

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA**

**SORHAILA CAMILA BATISTEL**

**DETERMINAÇÃO DA TOLERÂNCIA EM ESPÉCIES DANINHAS  
RUBIÁCEAS AO GLYPHOSATE E QUANTIFICAÇÃO DE CERAS  
EPICUTICULARES EM FUNÇÃO DA DISPONIBILIDADE DE ÁGUA  
NO SOLO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO**

**2015**

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA**

**SORHAILA CAMILA BATISTEL**

**DETERMINAÇÃO DA TOLERÂNCIA EM ESPÉCIES DANINHAS  
RUBIÁCEAS AO GLYPHOSATE E QUANTIFICAÇÃO DE CERAS  
EPICUTICULARES EM FUNÇÃO DA DISPONIBILIDADE DE ÁGUA  
NO SOLO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO  
2015**

SORHAILA CAMILA BATISTEL

**DETERMINAÇÃO DA TOLERÂNCIA EM ESPÉCIES DANINHAS  
RUBIÁCEAS AO GLYPHOSATE E QUANTIFICAÇÃO DE CERAS  
EPICUTICULARES EM FUNÇÃO DA DISPONIBILIDADE DE ÁGUA  
NO SOLO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Michelangelo Muzell Trezzi

PATO BRANCO

2015

**Batistel, Sorhaila Camila**  
**Determinação Da Tolerância Em Espécies Daninhas Rubiáceas Ao Glyphosate E Quantificação De Ceras Epicuticulares Em Função Da Disponibilidade De Água No Solo / Sorhaila Camila Batistel.**  
Pato Branco. UTFPR, 2015  
55 f. : il. ; 30 cm

**Orientador: Prof. Dr. Michelangelo Muzell Trezzi**

**Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. Pato Branco, 2015.**

**Bibliografia: f. 46 – 51**

**1. Agronomia. 2. Tolerância I. Michelangelo Muzell Trezzi, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. IV. Determinação Da Tolerância Em Espécies Rubiáceas Ao Glyphosate E Quantificação De Ceras Epicuticulares Em Função Da Disponibilidade De Água No Solo.**

**CDD: 630**



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Câmpus Pato Branco  
Departamento Acadêmico de Ciências Agrárias  
**Curso de Agronomia**



**TERMO DE APROVAÇÃO**  
**Trabalho de Conclusão de Curso – TCC**

**DETERMINAÇÃO DA TOLERÂNCIA EM ESPÉCIES DANINHAS  
RUBIÁCEAS AO GLYPHOSATE E QUANTIFICAÇÃO DE CERAS  
EPICUTICULARES EM FUNÇÃO DA DISPONIBILIDADE DE ÁGUA  
NO SOLO**

por

**SORHAILA CAMILA BATISTEL**

Monografia apresentada às 08 horas e 30 min. do dia 20 de novembro de 2015 como requisito parcial para obtenção do título de ENGENHEIRO AGRÔNOMO, Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo-assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:

**Eng. Agr. M. Sc. Francielli Diesel**  
UTFPR

**Prof. Dr. Marisa Cacia de Oliveira**  
UTFPR

**Prof. Dr. Michelangelo Muzell Trezzi**  
UTFPR  
Orientador

A “Ata de Defesa” e o decorrente “Termo de Aprovação” encontram-se assinados e devidamente depositados na Coordenação do Curso de Agronomia da UTFPR Câmpus Pato Branco-PR, conforme Norma aprovada pelo Colegiado de Curso.

À minha amada família e amigos,

**Dedico**

## **AGRADECIMENTOS**

Á Deus pelo dom da vida.

De maneira especial aos meus amados pais Arildo Batistel e Ivolane Stresser da Silva Batistel, pelo exemplo de vida, por serem meus melhores amigos e maiores incentivadores, principalmente nesta caminhada, por tudo que fizeram e fazem.

Ao meu orientador durante toda a graduação Prof. Dr. Michelangelo Muzell Trezzi pela dedicação, paciência e conhecimentos valiosos que contribuíram em minha formação profissional, bem como valores que refletiram em minha formação pessoal.

Ao meu ex-tutor do Grupo PET Agronomia, Prof. Dr. Wilson Itamar Godoy, por toda a experiência compartilhada nos anos de convivência e formação como pessoa.

Aos amigos do Núcleo de Investigação em Ciência das Plantas Daninhas, Francielli Diesel, Eli D. Marchesan, Mateus Gallon, Fortunato Pagnoncelli Jr, Marcos V. J. Barancelli, Renato Pasini, Pedro H. F. Mizerski, Elouize Xavier, Renata Gobetti, Bruna M. Cavalheiro e Matheus Vieceli, pela amizade, paciência, companheirismo e auxílio na execução dos trabalhos.

Aos amigos do grupo PET Agronomia e formandos do curso de Agronomia de 2015, pela amizade e companheirismo durante estes anos.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Pato Branco e a todos os professores do Curso de Agronomia pela oportunidade de aprendizado e crescimento pessoal e profissional durante minha graduação.

“É muito melhor lançar-se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo-se ao fracasso, do que alinhar-se com os pobres de espírito, que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta, onde não conhecem nem vitória, nem derrota.”

Theodore Roosevelt



## RESUMO

BATISTEL, Sorhaila Camila. Determinação da Tolerância em Espécies Daninhas Rubiáceas ao Glyphosate e Quantificação de Ceras Epicuticulares em Função da Disponibilidade de Água no Solo. 58 f. TCC (Curso de Agronomia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2015.

Espécies de plantas daninhas tolerantes aos herbicidas estão amplamente disseminadas em todas as regiões brasileiras. O objetivo desta pesquisa foi ampliar as informações sobre espécies/biótipos infestantes da família Rubiaceae que permitam um melhor entendimento da variação da sua tolerância ao herbicida glyphosate. Populações de espécies daninhas rubiáceas (*Borreria latifolia* e *Richardia brasiliensis*) foram coletadas no sudoeste do Paraná e Norte de Santa Catarina. O primeiro estudo avaliou a resposta a doses de glyphosate nestas espécies/biótipos. Os tratamentos foram arranjados em delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema bifatorial, em que o primeiro fator representou as populações de cada espécie (*B. latifolia* e *R. brasiliensis*), e o segundo fator os níveis de glyphosate (0, 74, 163, 360, 792 e 1742 g e.a. ha<sup>-1</sup>). As variáveis resposta avaliadas foram controle visual aos 14 e 28 DAA e massa da parte aérea verde e seca aos 28 DAA. O segundo estudo foi realizado em casa de vegetação, em DIC para quantificação de ceras epicuticulares presentes na superfície das folhas das mesmas espécies. O experimento foi arranjado em esquema fatorial 6 x 2, com seis biótipos, três de *B. latifolia* e três de *R. brasiliensis* que foram submetidos a dois regimes distintos de irrigação, próximo à capacidade de campo do solo (CC) e próximo ao ponto de murcha permanente (PMP). Foi procedida a extração das ceras com solventes e sua quantificação foi feita por pesagem. Os dados obtidos no experimento foram submetidos ao teste F a 5% de probabilidade. Foram encontradas variações no controle das espécies rubiáceas. Os biótipos que apresentaram maior fator de tolerância foram o 283 e o 300. Estes mesmos biótipos foram os que mais incrementaram a deposição de ceras epicuticulares sob a condição de déficit hídrico, entretanto, quando em capacidade de campo, as quantidades de cera depositadas não apresentaram diferenças. Os biótipos de *R. brasiliensis* apresentaram maior tolerância ao glyphosate comparativamente aos biótipos de *B. latifolia*.

**Palavras-chave:** Inibidor da EPSPS. *Borreria latifolia*. *Richardia brasiliensis*.

## ABSTRACT

BATISTEL, Sorhaila Camila. Determination of Tolerance to Glyphosate in Rubiaceae Species And Epicuticular Wax Quantification in Function of Soil Water Availability. 58 f. TCC (Course of Agronomy) - Federal University of Technology – Paraná. Pato Branco, 2015.

Weed species tolerant to herbicides are widely disseminated in all regions of Brazil. The objective of this research was to expand the information about species / weeds biotypes of Rubiaceae family to allow for better understanding of the variation of its tolerance to glyphosate. Populations of weeds rubiaceae (*Borreria latifolia* and *Richardia brasiliensis*) were collected in southwestern Paraná and Northern of Santa Catarina. The first study evaluated the response to glyphosate doses in these species / biotypes. The treatments were arranged in a completely randomized design (CRD), in a factorial scheme, where the first factor represented the populations of each species (*B. latifolia* and *R. brasiliensis*), and the second factor glyphosate levels (0, 74, 163, 360, 792 and 1742 g e a ha<sup>-1</sup>). The variables were visual control response at 14 and 28 DAA and mass of green shoots and dried at 28 DAA. The second study was conducted in a greenhouse in DIC for quantification of epicuticular waxes present on the surface of the leaves of the same species. The experiment was arranged in a factorial 6 x 2 with six biotypes, three *B. latifolia* *R. brasiliensis* and three who underwent two different irrigation regimes, near the soil field capacity (FC) and near the point permanent wilting (PMP). Was preceded extraction of waxes with solvents and quantification was made by weighing. The data obtained in the experiment were submitted to F test at 5% probability. Variations were found in the control of rubiaceas species. Biotypes that showed greater tolerance factor were 283 and 300. These same biotypes were the most increased deposition of epicuticular waxes under water stress conditions, however, when in field capacity, the quantities of deposited wax showed no differences. Biotypes of *R. brasiliensis* showed increased tolerance to glyphosate compared to biotypes of *B. latifolia*.

**Keywords:** EPSPS inhibitor. *Borreria latifolia*. *Richardia brasiliensis*.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 - Controle (100 – controle) de biótipos de *Borreria latifolia* (Aubl.) K.Schum. aos 14 DAA (A) e 28 DAA (B) em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco – PR, 2015. Barras verticais representam o erro padrão da média de cada tratamento.....31
- Figura 2 – Redução da massa da parte aérea verde (A) e massa da parte aérea seca (B) de biótipos de *Borreria latifolia* (Aubl.) K.Schum. aos 28 DAA em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco – PR, 2015. Barras verticais representam o erro padrão da média de cada tratamento..... 33
- Figura 3 – Controle (100 – controle) de biótipos de *Richardia brasiliensis* Gomes aos 14 DAA (A) e 28 DAA (B) em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco – PR, 2015. Barras verticais representam o erro padrão da média de cada tratamento.....35
- Figura 4 – Redução da massa da parte aérea verde (A) e massa da parte aérea seca (B) de biótipos de *Richardia brasiliensis* Gomes aos 28 DAA em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco – PR, 2015. Barras verticais representam o erro padrão da média de cada tratamento..... 37
- Figura 5 - Produção de cera epicuticular por área foliar em biótipos de *R. brasiliensis* (A) e *B. latifolia* (B), com distintas respostas ao herbicida glyphosate (suscetível, moderadamente tolerante e tolerante) desenvolvidas em dois regimes hídricos contrastantes (CC = 80% da umidade da Capacidade de Campo e PMP = umidade próxima ao Ponto de Murcha Permanente). UTFPR Campus Pato Branco, 2015. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p= 0,05$ ), minúsculas comparam tratamentos para cada biótipo e maiúsculas comparam tratamento entre biótipos.....41

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Identificação dos biótipos de <i>B. latifolia</i> e <i>R. brasiliensis</i> empregados nos experimentos com seus respectivos locais de coleta. UTFPR, Pato Branco - PR, 2015.....	25
Tabela 2 – Sistema de 0 a 100 para avaliação do controle das plantas daninhas por herbicidas (Adaptado de FRANS et al., 1986). UTFPR Campus Pato Branco, 2015.....	27
Tabela 3 – Parâmetros das equações ajustadas, $C_{50}$ e $C_{80}$ para o controle dos biótipos de <i>Borreria latifolia</i> (Aubl.) K.Schum. aos 14 DAA em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2015.....	31
Tabela 4 – Parâmetros das equações ajustadas, $C_{50}$ , $C_{80}$ e Fator de tolerância (FT) para o controle dos biótipos de <i>Borreria latifolia</i> (Aubl.) K.Schum. aos 28 DAA em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2015.....	32
Tabela 5 – Parâmetros das equações ajustadas, $GR_{50}$ , $GR_{80}$ e Fator de tolerância (FT) para MSPA dos biótipos de <i>Borreria latifolia</i> (Aubl.) K.Schum. aos 28 DAA em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2015.....	34
Tabela 6 - Parâmetros das equações ajustadas, $C_{50}$ e $C_{80}$ para o controle dos biótipos de <i>Richardia brasiliensis</i> Gomes aos 14 DAA em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2015.....	36
Tabela 7 – Parâmetros das equações ajustadas, $C_{50}$ , $C_{80}$ e Fator de tolerância (FT) para o controle dos biótipos de <i>Richardia brasiliensis</i> Gomes aos 28 DAA em resposta a doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2015.....	37
Tabela 8 – Parâmetros das equações ajustadas, $GR_{50}$ , $GR_{80}$ e Fator de tolerância (FT) para MPAS dos biótipos de <i>Richardia brasiliensis</i> Gomes aos 28 DAA em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2015.....	38

## LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

C <sub>50</sub>	Dose necessária para obter 50% de controle.
C <sub>80</sub>	Dose necessária para obter 80% de controle.
CGM	Cultura Geneticamente Modificada.
EPSPs	Enol-piruvilshiquimato-fosfato-sintase.
FT	Fator de Tolerância.
GR <sub>50</sub>	Dose necessária para reduzir a massa seca em 50%.
GR <sub>80</sub>	Dose necessária para reduzir a massa seca em 80%.
K <sub>ow</sub>	Coefficiente de partição octanol-água.
MPAS	Massa Seca de Parte Aérea.
PR	Unidade da Federação – Paraná.
SC	Unidade da Federação – Santa Catarina.
SP	Unidade da Federação – São Paulo.
spp	Espécies
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso.
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

## LISTA DE ABREVIATURAS

CC	Capacidade de Campo
cm <sup>3</sup>	Centímetro cúbico
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
DAA	Dias após a aplicação
DIC	Delineamento Inteiramente Casualizado
dm <sup>3</sup>	Decímetro cúbico
e.a.	Equivalente Ácido
g e.a. ha <sup>-1</sup>	Gramas de equivalente ácido por hectare
h	Horas
HAT	Horas após o tratamento
i.a.	Ingrediente Ativo
kg	Quilos
KNO <sub>3</sub>	Nitrato de Potássio
L	Litros
L.ha <sup>-1</sup>	Litros por hectare
lbf/pol <sup>2</sup>	Libra Força por Polegada ao quadrado
m	Metro
mL	Mililitros
mm	Milímetros
°C	Graus Celsius
P<0,05	Significância de 5%
PMP	Ponto de Murcha Permanente
UR%	Umidade Relativa do Ar
µg cm <sup>-2</sup>	Micrograma por Centímetro Quadrado

## LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
®	Marca Registrada

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>18</b>
2.1 GERAL.....	18
2.2 ESPECÍFICOS.....	18
<b>3 JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>19</b>
<b>4 HIPÓTESES.....</b>	<b>21</b>
<b>5 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>22</b>
5.1. CARACTERÍSTICAS DAS ESPÉCIES DANINHAS RUBIÁCEAS.....	22
5.2.MECANISMOS DE TOLERÂNCIA EM PLANTAS DANINHAS.....	22
5.2.1 Barreiras para absorção de herbicidas.....	23
<b>6 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>25</b>
6.1 COLETA DE SEMENTES DE ESPÉCIES RUBIÁCEAS, CLASSIFICAÇÃO AO NÍVEL DE ESPÉCIE E PREPARAÇÃO PARA A SEMEADURA.....	25
6.2 RESPOSTA DE ESPÉCIES/BÍOTIPOS DE ERVA QUENTE E POAIA-BRANCA AO GLYPHOSATE.....	25
6.3 QUANTIFICAÇÃO DE CERAS EPICUTICULARES EM FUNÇÃO DE ESPÉCIES/BÍOTIPOS DE RUBIÁCEAS E DA VARIAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO....	27
<b>7 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>30</b>
7.1 CONTROLE DE ERVA QUENTE.....	30
7.2 CONTROLE DE POAIA BRANCA.....	34
7.3 QUANTIFICAÇÃO DE CERAS.....	40
<b>8 CONCLUSÕES.....</b>	<b>44</b>
<b>9 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>45</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>46</b>



## 1 INTRODUÇÃO

A presença de plantas daninhas em áreas de lavoura tem sido apontada como um dos fatores mais importantes que contribuem para a redução da produtividade das culturas, evidenciando grande ameaça à produção sustentável de alimentos. Sua importância é tamanha, que cerca da metade dos agroquímicos comercializados no mundo, é representado pelos herbicidas (THEISEN; RUEDELL, 2004). Ao nível mundial, as perdas médias reais ocasionadas pela interferência das plantas daninhas podem atingir de 4,3 a 15,2% do rendimento das culturas de algodão, arroz, batata, milho, soja e trigo (OERKE, 2006).

Entre os métodos de controle de plantas daninhas, o emprego de herbicidas tem sido o mais utilizado, devido à maior praticidade e grande eficiência (FERREIRA et al., 2009). O Brasil é responsável por 84% do consumo de agrotóxicos da América Latina. A partir de 2000 o país aumentou a importação de agrotóxicos, e em 2007 encontrava-se como um dos maiores importadores mundiais, atrás apenas da França, Alemanha, Canadá e Reino Unido (PELAEZ, 2010).

No país existem 476 marcas registradas de herbicidas, com aproximadamente 100 ingredientes ativos (i.a.) pertencentes a diferentes mecanismos de ação. A comercialização de herbicidas no Brasil, no ano de 2011, foi de 40.362 toneladas de i.a.. Considerando toda a gama de agrotóxicos (herbicidas, inseticidas, acaricidas, fungicidas, entre outros), a cultura em que são mais utilizados é a soja, responsável por 43,5%, o algodão em segundo lugar (12,5%), seguido da cana-de-açúcar (11,6%), milho safra (5,0%), milho safrinha (3,8%), café (3,7%), citros (3,1%), culturas de inverno (2,4%) e feijão (2,4%). Esse conjunto de culturas soma 87,8% do valor comercializado nesse ano. Entre os estados consumidores, o Paraná é o terceiro colocado com 12,1%, ficando atrás do líder Mato Grosso (20,6%) e de São Paulo (15,3%) (FERREIRA; CAMARGO; VEGRO, 2012).

O controle químico apresenta inúmeras vantagens, entretanto, pode acarretar em muitos malefícios quando utilizado de maneira equivocada, tais como o controle ineficiente das espécies daninhas, ocorrência de danos e perdas produtivas em culturas comerciais causadas por fitotoxicidade e também problemas ambientais (RODRIGUES; ALMEIDA, 1995). Além disso, a utilização sequencial de um mesmo herbicida ou de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação e espectro de controle de

plantas daninhas por diversos anos pode selecionar populações de plantas daninhas resistentes e também tolerantes a herbicidas.

Com a liberação do cultivo da soja Roundup Ready® resistente ao herbicida glifosato (soja RR®) em meados de 2005, o manejo de plantas daninhas sofreu alterações. Assim, o uso do herbicida glifosato aumentou, pois permitiu a aplicação deste herbicida em pós-emergência da cultura (PEREIRA et al., 2008). Atualmente, a maioria dos agricultores realiza três aplicações do produto por ciclo da soja (NOHATTO, 2010). Essa prática, aliada a outras de manejo inadequadas nas lavouras, desencadearam uma intensificação da seleção de plantas daninhas em sistemas de cultivo agrícolas. A seleção intraespecífica de plantas daninhas resulta em biótipos resistentes. A seleção interespecífica resulta em mudança da flora para espécies mais tolerantes.

A resistência de populações de plantas daninhas a herbicidas é, atualmente, uma das principais dificuldades enfrentadas pelo setor agrícola ao nível mundial. Em todo o Brasil, existem milhões de hectares infestados com biótipos de azevém e buva resistentes ao glyphosate, principalmente nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e São Paulo (BIANCHI et al., 2008). No Brasil, a seleção de espécies de plantas daninhas tolerantes ao glyphosate em lavouras de soja é uma preocupação crescente, especialmente para sojicultores que desenvolvem a cultura em grandes áreas, desde que a utilização de herbicidas é mais intensiva do que em pequenas áreas de lavoura (CHRISTOFFOLETI et al., 2008).

Desde a introdução de cultivares geneticamente modificadas resistentes ao glyphosate, na cultura da soja, tem ocorrido a seleção de espécies tolerantes a este herbicida, como em trapoeraba (*Commelina spp.*), corda-de-viola (*Ipomoea spp.*), poaia-branca (*Richardia brasiliensis*), erva-quente (*Borreria latifolia*), entre outras. Esse fenômeno também é observado em outros locais do mundo, em espécies tais como *Ambrosia artemisiifolia* e *Sesbania exaltata*, entre outras.

A tolerância a um determinado herbicida por uma espécie é um fenômeno comum. Ou seja, diferentes populações (biótipos) dentro de cada espécie apresentam necessidades de doses distintas de um determinado herbicida para controlá-las. No entanto, essas populações, denominadas tolerantes, são controladas através da dose registrada (de bula) e recomendada pela pesquisa. Isso diferencia a tolerância da resistência.

A tolerância de plantas daninhas aos herbicidas está disseminada do Norte ao Sul do Brasil (GALON et al., 2012). Em lavouras de soja da região Sul do país,

espécies pertencentes às famílias Convolvulaceae, Rubiaceae e Commelinaceae são as que apresentam maior importância dentre as tolerantes ao herbicida glyphosate. Há fortes indícios que a dose necessária para controlar determinadas populações tolerantes esteja se deslocando para um patamar superior, resultado de processo de seleção em que indivíduos que toleram doses mais elevadas sobrevivem e indivíduos mais sensíveis são eliminados.

Nas áreas infestadas com espécies tolerantes é frequente a utilização de doses de herbicidas acima da recomendada (GALON et al., 2012), gerando impacto negativo às espécies cultivadas e forte impacto ambiental e à saúde humana e indicando que o processo de seleção referido acima está em curso. O incremento de doses de herbicidas para controlar populações tolerantes, que tem sido observado em lavouras de diversas regiões do Brasil reflete, provavelmente, no acúmulo de genes que conferem maior tolerância em biótipos.

Há vários exemplos na literatura demonstrando que a tolerância de plantas daninhas ao glyphosate se deve à absorção ou translocação diferencial do herbicida (WYRILL; BURNSIDE, 1976; SANDBERG et al., 1980; WESTWOOD et al., 1997; SATICHIVI et al., 2000; CHACHALIS et al., 2001). Já, a metabolização diferencial é mais frequentemente detectada em espécies cultivadas, como soja (*Glycine max* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.), milho (*Zea mays* L.), tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) e ervilha (*Pisum sativum*) (KOMOBA, et al., 1992; UOTILA et al., 1995; RUEPPEL et al., 1977).

Espécies dos gêneros *Borreria* (Spermacoce) e *Richardia*, da família Rubiaceae, apresentam grande importância na região Sudoeste do Paraná, especialmente em áreas cultivadas com soja. As espécies *Borreria latifolia* (Aubl.) K. Schum. e *Richardia brasiliensis* Gomes são encontradas de forma generalizada na região. Baseando-se em informações empíricas de técnicos e agricultores, as espécies citadas acima apresentam respostas distintas a características do ambiente. A presença de *B. latifolia* e *R. brasiliensis* é mais comum em solos sem problemas de drenagem e ácidos.

Embora as espécies rubiáceas referidas acima sejam consideradas tolerantes ao herbicida glyphosate, há informações que algumas populações de *B. latifolia* não são controladas mesmo com doses muito elevadas deste herbicida.

Para o desenvolvimento das plantas superiores, condições mínimas de ambiente são necessárias. Plantas daninhas são mais rústicas que as cultivadas e sofrem menos quando as condições são adversas, no entanto, sofrem alterações fisiológicas se submetidas a estresses ambientais, como déficit hídrico, buscando adaptar as plantas a

estas condições. Para Nogueira (1997) a disponibilidade de água às plantas é um dos fatores mais críticos para o desenvolvimento normal das mesmas. O estresse hídrico geralmente aumenta a resistência difusa ao vapor de água, fechando os estômatos, reduzindo a transpiração e também o suprimento de CO<sub>2</sub> para a fotossíntese, efeitos que refletem a adaptação das plantas ao ambiente.

Também ocorrem mudanças na quantidade e na composição química das ceras epicuticulares, já que segundo (BRIDGES, 2000; HARTZLER, 2001) apud Hoffmann (2007) as plantas formam mais cera na superfície da folha quando estão sob estresse de água, assim evitam maior evaporação.

Portanto, fica clara a importância da caracterização das populações de *Borreria latifolia* a *Richardia brasiliensis* tolerantes ao glyphosate, para determinação da amplitude dos valores de C<sub>50</sub> (dose de herbicida necessária para controlar 50% da população). Elevada amplitude de valores de C<sub>50</sub> podem indicar que tem havido intensificação da seleção de populações pelo uso do glyphosate. a determinação de ceras será de grande auxílio na elucidação dos principais mecanismos de tolerância desses biótipos ao glifosato. A definição das espécies com maior dificuldade de controle por glyphosate auxiliará na adoção de medidas de controle eficientes para essas espécies rubiáceas nas lavouras de soja da região.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 GERAL

Esse estudo visa ampliar as informações sobre espécies/biótipos da família Rubiaceae que permitam um melhor entendimento da variação da sua tolerância ao herbicida glyphosate, e dos mecanismos fisiológicos associados à tolerância.

### 2.2 ESPECÍFICOS

- Comparar as respostas ao herbicida glyphosate de biótipos das espécies *Borreria latifolia* e *Richardia brasiliensis* provenientes da região Sudoeste do Paraná;
- Determinar os valores de  $C_{50}$  e  $GR_{50}$  e os fatores de tolerância de biótipos das espécies *B. latifolia* e *R. brasiliensis* em resposta ao glyphosate;
- Quantificar as ceras epicuticulares de biótipos de *B. latifolia* e *R. brasiliensis* sensíveis e tolerantes ao glyphosate sob duas condições hídricas;
- Correlacionar a tolerância ao glyphosate com a quantidade de ceras epicuticulares.

### 3 JUSTIFICATIVA

A ocorrência de plantas daninhas tem sido apontada como um dos fatores mais importantes que contribuem para a redução do rendimento das culturas, constituindo-se grande ameaça à produção sustentável de alimentos. Ao nível mundial, as perdas médias reais ocasionadas pela interferência das plantas daninhas atingem 4,3 a 15,2% do rendimento das culturas de algodão, arroz, batata, milho, soja e trigo, mesmo com a adoção de medidas de controle (OERKE, 2006).

Segundo Monquero (2003) os herbicidas são, na maioria dos casos, a forma prontamente disponível para o controle de plantas daninhas e a que apresenta melhor relação custo-benefício. Contudo, aplicações sucessivas de moléculas pertencentes ao mesmo mecanismo de ação tem ocasionado pressão de seleção de biótipos de plantas daninhas resistentes aos herbicidas (CHRISTOFFOLETI et al, 2008).

A evolução da resistência de plantas daninhas ao herbicida glyphosate causa grande preocupação para a economia agrícola, visto que é um herbicida de amplo espectro de ação, classe toxicológica favorável e boa relação custo benefício, além de essencial para o sistema de plantio direto e para a utilização das tecnologias RR (Roundup Ready®) (DUKE; RIMANDO, 2003)

A família Rubiaceae abrange duas importantes espécies invasoras, sendo elas a erva quente (*Spermacoce latifolia*), frequente nas regiões oeste, centro-oeste e sul do Brasil, com maior incidência nas culturas anuais (KISSMAN; GROTH, 1992), e a poaia-branca (*Richardia brasiliensis*), uma das principais infestantes da América do Sul, com elevadas densidades populacionais, causando prejuízo aos agricultores (ROSSETO et al, 1997).

A absorção do herbicida glyphosate, segundo Monquero (2003) é um processo bifásico, em que primeiramente ocorre uma penetração rápida através da cutícula e em seguida o herbicida é absorvido lentamente, simplástica, através dos tecidos vasculares. Heredia (1998) apresenta a cutícula como principal barreira protetora à entrada de produtos químicos.

O estudo de curva dose-resposta serve, neste caso para classificar os biótipos tolerantes e suscetíveis ao herbicida glyphosate, sendo possível determinar uma dose para obter 50% de controle das plantas daninhas. Quando a tolerância está relacionada à menor absorção foliar, a quantidade e composição de ceras epicuticulares é um fator de relevância. As ceras epicuticulares são a parte mais externa da cutícula e sua

composição química, quantidade e polaridade podem ser fatores determinantes à absorção do herbicida, e a causa da tolerância. A quantidade e composição podem variar dentro de uma mesma espécie, bem como em cada estágio de desenvolvimento da planta. Fatores bióticos e abióticos influenciam estas características, dentre eles a condição hídrica do solo, que influenciará na deposição de ceras epicuticulares na folha.

A investigação da quantidade de ceras epicuticulares sob diferentes regimes hídricos é importante pois plantas sob estresse hídrico apresentam diferenças bioquímicas e fisiológicas, podendo alterar a absorção do herbicida. Assim, o controle das plantas daninhas pode ser modificado quando a aplicação for realizada sob condições de estresse hídrico.

#### 4 HIPÓTESES

- Existem populações com necessidades de doses muito elevadas para o controle de *Borreria latifolia* e *Richardia brasiliensis*, contrastando com outras populações mais sensíveis ao glyphosate, o que é indício do deslocamento da dose necessária para o controle a um patamar superior.
- Características da superfície foliar, especificamente a quantidade de ceras epicuticulares, está relacionada à tolerância de populações de *Borreria latifolia* e *Richardia brasiliensis* ao glyphosate.
- A disponibilidade de água no solo interfere diretamente nos teores de ceras epicuticulares de biótipos de *R. brasiliensis* e *B. latifolia*.



## 5 REFERENCIAL TEÓRICO

### 5.1. CARACTERÍSTICAS DAS ESPÉCIES DANINHAS RUBIÁCEAS

A família Rubiaceae é uma das maiores famílias de angiospermas, com 650 gêneros, e aproximadamente 13.000 espécies a nível mundial (DELPRETE, 1999). No Brasil, esta família compreende cerca de 130 gêneros e 1.500 espécies distribuídas em formações vegetais diferentes, com uma grande ocorrência na Mata Atlântica (SOUZA; LORENZI, 2005).

O Brasil é um país que oferece grande diversidade de espécies rubiáceas nativas ou introduzidas, muitas apresentam alto valor econômico como cafeeiro, ipecacuanha (medicinal), gardênia (ornamental), entre outras. Por outro lado, muitas espécies apresentam aspectos negativos, como plantas infestantes (KISSMANN; GROTH, 1995).

Espécies infestantes da família rubiácea pertencentes aos gêneros *Borreria* (*Spermacoce*) e *Richardia*, apresentam grande importância na região Sudoeste do Paraná, especialmente em áreas cultivadas com a cultura da soja. As espécies *Borreria latifolia* (Aubl.) K. Schum. e *Richardia brasiliensis* Gomes são encontradas de forma generalizada na região.

A *Borreria latifolia* é planta nativa no Brasil, ocorrendo com maior intensidade nas regiões Sudeste, Centro-oeste, Sul e também Norte (KISSMANN; GROTH, 1995). É uma espécie herbácea, anual, vegetando em áreas ocupadas por lavouras anuais e/ou perenes (MOREIRA; BRAGANÇA, 2010). A propagação dessa espécie se dá via semente e possui nítida preferência por solos pobres e ácidos e tolerando um certo grau de sombreamento competindo assim com a cultura durante todo o ciclo (LORENZI, 2008).

*Richardia brasiliensis* é uma espécie herbácea, anual e que se desenvolve em todo o país de forma espontânea (MOREIRA; BRAGANÇA, 2010). Possui grande vigor vegetativo cobrindo completamente o solo a semelhança de um tapete, sendo considerada umas das principais infestantes das culturas de soja e milho das regiões Sul e Centro-Oeste apresentando maior interferência no início dos ciclos de culturas de verão (LORENZI, 2008).

### 5.2. MECANISMOS DE TOLERÂNCIA EM PLANTAS DANINHAS

Existem diversos mecanismos que podem conferir tolerância das plantas daninhas aos herbicidas, podendo influenciar negativamente o mecanismo de ação destes compostos, destacando-se a menor absorção e/ou translocação do herbicida, maior metabolização do herbicida a substâncias menos fitotóxicas, compartimentalização das moléculas intactas dos herbicidas, falta de afinidade do herbicida pelo sítio de ação específico, além de superprodução da enzima-alvo (SILVA et al., 2007).

O herbicida glyphosate é aplicado em pós-emergência e, para alcançar sua eficiência, é necessário que ocorra a retenção da molécula na superfície foliar, penetração foliar, translocação na planta até o sítio de ação e a inibição da enzima-alvo 5 – enolpiruvil chiquimato – 3 - fosfato sintase (EPSPs) (EC 2.5.1.19) (KIRKWOOD; MCKAY, 1994).

#### 5.2.1 BARREIRAS PARA ABSORÇÃO DE HERBICIDAS

Para garantir a eficiência de um determinado herbicida no controle de plantas daninhas é de suma importância que ocorra a penetração do mesmo nos tecidos vegetais (PROCÓPIO et al., 2003). Herbicidas aplicados em pós-emergência, como o glyphosate, penetram nas plantas através de estruturas aéreas, como folhas, caule, frutos e flores (SILVA et al., 2007), sendo a absorção foliar o passo mais importante para que ocorra interação do herbicida com os processos metabólicos da planta (PROCÓPIO et al., 2003).

Possíveis alterações na absorção de herbicidas podem estar relacionadas com as características morfo-anatômicas das espécies daninhas, englobando a parte aérea e o sistema radicular, dependendo da via preferencial de absorção. A espessura da cutícula das folhas e a sua composição química, podem dificultar a penetração na planta de certos herbicidas, enquanto facilita a penetração de outros dependendo do  $K_{ow}$  (coeficiente de partição octanol/água) e da característica de ionização do herbicida (SILVA et al., 2007).

O conhecimento nas características de polaridade (polar ou apolar) dos herbicidas é de suma importância para ter conhecimento da rota de absorção dos mesmos. Herbicidas apolares são absorvidos pela rota lipofílica, entretanto, os polares, pela rota hidrofílica. A presença de água, além de favorecer a rota hidrofílica, atua também na rota lipofílica, pois quando a parede celular composta por pectina e celulose é

hidratada, ocorre o afastamento das placas de ceras, permitindo, assim, maior permeabilidade e, conseqüentemente, maior absorção do herbicida (SILVA et al., 2000).

A membrana cuticular é composta por uma camada de ceras epicuticulares, ceras embebidas, cutinas, pectinas e celulose. As ceras epicuticulares podem atuar como principal barreira à penetração de produtos químicos (LIAKOPOULOS; STAVRIANOKOU; KARABOURNIOTIS, 2001). Estas contêm longas cadeias de alcanos em pequenas porcentagens e outras substâncias como alcoois, aldeídos, ácidos graxos e cetonas (HESS; CHESTER, 2000). A composição química das ceras epicuticulares é variável entre os distintos grupos filogenéticos, podendo apresentar diferenças na composição dentro dos mesmos grupos, espécies, ou entre os estádios de desenvolvimento de um mesmo indivíduo e também por condições ambientais (MONQUERO et al., 2005).

As ceras epicuticulares são importantes na absorção dos herbicidas e, devido a isso, vários trabalhos relatam que a quantidade e composição destes compostos podem ser as principais barreiras de absorção e subsequente translocação de herbicidas aplicados na folhagem de plantas daninhas (HATTERMAN-VALENTI et al., 2006).

Em estudo anatômico realizado com as espécies *Galinsoga parviflora*, *Crepis incana*, *Conyza bonariensis* e *Ipomoea cairica*, Procópio et al. (2003) observaram que *C. incana* continha grande deposição de cera epicuticular, sendo este o principal obstáculo à penetração de herbicidas, já *I. cairica* a grande espessura da cutícula e baixa densidade estomática na face adaxial, além do alto teor de cera epicuticular foram os prováveis obstáculos constatados à penetração de herbicidas.

Estudo realizado para avaliar a absorção e translocação de glyphosate em *Ipomoea lacunosa*, *Echinochloa crus-galli* e *Sida spinosa*, Norsworthy et al. (2001) verificaram que apenas 6% do herbicida aplicado nas folhas de *Ipomoea lacunosa* foi absorvido 48 horas após o tratamento (HAT), enquanto que *Echinochloa crus-galli* e *Sida spinosa* absorveram 33 e 22% respectivamente, sugerindo que a tolerância ao glyphosate seja devido à absorção limitada desse herbicida.

A umidade do solo é um fator que pode influenciar, direta ou indiretamente a eficiência do herbicida, pela alteração do estado hídrico da planta. Condições de estresse hídrico prolongado podem levar ao aumento de espessura e densidade da cutícula e da pubescência, reduzindo a penetração, translocação e a metabolização do herbicida (VIDAL, 2002). Waldecker e Wyse (1985) demonstraram que a maior barreira para a absorção do glifosato em plantas de *Asclepias syriaca* é a superfície da folha, principalmente se submetidas a estresse hídrico.

## 6 MATERIAL E MÉTODOS

### 6.1 COLETA DE SEMENTES DE ESPÉCIES RUBIÁCEAS, CLASSIFICAÇÃO AO NÍVEL DE ESPÉCIE E PREPARAÇÃO PARA A SEMEADURA

Sementes das espécies *Borreria latifolia* e *Richardia brasiliensis* foram coletadas em populações de lavouras de soja em municípios do Sudoeste do Paraná e Norte de Santa Catarina, beneficiadas, acondicionadas individualmente e identificadas. Para a classificação ao nível de espécie foram confeccionadas exsiccatas de exemplares, que foram analisadas e identificadas pela professora Giovana Faneco Pereira da UTFPR, Câmpus Pato Branco.

### 6.2 RESPOSTA DE ESPÉCIES/BÍOTIPOS DE ERVA QUENTE E POAIA-BRANCA AO GLYPHOSATE

Dois estudos foram desenvolvidos em casa de vegetação, nas dependências da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Pato Branco, entre os meses de janeiro e abril de 2014. As espécies empregadas nos presentes estudos foram *B. latifolia* (1º estudo) e *R. brasiliensis* (2º estudo). Os biótipos empregados no estudo para cada espécie e seus respectivos locais de coleta estão listados na Tabela 1. Os biótipos considerados tolerantes foram coletados em lavouras de soja, com histórico de utilização do herbicida glyphosate e que apresentavam alta infestação dos mesmos. Os biótipos considerados suscetíveis foram adquiridos junto à empresa Cosmos Agrícola Ltda., de São Paulo/SP.

**Tabela 1** – Identificação dos biótipos de *B. latifolia* e *R. brasiliensis* empregados nos experimentos com seus respectivos locais de coleta. UTFPR, Pato Branco - PR, 2015.

Espécie	Identificação do Biótipo	Local da Coleta
<i>Borreria latifolia</i>	277	Renascença/PR
	300	Mariópolis/PR
	São Paulo – Cosmos Agrícola*	São Paulo – Cosmos Agrícola
<i>Richardia brasiliensis</i>	283	Pato Branco/PR
	Papanduva	Papanduva/SC
	São Paulo – Cosmos*	São Paulo – Cosmos Agrícola

\* Biótipo considerado como suscetível ao herbicida glyphosate.

Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições e seis tratamentos. Para as duas espécies, o experimento foi arranjado em esquema fatorial 3 X 6 em que o primeiro fator foi representado pelos biótipos utilizados (Tabela 1) e o segundo fator pelas doses do herbicida glyphosate (0, 74, 163, 360, 792 e 1742 g e.a. ha<sup>-1</sup>) adequadas através de experimento preliminar.

As sementes de *B. latifolia* foram submetidas à superação de dormência com aquecimento a 60°C por 30 min e posterior imersão em nitrato de potássio 2% por 3 h. Já as sementes de *R. brasiliensis* não necessitam de superação de dormência. As sementes então foram postas para germinar em caixas gerbox com dupla camada de papel de germinação umedecido com água destilada. Aproximadamente 15 dias após a germinação foram transplantadas duas plântulas de *B. latifolia* e *R. brasiliensis* para os experimentos 1 e 2, respectivamente, em vasos de polietileno com capacidade de 5 dm<sup>3</sup> de solo do tipo Latossolo Vermelho distroférico previamente peneirado, coletado na área experimental da UTFPR, livre de propágulos de espécies Rubiaceae. Após 20 dias realizou-se o desbaste, deixando apenas uma planta por vaso.

Quando as plantas estavam com seis a oito folhas totalmente expandidas aplicou-se o glyphosate. Os tratamentos foram aplicados com pulverizador costal pressurizado por CO<sub>2</sub> a 43 lbf/pol<sup>2</sup> acoplado a esse uma barra de 1 m de largura, com pontas do tipo leque 110.02, distanciados entre si de 0,50m, em barra com 1,5 m de largura, totalizando volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup>.

As condições meteorológicas no início e final das aplicações foram as seguintes: temperatura do ar (T°C): 24 e 21,8; umidade relativa do ar (UR%): 84 e 88,6.

Aos 14 e 28 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos foram realizadas avaliações de controle visual baseadas na escala proposta por Frans *et al.* (1986), Tabela 2, onde 0% representa efeito nulo de sintomas de herbicidas sobre as plantas e 100% representa morte das plantas.

Após a última avaliação (28 DAA) realizou-se a coleta da parte aérea das plantas, com posterior secagem das mesmas em estufa com circulação de ar forçada a 60°C, até atingir massa constante para quantificação da massa seca da parte aérea (MPAS).

Os dados de controle visual foram transformados para 100 – % de controle. Os dados obtidos foram submetidos à análise da variância dos resultados pelo teste F a

5% de probabilidade de erro com o auxílio do programa Winstat (MACHADO e CONCEIÇÃO, 2005). A relação entre níveis de fator quantitativo e variáveis resposta foi ajustada por regressão não linear, com o auxílio do programa Sigmaplot 10.0. Por meio do modelo ajustado foram calculados os valores de  $C_{50}$  (dose necessária para atingir 50% de controle) e  $GR_{50}$  (Dose necessária para reduzir em 50% a MPAS) para cada espécie.

**Tabela 2** – Sistema de 0 a 100 para avaliação do controle das plantas daninhas por herbicidas (Adaptado de FRANS et al., 1986). UTFPR Campus Pato Branco, 2015.

%	Descrição das categorias	Descrição detalhada dos níveis de controle
0	Sem efeito	Sem controle
10	Efeito leve	Controle muito pobre
20	Efeito leve	Controle pobre
30	Efeito leve	Controle de pobre a deficiente
40	Efeito moderado	Controle deficiente
50	Efeito moderado	Controle deficiente a moderado
60	Efeito moderado	Controle moderado
70	Efeito severo	Controle algo inferior a satisfatório
80	Efeito severo	Controle de satisfatório a bom
90	Efeito severo	Controle muito bom a excelente
100	Efeito total	Destruição total da planta

A partir dos valores de  $C_{50}$  e  $GR_{50}$  estimados pelo programa obtiveram-se os fatores de tolerância (FT) para cada biótipo. Calculou-se o FT por meio do quociente do  $C_{50}$  ou do  $GR_{50}$  de cada biótipo pelo  $C_{50}$  ou  $GR_{50}$  do biótipo considerado como suscetível ao herbicida. Esse fator representa um índice comparativo do biótipo de maior tolerância, em relação ao biótipo de menor tolerância (HALL et al., 1998; DIAS et al., 2003). Pelas equações ajustadas foram calculadas também o  $C_{50}$  ou  $GR_{50}$  e o  $C_{80}$  ou  $GR_{80}$ , com o auxílio da planilha eletrônica Excel<sup>®</sup>. Realizou-se também a análise da correlação de Pearson entre os dados de reduções de controle e da MPAS com o auxílio do programa Genes (CRUZ, 2006).

### 6.3 QUANTIFICAÇÃO DE CERAS EPICUTICULARES EM FUNÇÃO DE ESPÉCIES/BÍOTIPOS DE RUBIÁCEAS E DA VARIAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO

Dois experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições e dois tratamentos, em vasos plásticos com volume de 4400 cm<sup>3</sup>, alocados em casa de vegetação, nas dependências da UTFPR,

Campus Pato Branco (26°07'S e 52°41'W). Para todos os biótipos utilizados as sementes foram colhidas a partir de um conjunto de plantas do mesmo ponto de coleta (bulk).

O experimento consistiu da utilização de biótipos das espécies *B. latifolia* e *R. brasiliensis* que apresentaram respostas contrastantes ao herbicida glyphosate no experimento de curva dose-resposta.

Foram utilizadas três plantas por vaso de cada espécie/biótipo selecionado. Utilizaram-se seis biótipos, três de *B. latifolia* e três de *R. brasiliensis*, que foram submetidos a dois regimes hídricos distintos, o primeiro próximo a capacidade de campo do solo (CC) e o segundo, próximo ao ponto de murcha permanente (PMP). Determinou-se o PMP e CC em mesa de tensão, conforme Klein (1998), no Laboratório de Física do Solo da UTFPR, Câmpus Pato Branco, sob a condição desestruturada de solo. Foram coletadas amostras de solo indeformadas, em anéis volumétricos de 60mm de altura e 60mm de diâmetro, diretamente dos vasos utilizados nos experimentos, obtendo-se a curva de retenção de água específica, bem como as respectivas umidades para cada regime hídrico (CC a 47% e PMP a 26% de umidade). Foi mantida a umidade correspondente a 80% da CC para alta disponibilidade hídrica e cerca de 30% da CC para o PMP.

As plantas foram cultivadas em casa de vegetação até alcançarem o estágio fenológico de 4 folhas totalmente expandidas, a partir do qual foram submetidas à condição hídrica específica, onde a manutenção da condição hídrica contrastante nos vasos foi efetuada através da sua pesagem diária, com reposição do volume de água necessário para alcançar a condição ideal.

Após alcançar o estágio de 6 folhas verdadeiras (ao final de doze dias no interior da casa de vegetação), sob condição hídrica específica, procedeu-se à extração das ceras epicuticulares de duas folhas do terço médio de cada planta em duas plantas por repetição. Foi mensurada a área foliar, conforme metodologia utilizada por Monquero et al (2005), com algumas adaptações, com o integrador de área foliar LICOR 3100 e em seguida, as folhas foram lavadas em água destilada para retirar possíveis impurezas, mergulhadas em uma solução extratora de clorofórmio+metanol (90+10 mL) em copos de becker de vidro, sendo agitados cuidadosamente por 30 segundos para evitar ruptura das folhas e extravasamento de clorofila e outros compostos. Após, a solução foi colocada em capela de exaustão até completa evaporação dos solventes. Em seguida, o resíduo (cera) foi quantificado através de pesagem. Calculou-se o quociente entre a quantidade de cera

e a área foliar de cada amostra expressando-a em  $\mu\text{g cm}^2$ . A cera foi ressuspensa e transferida para frascos do tipo “vials” de 1,5 mL para futura análise da composição.

Os dados foram submetidos à análise da variância pelo teste F a 5% de probabilidade de erro experimental, com auxílio do programa estatístico WINSTAT (MACHADO; CONCEIÇÃO, 2005). As médias de variáveis qualitativas foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Os gráficos foram confeccionados com o auxílio do programa computacional Sigmaplot 10.0.



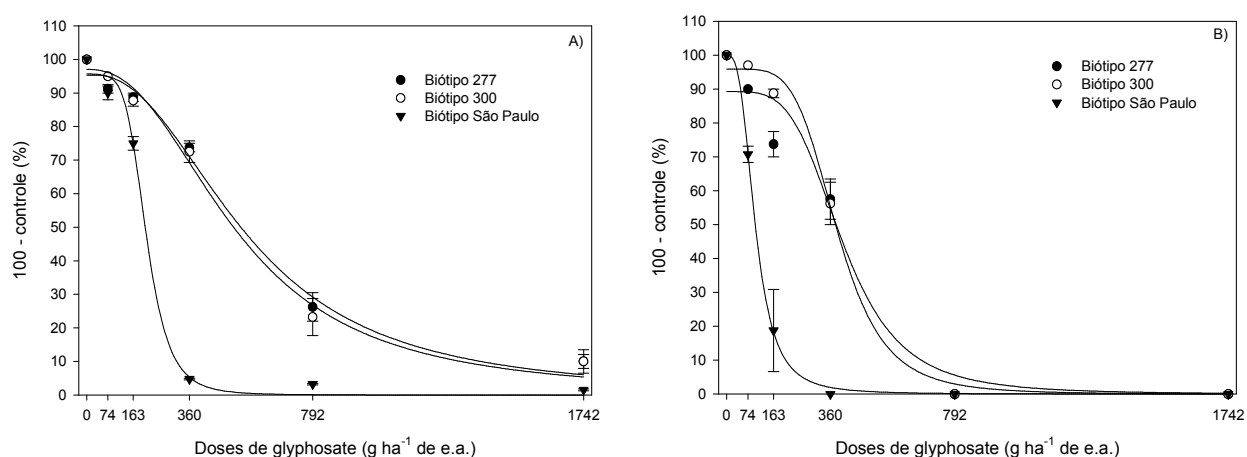
## 7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 7.1 CONTROLE DE ERVA QUENTE

Todas as variáveis analisadas para a espécie *B. latifolia* apresentaram significância para biótipo x doses ao nível de 5% de probabilidade. Aos 14 DAA (Figura 1 A) houve grande variabilidade de resposta dos biótipos às doses de glyphosate empregadas. Os níveis de controle dos biótipos 277 e 300 para a dose 792 g e.a. ha<sup>-1</sup> (dose superior à usada na prática de 720 g ha<sup>-1</sup> de e.a.) foram os mais baixos, atingindo 76 e 73%, respectivamente. As menores doses empregadas 74 e 163 g ha<sup>-1</sup> de e.a. apresentaram baixos níveis de controle para todos os biótipos testados proporcionando controle máximo de 25%.

A dose de 360 g ha<sup>-1</sup> de e.a. de glyphosate foi fortemente discriminadora, pois provocou diferenças de controle muito grandes entre os biótipos. Para esta dose o biótipo São Paulo (suscetível), apresentou aproximadamente 100% de controle, enquanto que os níveis de controle dos biótipos 277 e 300 foram 28 e 26%, respectivamente. A mesma dose (360 g ha<sup>-1</sup> de e.a. de glyphosate) apresentou resposta diferencial de controle entre todas as testadas, ou seja, para o biótipo suscetível houve aproximadamente 100% de controle e já para os biótipos 277 e 300 apresentaram controle de 43 e 44 % de controle, respectivamente. Os biótipos 277 e 300 destacaram-se por apresentarem maior tolerância ao glyphosate (Figura 1 B).

Com os resultados supracitados anteriormente, evidencia-se que os biótipos de *B. latifolia* coletados em diferentes locais do Paraná e Norte de Santa Catarina apresentam variabilidade de tolerância ao herbicida glyphosate.



**Figura 1** - Controle (100 – controle) de biótipos de *Borreria latifolia* (Aubl.) K.Schum. aos 14 DAA (A) e 28 DAA (B) em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco – PR, 2015. Barras verticais representam o erro padrão da média de cada tratamento.

A correlação entre os métodos distintos de cálculo do  $C_{50}$  aos 14 DAA foi alta (0,99) (Tabela 3). Em relação aos valores de  $C_{50}$  ajustados pelo SigmaPlot, aos 14 DAA (Tabela 3), os maiores valores foram alcançados pelos biótipos 277 e 300 totalizando 560,87 e 527,80  $\text{g ha}^{-1}$  de e.a., respectivamente, enquanto no biótipo suscetível foi de apenas 208,79  $\text{g ha}^{-1}$  de e.a..

Os maiores valores de  $C_{50}$  estimados pelo Programa Excel foram para os mesmos biótipos supracitados anteriormente, totalizando 540 e 518  $\text{g ha}^{-1}$  de e.a., respectivamente (Tabela 3). O biótipo São Paulo apresentou os menores valores de  $C_{50}$  e  $C_{80}$ , inferiores a 204 e 269  $\text{g ha}^{-1}$  de e.a., respectivamente.

**Tabela 3** – Parâmetros das equações ajustadas,  $C_{50}$  e  $C_{80}$  para o controle dos biótipos de *Borreria latifolia* (Aubl.) K.Schum. aos 14 DAA em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2015.

Biótipos	Parâmetros <sup>1</sup>				$C_{50}$ **	$C_{80}$ **
	A	B	$X0(C_{50})^*$	$R^2$		
277	95,69	2,38	560,87	0,99	540	981
300	97,82	2,48	527,80	0,99	518	912
São Paulo <sup>2</sup>	95,32	5,20	208,79	0,99	<204	<269

<sup>1</sup>Equação logística de três parâmetros. <sup>2</sup>Biótipo considerado suscetível. A= Assíntota máxima, B= declividade da curva,  $C_{50}$ = Dose que proporciona 50% de controle,  $C_{80}$ = Dose que proporciona 80% de

controle. \*Valores ajustados pelo programa Sigmaplot. \*\*Índices estimados por meio da planilha eletrônica Excel®.

A correlação entre os métodos distintos de cálculo do  $C_{50}$  aos 28 DAA foi alta (0,99) (Tabela 4). Em relação aos valores de  $C_{50}$  ajustados pelo SigmaPlot, aos 28 DAA (Tabela 4), verificou-se que os biótipos 277 e 300 apresentam os maiores valores de  $C_{50}$  aos 28 DAA totalizando 403,73 e 384,80 g ha<sup>-1</sup> de e.a., respectivamente, já o biótipo suscetível apresentou  $C_{50}$  apenas 99,41g ha<sup>-1</sup> de e.a., muito inferior aos outros dois biótipos.

Os maiores valores de  $C_{50}$  estimados pelo Programa Excel foram para os mesmos biótipos (277 e 300) totalizando 380 e 378g ha<sup>-1</sup> de e.a., respectivamente. O biótipo São Paulo necessitou aproximadamente de 100 g ha<sup>-1</sup> de e.a. para atingir 80% de controle.

**Tabela 4** – Parâmetros das equações ajustadas,  $C_{50}$ ,  $C_{80}$  e Fator de tolerância (FT) para o controle dos biótipos de *Borreria latifolia* (Aubl.) K.Schum. aos 28 DAA em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2015.

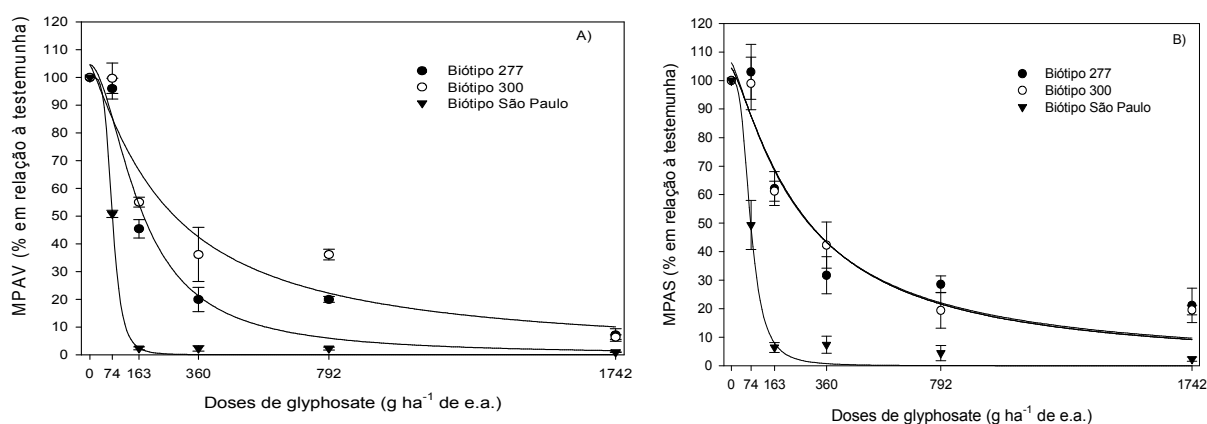
Biótipos	Parâmetros <sup>1</sup>				$C_{50}$ **	$C_{80}$ **	FT
	A	B	X0( $C_{50}$ )**	R <sup>2</sup>			
277	89,27	4,02	403,73	0,96	380	549	4,1
300	95,93	4,76	384,80	0,99	378	509	3,9
São Paulo <sup>2</sup>	99,92	3,03	99,41	0,99	99	157	1

<sup>1</sup>Equação logística de três parâmetros. <sup>2</sup>Biótipo considerado suscetível. A= Assíntota máxima, B= declividade da curva,  $C_{50}$ = Dose que proporciona 50% de controle,  $C_{80}$ = Dose que proporciona 80% de controle. \*Valores ajustados pelo programa Sigmaplot. \*\*Índices estimados por meio da planilha eletrônica Excel®.

Os fatores de tolerância (FT) variaram entre 1,0 (biótipos São Paulo e 4,1 (biótipo 277) calculados com base no  $C_{50}$  (Tab.3). Para os biótipos 277 e 300 o fator de tolerância situa-se próximos a 4,0, expressando que esses biótipos necessitaram de quatro vezes a dose do biótipo suscetível (São Paulo) para atingir 50% de controle das plantas. O biótipo São Paulo, apresentou FT próximo a 1.

Os resultados observados para massa da parte aérea verde (MPAV) e seca (MPAS) reforçam os dados apresentados para o controle visual, evidenciando elevada variabilidade de resposta ao glyphosate entre os biótipos de *B. Latifolia* testados. Os biótipos 277 e 300 tiveram pouca redução na MPAS, totalizando 79 e 81%,

respectivamente com o emprego da maior dose de glyphosate. No entanto, verifica-se que o biótipo São Paulo apresentou aproximadamente 90% de redução da MPAS com apenas 163 g ha<sup>-1</sup> de e.a., ficando evidente a suscetibilidade ao herbicida glyphosate (Figura 2 B).



**Figura 2** – Redução da massa da parte aérea verde (A) e massa da parte aérea seca (B) de biótipos de *Borreria latifolia* (Aubl.) K.Schum. aos 28 DAA em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco – PR, 2015. Barras verticais representam o erro padrão da média de cada tratamento

A correlação entre os métodos distintos de cálculo do GR<sub>50</sub> foi alta (0,99) (Tabela 5). Em relação aos valores de GR<sub>50</sub> ajustados pelo SigmaPlot, verifica-se que os biótipos 277 e 300 necessitaram maiores doses para obter 50% de redução da massa seca, totalizando 264,52 e 256,78 g ha<sup>-1</sup> de e.a., respectivamente. No entanto, o biótipo São Paulo apresentou GR<sub>50</sub> inferior a 100 g ha<sup>-1</sup> de e.a..

Os valores de GR<sub>50</sub> estimados pelo Programa Excel variaram entre 73 e 294 g e.a. ha<sup>-1</sup> e os de GR<sub>80</sub> entre 115 e 876 g ha<sup>-1</sup> de e.a. (Tabela 5). O biótipo São Paulo apresentou o menor GR<sub>50</sub> e GR<sub>80</sub>, confirmando sua suscetibilidade. Os biótipos 277 e 300 necessitaram as maiores doses para reduzir em 80% MPAS (GR<sub>80</sub>), ou seja, acima 800 g ha<sup>-1</sup> de e.a., sendo, no entanto, dose superior a usualmente utilizada em lavouras comerciais.

**Tabela 5** – Parâmetros das equações ajustadas, GR<sub>50</sub>, GR<sub>80</sub> e Fator de tolerância (FT) para MSPA dos biótipos de *Borreria latifolia* (Aubl.) K.Schum. aos 28 DAA em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2015.

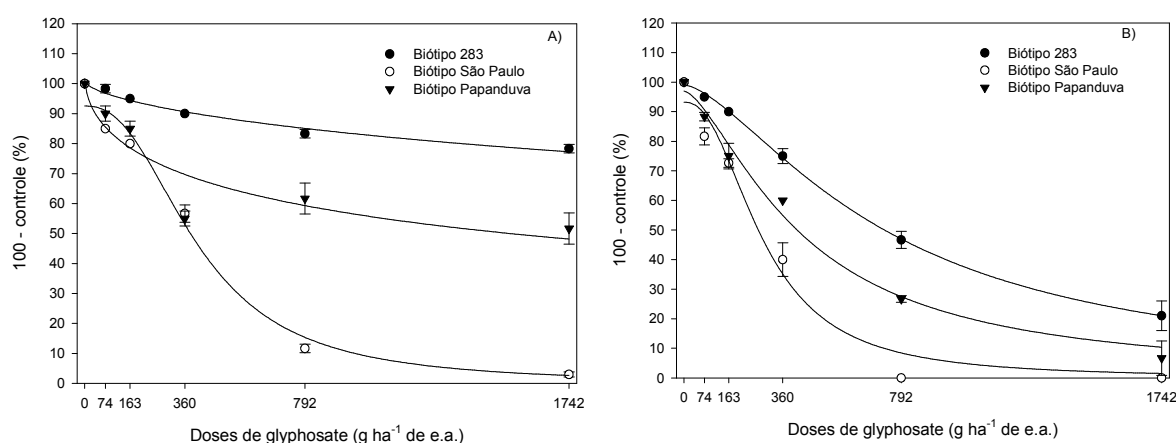
Biótipos	Parâmetros <sup>1</sup>				GR <sub>50</sub> **	GR <sub>80</sub> **	FT
	A	B	X0(GR <sub>50</sub> )*	R <sup>2</sup>			
277	106,28	1,22	264,52	0,91	291	876	3,7
300	109,78	1,30	256,78	0,94	294	815	3,6
São Paulo <sup>2</sup>	102,04	3,03	72,21	0,99	73	115	1

<sup>1</sup>Equação logística de três parâmetros. <sup>2</sup>Biótipo considerado suscetível. A= Assíntota máxima, B= declividade da curva, GR<sub>50</sub>= Dose que proporciona 50% de redução da MSPA, GR<sub>80</sub>= Dose que proporciona 80% de redução da MSPA. \*Valores ajustados pelo programa Sigmaplot. \*\*Índices estimados por meio da planilha eletrônica Excel®.

A correlação entre os FT's calculados por meio do controle visual aos 28 DAA e MPAS foi de 0,88. Os FT's calculados por meio da MPAS foram ligeiramente inferiores aos calculados pela variável controle, mas os FT's obtidos por ambas as variáveis permitiram a identificação dos biótipos mais tolerantes. Nenhum biótipo apresentou FT menor que 1, ou seja, o biótipo tido como suscetível, foi o melhor controlado pelo herbicida glyphosate, dentre os estudados.

## 7.2 CONTROLE DE POAIA BRANCA

Todas as variáveis analisadas para a espécie *R. brasiliensis* apresentaram significância para biótipo x doses ao nível de 5% de probabilidade. Analisando a variável controle (Figura 3), observou-se aos 14 DAA (Figura 3 A) que houve respostas contrastantes entre os biótipos avaliados, para a dose 792 g ha<sup>-1</sup> de e.a.. Os biótipos Papanduva e 283 não apresentaram controle satisfatório, totalizando 38 e 17%, respectivamente, enquanto o biótipo São Paulo (considerado suscetível) apresentou 89% de controle. Quando foi aplicada a dose 1742 g ha<sup>-1</sup> de e.a., o biótipo suscetível apresentou 100% de controle e Papanduva e 283 apresentaram apenas 48 e 22% de controle, respectivamente. O São Paulo apresentou controle de 44% com a dose de 360 g ha<sup>-1</sup> de e.a., sendo que para a mesma dose, o biótipo 283 apresentou apenas 10% de controle.



**Figura 3** – Controle (100 – controle) de biótipos de *Richardia brasiliensis* Gomes aos 14 DAA (A) e 28 DAA (B) em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco – PR, 2015. Barras verticais representam o erro padrão da média de cada tratamento.

Aos 28 DAA, houve incremento significativo nos níveis de controle e redução das diferenças entre biótipos (Figura 3 B), os biótipos Papanduva e 283 apresentaram menor controle na dose 792 g ha<sup>-1</sup> de e.a. totalizando 73 e 53%, respectivamente. A maior dose (1742 g ha<sup>-1</sup> de e.a.) resultou em 100% de controle para o biótipo suscetível, porém, não houve morte total das plantas para os biótipos Papanduva e 283 totalizando 93 e 79% de controle, respectivamente.

A correlação entre as duas formas de cálculos do C<sub>50</sub> aos 14 e 28 DAA foi elevada (0,99) e significativa (Tabelas 6 e 7). Em relação aos valores de C<sub>50</sub> ajustados pelo SigmaPlot aos 14 DAA (Tabela 6), observou-se que os biótipos Papanduva e 283 necessitaram de dose acima de 1000 g ha<sup>-1</sup> de e.a. para obter controle de 50% das plantas. Entretanto, o biótipo suscetível atingiu o mesmo controle supracitado com apenas 380 g ha<sup>-1</sup> de e.a..

Os maiores valores de C<sub>50</sub> aos 14 DAA (Figura 3) estimados pelo Programa Excel foram para os biótipos Papanduva e 283 totalizando 1531 e 1440 g ha<sup>-1</sup> de e.a., enquanto o biótipo suscetível necessitou apenas 380 g ha<sup>-1</sup> de e.a. para atingir 50% de controle das plantas. Em relação ao C<sub>80</sub> os mesmos biótipos destacaram-se, apresentando um valor de C<sub>80</sub> superior a maior dose testada no presente estudo, sendo

incluídos no grupo dos mais tolerantes ( $C_{80}$  acima de 1000). O biótipo suscetível apresentou  $C_{80}$  de 692 g ha<sup>-1</sup> de e.a..

**Tabela 6** - Parâmetros das equações ajustadas,  $C_{50}$  e  $C_{80}$  para o controle dos biótipos de *Richardia brasiliensis* Gomes aos 14 DAA em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2015.

Biótipos	Parâmetros <sup>1</sup>				$C_{50}$ **	$C_{80}$ **
	A	B	X0( $C_{50}$ )*	R <sup>2</sup>		
283	100,82	0,63	1403,93	0,97	1440	>1742
São Paulo	92,51	2,42	406,48	0,98	380	692
Papanduva	101,67	0,56	1443,28	0,86	1531	>1742

<sup>1</sup>Equação logística de três parâmetros. <sup>2</sup>Biótipo considerado suscetível. A= Assíntota máxima, B= declividade da curva,  $C_{50}$ = Dose que proporciona 50% de controle,  $C_{80}$ = Dose que proporciona 80% de controle. \*Valores ajustados pelo programa Sigmaplot. \*\*Índices estimados por meio da planilha eletrônica Excel®.

Com os resultados apresentados para as espécies *B. latifolia* e *R. brasiliensis* verificou-se grande variabilidade de resposta ao glyphosate entre os biótipos de ambas as espécies. O biótipo de *B. latifolia* 277 foi o mais tolerante entre os testados, apresentando  $C_{50}$  de 404 g ha<sup>-1</sup> de e.a.,  $C_{80}$  de 549 g ha<sup>-1</sup> de e.a., e FT de 4,1 (Tabela 4). Para *R. brasiliensis* o biótipo 283 foi o mais tolerante entre os testados, apresentando  $C_{50}$  de 735,56 g ha<sup>-1</sup> de e.a.,  $C_{80}$  de 1816 g ha<sup>-1</sup> de e.a. e FT de 2,55 (Tabela 7).

Em relação aos valores de  $C_{50}$  ajustados pelo SigmaPlot, aos 28 DAA (Tabela 7), observou-se que os biótipos 283 e Papanduva apresentaram os maiores valores de  $C_{50}$  totalizando 735,56 e 429,80 g ha<sup>-1</sup> de e.a., respectivamente. Entretanto, o biótipo suscetível apresentou  $C_{50}$  de 288,88 g ha<sup>-1</sup> de e.a..

O maior valor de  $C_{50}$  estimado pelo Programa Excel foi para o biótipo 283 apresentando  $C_{50}$  de 724 g ha<sup>-1</sup> de e.a. para provocar 50% de controle. Doses acima de 400 g ha<sup>-1</sup> de e.a. foram necessárias para que o biótipo Papanduva fosse controlado em 50%. O biótipo suscetível apresentou  $C_{50}$  de 345 g ha<sup>-1</sup> de e.a.. O biótipo 283 apresentou um  $C_{80}$  superior a maior dose utilizada no experimento (1742 g ha<sup>-1</sup> de e.a.) enquanto

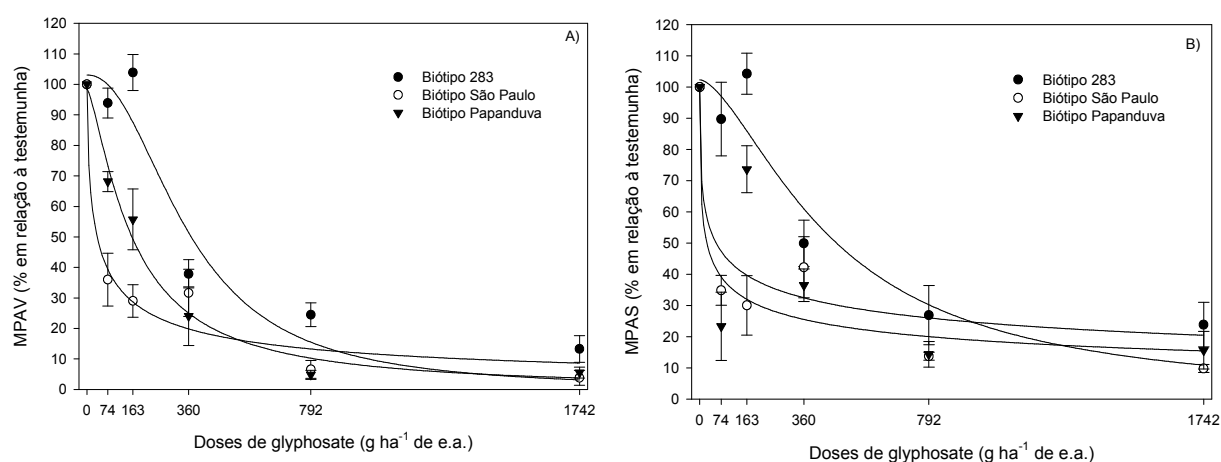
que o biótipo São Paulo (suscetível), necessitou de apenas 533 g ha<sup>-1</sup> de e.a., para provocar o mesmo efeito (Tabela 7).

**Tabela 7** – Parâmetros das equações ajustadas, C<sub>50</sub>, C<sub>80</sub> e Fator de tolerância (FT) para o controle dos biótipos de *Richardia brasiliensis* Gomes aos 28 DAA em resposta a doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2015.

Biótipos	Parâmetros <sup>1</sup>				C <sub>50</sub> **	C <sub>80</sub> **	FT
	A	B	X0(C <sub>50</sub> )*	R <sup>2</sup>			
283	98,86	1,57	735,56	0,99	724	>1742	2,55
São Paulo	93,21	2,29	288,88	0,98	345	533	1
Papanduva	96,94	1,52	429,80	0,98	412	1043	1,49

<sup>1</sup>Equação logística de três parâmetros. <sup>2</sup>Biótipo considerado suscetível. A= Assíntota máxima, B= declividade da curva, C<sub>50</sub>= Dose que proporciona 50% de controle, C<sub>80</sub>= Dose que proporciona 80% de controle. \*Valores ajustados pelo programa Sigmaplot. \*\*Índices estimados por meio da planilha eletrônica Excel®.

Houve redução expressiva da MPAS com o incremento das doses de glyphosate (Figura 4), corroborando com os dados apresentados para o controle visual, demonstrando elevada variabilidade de resposta ao glyphosate entre os biótipos de *R. brasiliensis* avaliados. O biótipo 283 apresentou menor redução de 73% na MPAS com o emprego da dose 792 g ha<sup>-1</sup> de e.a., enquanto o biótipo São Paulo (suscetível) apresentou 87% de redução, na mesma dose. Quando foi empregado a maior dose (1742 g ha<sup>-1</sup> de e.a.) o biótipo 283 apresentou redução de 76% na MPAS com 76%, e no o biótipo suscetível a redução foi de 90%.



**Figura 4** – Redução da massa da parte aérea verde (A) e massa da parte aérea seca (B) de biótipos de *Richardia brasiliensis* Gomes aos 28 DAA em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco PR, 2015. Barras verticais representam o erro padrão da média de cada tratamento.



A correlação entre as duas formas de cálculos do GR<sub>50</sub> foi elevada (0,99) e significativa (Tabela 8). Os valores estimados pelo SigmaPlot de GR<sub>50</sub> variaram entre 24,73 (biótipo São Paulo) à 459,77 g ha<sup>-1</sup> de e.a. (biótipo 283) (Tabela 8). Os valores estimados pelo Excel para GR<sub>50</sub> 24,5 (biótipo São Paulo) à 473 g ha<sup>-1</sup> de e.a. (biótipo 283) e os de GR<sub>80</sub> variaram entre 794 e >1742 g ha<sup>-1</sup> de e.a. (Tabela 8). O biótipo Papanduva apresentou um GR<sub>80</sub> superior a maior dose utilizada, ou seja, essa dose ( 1742 g ha<sup>-1</sup> de e.a.) não foi capaz reduzir 80% da MSPA do biótipo. Para efeito de comparação, o biótipo São Paulo, considerado suscetível apresentou GR<sub>80</sub> de apenas 794 g ha<sup>-1</sup> de e.a..

**Tabela 8** – Parâmetros das equações ajustadas, GR<sub>50</sub>, GR<sub>80</sub> e Fator de tolerância (FT) para MPAS dos biótipos de *Richardia brasiliensis* Gomes aos 28 DAA em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2015.

Biótipos	Parâmetros <sup>1</sup>				GR <sub>50</sub> **	GR <sub>80</sub> **	FT
	A	B	X0(GR <sub>50</sub> )*	R <sup>2</sup>			
283	102,31	1,59	459,77	0,89	473	1116	18,59
São Paulo	99,84	0,39	24,73	0,93	24,5	794	1,00
Papanduva	99,39	0,39	58,44	0,70	56	>1742	2,36

<sup>1</sup>Equação logística de três parâmetros. <sup>2</sup>Biótipo considerado suscetível. A= Assíntota máxima, B= declividade da curva, GR<sub>50</sub>= Dose que proporciona 50% de redução da MSPA, GR<sub>80</sub>= Dose que proporciona 80% de redução da MSPA. \*Valores ajustados pelo programa Sigmaplot. \*\*Índices estimados por meio da planilha eletrônica Excel<sup>®</sup>.

Essa grande variabilidade dentro de biótipos de uma mesma espécie pode ser atribuída aos processos de seleção que as populações de plantas daninhas são submetidas. O glyphosate é o herbicida mais utilizado mundialmente, em função do baixo preço pago pelos produtores e elevada eficiência. Embora o glyphosate seja um dos principais herbicidas empregados nas lavouras de soja no Paraná e Santa Catarina desde a década de 80, foi a ampla e rápida adoção de culturas geneticamente modificadas (CGM) com resistência a esta molécula, que seu uso se intensificou. Atualmente, o mais alto risco na adoção de CGM no Brasil e América do Sul deve-se à seleção de plantas daninhas com resistência e/ou tolerância a herbicidas (CERDEIRA et al., 2010).

As plantas daninhas são organismos biológicos evoluindo em resposta às mudanças ambientais (distúrbio e estresse) que resulta na alteração dos metabólitos e

resistência e/ou tolerância de plantas daninhas a herbicidas. A utilização repetitiva de uma mesma molécula ou de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação e espectro de controle de plantas daninhas por diversos anos, além de aumentar o risco de seleção de plantas resistentes, também provoca a mudança da flora infestante, devido à seleção de espécies com maior tolerância ao produto (MONQUERO; CHRISTOFFOLETI, 2003).

A dinâmica do banco de sementes das plantas daninhas *Galinsoga parviflora*, *Richardia brasiliensis*, *Commelina benghalensis*, *Ipomoea grandifolia* e *Amaranthus hybridus* foi estudada por Monquero (2003), em áreas com aplicações repetitivas do herbicida glyphosate. Os resultados indicaram redução do número de sementes ao longo do tempo. Entretanto, sua aplicação repetitiva pode modificar a composição específica de plantas daninhas da área, levando à predominância de espécies tolerantes ao glyphosate, como *C. benghalensis*, *I. grandifolia* e *R. brasiliensis*.

Na literatura o controle de *B. latifolia* é variável, dependendo principalmente da dose de glyphosate empregada e do estágio de desenvolvimento das plantas. Doses acima de 720 g ha<sup>-1</sup> de i.a. são necessárias para obter controle próximo a 90%, evidenciando que essa espécie apresenta sensibilidade intermediária às doses de glyphosate (LACERDA; VICTORIA FILHO, 2004). No estudo conduzido por Zarpellon et al. (2012), o controle de *B. latifolia* foi de apenas 66% com dose de 2880 g i.a. ha<sup>-1</sup> aos 21 DAA, com a ocorrência de rebrote a partir desta avaliação. A aplicação de 960 g ha<sup>-1</sup> de i.a. de glyphosate em plântulas de *B. latifolia* em estágio de 1-3 e 4-6 folhas resultaram em níveis de controle de 100 e 81,3%, respectivamente, demonstrando a importância do período de desenvolvimento para se atingir bons níveis de controle (RAMIRES et al., 2011).

A maior tolerância apresentada pelo biótipo 283 de *R. brasiliensis* testada no presente trabalho foi semelhante à demonstrada pelo biótipo do estudo de Monquero et al. (2005) ao observarem que, mesmo as maiores doses de glyphosate (2160 g ha<sup>-1</sup> de e.a.) não controlaram de maneira eficiente esta planta daninha em fase adulta, sendo que o controle permaneceu menor que 80% aos 28 DAA. O uso isolado deste herbicida na dose 770 g ha<sup>-1</sup> de i.a, para o controle de *R. brasiliensis* apresentou baixa eficiência, tendo atingido apenas 14% de controle (SHARMA; SINGH, 2001). Resultados semelhantes foram observados por Cechin et al. (2012), que relataram controle de 17% aos 21 DAA, com 2880 g ha<sup>-1</sup> de e.a. de glyphosate.

No entanto, no trabalho de Monquero *et al.* (2001), quando glyphosate foi aplicado isoladamente na dose de 420 g ha<sup>-1</sup> de e.a., o controle de *R. brasiliensis* foi de 60% aos 7 DAA e 90% aos 14 DAA, indicando a suscetibilidade desta espécie, quando o herbicida é aplicado em condições de pós-emergência inicial da planta daninha. Controle de 99,5% dessa planta aos 28 DAA com 720 g i.a ha<sup>-1</sup> de glyphosate, superior aos demais herbicidas alternativos testados, foi constatado por Vitorino *et al.* (2012). Ao pesquisarem *Richardia scabra*, Reddy e Singh (1992) obtiveram nível de controle maior que 94% com 500 e 1000 g ha<sup>-1</sup> de i.a. de glyphosate.

Existem muitos fatores que podem contribuir para a existência de respostas distintas de plantas daninhas a herbicidas, além da variabilidade genética inerente aos biótipos. Entre eles, estão as condições de radiação, temperatura, disponibilidade hídrica, umidade relativa do ar, antes e após a aplicação do herbicida, já que são determinantes para os mecanismos de absorção e translocação (MONQUERO *et al.*, 2004) e metabolização dos herbicidas pelas plantas (SANDBERG *et al.*, 1980), interferindo na eficiência dos mesmos.

### 7.3 QUANTIFICAÇÃO DE CERAS

No experimento em que foi realizada a quantificação das ceras epicuticulares das espécies de *B. latifolia* e *R. brasiliensis*, houve significância ( $p < 0,05$ ) entre os regimes hídricos e entre os biótipos para as duas espécies (Figura 5). As quantidades de cera variaram de 62,9 a 188,7  $\mu\text{g cm}^2$ , considerando-se os regimes hídricos e espécies/biótipos.

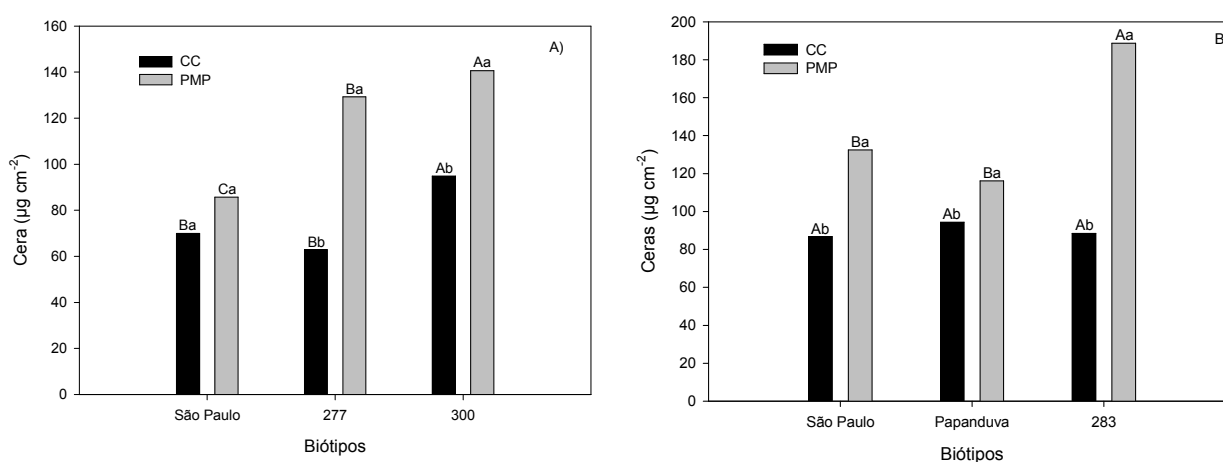
Segundo McWhorter e Ouzts (1993) a maioria das espécies apresenta quantidades de ceras epicuticulares variando entre 10 a 200  $\mu\text{g cm}^2$ , apesar de relatos de valores superiores à 300  $\mu\text{g cm}^2$ . Monquero *et al.* (2004) avaliaram quantitativamente as ceras epicutulares de biótipos de *I. grandifolia*, *A. hybridus* e *C. benghalensis*, encontrando valores de 37, 31,7 e 34,5  $\mu\text{g cm}^2$ , respectivamente.

Quanto aos diferentes regimes hídricos, quando em umidade próxima ao ponto de murcha permanente (PMP), todos os biótipos apresentaram quantidades

superiores de ceras epicuticulares quando comparados aos submetidos ao regime hídrico de capacidade de campo (CC).

Na comparação de um mesmo biótipo sob os dois regimes, destaca-se o biótipo 283 de *R. brasiliensis* com uma variação de  $100 \mu\text{g cm}^{-2}$ , sendo o que apresentou o maior valor de FT dentre os comparados no experimento (Figura 5). A menor variação na quantidade de ceras foi observada no biótipo São Paulo de *B. latifolia*, considerado suscetível. Scalcon (2013) em experimento semelhante com *I. grandifolia*, encontrou variações de 47,9 até  $89,5 \mu\text{g cm}^{-2}$  no teor de ceras epicutulares, e também detectou menor variação encontrada no biótipo suscetível e a maior atribuída ao tolerante.

Portanto, diferenças podem ser evidenciadas na deposição de ceras epicuticulares quando comparados biótipos respondendo diferentemente ao glyphosate e submetidos a diferentes regimes hídricos (Figura 5).



**Figura 5** - Produção de cera epicuticular por área foliar em biótipos de *R. brasiliensis* (A) e *B. latifolia* (B), com distintas respostas ao herbicida glyphosate (susceptível, moderadamente tolerante e tolerante) desenvolvidas em dois regimes hídricos contrastantes (CC = 80% da umidade da Capacidade de Campo e PMP = umidade próxima ao Ponto de Murcha Permanente). UTFPR Campus Pato Branco, 2015. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p= 0,05$ ), minúsculas comparam tratamentos para cada biótipo e maiúsculas comparam tratamento entre biótipos.

A resposta encontrada para o biótipo 283, considerado tolerante pelo experimento de curva dose resposta, pode estar relacionada à menor absorção do glyphosate, caracterizando um potencial mecanismo responsável pela tolerância ao herbicida. Contudo, é importante evidenciar que as diferenças entre biótipos são encontradas somente sob a condição hídrica de PMP, enquanto que sob CC, as diferenças nos teores de cera obtidos foram pequenas. Assim, pode-se alegar que o fator

que induziu a deposição ou não de ceras epicuticulares foi a condição hídrica a que as plantas foram submetidas, visto que nos biótipos sob CC foram quantificados menores valores de ceras. Além disso, é importante salientar que não foram efetuadas análises da natureza química das substâncias componentes das ceras. A análise qualitativa das ceras epicuticulares pode fornecer informações importantes, pois a absorção do herbicida glyphosate poderia ser reduzida em populações que apresentassem maiores quantidades de componentes lipofílicos. Para Ahrens (1994) substâncias polares são mais facilmente absorvidas por plantas que apresentam cera epicuticular com composição química mais polar. Segundo Heredia et al. (1998), a composição química das ceras se reflete no grau de cristalinidade, e à possibilidade de constituir, na membrana, uma película que atua como interfase entre a célula vegetal e o meio, sendo uma barreira protetora à radiação solar e à entrada de produtos químicos e contaminantes.

Segundo Bianchi e Bianchi (1990), a camada cuticular pode variar em espessura e composição conforme condições ambientais à que são submetidas, como, por exemplo, vento, temperatura, radiação e condição hídrica do solo. Para Heredia et al. (1998), cutículas espessas não diminuem a perda de água quando comparadas às cutículas mais finas, porém, asseguram proteção à folha. Para Oliveira e Bacarin (2011), o obstáculo de maior significância para a absorção foliar de herbicidas hidrofílicos, como é o caso do glyphosate, são as ceras epicuticulares. Geralmente, a maior deposição dessas ceras está relacionada ao déficit hídrico.

Segundo Procópio et al (2003), a forma como os herbicidas penetram nas folhas ainda não é completamente clara, porém, admite-se que dependendo de sua solubilidade e polaridade, duas rotas de absorção distintas existam, uma pela qual herbicidas lipofílicos se solubilizam nos componentes lipofílicos da cutícula e se difundem através da mesma, outra através da água responsável de hidratação da cutícula, que apresenta estrutura porosa e mantém-se hidratada, dependendo das condições ambientais. Desta maneira, sob condições de PMP, a cutícula encontraria-se menos hidratada, dificultando a absorção do herbicida.

Segundo Monquero (2003), a absorção do herbicida glyphosate ocorre em duas fases, a primeira, uma absorção rápida através da cutícula e a segunda, com transporte lento via simplasto através dos tecidos vasculares. Para Kirkwood e McKay (1994), a eficiência do herbicida glyphosate depende de processos como a retenção do herbicida na superfície foliar, penetração foliar e translocação até a enzima alvo.

O controle obtido para o biótipo considerado suscetível pode ser explicado pelo baixo teor de ceras encontrado. Segundo Wanamarta e Penner (1989) a translocação é um processo essencial para a eficácia do herbicida. Dessa maneira, os maiores teores de cera também podem explicar a necessidade de maiores doses para o controle.

A quantidade de cera epicuticular presente nas folhas pode interferir de maneira decisiva na absorção do herbicida aplicado na folhagem (HESS e FALK, 1990 apud PROCÓPIO et al., 2003). Em superfícies foliares que possuem baixo teor de cera epicuticular (ex: *Beta Vulgaris*), as gotas da calda herbicida pulverizada cobrem grandes áreas, produzindo vários depósitos nas depressões acima das paredes anticlinais, mas quando o mesmo herbicida é aplicado de forma similar sobre uma folha com altos níveis de cera epicuticular (ex: *Cynodon dactylon*), os depósitos formados são menores, ocasionando menor porcentagem da superfície foliar coberta com o herbicida e, assim, reduzindo o número de células onde a absorção poderia ocorrer (HESS e FALK, 1990 apud PROCÓPIO et al., 2003).

Machado et al (2000) constatou que plantas de *Cyperus rotundus* L. quando submetidas a capacidades de saturação do solo de 30 e 45%, manifestaram estresse hídrico, dificultando a absorção e translocação do herbicida halosulfuron, causando uma menor fitointoxicação.

Com base na literatura e nos resultados encontrados nos experimentos de curva dose resposta e quantificação de ceras, pode-se relacionar a tolerância de biótipos/espécies com a produção de ceras, sendo que, quanto maiores os teores de cera quantificados, maior a dose necessária para controle. Como a deposição de ceras foi maior na condição de baixa disponibilidade hídrica, deve-se atentar às condições ambientais no momento da aplicação, para favorecer a absorção do herbicida e consequentemente o controle efetivo das espécies daninhas.

## 8 CONCLUSÕES

Houve variabilidade de resposta ao herbicida glyphosate entre os biótipos das espécies *B. latifolia* e *R. brasiliensis* coletados em diferentes locais do sudoeste do Paraná e Norte de Santa Catarina.

Os biótipos de *B. latifolia* 277 e 300 e os biótipos de *R. brasiliensis* 283 e Papanduva não foram controlados com doses de glyphosate acima da usualmente utilizada nas lavouras, evidenciando seleção pelo uso repetitivo do herbicida glyphosate.

Os biótipos de *R. brasiliensis* apresentaram maior tolerância ao glyphosate comparativamente aos biótipos de *B. latifolia*.

A produção de ceras epicuticulares foi incrementada pelo déficit hídrico, sendo que os biótipos 283 (*R. brasiliensis*) e 277 e 300 (*B. latifolia*), com maior tolerância ao glyphosate, também foram os que incrementaram maior deposição de ceras epicuticulares, quando submetidos a umidade próximo ao ponto de murcha permanente, em comparação a capacidade de campo.

## 9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A tolerância das plantas daninhas a herbicidas pode estar relacionada a determinados fatores, sendo um deles a composição da camada cuticular das folhas da planta. As ceras epicuticulares constituem uma barreira significativa à penetração de herbicidas foliares.

No presente trabalho pode-se concluir que a condição hídrica do solo interfere diretamente na deposição de ceras epicuticulares dos biótipos de *B. latifolia* e *R. brasiliensis*, sendo que os considerados tolerantes pelo experimento de curva dose resposta tiveram aumento significativo de ceras quando em condições de estresse hídrico, podendo ser este um fator a incrementar a tolerância ao glyphosate.

Contudo, outros trabalhos são necessários para elucidar o mecanismo de tolerância ao herbicida glyphosate por espécies rubiáceas, são eles: (a) Análise química das ceras epicuticulares; (b) Análise de microscopia eletrônica de varredura para identificação da micromorfologia das folhas e das ceras epicuticulares de *B. latifolia* e *R. brasiliensis* em condições hídricas distintas; (c) Estudo de absorção, translocação e metabolização de glyphosate nos biótipos estudados para confirmação do mecanismo responsável pela tolerância destas espécies ao glyphosate; (d) Avaliação da diversidade genética dos biótipos.

Neste trabalho foram encontrados resultados que corroboram outros encontrados na literatura, indicando que a condição hídrica do solo no momento da pulverização deve ser considerada, visto que plantas estressadas por déficit hídrico têm seu controle reduzido.



## REFERÊNCIAS

AHRENS, W. H. **Herbicide handbook**. 7.ed. Champaign: Weed Science Society of America, 1994. p. 149-152.

BIANCHI, A; BIANCHI, G. Surface lipid composition of C3 and C4 plants. **Biochemical Systematics and Ecology**. v. 18, n. 7-8, p. 533-537, 1990.

BIANCHI, M. A.; VARGAS, L; RIZZARDI, M. A.; Manejo e controle de plantas daninhas resistentes ao glifosato no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 26., Ouro Preto, 2006. **Palestras...** Sete Lagoas: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, p. 223-231, 2008.

CECHIN, J; PICCININI, F; CASAGRANDE, F. S.; GUARESCHI, A; CORADINI, C; REIMCHE, G; MACHADO, S. L. O. Dessecação tardia de *Richardia brasiliensis* na pré semeadura da soja com glifosato e misturas. **Anais... XVI SIMPÓSIO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO- UNIFRA**: Santa Maria. Disponível em: <<http://www.unifra.br/eventos/sepe2012/Trabalhos/5533.pdf>>, Acesso em 10 de abril de 2015.

CERDEIRA, A. L.; GAZZIERO, D. L. P.; DUKE, S. O.; MATALLO, M. B. Agricultural impacts of glyphosate-resistant soybean cultivation in South America **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 59, p. 5799-5807, 2010.

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

CHRISTOFFOLETI, P. J.; GALLI, A. J. B.; CARVALHO, S. J. P.; MOREIRA, M. S.; NICOLAI, M.; FOLONI, L. L.; MARTINS, B. A. B.; RIBEIRO, D. N.; Glyphosate sustainability in South America cropping systems. **Pest Management Science**, v. 64, p. 422-427, 2008.

CRUZ, C.D. **Programa Genes**: Biometria. Editora UFV. Viçosa (MG). 2006. 382p.

DELPRETE, P. G.; The status of monographic and floristic studies of Neotropical Rubiaceae, with emphasis on the Flora of The Guianas. **Flora of the Guianas Newsletter**, v. 12, p. 11-13, 1999.

DIAS, N. M. P.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; TORNISIELO, V. L.; 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, 2003.

DUKE, S. O.; RIMANDO, A. M.; PACE, P. F.; REDDY, K. N.; SMEDA, R. J. **Isoflavone, glyphosate, and aminomethylphosphonic acid levels in seeds of glyphosatedreated,**

**glyphosate-resistant soybean.** Journal of Agriculture and Food Chemistry, v. 51, p. 340-344, 2003.

FERREIRA, C. R. R. P. T.; CAMARGO, M. L. B.; VEGRO, C. L. R. **Defensivos Agrícolas: vendas batem novo recorde em 2012 e segue em ritmo forte em 2013.** Disponível em:< <http://www.iea.sp.gov.br/out/LerTexto.php?codTexto=12700>>. Acesso em 19 de setembro, 2015.

FERREIRA, E. A. F.; CONCENÇO, G.; VARGAS, L.; SILVA, A. A. **Manejo de plantas daninhas tolerantes ou resistentes ao glyphosate no Brasil.** Capítulo 15, p. 357-400. In: VELINI, E. D.; MESCHÉDE, D. K.; CARBONARI, C. A.; TRINDADE, M. L. B. Glyphosate. Editora Fepaf, 493 p., 2009.

FRANS, R.; TALBERT, R.; MARX, D.; CROWLEY, H. Experimental design and techniques for measuring and analyzing plant responses to weed control practices. In: CAMPER, N.D. (Ed.). **Research methods in weed science.** 3.ed. Champaign: Southern Weed Science Society, p 37-38. 1986.

GALON, L; FERREIRA E. A.; ASPIAZÚ I; CONCENÇO G; SILVA, A. F.; SILVA A. A.; VARGAS, L; Glyphosate translocation in herbicide tolerant plants. **Planta Daninha**, v. 31, n. 1, p. 193-201, 2012.

HALL, L. M.; STROME, K. M.; HORSMAN, G. P.. Resistance to acetolactate synthase inhibitors and quinclorac in a biotype of false clover (*Gallium spurium*). **Weed Science**, v.46, n.1, p.390-396, 1998.

HATTERMAN-VALENTI, H. M.; PITY A; OWEN, M. D. K.; Effect of environment on giant foxtail (*Setaria faberi*) leaf wax and fluazifop-P absorption. **Weed Science**, v. 54(4) p. 607-614, 2006.

HEREDIA, A. **La cutícula vegetal: estructura y funciones.** Ecología. v. 12. p. 293-305, 1998.

HEREDIA, A.; DOMINGUÉZ, E.; SERRANO, J. M.; LAGUNA, L.; REINA, J. J.; CASADO, C. G.. **La cutícula vegetal: estructura y funciones.** Ecología 12:293-305, 1998.

HESS, F. D.; CHESTER, L. F;. Interaction of surfactants with plant cuticles. **Weed Technology**, v.14, p.807-813, 2000.

HOFFMANN, D. **Morfologia foliar e controle de plantas daninhas em função do sombreamento.** Passo Fundo, 2007. 14,15p. Tese (Mestrado em Agronomia)-Universidade de Passo Fundo. Disponível:<<http://www.upf.br/ppgagro/download/danielahoffmann.pdf>> Acesso em 27 de outubro de 2015.

KIRKWOOD, R. C.; MCKAY, I; Accumulation and elimination of herbicides in select crop and weed species. Pestic. Sci., v. 42, p. 241-249, 1994.

KISSMANN, K. G.; GROTH, D; **Plantas infestantes e nocivas**. Tomo II. São Paulo: Basf Brasileira S.A., 683 p., 1995.

KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas Infestantes e Nocivas**. 2. ed. São Paulo: Basf Brasileira, 1992. v. 3, 726 p.

KOMOBA, D; GENNITY I; SANDERMANN, H; Plant metabolism of herbicides with C-P bonds glyphosate. **Pesticide, Biochemistry and Physiology**, v. 43, p. 85-94, 1992.

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

LIAKOPOULOS, G; STAVRIANOKOU, S; KARABOURNIOTIS, G; Analysis of epicuticular phenolics of *Prunus persica* and *Olea europea* leaves, evidence for the chemical origin of the u.v. induced blue fluorescence of stomata. **Annals of botany**, v. 87, p.641-648, 2001.

LORENZI, H; **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. 4ª ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 640 p., 2008.

MACHADO, A. A.; CONCEIÇÃO, A. R. **WinStat: sistema de análise estatística para Windows. Versão Beta**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2005. (Software).

MACHADO, R. A.; COSTA, A. G. F.; ALVES, P. L. C. A.; KAWAGUCHI, I. T. Efeito do estresse hídrico sobre a eficiência do halosulfuron no controle de tiririca. **Planta daninha**. vol.18, n.2, pp. 265-275. Viçosa, 2000.

MCWHORTER, C. G.; OUZTS, C. Leaf surface morphology of *Erythroxylum* sp. and droplet spread. **Weed Sci.**, v. 42, p. 18-26, 1993.

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

MONQUERO, P. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; SANTOS, C. T. D. Glyphosate em mistura com herbicidas alternativos para o manejo de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v.19, n.3, p.375-380, 2001.

MONQUERO, P. A.; CURY, J. C.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; Controle pelo glyphosate e caracterização geral da superfície foliar de *Commelina benghalensis*, *Ipomoea hederifolia*, *Richardia brasiliensis* e *Galinsoga parviflora*. **Planta Daninha**, v. 23, n. 1, p. 123-132, 2005.

MONQUERO, Patrícia A.; CHRISTOFFOLETI, Pedro J.. Dinâmica do banco de sementes em áreas com aplicação frequente do herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, v. 21, n.1, p. 63-69, 2003.

MONQUERO, Patrícia A.. **Dinâmica populacional e mecanismos de tolerância de espécies de plantas daninhas ao herbicida glyphosate**. 2003. 99f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

MOREIRA, H. J. C.; BRAGANÇA, H. B. N.; **Manual de identificação de plantas infestantes: cultivos de verão**. Campinas: FMC. 642 p., 2010.

NOGUEIRA, R. J. M. C. **Expressões fisiológicas da aceroleira (*Malpighiaemarginata* D.C.) em condições adversas**. São Carlos, 1997. 207p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de São Carlos-SP.

NOHATTO, M. A; **Resposta de *Euphorbia heterophylla* proveniente de lavouras de soja Roundup Ready® do Rio Grande do Sul ao herbicida glyphosate**. 2010. 75 f. Dissertação (Mestrado em Plantas Daninhas) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2010.

NORSWORTHY, J. K.; BURGOS, N. R.; OLIVER, L. R.; Differences in weed tolerance to glyphosate involve different mechanisms. **Weed Technology**, v. 15, p. 725–731, 2001.

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

OLIVEIRA, R. S., JR.; BACARIN, M. A.. Absorção e translocação de herbicidas. In: OLIVEIRA Jr, Rubem S.; CONSTANTINI, Jamil; INOUE, Mirian H. (Eds). **Biologia e manejo de plantas daninhas**. 226 pag, Ominipax. Curitiba, 2011.

PELAEZ, V. Monitoramento do mercado de agrotóxicos. **ANVISA e UTFPR**. 2010. Disponível em: <[http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/07ee7e0041d81501a0d9f5255d42da10/estudo\\_monitoramento.pdf?MOD=AJPERES](http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/07ee7e0041d81501a0d9f5255d42da10/estudo_monitoramento.pdf?MOD=AJPERES) >. Acesso em 20 Abril 2015.

PEREIRA, J. L.; PIKANÇO, M. C.; SILVA, A. A.; SANTOS E. A.; TOMÉ H. V. V.; OLARTE, J. B.; Effects of glyphosate and endosulfan on soil microorganisms in soybean crop. **Planta Daninha**, v. 26, n. 4, p. 825-830, 2008.

PROCÓPIO, S. O; SILVA, E. A. M.; SILVA, A. A.; FERREIRA, E. A.; **Anatomia foliar das plantas daninhas do Brasil**. V.1. Viçosa: UFV., 117 p., 2003.

PROCOPIO, S.O.; FERREIRA, E. A.; SILVA, E. A. M.; SILVA A. A.; RUFINO, R. J. N.; SANTOS, J. B.. Estudos anatomicos de folhas de especies de plantas daninhas de grande ocorrencia no Brasil. III –*Galinsoga parviflora*, *Crotalaria incana*, *Conyza bonariensis* e *Ipomoea cairica*. **Planta Daninha**, Vicosa-MG, v.21, n.1, p.1-9, 2003.

RAMIRES, A. C.; CONSTANTIN J.; OLIVEIRA Jr, R. S; GUERRA, N.; ALONSO, D. G.; RAIMONDI, M. A.. **Glyphosate associado a outros herbicidas no controle de**

***Commelina benghalensis* e *Spermacoce latifolia***. Semina, v. 32, n. 3, p. 883-896, 2011.

REDDY, K. N.; SINGH, M. Organosilicone adjuvants increased the efficacy of glyphosate for control of weeds in citrus (*Citrus* spp.). **Hort Science**, v.27, n.9, p.1003-1005. 1992.

RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. **Guia de Herbicidas**. 3ª ed. Londrina, 675 p., 1995.

ROSSETO, R. R.; PITELLI, R. L. C. M.; PITELLI, Robinson A. **Estimativa da área foliar de plantas daninhas: Poaia-branca. Planta Daninha**, v. 15, n. 1, p. 25-29, 1997.

RUEPPEL, M. L.; BRIGHTWELL B. B.; SCHAEFER J; MARVEL J. T.; Metabolism and degradation of glyphosate in soil and water. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 25, p. 517-528, 1977.

SANDBERG, C. L.; MEGGITT W. F.; PENNER, D.; Absorption, translocation and metabolism of <sup>14</sup>C-glyphosate in several weed species. **Weed Research.**, v. 20, p. 195-200, 1980.

SATICHIVI, N. et al. Absorption and translocation of glyphosate isopropylamine and trimethylsulfonium salts in *Abutilon theophrasti* and *Setaria faberi*. **Weed Science.**, v. 48, p. 675-679, 2000.

SCALCON, E. L. **Análise de ceras epicuticulares e resposta ao glyphosate em biótipos de *Ipomoea* spp sob duas condições hídricas**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco 2013.

SHARMA, S. D.; SINGH, M. Surfactants increase toxicity of glyphosate and 2,4-D to Brazil pusley. **HortScience** v. 36, n. 4, p. 726–728, 2001.

SILVA, A. A. et al. **Controle de plantas daninhas**. Brasília: ABEAS, 260p., 2000.

SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R.; Herbicidas: Classificação e mecanismos de ação. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Ed. UFV, Viçosa, MG., p. 83-148, 2007.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H; **Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II**. Instituto Plantarum, Nova Odessa, 2005.

THEISEN, G; RUEDELL, J; **Tecnologia de Aplicação de Herbicidas**. Teoria e Prática. Cruz Alta, 90 p., 2004.

UOTILA, M. G.; GULLNER, G.; KOMIVES, T.; Induction of glutathione S-transferase activity and glutathione level in plants exposed to glyphosate. **Physiologia Plantarum**, v. 93, p. 689-694, 1995.

VIDAL, R. A. **Ação dos herbicidas**. 1ª ed. Porto Alegre. Evangraf. 89p., 2002.

VITORINO, H.S.; MARTINS D.; COSTA, S. I. A.; MARQUES, R. P.; SOUZA, G. S. F. de; CAMPOS, C. F. de. Eficiência de herbicidas no controle de plantas daninhas latifoliadas em mamona. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.79, n.1, p.127-131, jan./mar., 2012.

WALDECKER, M. A.; WYSE, D. L. **Soil moisture effects on glyphosate absorption and translocation in common milkweed (*Asclepias syriaca*)**. *Weed Science*, Champaign, v.33, p.299-305, 1985.

WANAMARTA, G. D.; PENNER, D. Foliar absorption of herbicides. **Weed science**, v. 40, p. 171-173, 1989.

WESTWOOD, J. H. et al. Absorption and translocation of glyphosate in tolerant and susceptible biotypes of field bindweed (*Convolvulus arvensis*). **Weed Science**. v. 45, p. 658- 663, 1997.

WYRILL, J. B.; BURNSIDE, O. C.; Absorption, translocation and metabolism of, 4-D and glyphosate in common milkweed and hemp dogbane. **Weed Science**. v. 24, p. 557–566, 1976.

ZARPELLON, A. L. et al. Diferentes momentos de aplicação do herbicida glifosato no manejo de plantas daninhas. **Anais...** XXVIII CBCPD, Campo Grande, MS. Disponível em: <[http://www.congressosbcpd.com.br/sistema-inscricoes/documentos\\_cientificos/pdf/453\\_XXVIIIIBCPCD.pdf](http://www.congressosbcpd.com.br/sistema-inscricoes/documentos_cientificos/pdf/453_XXVIIIIBCPCD.pdf)>. 2012.