Aspectos da biologia e manejo das plantas daninhas. Organização: MONQUERO, P.A., 1 ed. Rima. São Carlos, SP, Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 430p., 2014.

MONQUERO, P.A. Plantas transgênicas resistentes aos herbicidas: situação e perspectivas. *Revista Bragantia*. v.64, n.4, p.517-531, 2005.

MOREIRA, M. S.; NICOLAI, M.; CARVALHO, S.J.P.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Resistência de *C. canadenses* e *C. bonariensis* ao herbicida glifosato. *Planta Daninha*, v.25, n.1, p.157, 164, 2007.

NICOLAI, M. MELO, M.S.C.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Monitoramento de infestações de populações de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) suspeitas de resistência ao glifosato. In: Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 27. Ribeirão Preto, SP. 2010. **Resumos**. Ribeirão Preto: SBCPD, 2010, p.943-946, 2010.

OSUNA, M.; GOULART, I.C.G.R.; VIDAL, R.A.; KALSING, A. RUIZ SANTAELLA, J.P.; DE PRADO, R. Resistance to ACCase inhibitors in *Eleusine indica* from Brazil involves a target site mutation. *Planta Daninha*. v. 30, p. 675-681, 2012.

PARREIRA, M.C.; ESPANHOL, M.; DUARTE, D.J.; CORREIA, N.M. Manejo químico de *Digitaria insularis* em área de plantio direto. *Revista Brasileira Ciências Agrárias*, v.5, n.1, p.13-17, 2010.

POWLES, S.B.; YU, Q. Evolution in Action: Plants Resistant to Herbicides. *Annual Review of Plant Biology*, v. 61, p. 317–47, 2010.

POWLES, S. B. & PRESTON, C. Evolved glyphosate resistance in plants: Biochemical and genetic basis of resistance. *Weed Technology* v.20, p.282–289. 2006.

- PROCÓPIO, S. O.; PIRES, F.R.; MENEZES, C.C.E.; BARROSO, A.L.L. Efeitos de dessecantes no controle de plantas daninhas na cultura da soja. *Planta Daninha*, v. 24, n. 1, p. 193-197, 2006.
- REINERT, C. S.; BEATRIZ, A.; ALMEIDA, C.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Curvas de dose-resposta comparativas entre os biótipos resistente e suscetível de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) ao herbicida glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas** v. 12, n.3, p. 260–267, 2013.
- ROBERTO, M.; GELAIN, E. Um Estudo Comparado Referente aos Custos de Produção no Cultivo da Soja do Tipo RR em Relação ao Cultivo da Soja Simplificada. **Revista Ciências Gerenciais**, v. 18, n. 28, p. 71–77, 2014.
- ROESSING, A. C.; LAZZAROTTO, J. J. Soja Transgênica no Brasil: Situação Atual e Perspectivas para os Próximos Anos. Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil, p. 31 – 32, 2006.
- ROMAN, E.S. Como funcionam os herbicidas: da biologia à aplicação. Passo Fundo: Gráfica Editora Berthier, 2007. 160p.
- ROSO, A.C. & VIDAL, R. A. A Modified Phosphate-Carrier Protein Theory is Proposed as a Non-Target Site Mechanism For Glyphosate Resistance in Weeds. **Planta Daninha**, v. 28, p. 1175–1185, 2010.
- GONÇALVES, J. F. C.; SANTOS JR., U. M. Utilization of the chlorophyll a fluorescence technique as a tool for selecting tolerant species to environments of high irradiance. **Brazilian Journal Plant Physiology**, v. 17, p. 307-313, 2005.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS – SBCPD. Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas. Londrina: SBCPD, 42 p. 1995.
- SOUSA, C.P.; PINTO, J.J.O.; MARTINAZZO, E.G., PERBONI, A.T.; FARIAS, M.E.; BACARIN, M.A. Chlorophyll *a* fluorescence in rice plants exposed to herbicide of the imidazolinone group. **Planta Daninha**, v. 32, n. 1, p. 141-150, 2014a.
- SOUSA, C.P.; FARIAS, M.E.; SCHOCK, A.A.; BACARIN, M.A. Photosynthesis of soybean under the action of a photosystem II-inhibiting herbicide. **Acta Physiologia Plantarum**, v.33, n. 11, p. 3051-3062, 2014b.
- STIRBET, A.; GOVINDJEE. On the relation between the Kautsky effect (chlorophyll *a* fluorescence induction) and Photosystem II: Basics and applications of the OJIP fluorescence transient. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 104, p. 236–257, 2011.
- STIRBET, A.; GOVINDJEE. Chlorophyll *a* fluorescence induction: a personal perspective of the thermal phase, the J–I–P rise. **Photosynthesis Research**, v. 113, p.15–61. 2012.
- STRASSER, B.J.; STRASSER, R.J. Measuring fast fluorescence transients to address environmental questions: the JIP test. In: MATHIS, P. (Ed.), *Photosynthesis: From Light to Biosphere*. **Kluwer Academic Publisher**. v. 5 p. 977–980, 1995.
- STRASSER, R.J.; TSIMILLI-MICHAEL, M.; SRIVASTAVA, A. Analysis of the Chlorophyll *a* fluorescence transient. In: Papageorgiou, C., Govindjee, (Eds.), *Chlorophyll Fluorescence: A Signature of Photosynthesis*. Springer, Netherlands, p. 321–362, 2004.
- TAIZ L, ZEIGER E. *Fisiologia Vegetal*. 5ed. Porto Alegre: Artmed, 918p. 2013.

- TAKANO, H.K. et al. Estudos dos efeitos da adição do 2,4-D ao glyphosate para o controle de espécies de plantas daninhas de difícil controle. **Revista Brasileira de Herbicidas**, 2013 (no prelo).
- THACH, L. B.; SHAPCOTT, A.; SCHMIDT, S.; CRITCHLEY, C. The OJIP fast fluorescence rise characterizes Graptophyllum species and their stress responses. **Photosynthesis Research**, v. 94, p. 423-436, 2007.
- TSIMILLI-MICHAEL, M.; PÊCHEUX, M.; STRASSER, R.J. Vitality and stress adaptation of the symbionts of coral reef and temperate foraminifers probed in hospite by the fluorescence kinetics OJIP, **Archs. Science Genève**, v.51, p.205-240. 1998.
- TROPALDI, L., VELINI, E. D., CARBONARI, C. A., ARALDI, R., CORNIANI, N., GIROTTO, M., & DE FREITAS, I. P. S. Detection of crabgrass species tolerance to photosystem II inhibitor herbicides using fluorescence technique. **Ciencia Rural**, v.45, n.5, p.767-774, 2015.
- TUFFI SANTOS, L.D.; MEIRA, R.M.S.A.; SANTOS, I.C.; FERREIRA, F.A. Efeito do glyphosate sobre a morfoanatomia das folhas e do caule de *C. diffusa* e *C. benghalensis*. **Planta Daninha**, v. 22, n. 1, p. 101-108, 2004.
- VARGAS, L. et al. Dose-Response curves of *Lolium multiflorum* Biotypes Resistant and Susceptible to Clethodim. **Planta Daninha**. Viçosa, v. 31, p. 887-892, 2013.
- VIDAL, R.A.; Portes, E.S.; Lamego, F.P.; Trezzi, M.M. Resistência de *Eleusine indica* aos inibidores de ACCase. **Planta Daninha**. Viçosa, v. 24, p. 163-171, 2006.
- VILA-AIUB, M.M.; BALBI, M.C.; GUNDEL, P.E.; GHERSA, C.M.; POWLES, S.B. Evolution of glyphosate-resistant Johnsongrass (*Sorghum halepense*) in glyphosate-resistant soybean. **Weed Science**, v.55, n.6, p.566-571, 2007.
- WSSA – Weed Science Society of America. Disponível em <http://wssa.net/wssa/weed/resistance/>. Acesso em: 30 set. 2016.
- YAMASHITA, O. M.; GUIMARÃES, S. C. Resistência de plantas daninhas ao herbicida glyphosate. **Revista Scientia Agrárias**, v. 03, n.1, p. 189-215, 2013.
- YUSUF, M.A.; KUMAR, D.; RAJWANSHI, R.; STRASSER, R.J.; TSMILLI-MICHAEL, M.; GOVINDJEE; SARIN, N.B. Overexpression of  $\gamma$ -tocopherol methyl transferase gene in transgenic Brassica juncea plants alleviates abiotic stress: Physiological and chlorophyll *a* fluorescence measurements. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1797, p. 1428-1438, 2010.
- ZOBIOLE, L.H.S.; KRENCHINSKI, F. H.; ALBRECHT, A. J. P. Perennial sourgrass control in full flowering growth stage. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 15, n.2, p. 157-164, 2016.