

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ  
CAMPUS MARECHAL CÂNDIDO RONDON  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
NÍVEL MESTRADO

GABRIEL ROHRER PEREIRA

**CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE BIÓTIPOS DE *Digitaria insularis*  
RESISTENTE E SUSCETÍVEL AO GLYPHOSATE**

MARECHAL CÂNDIDO RONDON  
FEVEREIRO/2015

GABRIEL ROHRER PEREIRA

**CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE BIÓTIPOS DE *Digitaria insularis*  
RESISTENTE E SUSCETÍVEL AO GLYPHOSATE**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, como parte das exigências, do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Nível Mestrado, para a obtenção do Título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Neumárcio Vilanova da Costa

MARECHAL CÂNDIDO RONDON  
FEVEREIRO/2015

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
(Biblioteca da UNIOESTE – Campus de Marechal Cândido Rondon – PR., Brasil)

P436c	Pereira, Gabriel Rohrer Crescimento e desenvolvimento de biótipos de <i>Digitaria insularis</i> resistente e suscetível ao glyphosate / Gabriel Rohrer Pereira. - Marechal Cândido Rondon, 2015. 59 p.
	Orientador: Dr. Neumárcio Vilanova da Costa
	Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon, 2015.
	1. Erva daninha - Controle. 2. Herbicidas. I. Costa, Neumárcio Vilanova da. II. Título.
	CDD 22.ed. 632.954 CIP-NBR 12899



**unioeste**

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46

Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>

Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000

Marechal Cândido Rondon - PR.



**PARANÁ**

GOVERNO DO ESTADO

Ata da reunião da Comissão Julgadora da Defesa de Dissertação do Engenheiro Agrônomo **Gabriel Rohrer Pereira**. Aos vinte e seis dias do mês de junho de 2015, às 14h, sob a presidência do Prof. Dr. Neumárcio Vilanova da Costa, em sessão pública, reuniu-se a Comissão Julgadora da Defesa da Dissertação do Engenheiro Agrônomo Gabriel Rohrer Pereira, discente do Programa de Pós-Graduação *stricto sensu* em Agronomia - Nível Mestrado e Doutorado com área de concentração em "**PRODUÇÃO VEGETAL**", visando à obtenção do título de "**MESTRE EM AGRONOMIA**", constituída pelos membros: Pesq. Dr. Luiz Henrique Saes Zobiolo (Dow AgroSciences), Prof. Dr. Vandeir Francisco Guimarães (Unioeste) e Prof. Dr. Neumárcio Vilanova da Costa (Orientador).

Iniciados os trabalhos, o candidato apresentou seminário referente aos resultados obtidos e submeteu-se à defesa de sua Dissertação, intitulada: "**Crescimento e desenvolvimento de biótipos de *Digitaria insularis* resistente e suscetível ao glyphosate**".

Terminada a defesa, procedeu-se ao julgamento dessa prova, cujo resultado foi o seguinte, observada a ordem de arguição:

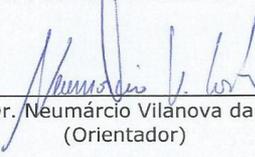
Pesq. Dr. Luiz Henrique Saes Zobiolo.....Aprovado  
Prof. Dr. Vandeir Francisco Guimarães.....Aprovado  
Prof. Dr. Neumárcio Vilanova da Costa (Orientador).....Aprovado

Apurados os resultados, verificou-se que o candidato foi habilitado, fazendo jus, portanto, ao título de "**MESTRE EM AGRONOMIA**", área de concentração em "**PRODUÇÃO VEGETAL**". Do que, para constar, lavrou-se a presente ata, que vai assinada pelos senhores membros da Comissão Julgadora.

Marechal Cândido Rondon, 26 de junho de 2015.

  
\_\_\_\_\_  
Pesq. Dr. Luiz Henrique Saes Zobiolo

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Vandeir Francisco Guimarães

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Neumárcio Vilanova da Costa  
(Orientador)

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

**Gabriel Rohrer Pereira** – Nascido em 08 de dezembro de 1987, na cidade de Campinas – SP, formado Engenheiro Agrônomo em 2011 pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), câmpus Araras – SP. Durante a graduação realizou estágios em usina de cana-de-açúcar, CATI e também na Dow AgroSciences. Atualmente é pesquisador de campo na Dow AgroSciences.

À minha esposa Roberta, meus pais  
José Batista e Liria, meus irmãos  
Daniel e Marina.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela vida e graça infinita que Ele nos proporciona, assim como as conquistas que são feitas sempre segundo a vontade Dele.

Ao meu orientador e amigo Prof. Dr. Neumárcio Vilanova da Costa pela orientação, dedicação, disposição, paciência, apoio e ajuda em todos os momentos sempre que necessário.

A Dow AgroSciences por me liberar para realizar este curso, ao Luiz Zobiole pelo apoio e incentivo nesta jornada.

Ao Gustavo Moratelli pela ajuda na condução dos experimentos bem como ao Douglas Franke.

A Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE *Campus* Marechal Cândido Rondon e todos os funcionários que me ajudaram durante este período

A minha esposa Roberta, pelo carinho, paciência e ajuda emocional durante todo o período de mestrado.

A minha família, pais e irmãos, por sempre torcerem pelo meu sucesso e terem me possibilitado o estudo.

# SUMÁRIO

RESUMO .....	17
ABSTRACT .....	19
1. INTRODUÇÃO .....	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1 Capim-amargoso ( <i>Digitaria insularis</i> ) .....	16
2.2 Plantas daninhas .....	17
2.3 Métodos de controle e o herbicida glyphosate .....	19
2.5 Análise de crescimento de plantas.....	23
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3.1 Experimento 1: Comprovação de resistência de <i>D. insularis</i> .....	24
3.1.1 Descrição da área experimental .....	24
3.1.2 Delineamento experimental .....	25
3.1.3 Implantação e condução do experimento .....	25
3.1.4 Avaliações .....	25
3.1.4 Análise estatística .....	25
3.2 Experimento 2: Análise de crescimento de <i>D. insularis</i> .....	26
3.2.1 Descrição da área experimental .....	26
3.2.2 Delineamento experimental .....	26
3.2.3 Dados meteorológicos.....	26
3.2.4 Implantação e condução do experimento .....	27
3.2.5 Análises de crescimento .....	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	31
4.1 Experimento 1: Comprovação de resistência dos biótipos .....	31
4.2 Experimento 2: Análise de crescimento dos biótipos de <i>D. insularis</i> .....	32
5. CONCLUSÕES .....	52
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	53

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Precipitação acumulada semanal e temperatura média da cidade de Marechal Candido Rondon no período de 01 de Março a 31 de Julho de 2014. ....27
- Figura 2. Porcentagem de controle de biótipos de *D. insularis* aos 14 dias após à aplicação de doses de glyphosate. Marechal Candido Rondon/PR, 2015. ....31
- Figura 3. Altura de planta ao longo do desenvolvimento dos biótipos de *D. insularis* suscetível e resistente ao glyphosate. Marechal Candido Rondon/PR, 2015. ....34
- Figura 4. Comprimento de colmo ao longo do desenvolvimento dos biótipos de *D. insularis* suscetível e resistente ao glyphosate. Marechal Candido Rondon/PR, 2015. ....35
- Figura 10. Massa seca de colmo (MSC) ao longo do desenvolvimento dos biótipos de *D. insularis* suscetível e resistente ao glyphosate. Marechal Candido Rondon/PR, 2015. ....42
- Figura 11. Massa seca de folha (MSF) ao longo do desenvolvimento dos biótipos de *D. insularis* suscetível e resistente ao glyphosate. Marechal Candido Rondon/PR, 2015. ....43
- Figura 12. Massa seca total (MST) ao longo do desenvolvimento dos biótipos de *D. insularis* suscetível e resistente ao glyphosate. Marechal Candido Rondon/PR, 2015. ....44
- Figura 13. Taxa de crescimento absoluta (TCA) dos biótipos de *D. insularis* suscetível e resistente ao glyphosate. Marechal Candido Rondon/PR, 2015. ....45
- Figura 14. Taxa de crescimento relativo (TCR) dos biótipos de *D. insularis* suscetível e resistente ao glyphosate. Marechal Candido Rondon/PR, 2015. ....47

Figura 15. Taxa de assimilação líquida (TAL) dos biótipos de *D. insularis* suscetível e resistente ao glyphosate. Marechal Candido Rondon/PR, 2015. ....48

Figura 16. Razão de área foliar (RAF) dos biótipos de *D. insularis* suscetível e resistente ao glyphosate. Marechal Candido Rondon/PR, 2015. ....49

Figura 17. Razão de peso foliar (RPF) dos biótipos de *D. insularis* suscetível e resistente ao glyphosate. Marechal Candido Rondon/PR, 2015. ....50

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análises química e granulométrica de macro e alguns micronutrientes presentes antes da adubação no solo que foi usado nos experimentos, Marechal Candido Rondon/PR, 2015.....28

Tabela 2. Parâmetros dos modelos ajustados aos dados de controle dos biótipos de *D. insularis* aos 14 dias após a aplicação de doses de glyphosate, além das doses que obtiveram 50% de controle ( $C_{50}$ ) e o fator de resistência dos biótipos, Marechal Candido Rondon/PR, 2015.....32

## RESUMO

O manejo químico das plantas daninhas aplicado atualmente na agricultura brasileira e mundial, vem selecionando biótipos resistentes aos herbicidas. Esta seleção pode alterar características da população original da área, trazendo consequências muitas vezes negativas. Recentemente, foi descoberto biótipos de *Digitaria insularis* resistentes ao glyphosate, diante deste contexto, o objetivo deste estudo foi identificar biótipos resistentes ao herbicida glyphosate e avaliar o crescimento e desenvolvimento de biótipos resistente e suscetível ao glyphosate. Os biótipos resistentes foram selecionados em áreas com histórico de aplicação contínua de glyphosate, e os biótipos suscetíveis em área sem aplicação contínua de glyphosate. Os experimentos foram conduzidos no Núcleo de Estações Experimentais pertencente à Unioeste. O primeiro experimento foi conduzido para se confirmar a resistência de um dos biótipos. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos de sete doses de glyphosate (0, 180, 720, 1.440, 2.880, 5.760 e 14.400 g ha<sup>-1</sup>). A aplicação foi realizada na fase de desenvolvimento, em que as plantas apresentavam de 2 a 5 perfilhos e 10 cm de altura. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e ajustados ao modelo de regressão não-linear do tipo sigmoidal. Foi necessária uma dose três vezes maior de glyphosate para controlar 50% das plantas do biótipo resistente em relação ao biótipo suscetível. Concluiu-se que há ocorrência de resistência em populações de *D. insularis* no Oeste Paranaense, sendo o biótipo coletado em Cascavel, considerado resistente. O segundo experimento foi conduzido visando avaliar as características de crescimento da espécie, utilizando-se o delineamento experimental de blocos ao acaso com 4 repetições e 15 tratamentos, caracterizados por épocas de avaliação (14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70, 77, 84, 91, 98, 105 e 112 dias após a emergência (DAE)), em intervalos regulares de sete dias. Os biótipos foram transplantados em vasos com capacidade de 11 L, sendo uma planta de cada biótipo por vaso. Avaliações de área foliar e massa seca foram realizadas em 15 épocas. Com estes dados de matéria seca, foram calculados a taxa de crescimento absoluto (TCA), a taxa de crescimento relativo (TCR), taxa de assimilação líquida (TAL), razão de área foliar (RAF) e razão de peso foliar (RPF). Os dois biótipos

apresentaram crescimento semelhante, atingindo o máximo da área foliar e massa seca aos 112 DAE. Não houve diferença no padrão de acúmulo de massa seca para os biótipos. A TCR e a taxa de crescimento absoluto (TCA) foram diferentes para os dois biótipos, principalmente no início do desenvolvimento das plantas. O biótipo suscetível possui maior habilidade de crescimento quando comparado ao resistente, de modo que a dominância numérica do biótipo resistente em relação ao suscetível, verificada em condição de campo, pode ser decorrente da pressão de seleção causada pelo herbicida.

**Palavras-chave:** análise de crescimento, controle químico, capim-amargoso, plantas daninhas.

## ABSTRACT

### **Growth and development of *Digitaria insularis* biotypes susceptible and resistant to glyphosate**

The chemical weed management currently applied in the Brazilian and world agriculture, has selected biotypes resistant to herbicides. This selection can change features of the original population of the area, often bringing negative consequences for the area. Given this context, one of the latest cases was biotypes discovery *Digitaria insularis* resistant to glyphosate. The objective of this study was to identify biotypes resistant to glyphosate and to evaluate the growth and development of these resistant and susceptible biotypes to glyphosate. Biotypes resistant and susceptible were selected in areas with continuous application of glyphosate history, and area without continuous application of glyphosate, respectively. The experiments were conducted at the Experimental Stations Center belonging to Unioeste. The first experiment was conducted to confirm the resistance of the biotypes. The experimental design was a randomized block design with four replications. The treatments consisted of seven doses of glyphosate (0, 180, 720, 1,440, 2,880, 5,760 and 14,400 g ha<sup>-1</sup>). The application was carried out in the development phase in which the plants had 2 to 5 tillers and 10 cm. The data were submitted to analysis of variance and adjusted to model non-linear regression of sigmoidal type a 3.0 times higher dose of glyphosate to control 50% of biotype resistant plants compared to susceptible biotype was required. It was concluded that there is occurrence of resistance in populations of *D. insularis* in western Paraná, and the biotype collected in Cascavel, considered resistant. The second experiment was conducted in experimental design of randomized blocks with four replications and 15 treatments, characterized by evaluation times (14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70, 77, 84, 91, 98, 105 and 112 days after emergence), at regular intervals of seven days. Biotypes were transplanted into pots with 11 L capacity, one plant per pot each biotype. Leaf area and dry matter evaluations were conducted in 15 seasons. With these data dry matter were calculated relative growth rate (RGR), net assimilation rate (NAR), leaf area ratio (LAR) and leaf weight ratio (RPF). The two biotypes showed similar growth, reaching a maximum leaf area and dry weight to 112 DAE. There was no difference in dry matter accumulation pattern for the biotypes. The TCR and absolute growth rate (TCA) were different for

the two biotypes, especially in the early development of plants. The susceptible biotype has higher growth ability when compared resistant, so that the numerical dominance of the resistant biotype compared to susceptible, verified under field conditions, it may be due to caused by herbicide selection pressure.

**Keywords:** growth analysis, chemical control, sourgrass, weeds.

## 1. INTRODUÇÃO

As plantas daninhas são descritas por Saad (1985), como plantas estranhas à cultura e que competem com ela em luz, água e nutrientes. Todavia, uma definição mais completa que aborda o conceito de planta daninha foi proposto por Pitelli (1985), que afirmou que as plantas daninhas são aquelas que, espontaneamente emergem nos ecossistemas agrícolas podendo causar uma série de fatores negativos às plantas cultivadas que irão interferir negativamente não só na produtividade, mas também na operacionalização do sistema de produção empregado.

O aparecimento de biótipos de plantas daninhas resistentes a herbicidas ocorre geralmente em áreas onde um mesmo herbicida ou herbicidas diferentes com um mesmo mecanismo de ação, são usados de maneira repetida e subsequente. Esta incidência é maior em áreas de monocultivo (CHRISTOFFOLETI; VICTÓRIA FILHO; SILVA, 1994)

Neste âmbito, a resistência de plantas daninhas a herbicidas foi definida por Christoffoleti, (2008), como a capacidade natural e herdável de determinados biótipos dentro de uma população, de sobreviver e se reproduzir após a exposição a doses de herbicidas que seriam letais a indivíduos normais (suscetíveis) da mesma espécie.

O desenvolvimento da resistência das plantas daninhas aos herbicidas pode ser influenciado por diversos fatores, dentre os quais aqueles ligados ao produto químico, como por exemplo, os herbicidas altamente eficientes que apresentam um único local de ação, com residual prolongado, e também, a utilização intensiva do mesmo herbicida ou de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação, que aumentam a pressão de seleção do biótipo resistente (MONQUEIRO et al., 2000). A ampla variabilidade genética é uma das principais características das plantas daninhas, o que permite a adaptação e a sobrevivência dessas espécies em diversas condições ambientais e do agroecossistema (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO, 2003).

Deste modo, devido à utilização intensiva de herbicidas nas últimas décadas, algumas populações de plantas daninhas foram selecionadas em resposta ao distúrbio ambiental provocado pela pressão de seleção dos herbicidas, resultando na seleção de biótipos a eles resistentes.

A taxa de desenvolvimento da resistência das plantas daninhas pode ser influenciada pela biologia destas plantas. Como exemplo pode-se citar as plantas daninhas de ciclo anual, que possuem maior número de gerações em um ano, sendo

estas mais expostas ao agente selecionador (MONQUERO; CHRISTOFFOLETI, 2001). Da mesma forma, a diversidade genética apresenta fundamental importância no desenvolvimento da resistência, tendo em vista que algumas espécies possuem alta taxa natural de mutações gênicas, conferindo resistência a uma classe de herbicidas antes mesmo que estes sejam aplicados no campo. Muitas vezes, a característica de resistência pode também ser levada por meio do pólen e das sementes para áreas adjacentes, aumentando assim o fluxo gênico que confere resistência (MONQUEIRO; CHRISTOFFOLETI; DIAS, 2000).

Ainda com relação às plantas daninhas, dentre as espécies que apresentam biótipos resistentes no Brasil destacam-se o capim-amargoso (*Digitaria insularis*), que foi confirmada nos Estados de São Paulo, Minas Gerais e Paraná a resistência ao glyphosate, inibidor da enzima 5-enolpiruvil-shikimato-3-fosfato sintetase (EPSPs) (SOUZA; VICTORIA, 2004; WEED SCIENCE, 2012).

A *D. insularis* é uma espécie perene, herbácea, entouceirada, ereta, rizomatosa, de colmos estriados, com 50 a 100 cm de altura (KISSMANN; GROTH, 1997). Segundo Machado et al. (2006), em áreas onde há uso contínuo de glyphosate, tem-se constatado que plantas originárias de sementes, quando jovens são controladas pelo herbicida; porém, quando elas se desenvolvem e formam rizomas, seu controle é ineficiente.

Recentemente, produtores agrícolas da região oeste do Paraná relataram a ocorrência de resistência em populações de *D. insularis* ao glyphosate (comunicação pessoal), sendo que, na maioria dos casos, as suspeitas de ocorrência de resistência nestas populações de plantas daninhas, não foram comprovadas cientificamente.

No contexto da resistência das plantas daninhas aos herbicidas, faz-se extremamente importante um estudo comportamental biológico/ecológico destas espécies, de modo a traçar estratégias de manejo para as mesmas (VARGAS et al., 2005). Logo, a análise de crescimento de comunidades vegetais é um dos primeiros passos na análise de produção primária, caracterizando-se, portanto, como o elo entre o simples registro do desenvolvimento das plantas e a análise deste por meios fisiológicos (MACHADO et al. 2006).

Rodrigues et al., (1995), citaram que por meio da análise de crescimento, pode-se conhecer adaptações ecológicas das plantas a novos ambientes, a competição intraespecífica, os efeitos de sistemas de manejo e a capacidade produtiva de diferentes genótipos.

Portanto, sob esta perspectiva, as hipóteses do presente trabalho baseiam-se no fato de que podem existir biótipos resistentes na região Oeste do Paraná e esta seleção de biótipos *D. insularis* resistentes ao glyphosate em áreas agrícolas, pode alterar a biologia da espécie em relação à população original de biótipos suscetíveis, sendo de extrema importância se conhecer seu hábito de crescimento para o planejamento de quais medidas de controle deve-se adotar.

O objetivo deste trabalho foi comprovar a existência de biótipos de *D. insularis* resistentes ao glyphosate e avaliar o crescimento e desenvolvimento de biótipos de *D. insularis* resistente e suscetível ao glyphosate.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Capim-amargoso (*Digitaria insularis*)

O capim-amargoso (*Digitaria insularis* (L.) Fedde) é uma espécie que ocorre naturalmente em regiões tropicais e subtropicais da América, frequentemente encontrado em pastagens, cafezais, pomares e em áreas ruderais como beira de estradas e terrenos baldios, ambientes nos quais é considerado uma planta daninha (MACHADO et al., 2008).

No Brasil se encontra a maior diversidade de espécies do gênero *Digitaria* sp., sendo constatada a presença de 38 espécies, das quais, 26 são espécies nativas e 12 exóticas. De todas essas espécies, atualmente uma das que apresenta maior distribuição geográfica é a *D. insularis*, ocorrendo na maioria dos ambientes favoráveis à agricultura, desde o continente asiático ao americano, mas pouco comum em áreas com movimentação de solo, caracterizando-se uma das mais importantes infestantes das áreas de plantio direto da região sul do país (LORENZI, 2008; MONDO et al., 2010)

A *D. insularis* é uma gramínea de ciclo perene com metabolismo fotossintético do tipo C4, herbácea, entouceirada, ereta, rizomatosa, de colmos estriados, com 50 a 100 cm de altura (KISSMANN; GROTH, 1997). Sua propagação é feita via sementes, as quais são revestidas de muitos pêlos, que ajudam sua dispersão pelo vento a longas distâncias, além de apresentar baixos níveis de dormência durante todo ano com grande percentual germinativo. Outra forma de propagação é pela formação de rizomas (GEMELLI et al., 2012). As folhas apresentam bainha longa e pilosa, com

lígula membranácea. As lâminas foliares são lineares e acuminadas; as panículas são grandes com longas hastes. As espiguetas são lanceoladas a estreito ovaladas com longos pêlos sedosos (CARVALHO, 2011).

Um estudo realizado por Machado et al., (2006) mostrou que o capim-amargoso tem como característica um desenvolvimento acelerado dos 45 aos 105 dias após emergência (DAE), quando ocorre a formação de raízes, aumentando exponencialmente seu acúmulo de massa seca, tanto de parte aérea (folhas e colmos), quanto das raízes.

Quanto ao manejo de plantas daninhas, o controle químico é a primeira opção de produtores, porém é preciso salientar outras alternativas, como por exemplo, o controle cultural para a *D. insularis* (uso de palhada, características da cultura, tratos culturais, rotação de cultura), tendo em vista que esta opção coloca a cultura em uma situação vantajosa sob as plantas daninhas. Vale enfatizar que o controle químico deveria ter como base a sustentabilidade, isto é, a proteção do homem e do ambiente (EMBRAPA, 2012).

## 2.2 Plantas daninhas

Muitas definições podem ser encontradas para plantas daninhas, assim, para Jones & Cacho, (2000) são plantas que crescem espontaneamente em solo utilizado para cultivo e têm um comportamento que compromete a qualidade do mesmo. Para Saad (1985), as daninhas são plantas estranhas à cultura e que competem com ela em luz, umidade e nutrientes. Ainda existe uma definição mais completa que aborda o conceito de planta daninha proposto por Pitelli (1985), que afirma que as plantas daninhas são aquelas que, espontaneamente emergem nos ecossistemas agrícolas podendo causar uma série de fatores às plantas cultivadas que irão interferir negativamente não só na produtividade, mas também na operacionalização do sistema de produção empregado.

As características de sobrevivência das plantas daninhas conferem a ela uma alta competitividade, e esta superioridade das mesmas em competição, algumas vezes observada no campo frente às culturas, pode ser devido à ocorrência de alta densidade dessas plantas daninhas presentes na área, ou a vantagens competitivas frente à obtenção e aproveitamento de outros recursos como água ou nutrientes minerais do solo (SANTOS et al., 2003)

Afim de se tornarem mais competitivas, as plantas daninhas desenvolveram ao longo do tempo, inúmeros mecanismos de agressividade, como a capacidade de se adaptar e sobreviver em condições adversas; grande produção de sementes, com grande facilidade de dispersão, longevidade e baixa/alta dormência; mecanismos de propagação eficientes como tubérculos e rizomas que resistem no solo por longos períodos (LORENZI, 2008).

De modo geral, as plantas daninhas apresentam uma grande adaptação às condições adversas, por possuírem características genéticas de rusticidade, o que ao longo do tempo lhes conferiu maior resistência; produzem uma elevada quantidade de sementes, formando banco de sementes em áreas que podem perdurar durante décadas no solo; sementes que possuem alta capacidade de permanecer dormente no solo por longos períodos; sua dispersão ser realizada por diversos mecanismos altamente eficientes, como vento, água e animais; e uma alta capacidade de competição por recursos abióticos (BRIGHENTI; OLIVEIRA, 2011).

Na realidade prática, podem-se dividir as plantas daninhas em dois grupos: aquelas que surgem ocasionalmente na área, como seria o caso de uma soja tiguera em milho, e aquelas que são verdadeiras, sendo provavelmente as mais agressivas à cultura e que possuem um difícil controle, como o caso de *D. insularis* em soja (VERNETTI, 1983).

A presença de planta daninhas pode ocasionar redução do rendimento das culturas de maneira bem expressiva podendo variar de 12 até 100%, em função da espécie, do grau de infestação, do tipo de solo, das condições climáticas reinantes no período, além do estágio fenológico da cultura. O grau de interferência normalmente é medido com relação à produção da planta cultivada e pode ser definido como a redução percentual da produção econômica de determinada cultura, provocada pela interferência da comunidade infestante (KOZLOWSKI, 2002).

Carvalho e colaboradores, (2013) estudando efeitos da convivência de cafeeiro com densidades de *D. insularis*, notaram uma redução de até 50% no teor de macronutrientes absorvidos pelas plantas de café, e uma redução de até 41% nas características de crescimento da cultura quando esta conviveu com 16 plantas de capim-amargoso.

Na cultura da soja, a presença de 1 a 3 plantas  $m^{-2}$  de *D. insularis*, ocasionou uma perda de 23% da produtividade em estudos conduzidos por Gazziero et al.,

(2012). Esta perda se acentuou com a presença de 4 a 8 plantas  $m^{-2}$ , chegando a 44% de perda de produtividade.

Silva et al., (2014) estudaram o efeito da interferência de plantas daninhas na cultura do sorgo sacarino e notaram aumento no teor de sólidos solúveis totais e redução de, respectivamente, 9% e 25% na altura e diâmetro de colmo da cultura. A *D. insularis* foi uma das plantas que se encontravam neste estudo e em maior quantidade.

### **2.3 Métodos de controle e o herbicida glyphosate**

O controle de plantas daninhas consiste em suprimir o crescimento e/ou reduzir o seu número por área, até níveis aceitáveis para convivência que não prejudiquem a cultura. Os métodos disponíveis para realização do controle são: erradicação, biológico, preventivo, cultural, mecânico e químico. Preferencialmente deve ser empregado o manejo integrado, no qual mais de um desses métodos são adotados (VARGAS, 2008).

A escolha correta do método a ser empregado dependerá da eficácia do controle das plantas daninhas e do seu efeito negativo adverso, tanto para cultura em questão, quanto para as propriedades do solo (ALCÂNTARA; FERREIRA, 2000). Contudo, o método de controle mais utilizado nos sistemas agrícolas atualmente é o químico, em razão da economia de custos com mão de obra, além de apresentar maior agilidade na obtenção de resultados, principalmente em áreas extensas (GONÇALVES et al., 2011).

Somado a este fato, com a adoção do sistema de plantio direto, o controle químico ganhou importância em substituição ao controle realizado por meio de arações e gradagens, no cultivo convencional (GOMES JR.; CHRISTOFFOLETI, 2008). Ainda, com a introdução do glyphosate, em 1974, foi possível um controle mais eficiente das plantas daninhas em pós-emergência (VELLOSO; SOUZA, 1993). Porém, estudos realizados recentemente para verificação de resistência de plantas daninhas ao glyphosate evidenciaram que o seu uso contínuo e de forma incorreta, pode favorecer o desenvolvimento de plantas daninhas resistentes (VARGAS et al., 2007; ADEGAS et al., 2010).

Segundo Monquero & Christoffoleti (2003), a utilização consecutiva de glyphosate pode favorecer o estabelecimento de espécies tolerantes a este herbicida, modificando a população original de plantas daninhas de uma determinada área.

O principal herbicida comercializado em todo mundo é o glyphosate [N-(fosfonometil) glicina], pois este produto apresenta um amplo espectro de controle para diferentes espécies vegetais, além de apresentar características importantes, como rápida ligação às partículas do solo, rápida biodegradação, e também, baixa toxicidade à mamíferos, aves e peixes (AHSAN et al., 2008; NEUMANN et al., 2006; PLINE-SRNIC, 2006; PRESTON; WAKELIN, 2008).

O glyphosate é um herbicida sistêmico, não seletivo e altamente solúvel em água. Por possuir um amplo espectro de ação, o uso do glyphosate para o controle de plantas daninhas em lavouras agrícolas, pode acarretar alguns problemas ao desenvolvimento destas culturas caso a aplicação não seja direcionada de modo adequado para atingir exclusivamente as plantas daninhas (HESS, 1994).

O glyphosate inibe a 5-enolpiruvil-shiquimato-3-fosfato sintase (EPSPs), enzima da rota do shiquimato, que leva à síntese dos aminoácidos aromáticos tirosina, fenilalanina e triptofano, sendo do mesmo modo importante para a formação de inúmeros compostos secundários, entre os principais flavonóides e lignina (KRUSE; TREZZI; VIDAL, 2000).

Reconhecidamente, o glyphosate é um herbicida que inibe a síntese de aminoácidos aromáticos (fenilalanina, tirosina e triptofano) e, interfere no metabolismo secundário de plantas e microorganismos que possuem o ciclo do ácido chiquímico, além disto, sabe-se que o mecanismo de ação do glyphosate é quase que exclusivo, uma vez que apenas ele e o sulfosate inibem especificamente a enzima EPSPs, que catalisa a condensação do ácido chiquímico à fosfoenolpiruvato (HOAGLAND; DUKE; ELMORE, 1979; JAWORSKI, 1972; KRUSE; TREZZI; VIDAL, 2000; LYDON; DUKE, 1989). Estudos mostram que, o efeito mais rápido e drástico da aplicação de glyphosate em plantas sensíveis ocorre pelo acúmulo de chiquimato (AMRHEIN et al., 1980; LYDON; DUKE, 1989).

Christoffoleti & López-ovejero, (2003) afirmaram que o glyphosate, apesar de ser aplicado de forma intensiva há mais de 25 anos, é um herbicida que possui um potencial reduzido de seleção de biótipos resistentes de plantas daninhas. No entanto Owen (2008), afirmou que o uso contínuo de glyphosate numa mesma área pode

selecionar plantas daninhas resistentes e tolerantes a este herbicida, reduzindo assim o potencial de uso da tecnologia.

## 2.4 Resistencia de plantas daninhas

O termo resistência é comumente apresentado tanto com referência ao comportamento de um indivíduo frente aos mecanismos de resistência que possui, quanto aos herbicidas ao qual o indivíduo é resistente (CHRISTOFFOLETI et al., 2008).

A definição utilizada pela Weed Science Society of America (WSSA) para o termo resistência de plantas daninhas a herbicidas é “a habilidade de uma planta sobreviver e reproduzir, após exposição a uma dose de herbicida normalmente letal para o biótipo selvagem da planta” (WEED SCIENCE, 2015). Nesta definição é possível se entender que a característica de resistência a herbicidas de uma planta pode ocorrer naturalmente, pela seleção ocorrida no campo, ou de forma artificial, sendo induzida por técnicas como engenharia genética ou seleção de variantes produzidas por culturas de tecidos ou mutagêneses (HEAP, 2015).

O desenvolvimento da resistência a herbicidas na população de plantas daninhas sob seleção de herbicidas é um fenômeno evolucionário, não sendo, portanto, o herbicida o agente causador, mas sim selecionador dos indivíduos resistentes que se encontram em baixa frequência inicial (CHRISTOFFOLETI; VICTÓRIA FILHO; SILVA, 1994).

Atualmente, existem mais de 440 biótipos resistentes aos herbicidas no mundo, envolvendo 239 espécies daninhas, com resistência a 22 dos 25 sítios de ação dos herbicidas e a 156 diferentes herbicidas (HEAP, 2015).

No Brasil, segundo a Associação Brasileira de Ação à Resistência de Plantas Daninhas aos Herbicidas (HRAC-BR, 2015), existem hoje 31 espécies resistentes ao glyphosate. O número de plantas resistentes aos herbicidas é de 33 plantas, e, deste total, 7 espécies são resistentes aos herbicidas inibidores da EPSPS, no qual o glyphosate faz parte. Cabe salientar, que o caso mais recente, datado de 2014, corresponde à *Chloris elata* resistente ao glyphosate (WEED SCIENCE, 2015).

Todas as populações de plantas daninhas, independentemente da aplicação de qualquer produto, provavelmente contêm plantas individuais (biótipos) que são resistentes a herbicidas (KISSMANN, 2015). Diante deste contexto, três mecanismos

gerais são apontados para se explicar o desenvolvimento da resistência a herbicidas e influenciar o modo de ação destes compostos: a) perda de afinidade do herbicida pelo local de ação na enzima; b) metabolização ou desintoxicação do herbicida a substâncias menos fitotóxicas; c) redução da concentração do herbicida no local de ação, absorção foliar e/ou translocação do herbicida pelo biótipo resistente (sequestração ou compartimentalização). São poucos os trabalhos relacionados com as causas fisiológicas e/ou bioquímicas do desenvolvimento de biótipos resistentes de plantas daninhas no Brasil, (CORTEZ, 2000).

Para *D. insularis*, os mecanismos que lhe conferem resistência estão relacionados, segundo Gemelli et al., (2012), com uma absorção mais lenta do glyphosate e também a uma metabolização mais rápida do glyphosate em AMPAA, glioxilato e sarcosina. Carvalho et al., (2011) também afirma que biótipos resistentes de *D. insularis* possuem uma menor translocação, mesmo em plantas mais novas, quando comparado aos biótipos suscetíveis.

A comprovação científica da resistência de populações de plantas daninhas aos herbicidas pode ser feita através de ensaios de campo, casa-de-vegetação e laboratório (CHRISTOFFOLETI, 2002).

Dos métodos utilizados para se determinar a suscetibilidade ou resistência de plantas daninhas aos herbicidas aplicados em diversas culturas, o que tem sido mais utilizado por diversos pesquisadores é a curva dose-resposta (LAMEGO & VIDAL, 2008; DIAS et al., 2003; MENEZES et al., 2009; GAZZIERO et al., 2006; LACERDA; VICTORIA FILHO, 2004).

A curva dose-resposta apresenta como um de seus componentes o índice C<sub>50</sub>, que corresponde a dose de herbicida necessária para controlar 50% da população, servindo de comparação entre os biótipos resistentes e suscetíveis (CHRISTOFFOLETI, 2002).

O primeiro estudo que utilizou o índice de C<sub>50</sub> no Brasil com o intuito de comprovação e determinação do nível de resistência em biótipos de plantas daninhas foi conduzido por Christoffoleti et al., (1996), o qual encontrou um índice para os herbicidas imazethapyr, nicosulfuron, metsulfuron-methyl e chlorimuron-ethyl de 370, 39, 26 e 12 vezes maior para o biótipo resistente quando comparado ao suscetível.

Biótipos podem apresentar níveis diversos de resistência. Considera-se que ocorre resistência quando um biótipo resiste a duas vezes ou mais a dose que normalmente controla os biótipos suscetíveis. Em alguns casos, essa resistência é

quebrada com aumento de dose, no entanto, em outros não (LACERDA; VICTORIA FILHO, 2004).

## 2.5 Análise de crescimento de plantas

O crescimento vegetal refere-se ao aumento do volume e número de células ou expansão celular, ou seja, mudanças quantitativas que são irreversíveis tais como: massa, tamanho ou volume (TAIZ; ZEIGER, 2010). Logo, a análise de crescimento consiste na medida sequencial do acúmulo de matéria orgânica na planta, levando-se em consideração a produção de matéria seca e as condições morfológicas da planta em diferentes intervalos de tempo, permitindo avaliar o crescimento final da planta como um todo e a contribuição dos diversos órgãos no crescimento total (MAGALHÃES, 1979). Este método é fundamentado, principalmente, na constatação de que a maior parte da matéria seca acumulada pelas plantas durante seu crescimento (cerca de 90%) é resultado da atividade fotossintética (BENINCASA, 1986).

O crescimento vegetal pode ser estimado por meio de fórmulas matemáticas (cálculo de índices fisiológicos), sendo que, inicialmente deve-se quantificar a produção vegetal, para que seja possível verificar a contribuição de cada órgão no crescimento final das plantas. Como principal vantagem, a análise de crescimento permite que sejam obtidas informações regulares sem que sejam necessários equipamentos caros e sofisticados, já que, para estas análises, são necessários apenas a massa da matéria seca (fitomassa) da planta e a área das folhas que são responsáveis por realizar a fotossíntese (LUCCHESI, 1984; MARAFON, 2012; PEIXOTO, 2009). Segundo Marafon (2012), estes dois parâmetros são utilizados por representarem, basicamente, a “fábrica” (folha) e o “produto final” (matéria seca). O crescimento vegetal ainda pode ser quantificado através de medidas lineares, de superfície, volumétricas e número de unidades estruturais (BENINCASA, 1986).

Diversos autores têm trabalhado com a análise de crescimento de plantas daninhas para entender seu comportamento, bem como estudar estratégias de controle baseada em seu crescimento.

Machado et al., (2006) estudando o crescimento de *D. insularis* observou que esta planta daninha possui um desenvolvimento inicial lento. Já Martins, (2013) comparou o comportamento de crescimento de biótipos de *D. insularis* resistente e

suscetível ao glyphosate e constatou que o biótipo resistente possui um crescimento mais rápido e vigoroso em relação a suscetível. Este autor constatou também que as sementes de plantas resistentes possuem uma melhor germinação e emergência.

Christoffoleti, (2001) estudou o crescimento de biótipos de *Bidens pilosa* resistente e suscetível aos herbicidas inibidores da ALS e constatou que não existe diferença evidente nos padrões de crescimento destes biótipos.

Moreira et al., (2010) observaram que biótipos de *Conyza* SPP. resistentes ao herbicida glyphosate possuem um crescimento mais lento, menor área foliar, e menor massa seca quando comparado ao biótipo suscetível. Este autor sugeriu que a pressão de seleção para resistência ao glyphosate tem impactos negativos na habilidade de crescimento dos biótipos de *Conyza* spp.

Desta maneira, a análise quantitativa do crescimento vegetal é uma ferramenta acessível e muito precisa para avaliar todo o crescimento de plantas e a contribuição de diferentes processos fisiológicos sobre seu desempenho nas mais diversas condições ambientais e de tratos culturais (PEIXOTO, 2009).

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

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Experimento 1: Comprovação de resistência de *D. insularis***

##### **3.1.1 Descrição da área experimental**

O experimento foi conduzido no período de novembro de 2012 a dezembro de 2012, em estufa localizada na área de cultivo protegido Estação de Horticultura e Controle Biológico Professor Mário César Lopes, pertencente ao Núcleo de Estações Experimentais da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, *Campus* de Marechal Cândido Rondon – PR. O Município está localizado na região Oeste do estado.

### 3.1.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos das doses de 0, 180, 720, 1.440, 2.880, 5.760 e 14.400 g ha<sup>-1</sup> de glyphosate.

### 3.1.3 Implantação e condução do experimento

Biótipos de *D. insularis* com suspeitas de desenvolvimento de resistência foram coletadas na região oeste do Paraná no município de Cascavel (Biótipo 01: 24°57'29,06" S 53°30'23,73" W e Biótipo 02: 24°54'54,99" S 53°30'08,55" W), sendo que o Biótipo 01 foi coletado em área sem histórico de aplicação do herbicida e considerado suscetível.

Os biótipos foram semeados em vasos plásticos com capacidade para 3 litros e irrigadas conforme a necessidade. Não foi contado o número de sementes por vaso, tendo em vista que após 15 dias da emergência realizou-se o desbaste, deixando apenas 5 plantas em cada vaso.

A aplicação foi realizada na fase de desenvolvimento vegetativo, na qual as plantas apresentavam de 2 a 5 perfilhos e 10 cm de altura. Para a aplicação, utilizou-se pulverizador costal, pressurizado a CO<sub>2</sub> e equipado com ponta XR 11002VP, espaçadas em 0,5 m, com de pressão constante de 40 PSI e regulado para proporcionar volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup>. As condições ambientais no momento da aplicação foram registradas e eram as seguintes: temperatura de 31,7°C, umidade relativa de 59% e velocidade do vento de 4,5 km h<sup>-1</sup>.

Após a aplicação do herbicida, suspendeu-se a irrigação por 24h para garantir a absorção foliar do herbicida.

### 3.1.4 Avaliações

As avaliações de controle das plantas foram realizadas aos 7 e 14 dias após aplicação (DAA), por meio de uma escala de percentual de notas visuais, na qual 0 (zero) corresponde a nenhuma injúria demonstrada pela planta e 100 (cem) à morte das plantas, segundo proposta da Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas – SBCPD (1995).

### 3.1.4 Análise estatística

Os valores de controle obtidos foram submetidos a teste de normalidade (Kolmogorov-Smirnoff) a um nível de 95% de confiança. Para a análise por meio de curvas dose-resposta, os dados foram ajustados à equação sigmoidal:  $y=a/(1+\exp(-(x-C50)/b))$ , em que o parâmetro “a” representa o controle máximo obtido; “b” a declividade; e C50, representa a dose de glyphosate necessária para proporcionar 50% de controle.

## **3.2 Experimento 2: Análise de crescimento de *D. insularis***

### **3.2.1 Descrição da área experimental**

O experimento foi conduzido no período de março de 2014 a julho de 2014, em ambiente aberto, localizado na área de cultivo protegido Estação de Horticultura e Controle Biológico Professor Mário César Lopes, pertencente ao Núcleo de Estações Experimentais da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, *Campus* de Marechal Cândido Rondon – PR. O Município está localizado na região Oeste do estado.

### **3.2.2 Delineamento experimental**

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por épocas de coletas das plantas, realizadas em intervalos regulares de 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70, 77, 84, 91, 98, 105 e 112 dias após emergência (DAE), correspondendo a 15 períodos de coletas.

### **3.2.3 Dados meteorológicos**

Os dados meteorológicos foram obtidos em estação meteorológica pertencentes a UNIOESTE, com localização próxima ao local do experimento, na cidade de Marechal Cândido Rondon.

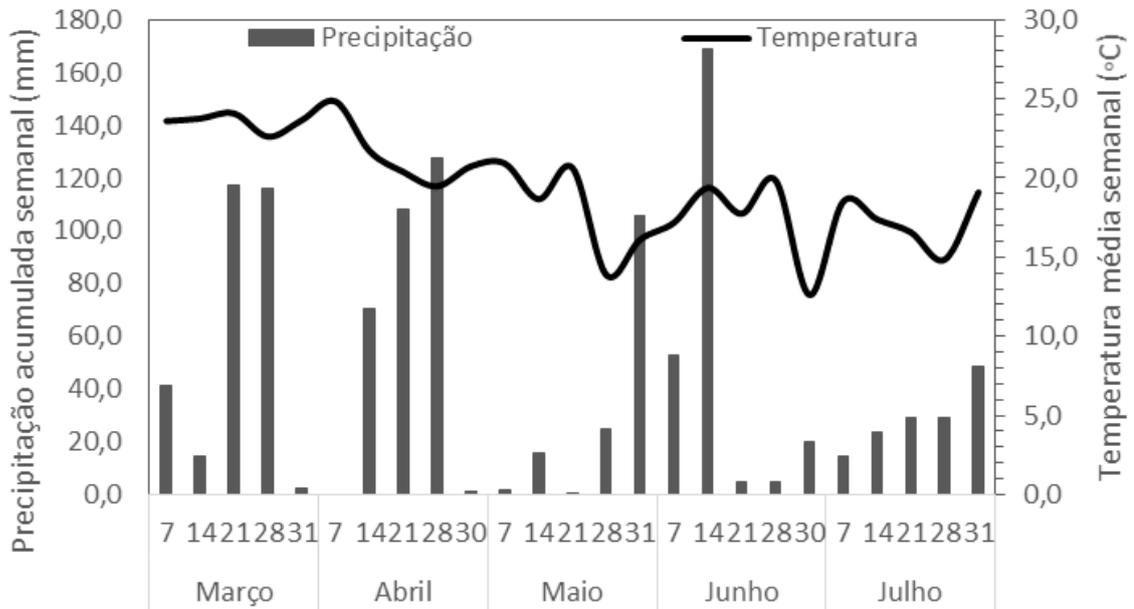


Figura 1. Precipitação acumulada semanal e temperatura média da cidade de Marechal Cândido Rondon no período de 01 de Março a 31 de Julho de 2014.

### 3.2.4 Implantação e condução do experimento

As sementes dos biótipos estudados foram dispostas em bandeja de poliestireno expandido com 128 células preenchidas com substrato formulado à base de casca de pinus compostada, turfa vegetal e vermiculita no dia 8 de março de 2014, tendo estas germinado sete dias após a semeadura. As bandejas foram regadas três vezes ao dia para manter o substrato úmido.

As plantas foram transplantadas 14 dias após a emergência para vasos plásticos com 11 Litros de capacidade contendo solo de textura argilosa (Tabela 2), classificado como Latossolo vermelho distrófico (SANTOS et al., 2006), previamente adubado com recomendação de adubação de base para a milho (poaceae) como 380 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 11-19-14, correspondendo a 41,8 kg ha<sup>-1</sup> de N, 72,2 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 53,2 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (FAVERO, 2012). As irrigações foram realizadas diariamente, mantendo-se o solo sempre úmido.

Tabela 1. Análises química e granulométrica de macronutrientes e alguns micronutrientes presentes antes da adubação no solo que foi usado nos experimentos, Marechal Candido Rondon/PR, 2015.

Análise Química do Solo											
pH (CaCl <sub>2</sub> )	M.O. (g dm <sup>-3</sup> )	P (resina) (mg dm <sup>-3</sup> )	K	Ca	Mg	H+Al (mmolc dm <sup>-3</sup> )	Al	SB	CTC	V%	S (mg dm <sup>-3</sup> )
4,5	30,19	6,5	3,4	41,3	12,1	66,9	0,0	56,8	17,0	45,9	11,0
Análise Textural do Solo											
Areia			Silte			Argila			Textura		
-----			----- (%) -----			-----			-----		
20,0			17,5			62,5			Argilosa		

Foram feitas quatro adubações complementares de cobertura ao longo do crescimento das plantas aos 35, 56, 77 e 98 DAE das plantas, sendo aplicado 15 mg de N, 5 mg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 10 mg de K<sub>2</sub>O por vaso em cada adubação, como proposto por Machado et al., (2006).

Aplicações de inseticidas e fungicidas também foram necessárias para se manter a integridade e sanidade das plantas, sendo o clorpirifós (0,60 L ha<sup>-1</sup>) o inseticida utilizado e azoxistrobina (0,40 L ha<sup>-1</sup>) o fungicida utilizado, as doses utilizadas foram baseadas nas doses recomendadas para milho para o inseticida e de trigo para o fungicida por se tratarem de poáceas (ANDREI, 2005).

### 3.2.5 Análises de crescimento

#### 3.2.5.1 Número de perfilhos, altura de planta, comprimento do colmo, número de folhas e número de inflorescências

Antes de cada avaliação destrutiva, foi realizado a contagem do número de perfilhos por vaso; medição da altura da planta tomando como base a parte superior as raízes, até a altura da última folha totalmente expandida, em centímetros; o número de folhas totalmente expandidas (lígula visível) presentes em cada vaso analisado, sendo este um somatório de todas as folhas de todos os perfilhos pertencentes a planta analisada; comprimento de colmo tomando como base a parte superior as raízes, até a base da última folha totalmente expandida, em centímetros; o número de inflorescência de cada planta foi feita por contagem das mesmas.

### 3.2.5.2 Área foliar, matéria seca de colmo+bainha (MSC), folhas (MSF), raiz+rizoma (MSR) e total (MST)

Nas avaliações destrutivas, as plantas foram separadas em colmo+bainha, folhas e raiz+rizoma. As folhas foram scaneadas em scanner HP Deskjet 2546, com resolução de 200 dpi e em seguida processada no software ImageJ para obtenção da área foliar (SANTOS et al., 2014). Em seguida, a massa seca das diferentes partes foi determinada após secagem em estufa com ventilação forçada a 65°C, até massa constante. Cada parte da planta foi pesada em uma balança semi-analítica (precisão 0,01 g) e determinada a matéria seca de colmo+bainha (MSC), folhas (MSF) e raiz+rizoma (MSR). A matéria seca total (MST) foi obtida pela soma da matéria seca (g) de todas as partes da planta (MSC, MSF e MSR).

### 3.2.5.3 Cálculos de índices fisiológicos

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

- **Taxa de crescimento absoluto (TCA):**

A TCA representa a variação de crescimento em um determinado intervalo de tempo; ou um incremento de matéria seca neste intervalo de tempo, sendo calculada pela fórmula:

$$TCA = (P_n - P_{n-1}) / (T_n - T_{n-1}) = g \text{ dia}^{-1}$$

- **Taxa de crescimento relativo (TCR):**

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

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

Em que:  $\ln P_n$  é o logaritmo neperiano da biomassa seca acumulada até a avaliação n;  $\ln P_{n-1}$  é o logaritmo neperiano da biomassa seca acumulada até a avaliação n-

1;  $T_n$  é o número de dias após a emergência por ocasião da avaliação  $n$ ; e  $T_{n-1}$  é o número de dias após a emergência por ocasião da avaliação  $n-1$ .

- **Taxa de assimilação líquida (TAL):**

A TAL é relação entre as biomassas secas produzidas por área foliar da planta, por um determinado intervalo de tempo, sendo calculada pela fórmula:

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

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

- **Razão de área foliar (RAF):**

A RAF representa a relação entre a área responsável pela realização de fotossíntese e a biomassa seca total produzida, sendo calculada pela fórmula:

$$RAF = A_n / P_n, \text{ em } cm^2 \cdot g^{-1}$$

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

- **Razão de peso foliar (RPF):**

A RPF representa a relação entre a biomassa seca das folhas e a biomassa seca total da planta, sendo calculada pela fórmula:

$$RPF = P_{fn} / P_n, \text{ em } g \cdot g^{-1}$$

Em que:  $P_{fn}$  é a biomassa secadas folhas por ocasião da avaliação  $n$  e  $P_n$  é a biomassa seca acumulada até a avaliação  $n$

### 3.2.5.4 Análise estatística

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

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Experimento 1: Comprovação de resistência dos biótipos

Os resultados das curvas dose-resposta da porcentagem de controle aos 14 DAA estão apresentados na Figura 1 e Tabela 2. Em todas as doses aplicadas, o biótipo suscetível foi controlado.

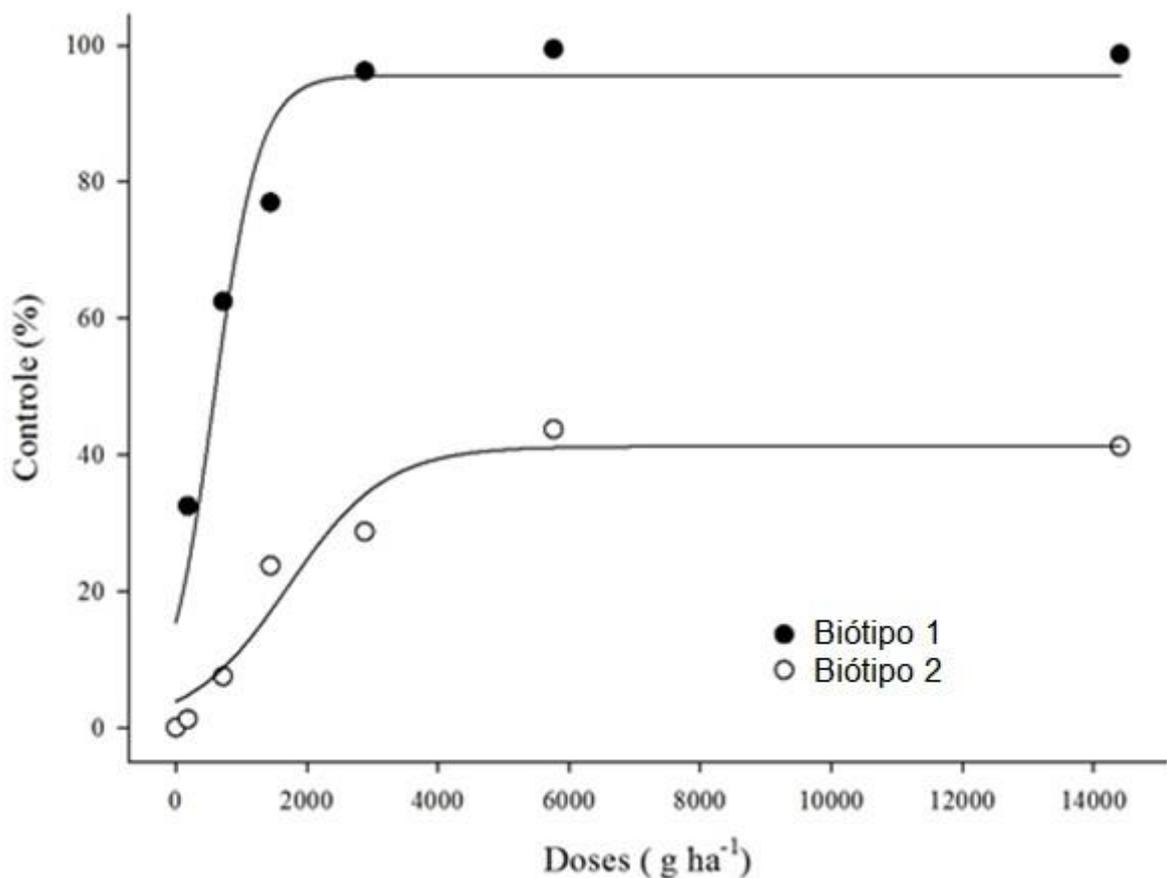


Figura 2. Porcentagem de controle de biótipos de *D. insularis* aos 14 dias após à aplicação de doses de glyphosate. Marechal Candido Rondon/PR, 2015.

Na Tabela 2 encontram-se os valores da  $C_{50}$ , que corresponde a dose necessária para se controlar 50% da população dos biótipos, sendo de 575,75 g ha<sup>-1</sup> de glyphosate para o biótipo suscetível e de 1704,59 g ha<sup>-1</sup> para o resistente. Estes valores estão acima dos encontrados por Martins (2013), sendo de 78,5 g ha<sup>-1</sup> e 416,6 g ha<sup>-1</sup> para os biótipos suscetível e resistente respectivamente. Uma explicação provável para isto seria o estágio da planta daninha no momento da aplicação do herbicida conforme afirma Santos et al., (2001) em seu trabalho.

Tabela 2. Parâmetros dos modelos ajustados aos dados de controle dos biótipos de *D. insularis* aos 14 dias após a aplicação de doses de glyphosate, e o fator de resistência dos biótipos ( $C_{50}$ ). Marechal Candido Rondon/PR, 2015.

Biótipos	Parâmetros da equação $y=a/(1+\exp(-(x-C_{50})/b))$				
	a	b	$C_{50}$	$R^2$	FR
Biótipo 1	95,65	348,48	575,75	0,94**	1,00
Biótipo 2	41,23	747,18	1704,59	0,95**	2,96

\*\*Significativo a 1% de probabilidade

Com estes valores, foi possível calcular o Fator de Resistência (FR), relação entre o  $C_{50}$  do biótipo resistente e o do suscetível, de 2,96. Este fator indica que a dose do herbicida glyphosate necessária para reduzir 50% da produção de matéria seca do biótipo resistente foi 2,96 vezes maior do que aquela necessária para se reduzir a mesma quantidade do biótipo suscetível.

Este valor é próximo ao encontrado por Lamego e Vidal (2008) para biótipos de *Conyza bonariensis*, sendo considerados pelos autores como baixo. Nicolai et al., (2010) encontrou valores acima de 2 para o fator de resistência em biótipos de *D. insularis* e os considerou alto. Saari et al., (1994) afirmaram que é possível considerar resistentes, biótipos que apresentem fator de resistência acima de 1. Porém, Nicolai et al., (2010) afirmam que valores de R/S menores de 2,0 podem representar uma variabilidade natural de suscetibilidade da população e não caracteriza resistência.

O valor apresentado para o biótipo 2, da região de Cascavel (24°54'54,99" S 53°30'08,55" W), que apresentava suspeita de resistência foi maior que 2, sendo considerado então resistente ao herbicida glyphosate, confirmando a presença destes biótipos na região Oeste do Paraná.

O modelo de ajuste proposto foi adequado, já que para as duas curvas, o coeficiente de correlação ( $R^2$ ) foi superior a 90 % e suas equações com parâmetros ajustados significativos a 1% de probabilidade pelo teste F, como pode ser observado na Tabela 2.

#### 4.2 Experimento 2: Análise de crescimento dos biótipos de *D. insularis*

Na Figura 3 foi possível constatar que o biótipo resistente apresentou altura superior ao biótipo suscetível durante todo o período de desenvolvimento, sendo no

final das avaliações, aproximadamente 9% maior com 81,21 centímetros. Na equação da curva o valor “b” remete a ideia de velocidade em que o biótipo cresce no parâmetro analisado, sendo o biótipo resistente superior também neste quesito em 0,28 mm quando comparado ao suscetível.

Esta característica pode tornar o biótipo resistente mais competitivo na questão luminosidade. Merotto Jr. et al., (2002) destacou que o aumento da altura das plantas representa um fator de busca de adaptação à competição futura com plantas vizinhas.

Plantas que apresentam maior altura tendem a ter preferência pela captação de energia luminosa, já que não estão sofrendo sombreamento por outras plantas, apesar de haver auto sombreamento no desenvolvimento da própria planta. Fleck (1980) estudando cultivares de trigo em competição com *Lolium multiflorum*, observou que plantas de maior altura demonstram maior competitividade com as demais plantas, devido a vantagem obtida na captação de radiação solar, em relação as plantas mais baixas.

Traore et al., (2002) em estudos conduzidos nos Estados Unidos, observaram que híbridos de sorgo com maior estatura, foram mais competitivos na presença da planta daninha *Abutilon theophrasti*, também conhecida como malvão, reduzindo seu tamanho em 22-60%, quando comparados aos híbridos de estatura média, que apresentavam tamanho menor que o da planta daninha. O efeito de redução de porte, segundo estes autores, está ligado ao sombreamento que que estas plantas sofrem das plantas mais altas.

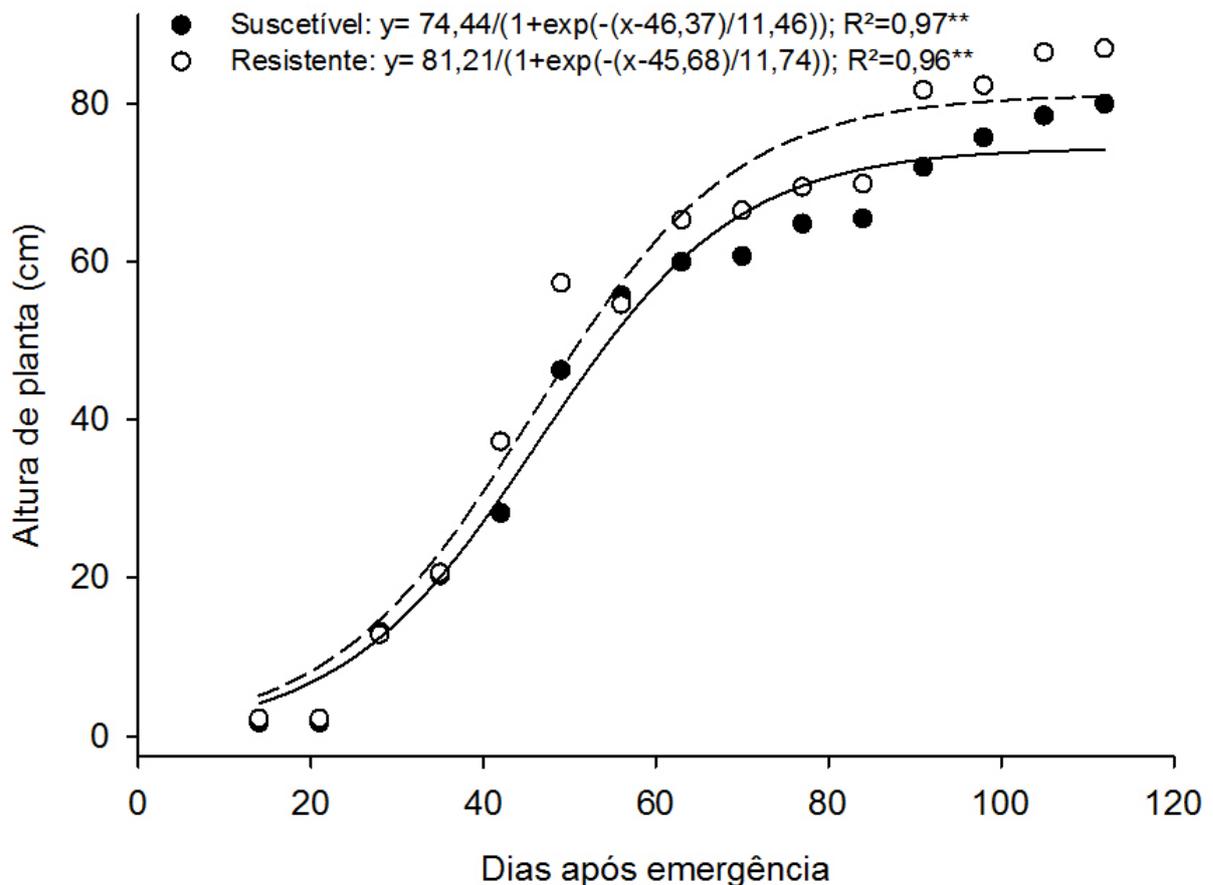


Figura 3. Altura de planta ao longo do desenvolvimento dos biótipos de *D. insularis* suscetível e resistente ao glyphosate. Marechal Candido Rondon/PR, 2015.

Thomson et al., (2011) estudando 211 espécies, comparou peso de semente e altura de planta com relação a dispersão das sementes, e observou que plantas maiores tendem a dispersar mais longe suas sementes, inclusive mais distantes que plantas que apresentem menor estatura e sementes mais leves. A *D. insularis* apresenta grande dispersão pelo vento (anemocoria), portanto a altura de planta pode estar facilitando a dispersão dos biótipos resistentes.

O comprimento de colmo está representado na Figura 4 foi possível observar que ao longo do desenvolvimento das plantas, este parâmetro foi muito parecido para os dois biótipos.

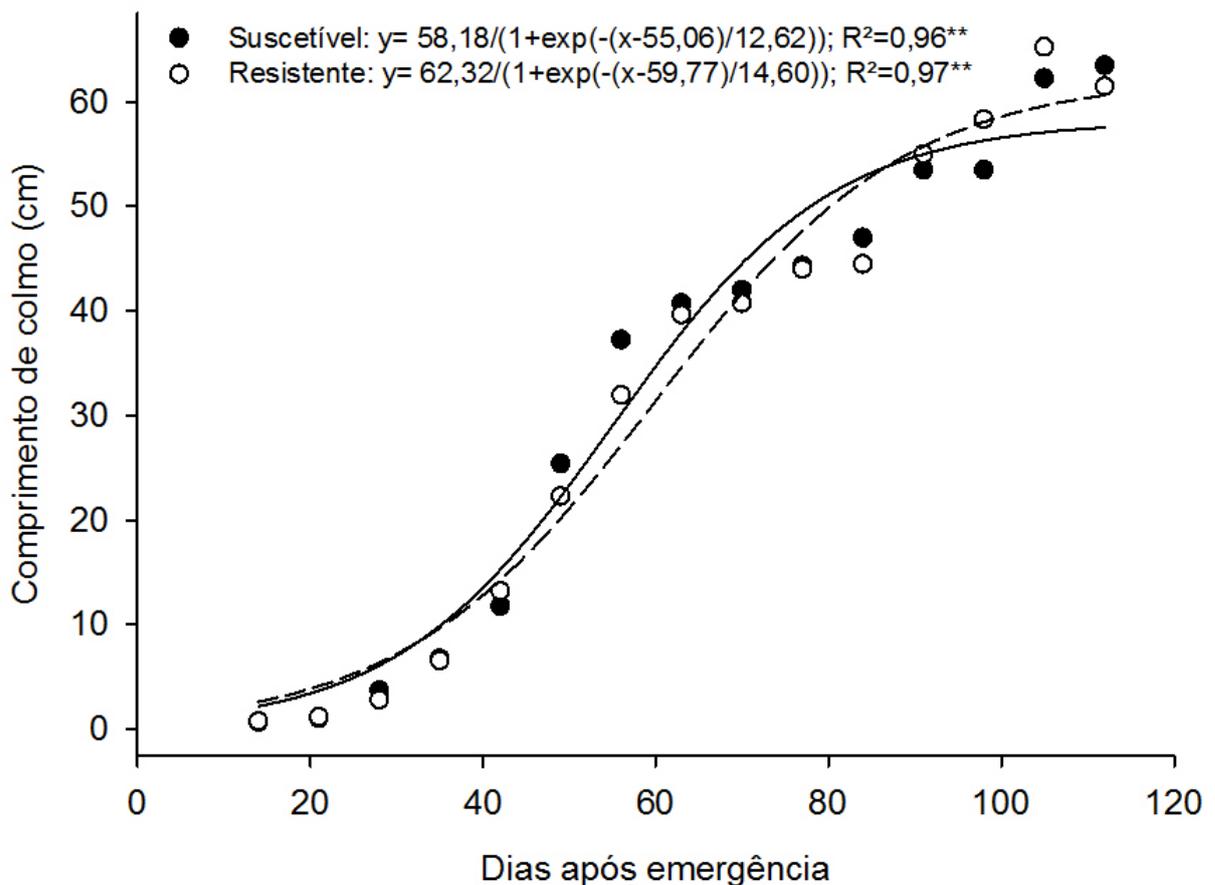


Figura 4. Comprimento de colmo ao longo do desenvolvimento dos biótipos de *D. insularis* suscetível e resistente ao glyphosate. Marechal Candido Rondon/PR, 2015.

Da emergência até aproximadamente 45 dias após a emergência, os dois biótipos apresentaram um padrão semelhante quanto ao número de folhas (Figura 5). Após este período, o biótipo suscetível apresentou cerca de 8% a mais de folhas do que o biótipo resistente, o que representa cerca de 8 a 10 folhas até o final da fase reprodutiva, quando houve dispersão das sementes.

O maior número de folhas, pode trazer ao biótipo suscetível, uma maior eficiência na captação de luz, influenciando assim, características fisiológicas relacionadas a eficiência fotossintética.

Concenço et al., (2008) estudando o comportamento de biótipos suscetíveis e resistentes de capim-arroz ao quinclorac, não encontraram diferença entre o número de folhas para os dois biótipos quando as plantas se encontravam isoladas de outras, ou livre de competição. Porém, em condições de competição severa por luz, os biótipos suscetíveis apresentaram em torno de 28 folhas por planta a mais do que o

resistente. Esse fato mostra que o biótipo resistente pode ser mais sensível em uma situação de competição.

Em estudos conduzidos com biótipos de *Euphorbia heterophylla* resistentes e suscetíveis a inibidores da ALS, Amaral, (2006) não encontrou diferença entre o número de folhas para os biótipos, sugerindo que esta não é uma característica relacionada a resistência dos biótipos.

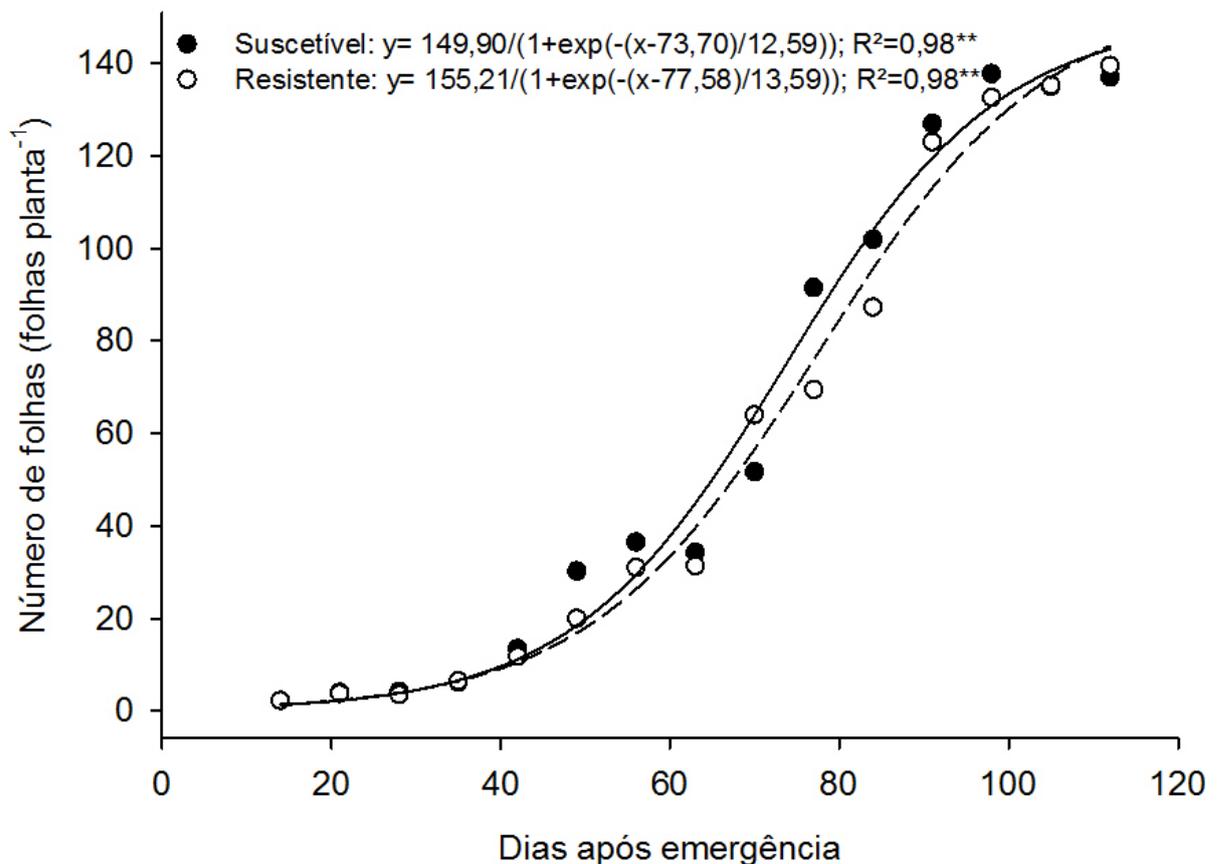


Figura 5. Número médio de folhas por planta ao longo do desenvolvimento dos biótipos de *D. insularis* suscetível e resistente ao glyphosate. Marechal Candido Rondon/PR, 2015.

O biótipo suscetível apresentou maior número de perfilhos por plantas quando comparado ao biótipo resistente, conforme ilustrado na Figura 6. Esse comportamento foi observado durante todo o desenvolvimento dos biótipos, tendo o suscetível alcançado o número de 34,29 perfilhos por planta e o biótipo resistente 29,13 perfilhos, uma diferença de 15% no número de perfilhos.

Fleck, (1980) afirmou em seus estudos com *Lolium multiflorum*, que o incremento da densidade entre gramíneas favorece a redução de emissão do número

de perfilhos e estimula o crescimento em altura das plantas, o que favorece a captação de luz. Este fato foi constatado neste estudo sem o incremento da densidade de plantas, tendo em vista que o biótipo resistente apresentou menor número de perfilhos, porém uma maior altura de planta.

Ferreira et al., (2008) também encontrou relação entre altura de planta e número de perfilhos, porém, os biótipos suscetíveis apresentaram cerca de 10% menos perfilhos do que o resistente.

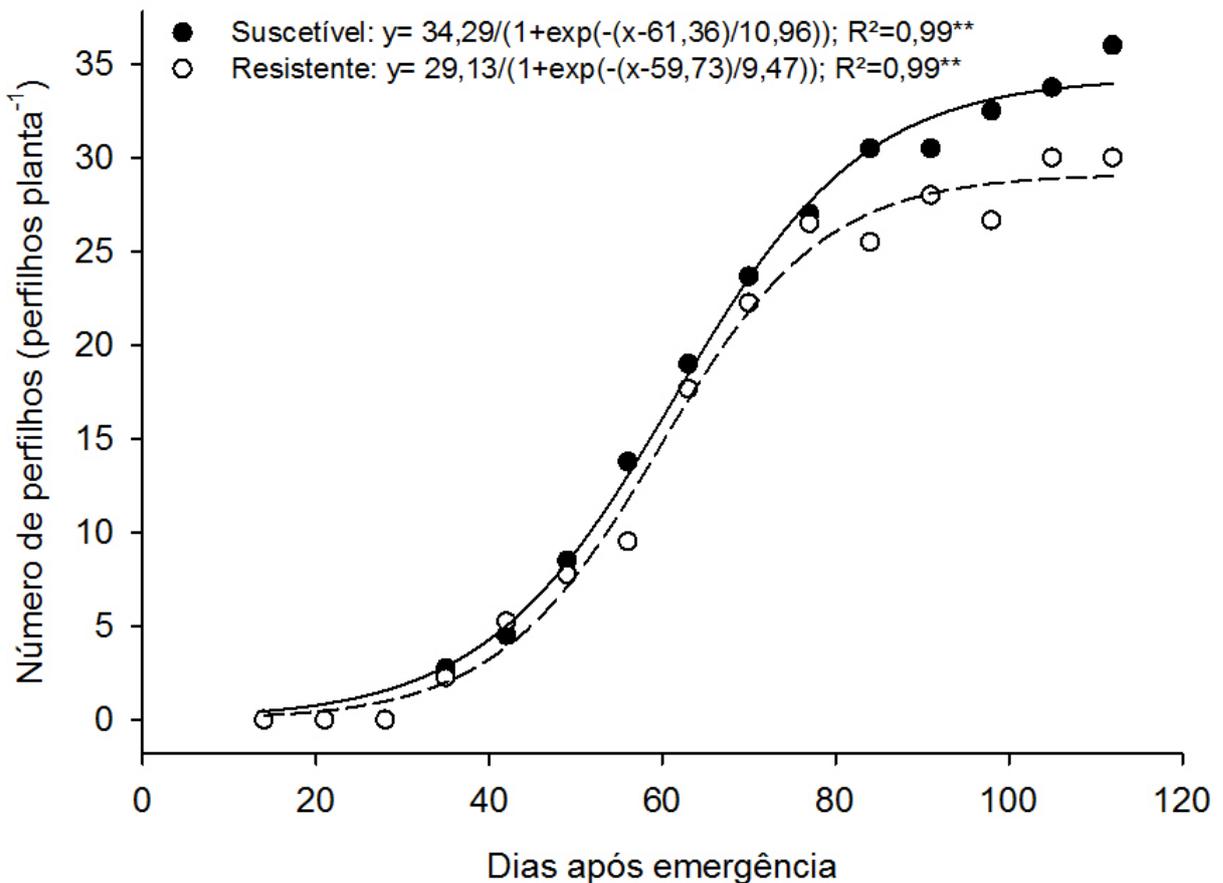
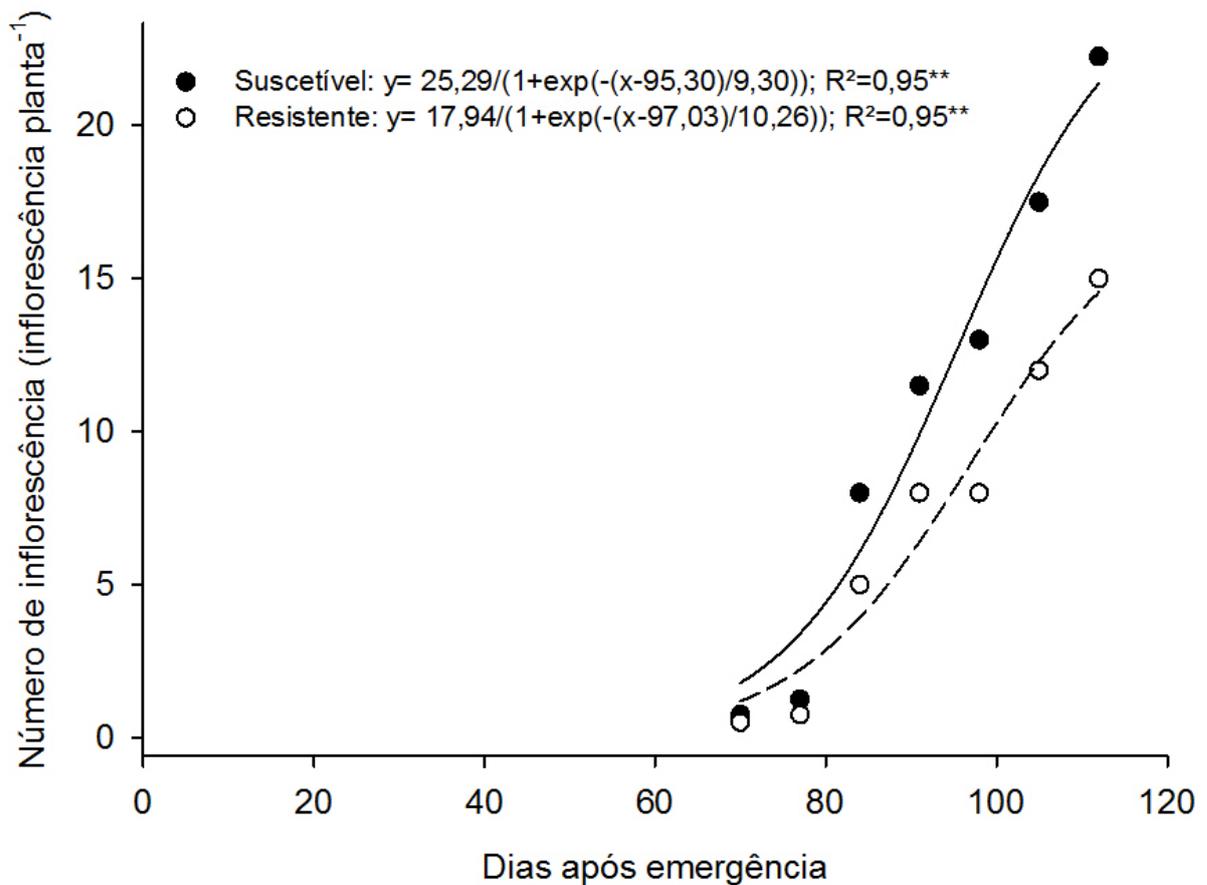


Figura 6. Número médio de perfilhos por planta ao longo do desenvolvimento dos biótipos de *D. insularis* suscetível e resistente ao glyphosate. Marechal Candido Rondon/PR, 2015.

O número de perfilhos interfere diretamente no número de inflorescências da planta, uma vez que cada perfilho produzirá, potencialmente, uma inflorescência (VARGAS et al., 2005), o que foi possível visualizar na Figura 7.



.Figura 7. Número médio de Inflorescência por planta ao longo do desenvolvimento dos biótipos de *D. insularis* suscetível e resistente ao glyphosate. Marechal Candido Rondon/PR, 2015.

A fase reprodutiva para os dois biótipos aconteceu no mesmo período, porém, como possuía um maior número de perfilho, o suscetível apresentou cerca de 30% a mais de inflorescência até o final desta fase com 25,29 inflorescências por plantas contra 17,94 do biótipo resistente.

Vargas e colaboradores (2005), analisaram o número de perfilhos, inflorescência e número de sementes por planta em biótipos de *Lolium multiflorum* resistentes ao glyphosate e notaram que com uma diferença de 38% no número de perfilhos entre os biótipos, a diferença no número de sementes produzidas foi de 749 sementes, uma diferença de 54%, sendo o suscetível aquele com maior número de inflorescência e sementes. Estes autores explicam que número de perfilhos interfere diretamente no número de inflorescências da planta, já que cada perfilho tem a capacidade de formar pelo menos uma inflorescência.

Caso a pressão de seleção (aplicação de herbicida) seja retirada ou reduzida da área, este maior número de sementes pode garantir ao biótipo suscetível maior ocupação do terreno, visto que irá produzir maior número de descendentes. Este fato pode explicar o motivo de não se ter históricos passados de resistência ao glyphosate em populações de *D. insularis* em áreas agrícolas, visto que o número de indivíduos suscetíveis tende a ser maior do que o número de resistentes, pois os suscetíveis produzem uma maior quantidade de descendentes.

A área foliar dos biótipos foi crescente até os 112 DAE (Figura 8), apresentou um leve declínio no final, o que pode apontar uma senescência, ocorrendo perda de folhas e incidindo prioridade para o processo reprodutivo da planta. Resultado também encontrado por Souza et al. (2012) para *Digitaria ciliaris* e *Digitaria nuda*.

A área foliar para os dois biótipos foi semelhante durante todo o desenvolvimento das plantas. Apesar de ter apresentado menor número de folhas, o biótipo resistente obteve valores de área foliar similares aos do biótipo suscetível ao longo de seu desenvolvimento e ao final do ciclo, apresentou 1929,90 cm<sup>2</sup> e 1888,74 cm<sup>2</sup>, respectivamente, tendo o biótipo resistente uma área foliar 2,13% maior do que o suscetível. Este resultado mostra que essas plantas compensam o menor número de folhas com folhas maiores e mais largas que as do biótipo suscetível.

Martins (2013), notou em seus estudos de desenvolvimento de biótipos de *D. insularis*, que além do rápido e constante incremento no índice de área foliar do biótipo resistente, este sofreu tendência de paralisação a partir dos 65 DAS, com tendência de perdurar por todo o período reprodutivo, mostrou que existem diferenças na populações de diferentes regiões.

Christoffoleti (2001), analisando biótipos de *Bidens pilosa* resistente e suscetível aos herbicidas inibidores da acetato lactato sintase (ALS), notou que a área foliar para estes dois biótipos obtiveram valores muito próximos, mas com as plantas suscetíveis apresentando, no início do desenvolvimento, mais folhas que as plantas resistentes.

Em trabalho com crescimento diferencial de biótipos de *Conyza* spp. Resistente e suscetível ao herbicida glyphosate, Moreira et al., (2010) encontraram valores superiores de área foliar para os biótipos suscetíveis com cerca de 23% mais área foliar do que o biótipo resistente atingindo 2068,56 cm<sup>2</sup> contra 1590,83 cm<sup>2</sup> do biótipo resistente. Estes valores diferem deste trabalho onde o suscetível apresentaram menor área foliar.

Porém, Brighenti et al., (2001) analisando o crescimento de biótipos de *Euphorbia heterophylla* resistente e suscetível aos herbicidas inibidores da ALS, observaram que o biótipo resistente apresentou 13% a mais de área foliar do que o suscetível, com valores máximos de 1.513 cm<sup>2</sup>, aos 99 dias após semeadura (biótipo R), e 1.315 cm<sup>2</sup>, aos 98 dias após semeadura (biótipo S).

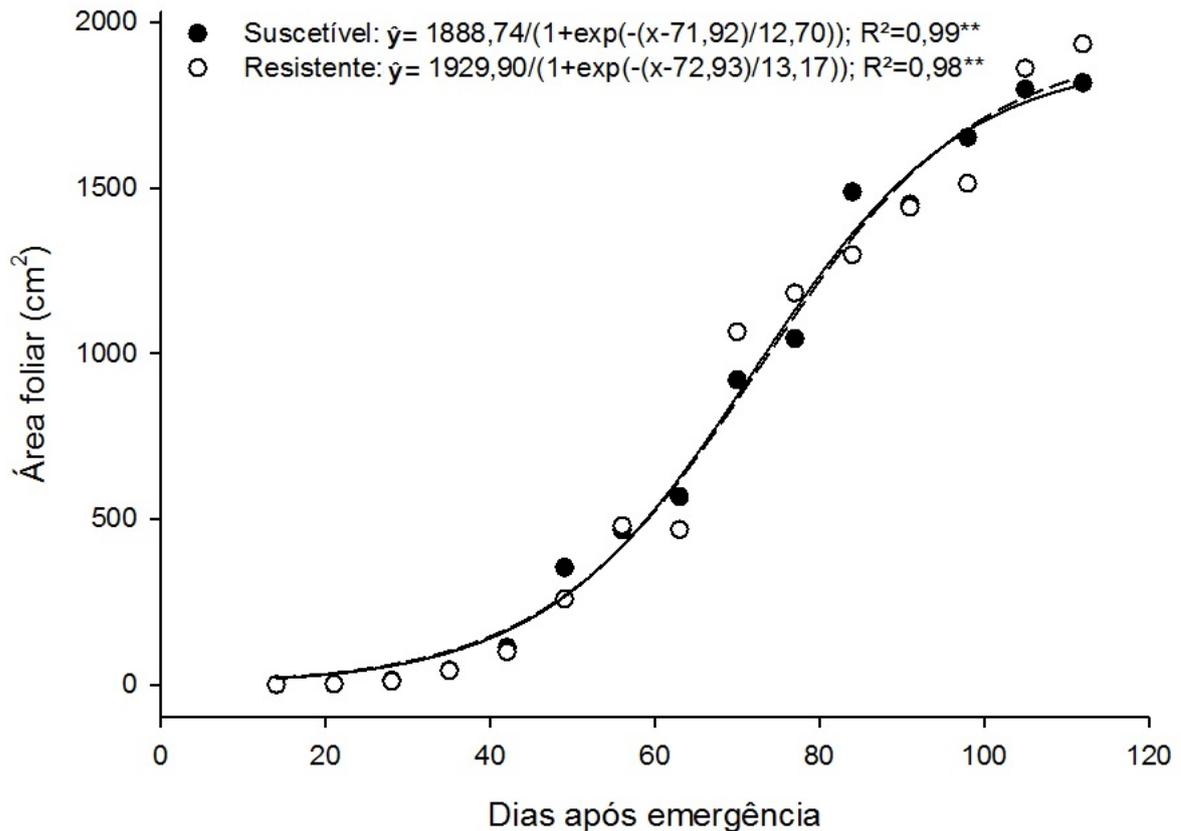


Figura 8. Área foliar ao longo do desenvolvimento dos biótipos de *D. insularis* suscetível e resistente ao glyphosate, Marechal Candido Rondon/PR, 2015.

Na Figura 9 está ilustrado o comportamento para acúmulo de massa seca de raiz dos biótipos. Foi possível observar que no início do desenvolvimento até os 45 dias após a emergência, o acúmulo de massa seca de raiz foi lento, ganhou um rápido incremento a partir desta data com a formação de rizomas pelas plantas. Este comportamento foi igual para os dois biótipos e os mesmos não tiveram diferença até os 45 DAE.

Machado e colaboradores (2006) estudando o crescimento de *D. insularis* observaram comportamentos parecidos, com um acúmulo lento até os 45 DAE e um incremento a partir deste período, chegando no final de seu desenvolvimento com 6,04 gramas por planta.

A partir dos 80 DAE, o biótipo resistente diferiu do biótipo suscetível, apresentando um maior acúmulo de massa seca de raiz. Este comportamento não era esperado, tendo em vista que a raiz é o principal dreno fisiológico durante o estágio vegetativo da planta e perde essa característica no estágio reprodutivo, como sugere da Rosa (2009).

A diferença no acúmulo máximo de massa seca de raiz (MSR) entre os biótipos foi de 4,57 g por planta, tendo o biótipo resistente atingido 20,94 g de MSR. Uma maior quantidade de raiz, pode oferecer ao biótipo, um melhor aproveitamento do solo, aumentando seu potencial competitivo.

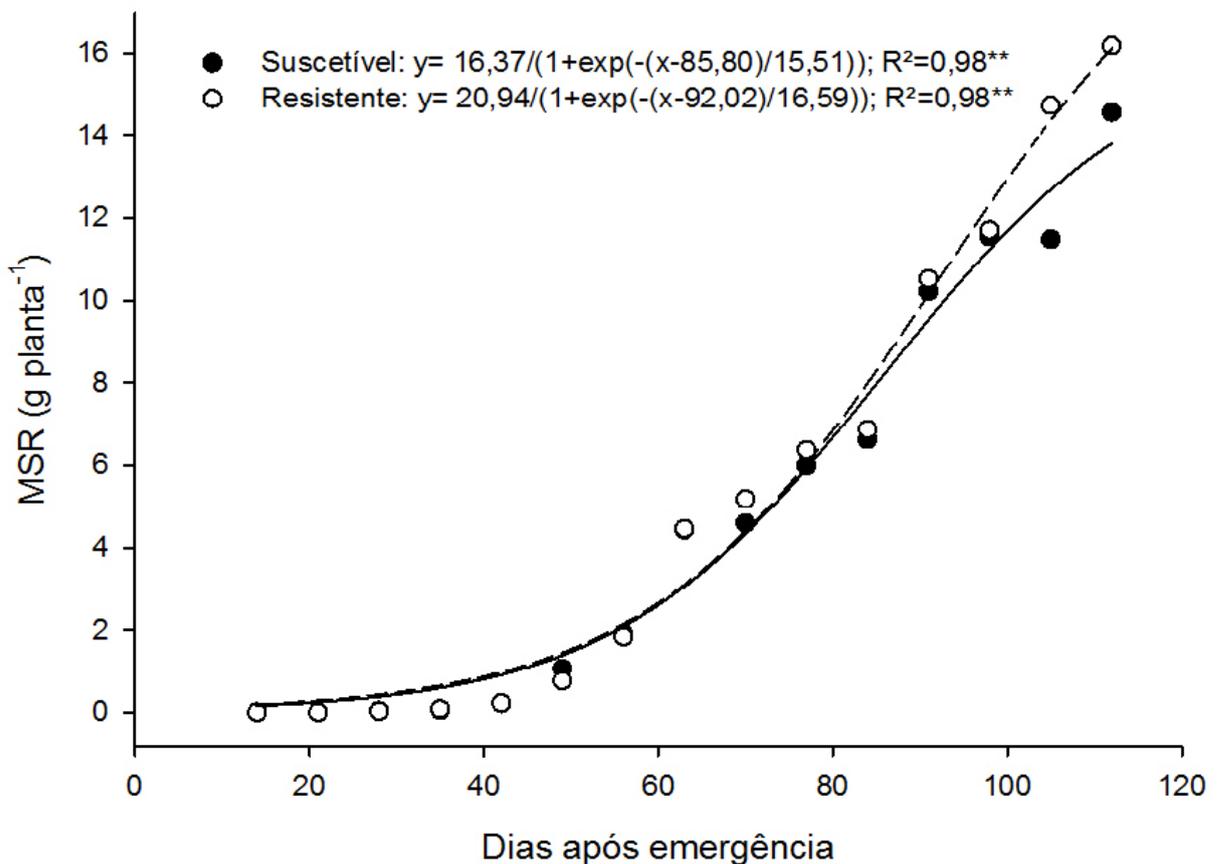


Figura 9. Massa seca de raiz (MSR) ao longo do desenvolvimento dos biótipos de *D. insularis* suscetível e resistente ao glyphosate. Marechal Candido Rondon/PR, 2015.

Não houve diferença entre a massa seca de colmo para os dois biótipos durante o desenvolvimento dos mesmos, como mostra a Figura 10. Apesar de não ter havido diferença, é importante destacar a importância que o colmo tem na massa seca

total das plantas, tendo em vista que o mesmo representa 60% da massa seca total da planta.

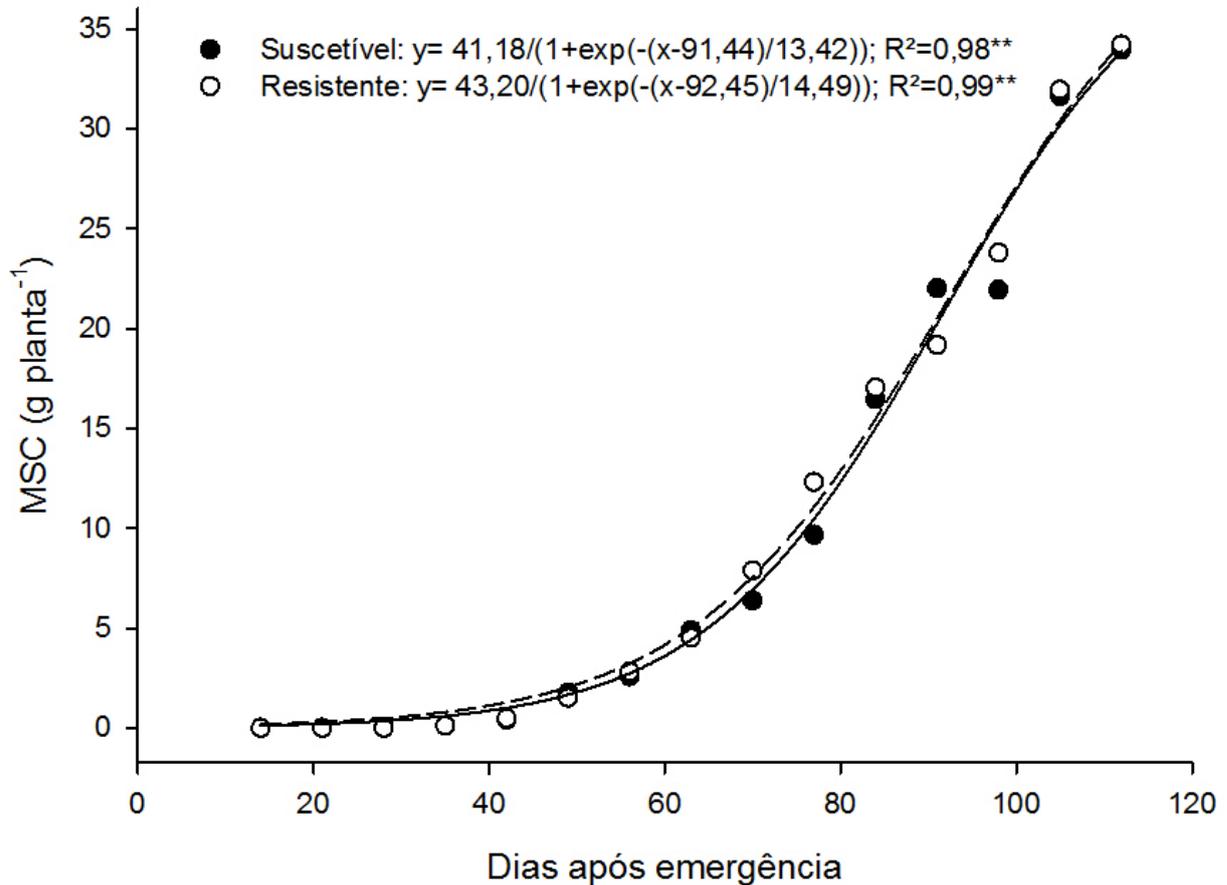


Figura 5. Massa seca de colmo (MSC) ao longo do desenvolvimento dos biótipos de *D. insularis* suscetível e resistente ao glyphosate. Marechal Candido Rondon/PR, 2015.

O aumento de massa seca foliar (Figura 11) se manteve lento até os 45 DAE, com um rápido crescimento após este período. A maior emissão de folhas, proporcionou aos biótipos uma maior atividade fotossintética, aumentando assim o acúmulo de biomassa dos biótipos. Huang et al., (2011), afirma que as folhas são os principais órgãos fotossintetizantes da planta, colaborando assim para o acúmulo de biomassa da planta.

O biótipo suscetível manteve no estágio vegetativo, um acúmulo de massa seca de folhas 14% superior comparado ao biótipo resistente. A partir do início do estágio reprodutivo, o biótipo resistente passou a ter uma maior massa seca de folha

(MSF), mantendo esta característica até os 80 DAE, quando o biótipo suscetível voltou a apresentar maior MSF. Não houve diferença entre os biótipos quanto ao número de folhas no final do desenvolvimento, mas a diferença entre o acúmulo máximo de MSF foi muito ampla, de 2,9 g, com o biótipo suscetível tendo apresentado 29% mais massa seca de folhas do que o biótipo resistente.

Este comportamento pode sugerir uma realocação de fotoassimilados para outros órgãos da planta, como raiz, já que esta apresentou maior valor no biótipo resistente.

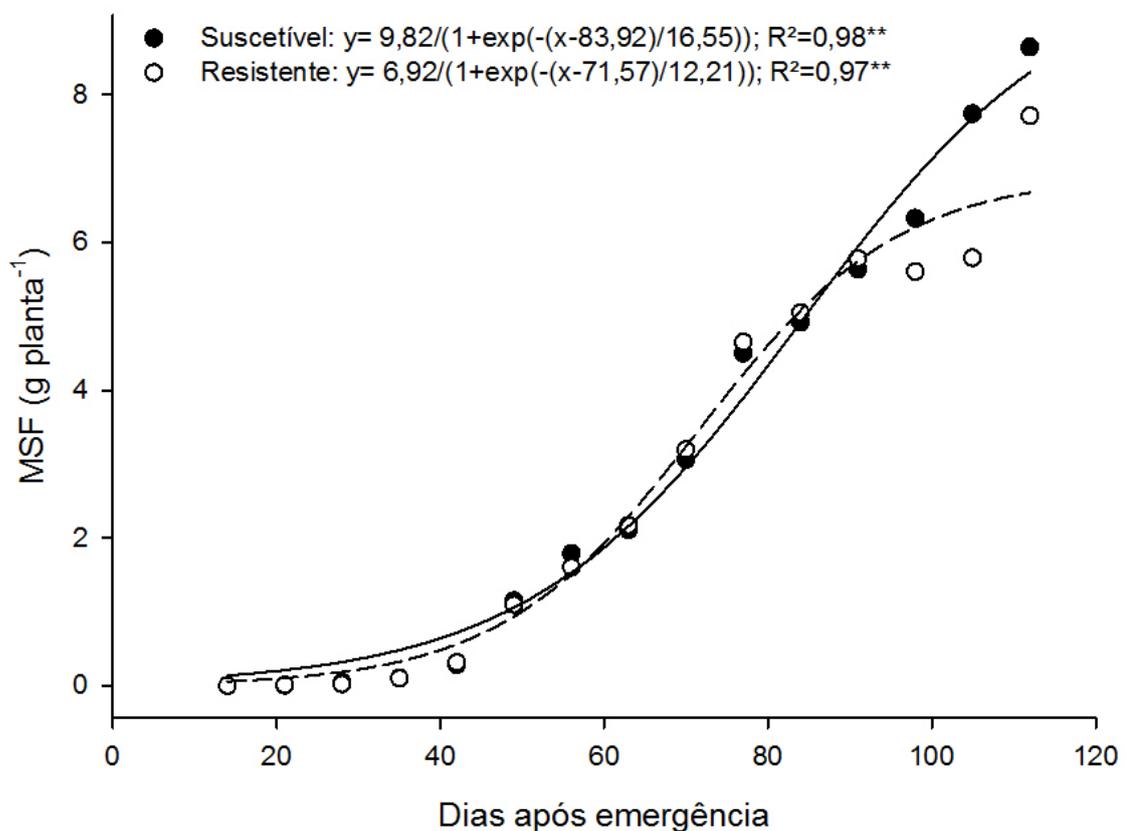


Figura 6. Massa seca de folha (MSF) ao longo do desenvolvimento dos biótipos de *D. insularis* suscetível e resistente ao glyphosate. Marechal Candido Rondon/PR, 2015.

Nos estudos de Machado et al. (2006) conduzidos até 112 DAE, o acúmulo máximo de massa seca total foi de 30,66 g aos 105 DAE. Melo et al., (2010), encontrou valores próximos a estes aos 60 DAE. No presente estudo, os biótipos resistente e suscetível apresentaram acúmulo máximo de massa seca total aos 112 DAE com 71,58 g e 69,25 g respectivamente. Esta diferença pode ser atribuída a região de estudo e as condições aplicadas ao longo do experimento, como o tamanho do vaso

do experimento. Outros fatores, como temperatura, podem ter influenciado este crescimento diferenciado dos biótipos, como sugere Gazziero et al., (2012), já que se tratam de regiões diferentes do país.

Christoffoleti (2001) avaliando biótipos de *Bidens pilosa* resistentes e suscetíveis, a herbicidas inibidores da ALS, encontrou igualdade no acúmulo de massa seca para os biótipos.

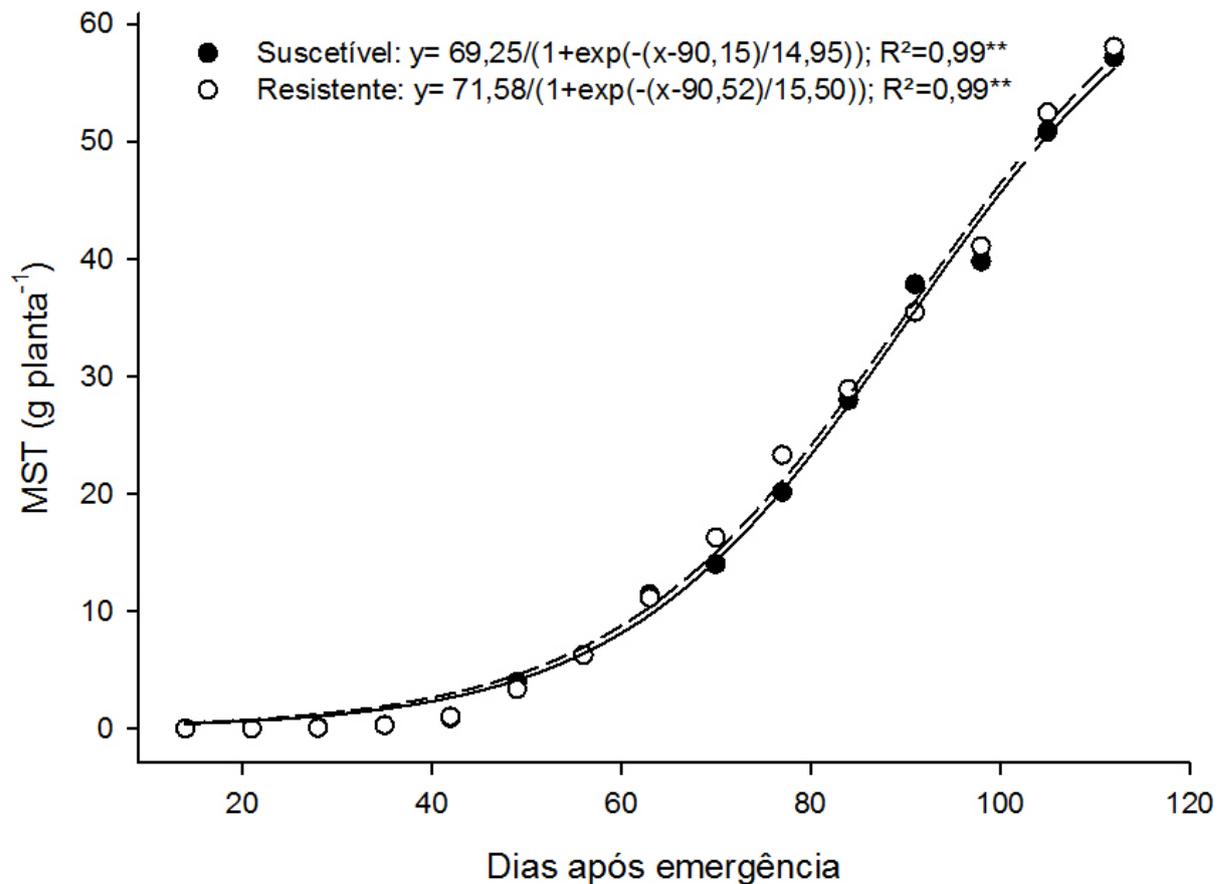


Figura 7. Massa seca total (MST) ao longo do desenvolvimento dos biótipos de *D. insularis* suscetível e resistente ao glyphosate. Marechal Candido Rondon/PR, 2015.

Não houve uma diferença muito grande no acúmulo total de massa seca pelos biótipos. Dentro das variáveis que compõem essa média, houve variação para massa seca de folha e massa seca de raiz. Essas variações foram equivalentes para os biótipos, sendo o resistente o que apresentou maior massa seca de raiz e o suscetível maior massa seca de folha.

A taxa de crescimento absoluto (TCA) fornece uma estimativa da velocidade média de crescimento das plantas ao longo do ciclo de desenvolvimento (AGUILERA; FERREIRA; CECON, 2004). Inicialmente, o biótipo suscetível apresentou maior velocidade de crescimento inicial (Figura 13), indicando que este possui uma maior competição inicial até os 49 DAE. Porém, o biótipo resistente atingiu mais rapidamente seu máximo crescimento quando comparado ao biótipo suscetível, o que demonstra uma maior velocidade em se atingir estágios finais de desenvolvimento.

Isso demonstra que o biótipo suscetível tem uma maior potencial de competição inicial, o que pode afetar diretamente culturas de interesse como a soja, que possui um período crítico de prevenção a interferência (PCPI) que foi estabelecido por Tavares et al., (2012) como sendo dos 13 aos 27 dias após a emergência da cultura. Para Vidal & Trezzi (2000), espécies com elevada TCA podem levar vantagem competitiva, em virtude da ocupação rápida de um espaço amplo.

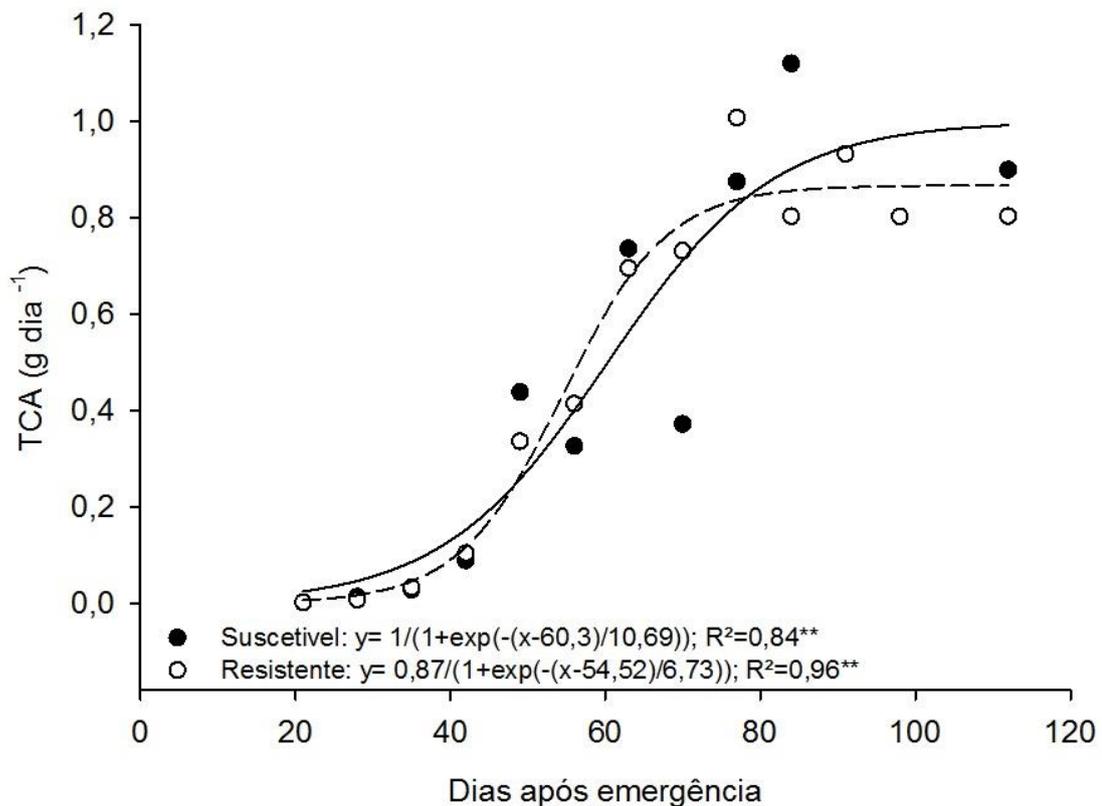


Figura 8. Taxa de crescimento absoluta (TCA) dos biótipos de *D. insularis* suscetível e resistente ao glyphosate. Marechal Candido Rondon/PR, 2015.

A taxa de crescimento relativa (TCR) é considerado um índice de eficiência da planta, pois, por meio dele, é possível se ter uma ideia da quantidade diária de biomassa produzida por grama de biomassa da planta (Christoffoleti, 2001). Os resultados apresentados na Figura 14 indicam que ao longo do desenvolvimento, as plantas resistentes se mostraram mais eficientes que as suscetíveis, apresentando um acúmulo inicial cerca de 15% maior do que o suscetível. Martins (2013) sugere ser uma característica evolutiva desenvolvida por biótipos resistentes para dominar o ambiente e perpetuar a espécie. Este fato é observado na Figura 13 onde o biótipo resistente atingiu o máximo crescimento em um período mais rápido.

Gramíneas tendem a apresentar alta taxa de crescimento relativo nos estágios iniciais do desenvolvimento, o que acarreta em uma rápida absorção de nutrientes em ambientes sem limitações (JAMES et al., 2011). Entretanto, no final da fase reprodutiva, os biótipos apresentavam praticamente valores próximos de TCR,  $0,016 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  para o suscetível e  $0,014 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  para o resistente.

Souza et al., (2012) estudando o crescimento de *D. ciliaris* e *D. nuda*, observou que a TCR inicial maior da *D. ciliaris* foi determinante para um maior acúmulo de massa seca por esta planta. Este fato pode ser observado na Figura 12, onde ao final do desenvolvimento, a massa seca total do biótipo resistente foi 2,33 g superior ao do biótipo suscetível.

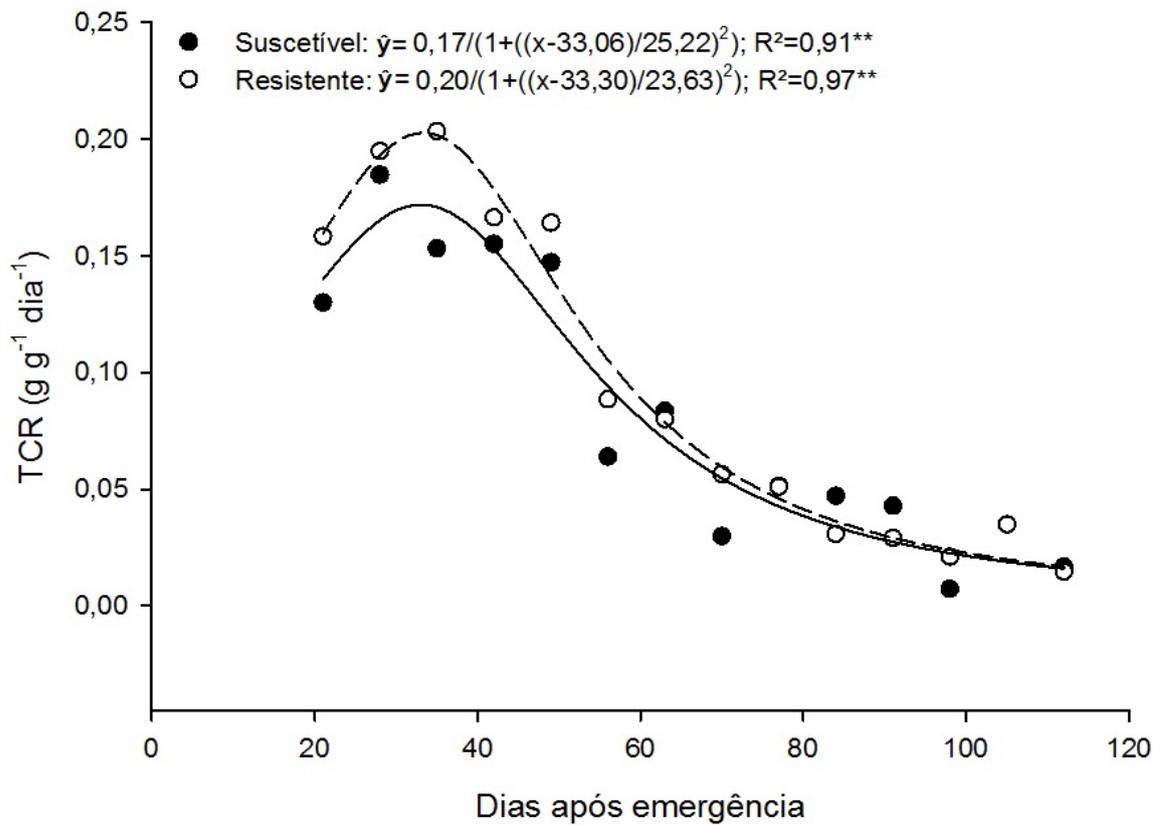


Figura 9. Taxa de crescimento relativo (TCR) dos biótipos de *D. insularis* suscetível e resistente ao glyphosate. Marechal Candido Rondon/PR, 2015.

A taxa de assimilação líquida (TAL) (Figura 15) foi decrescente ao longo do desenvolvimento do biótipo resistente, mas no início do desenvolvimento maior do que o suscetível, o que indica que ele possui alta capacidade fotossintética nos estádios iniciais de desenvolvimento. Não foi possível criar um modelo para a TAL do biótipo suscetível.

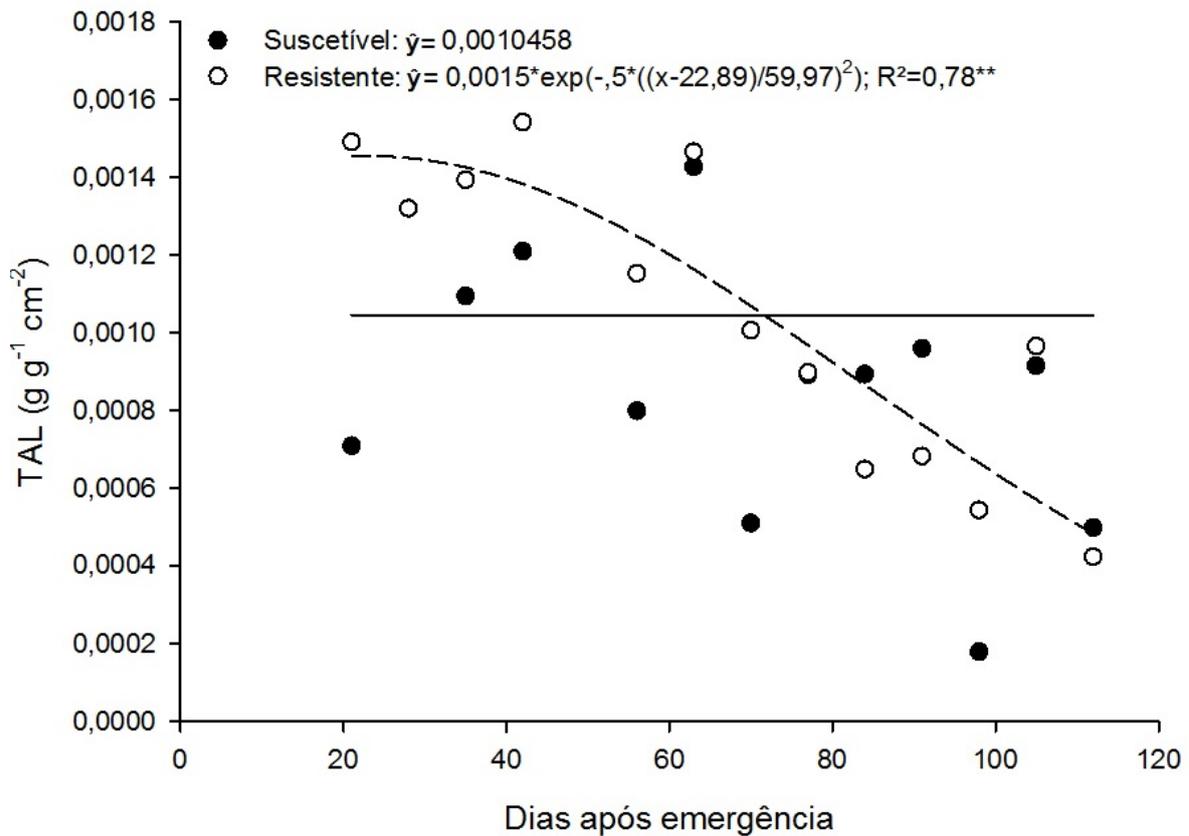


Figura 10. Taxa de assimilação líquida (TAL) dos biótipos de *D. insularis* suscetível e resistente ao glyphosate. Marechal Candido Rondon/PR, 2015.

A razão de área foliar (RAF), ilustrada na Figura 16, representa a relação entre a área foliar, responsável pela fotossíntese e a biomassa seca total produzida (MACHADO et al., 2006). Quanto maior o seu valor, menor é a competitividade da espécie (MARTINS, 2013). Para os dois biótipos, houve um pico da RAF até os 28 DAE, seguido posteriormente por um decréscimo.

O biótipo resistente, apresentou maiores valores de RAF, chegando a  $144,35 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$  e o biótipo suscetível  $140,71 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$  no início do desenvolvimento, o que pode ser relacionado, segundo Machado et al., (2006), a uma menor competitividade deste biótipo quando comparado ao biótipo suscetível no início do desenvolvimento destas plantas.

Porém, a partir dos 35 DAE, o biótipo resistente apresentou valores em média 6,9% menor do que o biótipo suscetível, indicando que este biótipo possui uma maior capacidade de competição tardia.

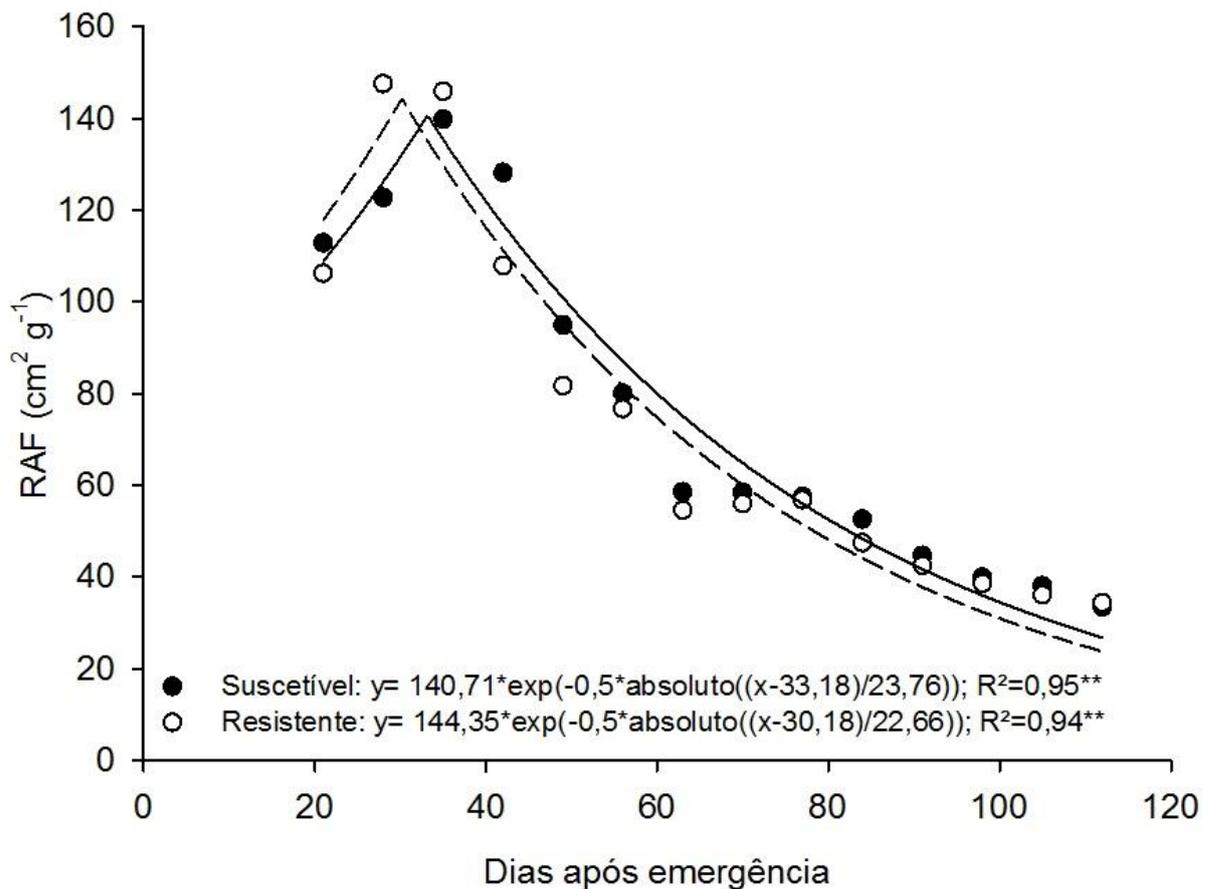


Figura 11. Razão de área foliar (RAF) dos biótipos de *D. insularis* suscetível e resistente ao glyphosate. Marechal Candido Rondon/PR, 2015.

A razão de peso de folha (RPF), ilustrada na Figura 17, reflete a proporção entre o material produzido pela folha que não foi exportado para o resto da planta e o total de biomassa seca acumulado pela planta (BENINCASA, 1986). Estes valores também foram decrescente durante o crescimento dos biótipos, demonstrando que ao longo do desenvolvimento, outros órgãos necessitam de maior quantidade de fotoassimilados já que este valor é decrescente. Esses resultados mostraram-se semelhantes aos obtidos para outras plantas daninhas e culturas (DA SILVA TEÓFILO et al., 2008; GRAVENA et al., 2002; MACHADO et al., 2006; SOUZA et al., 2012).

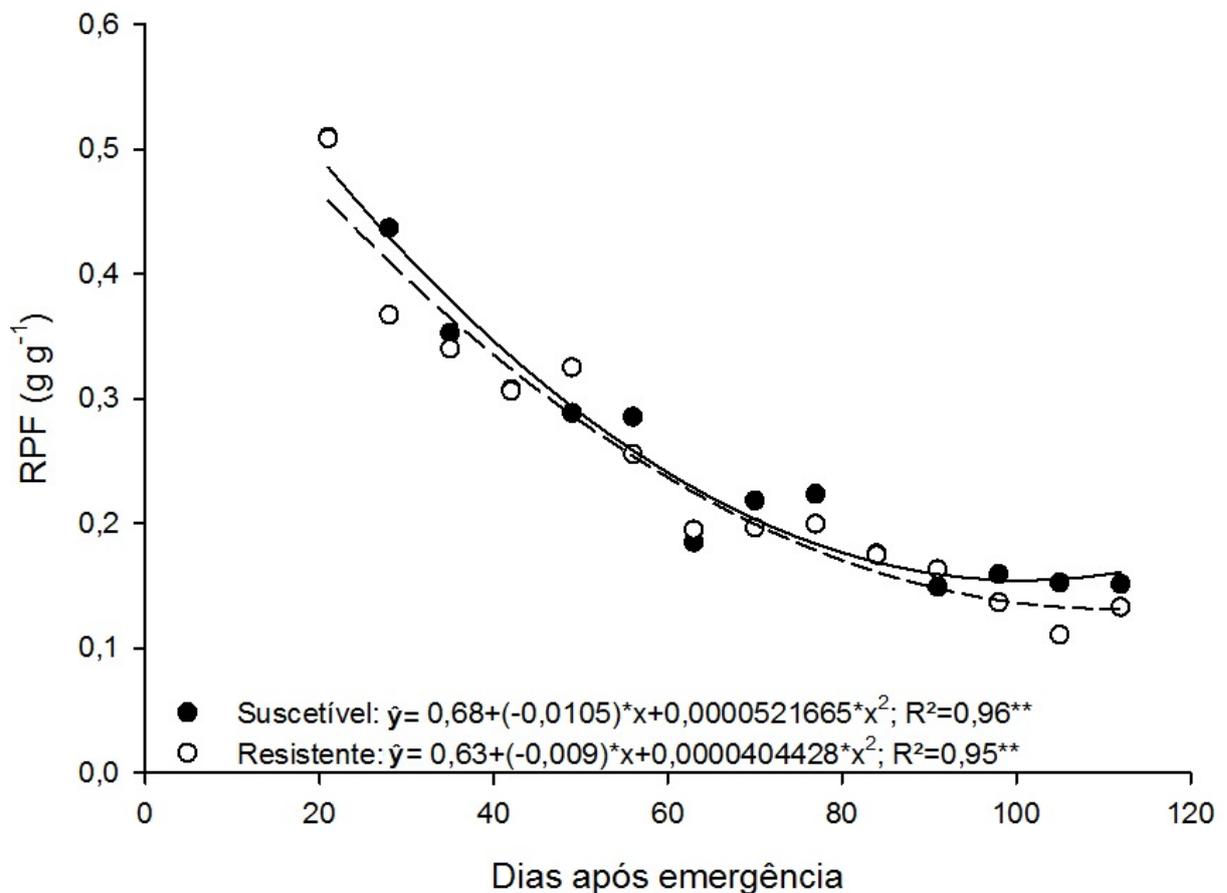


Figura 12. Razão de peso foliar (RPF) dos biótipos de *D. insularis* suscetível e resistente ao glyphosate. Marechal Candido Rondon/PR, 2015.

O biótipo suscetível possui maior número de perfilhos e assim de inflorescência que o resistente, de modo que a dominância numérica do biótipo resistente em relação ao suscetível, verificada em condição de campo, é decorrente apenas da pressão de seleção causada pelo herbicida. Um estudo da competição entre biótipos resistentes e suscetíveis seria interessante para demonstrar este efeito.

O biótipo suscetível de *D. insularis* possui características de desenvolvimento inicial mais interessantes do que o biótipo resistente como uma maior velocidade de crescimento inicial. Tal característica pode afetar culturas de interesse agrônomicos que são mais sensíveis no início do desenvolvimento, como o caso da soja que possui um período crítico de prevenção à interferência (PCPI) bem inicial ao desenvolvimento da cultura.

A taxa de crescimento do biótipo suscetível é superior ao do resistente no início do desenvolvimento, creditando ao suscetível uma maior velocidade de crescimento inicial.

A pressão de seleção para resistência ao glyphosate tem impactos negativos na habilidade de crescimento dos biótipos de *D. insularis*.

## 5. CONCLUSÕES

Foi comprovada a existência de biótipos resistentes ao herbicida glyphosate na região Oeste do Paraná, na região agrícola de Cascavel.

A seleção de biótipos de *D. insularis* resistentes ao glyphosate em áreas agrícolas está afetando a biologia da espécie em relação a população original de biótipos suscetíveis, pois as plantas resistentes possuem uma menor capacidade de competição inicial, uma menor quantidade de perfilhos e assim de inflorescência.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEGAS, F. S. et al. **Diagnóstico da existência de *Digitaria insularis* resistente ao herbicida glyphosate no sul do Brasil** CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. **Anais...**2010
- AGUILERA, D. B.; FERREIRA, F. A.; CECON, P. R. Crescimento de *Siegesbeckia orientalis* sob diferentes condições de luminosidade. **Planta Daninha**, v. 22, n. 1, p. 43–51, 2004.
- AHSAN, N. et al. Glyphosate-induced oxidative stress in rice leaves revealed by proteomic approach. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 46, n. 12, p. 1062–1070, 2008.
- ALCÂNTARA, E. N. DE; FERREIRA, M. M. Efeitos de métodos de controle de plantas daninhas na cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) sobre a qualidade física do solo. **Bras. Ci. Solo**, v. 24, p. 711–721, 2000.
- AMARAL, A. L. [UNESP]. **Estudos genéticos e morfológicos de biótipos resistentes e susceptíveis de *Euphorbia heterophylla* L. (amendoim-bravo)** Universidade Estadual Paulista (UNESP), , 18 abr. 2006. Disponível em: <<http://base.repositorio.unesp.br/handle/11449/92704>>. Acesso em: 26 abr. 2015
- AMRHEIN, N. et al. The site of the inhibition of the shikimate pathway by glyphosate II. Interference of glyphosate with chorismate formation in vivo and in vitro. **Plant Physiology**, v. 66, n. 5, p. 830–834, 1980.
- ANDREI, E. **Compêndio de defensivos agrícolas: guia prático de produtos fitossanitários para uso agrícola**. [s.l.] Organização Andrei, 2005.
- BENINCASA, P. **Análise de crescimento de plantas (nocoas básicas)**. [s.l.] UNESP/FUNEP, 1986.
- BRIGHENTI, A. M. et al. Análise de crescimento de biótipos de amendoim-bravo (*Euphorbia heterophylla*) resistente e suscetível aos herbicidas inibidores da ALS. **Planta Daninha**, v. 19, n. 1, p. 51–59, abr. 2001.
- BRIGHENTI, A. M.; OLIVEIRA, M. F. **Biologia de plantas daninhas. Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: **Omnipax**, p. 7–8, 2011.
- CARVALHO, L. .; ALVES, P. L. C. .; BIANCO, S. Sourgrass densities affecting the initial growth and macronutrient content of coffee plants. **Planta Daninha**, v. 31, n. 1, p. 109–115, mar. 2013.
- CARVALHO, L. B. DE [UNESP]. **Interferência de *Digitaria insularis* em *Coffea arabica* e respostas destas espécies ao glyphosate** Universidade Estadual Paulista (UNESP), , 31 jan. 2011. Disponível em: <<http://base.repositorio.unesp.br/handle/11449/105209>>. Acesso em: 20 jan. 2015

CHRISTOFFOLETI, P. J. et al. **Imidazolinone resistant B. pilosa biotypes in the Brazilian soybean areas** MEETING OF THE WEED SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. **Anais...** 1996

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

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

CHRISTOFFOLETI, P. J. **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. [s.l.] Associação Brasileira de Ação à Resistência de Plantas Daninhas, 2008.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; LÓPEZ-OVEJERO, R. Principais aspectos da resistência de plantas daninhas ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, v. 21, n. 3, p. 507–515, dez. 2003.

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

CONCENÇO, G. et al. Método rápido para detecção de resistência de capim-arroz (*Echinochloa* spp.) ao quinclorac. **Planta Daninha**, v. 26, n. 2, p. 429–437, jun. 2008.

CORTEZ, M. G. **Resistência de biótipos de *Brachiaria plantaginea* (Link) Hitchc. a herbicidas inibidores da acetil coenzima a carboxilase**. 2000. 214 fTese (Doutorado em Agronomia)–Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Piracicaba, 2000.[Links], , 2000.

DA ROSA, C. A. P. **Caracterização da variação temporal da massa de matéria seca de plantas de milho** Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz, , 2009.

DA SILVA TEÓFILO, T. M. et al. Crescimento de cultivares de cenoura nas condições de Mossoró-RN. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 1, 2008.

DE CARVALHO, L. B. et al. Detection of Sourgrass ( *Digitaria insularis* ) Biotypes Resistant to Glyphosate in Brazil. **Weed Science**, v. 59, n. 2, p. 171–176, 8 abr. 2011.

DIAS, N. M. P. et al. Absorção e translocação do herbicida diuron por espécies suscetível e tolerante de capim-colchão (*Digitaria* spp.). **Planta Daninha**, v. 21, n. 2, p. 293–300, ago. 2003.

FAVERO, F. Comparação de doses e fontes de nitrogênio aplicado em cobertura na cultura do milho. Em: <  
[http://www.copacol.com.br/agronegocio/relatorio\\_agricultura/relatorio\\_de\\_pesquisa\\_agricola\\_adubacao\\_nitrogenada\\_em\\_milho.pdf](http://www.copacol.com.br/agronegocio/relatorio_agricultura/relatorio_de_pesquisa_agricola_adubacao_nitrogenada_em_milho.pdf)>. Acesso em: 15/02/2014

FERREIRA, E. A. et al. Potencial competitivo de biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*). **Planta Daninha**, v. 26, n. 2, p. 261–269, jun. 2008.

FLECK, N. G. Competição de azevém (*Lolium multiflorum* L. ) com duas cultivares de trigo. **Planta Daninha**, v. 3, n. 2, p. 61–67, dez. 1980.

FURLANI, A. M. C. Nutrição mineral. **KERBAUY, GB Fisiologia vegetal. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan**, p. 40–75, 2004.

GAZZIERO, D. L. P. et al. **Efeitos da convivência do capim-amargoso na produtividade da soja**. Embrapa Soja-Artigo em anais de congresso (ALICE). **Anais...**In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 28., 2012, Campo Grande. A ciência das plantas daninhas na era da biotecnologia: anais. Campo Grande: SBCPD, 2012. 6 p. Trab. 733., 2012a

GAZZIERO, D. L. P. et al. **Análise do crescimento do capim-amargoso sob influência da temperatura: alternância 20° C diurna e 15° C noturna**. Embrapa Soja-Artigo em anais de congresso (ALICE). **Anais...**In: WORKSHOP SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E PROBLEMAS FITOSSANITÁRIOS, 2012, Jaguariúna. Anais... Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2012., 2012b

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

GEMELLI, A. et al. Aspectos da biologia de *Digitaria insularis* resistente ao glyphosate e implicações para o seu controle. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 11, n. 2, p. 231, 10 ago. 2012.

GOMES JR., F. G.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Biologia e manejo de plantas daninhas em áreas de plantio direto. **Planta Daninha**, v. 26, n. 4, p. 789–798, 2008.

GONÇALVES, K. S. et al. **Seletividade de herbicidas aplicados em pós-emergência em pinhão manso (*Jatropha curcas* L.)** **Revista Brasileira de Herbicidas**, 23 ago. 2011. Disponível em: <<http://www.rbherbicidas.com.br/index.php/rbh/article/view/105>>. Acesso em: 20 jan. 2015

GRAVENA, R. et al. Growth Analysis of *Hyptis suaveolens*. **Planta Daninha**, v. 20, n. 2, p. 189–196, 2002.

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

HOAGLAND, R. E.; DUKE, S. O.; ELMORE, C. D. Effects of glyphosate on metabolism of phenolic compounds. III. Phenylalanine ammonia-lyase activity, free amino acids, soluble protein and hydroxyphenolic compounds in axes of dark-grown soybeans. **Physiologia plantarum**, 1979.

HUANG, D. et al. Morphological plasticity, photosynthesis and chlorophyll fluorescence of *Athyrium pachyphlebium* at different shade levels. **Photosynthetica**, v. 49, n. 4, p. 611–618, 2011.

JAMES, J. J. et al. Managing soil nitrogen to restore annual grass-infested plant communities: effective strategy or incomplete framework? **Ecological Applications**, v. 21, n. 2, p. 490–502, 4 mar. 2011.

JAWORSKI, E. G. Mode of action of N-phosphonomethylglycine. Inhibition of aromatic amino acid biosynthesis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 20, n. 6, p. 1195–1198, 1972.

JONES, R.; CACHO, O. J. **A dynamic optimisation model of weed control**. [s.l.] University of New England, Graduate School of Agricultural and Resource Economics, 2000.

KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas ; Plantas dicotiledoneas por ordem alfabética de famílias: Acanthaceae a Fabaceae**. [s.l.] BASF, 1997.

KOZLOWSKI, L. A. Período crítico de interferência das plantas daninhas na cultura do milho baseado na fenologia da cultura. **Planta Daninha**, v. 20, n. 3, p. 365–372, 2002.

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.

LACERDA, A. L. DE S.; VICTORIA FILHO, R. Curvas dose-resposta em espécies de plantas daninhas com o uso do herbicida glyphosate(1). **Bragantia**, v. 63, n. 1, p. 73–79, 2004.

LAMEGO, F. P.; VIDAL, R. A. Resistência ao glyphosate em biótipos de *Conyza bonariensis* e *Conyza canadensis* no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Planta Daninha**, v. 26, n. 2, p. 467–471, jun. 2008.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. [s.l.] Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2008.

LUCCHESI, A. A. Utilização prática da análise de crescimento vegetal. **Anais da ESALQ**, v. 41, p. 181–202, 1984.

LYDON, J.; DUKE, S. O. Pesticide effects on secondary metabolism of higher plants. **Pesticide science**, v. 25, n. 4, p. 361–373, 1989.

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

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

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

MARTINS, J. F. Aspectos ecofisiológicos e genético de biótipos de *Digitaria insularis* resistente e suscetível ao glyphosate. 2013a.

MARTINS, J. F. [UNESP]. **Aspectos ecofisiológicos e genético de biótipos de *Digitaria insularis* resistente e suscetível ao glyphosate** Universidade Estadual Paulista (UNESP), , 20 set. 2013b. Disponível em: <<http://base.repositorio.unesp.br/handle/11449/96270>>. Acesso em: 20 jan. 2015

MELO, M. S. C. et al. **Avaliação do crescimento dos biótipos de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) resistente e suscetível ao glyphosate** CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. **Anais...2010**

MENEZES, V. . et al. Arroz-vermelho (*Oryza sativa*) resistente aos herbicidas imidazolinonas. **Planta Daninha**, v. 27, n. spe, p. 1047–1052, dez. 2009.

MEROTTO JR., A. et al. Interferência das plantas daninhas sobre o desenvolvimento inicial de plantas de soja e arroz através da qualidade da luz. **Planta Daninha**, v. 20, n. 1, p. 9–16, abr. 2002.

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

MONQUEIRO, P. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; DIAS, C. T. S. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas inibidores da ALS na cultura da soja (*Glycine max*). **Planta Daninha**, v. 18, n. 3, p. 419–425, 2000.

MONQUERO, P. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Manejo de populações de plantas daninhas resistentes aos herbicidas inibidores da acetolactato sintase. **Planta Daninha**, v. 19, n. 1, p. 67–74, abr. 2001.

MONQUERO, P. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Dinâmica do banco de sementes em áreas com aplicação freqüente do herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, v. 21, n. 1, p. 63–69, abr. 2003.

MOREIRA, M. S. et al. Crescimento diferencial de biótipos de *Conyza* SPP. resistente e suscetível ao herbicida glifosato. **Bragantia**, v. 69, n. 3, p. 591–598, 2010.

NEUMANN, G. et al. Relevance of glyphosate transfer to non-target plants via the rhizosphere. **ZEITSCHRIFT FÜR PFLANZENKRANKHEITEN UND PFLANZENSCHUTZ-SONDERHEFT-**, v. 20, p. 963, 2006.

NICOLAI, M. et al. **Monitoramento de infestações de populações de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) suspeitas de resistência ao glifosato** XXVII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas. **Anais...**2010

OWEN, M. D. K. Weed species shifts in glyphosate-resistant crops. **Pest management science**, v. 64, n. 4, p. 377–387, 2008.

PEIXOTO, C. P. Dinâmica do crescimento vegetal: princípios básicos. **TÓPICOS EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS**, p. 38, 2009.

PITELLI, R. A. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Inf. Agropec**, v. 11, n. 129, p. 16–27, 1985.

PLINE-SRNIC, W. Physiological Mechanisms of Glyphosate Resistance 1. **Weed Technology**, v. 20, n. 2, p. 290–300, 2006.

PRESTON, C.; WAKELIN, A. M. Resistance to glyphosate from altered herbicide translocation patterns. **Pest management science**, v. 64, n. 4, p. 372–376, 2008.

RODRIGUES, B. N.; PITELLI, R. A.; BELLINGIERI, P. A. Efeitos da calagem do solo no crescimento inicial e absorção de macronutrientes por plantas de trapoeraba (*Commelina benghalensis*). **Planta Daninha**, v. 13, n. 2, p. 59–68, 1995.

SAAD, O. **A vez dos herbicidas**. [s.l.] Nobel, 1985.

SANTOS, J. B. DOS et al. Captação e aproveitamento da radiação solar pelas culturas da soja e do feijão e por plantas daninhas. **Bragantia**, v. 62, n. 1, p. 147–153, 2003.

SANTOS, S. N. DOS et al. **Análise comparativa de métodos de determinação de área foliar em genótipos de cacau = Comparative analysis of methods of determining leaf area in cocoa genotypes** *Bioscience Journal*, 12 maio 2014. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/18148>>. Acesso em: 20 jan. 2015

SANTOS, I. C. et al. Eficiência de glyphosate no controle de *Commelina benghalensis* e *Commelina diffusa*. **Planta Daninha**, v. 19, n. 1, p. 135–143, abr. 2001.

SILVA, C. et al. Interferência de plantas daninhas na cultura do sorgo sacarino. **Bragantia**, v. 73, n. 4, p. 438–445, dez. 2014.

SOUZA, A. L. L. DE; VICTORIA, R. F. Curvas dose-resposta em espécies de plantas daninhas com o uso do herbicida glyphosate. **Bragantia**, v. 63, n. 1, p. 73–79, 2004.

SOUZA, R. C. et al. Growth of the crabgrass species *Digitaria ciliaris* and *Digitaria nuda*. **Planta Daninha**, v. 30, n. 2, p. 317–325, jun. 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. [s.l.] Sinauer Associates, 2010.

TAVARES, C. J. et al. Interferência de plantas daninhas em dois cultivares de soja. **Agrarian**, v. 5, n. 17, p. 223–235, 2012.

THOMSON, F. J. et al. Seed dispersal distance is more strongly correlated with plant height than with seed mass. **Journal of Ecology**, v. 99, n. 6, p. 1299–1307, 5 nov. 2011.

TRAORÉ, S. et al. **Comparative Ecophysiology of Grain Sorghum and *Abutilon theophrasti* in Monoculture and in Mixture** *Agronomy & Horticulture -- Faculty Publications*, 2002. Disponível em: <<http://digitalcommons.unl.edu/agronomyfacpub/508>>. Acesso em: 26 abr. 2015

VARGAS, L. et al. Alteração das características biológicas dos biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*) ocasionada pela resistência ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, v. 23, n. 1, p. 153–160, mar. 2005.

VARGAS, L. **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. [s.l.] Embrapa Uva e Vinho, 2008.

VARGAS, L.; MORAES, R. M. A.; BERTO, C. M. Herança da resistência de azevém (*Lolium multiflorum*) ao glyphosate. **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 567–571, set. 2007.

VERNETTI, F. J. **Soja: Planta, Clima, Pragas, Molestias e Invasoras**. Campinas **Fundacao: Cargill, 1983**. [s.l.] Fundação Cargill, 1983.

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

WEED SCIENCE. International survey of herbicide resistant weeds. Disponível em: <<http://www.weedscience.org/in.asp>>. Acesso em: 04 jan. 2015