

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

DAIANA PAZUCH

**TOLERÂNCIA AO GLYPHOSATE E SUA ABSORÇÃO E
TRANSLOCAÇÃO POR BIÓTIPOS DE *Ipomoea* spp.**

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO

2013

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

DAIANA PAZUCH

**TOLERÂNCIA AO GLYPHOSATE E SUA ABSORÇÃO E
TRANSLOCAÇÃO POR BIÓTIPOS DE *Ipomoea* spp.**

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO

2013

DAIANA PAZUCH

**TOLERÂNCIA AO GLYPHOSATE E SUA ABSORÇÃO E
TRANSLOCAÇÃO POR BIÓTIPOS DE *Ipomoea* spp.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração: Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Michelangelo Muzell
Trezzi

Co orientador: Prof. Dr. Ribas Antonio
Vidal

PATO BRANCO

2013

P348t

Pazuch, Daiana

Tolerância ao glyphosate e sua absorção e translocação por biótipos de *Ipomoea* spp. / Daiana Pazuch.
Pato Branco. UTFPR, 2012
111 f. : il. ; 30 cm

Orientador: Prof. Dr. Michelangelo Muzell Trezzi
Co-orientador: Prof. Dr. Ribas Antonio Vidal
Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Pato Branco, 2012.
Bibliografia: f. 96 – 106

**1. Superação de dormência. 2. *Ipomoea grandifolia*. 3. *I. indivisa*, 4. *I. purpurea*.
5. Absorção. 6. Translocação. I. Trezzi, Michelangelo Muzell, orient. II. Vidal,
Ribas Antonio, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.**

CDD (22. ed.) 630



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Pato Branco
Gerência de Ensino e Pesquisa
Programa de Pós-Graduação em Agronomia



TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Dissertação nº 085

TOLERÂNCIA AO GLYPHOSATE E SUA ABSORÇÃO E TRANSLOCAÇÃO POR BIÓTIPOS DE *Ipomoea* spp.

por

DAIANA PAZUCH

Dissertação apresentada às 8 horas e 30 minutos do dia 10 de julho de 2013 como requisito parcial para obtenção do título de MESTRE EM AGRONOMIA, Linha de Pesquisa – Sistemas de Produção Vegetal, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADA.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Nelson Diehl Kruse
UFSM

Prof. Dr. Giovani Benin
UTFPR

Prof. Dr. Ribas Antonio Vidal
UFRGS
Co orientador

Prof. Dr. Michelangelo Muzell Trezzi
UTFPR
Orientador

Visto da Coordenação:

Prof. Dr. Idalmir dos Santos

Dedico a vocês, presença marcante em todos os momentos.

Adelir & Dilcea

Adriano, Márcia & Laisa

Andre Pazuch

Alyn Tonello

AGRADECIMENTOS

A fé leva-nos a não ter medo das adversidades, mas sim confiança na graça de Deus que nos acompanha sempre.

A toda minha família, meus irmãos André e Adriano, especialmente aos meus pais Dilcea e Adelir, pelo amor, dedicação, apoio e esforço desmedido para minha formação.

Nem todos os anjos tem asas, às vezes eles tem apenas o dom de nos fazer sorrir, a ti Alyn com carinho agradeço por despertar os meus melhores sorrisos.

As minhas amigas Francielli Diesel, Elouize Xavier, Eli Marchesan, Amanda Passos, Ana Paula Ferrari, pela convivência, amizade, carinho e auxílios prestados, que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Ao orientador, professor Michelangelo Muzell Trezzi por tudo que me ensinou, contribuindo para o meu crescimento intelectual.

Ao professor e co orientador Ribas Antonio Vidal agradeço pelo incentivo e inspiração.

A Universidade de São Paulo e ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura, nas pessoas dos pesquisadores Valdemar L. Tornisielo e Ana Carolina R. Dias, pela orientação, colaboração e profissionalismo.

A pesquisadora Pricila Porto Alegre Ferreira, colaboração imprescindível na identificação das espécies.

Aos estudantes de graduação Marcos Vinícius Jaeger Barancelli, Sorhaila Camila Batistel, Renato Pasini, Fortunato Pagnoncelli, Everton Scalcon, Alvaro Portes, pela colaboração e dedicação na condução dos experimentos.

A Associação Brasileira de Ação a Resistência de Plantas aos Herbicidas-HRAC-BR e a Fundação Araucária, pela concessão de recursos que financiaram esta pesquisa.

A CAPES pela concessão de bolsa de estudos.

“...Depois de algum tempo começamos a compreender que não devemos nos comparar com os outros, mas sim, com o melhor que podemos ser. Descobre-se que levamos muito tempo para nos tornar a pessoa que desejamos ser, e que o tempo é curto. Aprendemos que não importa onde chegamos, mas sim, para onde estamos indo, para quem não sabe onde quer chegar, qualquer lugar serve. Portanto, plante seu jardim e decore sua alma, em vez de esperar eternamente que alguém lhe traga flores...”

William Shakespeare

RESUMO

PAZUCH, Daiana. Tolerância ao glyphosate e sua absorção e translocação por biótipos de *Ipomoea* spp. 111 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2013.

As espécies de *Ipomoea* estão entre as mais tolerantes ao glyphosate. A forte pressão de seleção exercida pelo uso intensivo desse herbicida em áreas cultivadas favorece o surgimento de espécies com alto grau de tolerância a esse produto. Conhecer as espécies mais comuns em áreas cultivadas, os métodos de superação de dormência adequados para cada espécie e os seus mecanismos de tolerância ao glyphosate é fundamental para o estabelecimento de estratégias de prevenção e manejo. O segundo capítulo da dissertação tratou da seleção de métodos eficazes de superação de dormência nas espécies *Ipomoea indivisa*, *I. grandifolia* e *I. purpurea* e na determinação de como os mesmos influenciam a cinética da germinação das sementes dessas espécies. Os tratamentos foram água quente, escarificação mecânica, escarificação mecânica + resfriamento, escarificação química e testemunha. Foram avaliados a porcentagem de germinação, tempo médio, índice de velocidade e frequência relativa de germinação. No terceiro capítulo foram identificadas as espécies de *Ipomoea* mais comuns em lavouras de soja da região Sudoeste do Paraná e Oeste de Santa Catarina, através de dois experimentos de resposta a doses de glyphosate. No experimento preliminar, foram definidas doses de glyphosate a serem empregadas no ensaio subsequente, empregando-se um biótipo de cada uma das espécies *I. grandifolia*, *I. indivisa* e *I. purpurea*. Nos experimentos subsequentes, em 31 biótipos (20 de *I. grandifolia*, 7 de *I. indivisa* e 4 de *I. purpurea*) foram aplicadas 0, 216, 432, 864, 1.296, 1.728 e 2.160 g ha⁻¹ de glyphosate (doses em e. a.) em plantas com 6 a 8 folhas verdadeiras. O desempenho do herbicida foi avaliado através do controle aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA), da massa da parte aérea verde (MPAV) e seca (MPAS) aos 28 DAA. O quarto capítulo visou identificar se a absorção foliar e a translocação são mecanismos determinantes da tolerância ao glyphosate em espécies e biótipos de *Ipomoea*. Foram avaliados um biótipo tolerante (T) e um sensível (S) das espécies *I. grandifolia*, *I. indivisa* e *I. purpurea*. Quando essas apresentavam entre 3 e 4 folhas expandidas foi aplicado 360 g ha⁻¹ de ¹⁴C-glyphosate+padrão analítico. Foram analisadas a absorção foliar e a translocação 2, 4, 8, 12, 24, 48 e 72 horas após a aplicação (HAA) do herbicida. A escarificação com ácido sulfúrico foi o método de superação de dormência mais indicado para *I. indivisa* e *I. purpurea*, e o tratamento com água quente foi o mais eficiente para *I. grandifolia*. As espécies de *Ipomoea* mais comuns no levantamento foram *I. indivisa*, *I. purpurea* e *I. grandifolia*. Ocorre grande variabilidade de tolerância ao glyphosate entre biótipos de uma mesma espécie e entre espécies. Alguns biótipos necessitam dose muito superior à recomendada para a espécie para serem controlados satisfatoriamente. A tolerância ao glyphosate em biótipos de *Ipomoea grandifolia* está associada à absorção e translocação reduzida nas plantas, e em biótipos de *I. indivisa* e *I. purpurea* à reduzida translocação de glyphosate.

Palavras-chave: Superação de dormência, *Ipomoea grandifolia*, *I. indivisa*, *I. purpurea*, absorção, translocação.

ABSTRACT

PAZUCH, Daiana. Tolerance to glyphosate and its absorption and translocation in biotypes of *Ipomoea* spp. 111 f. Dissertation (Master's in Agronomy) – Program of post graduation in Agronomy (Field of study: Vegetable Production), Federal Technologic University of Paraná (UTFPR). Pato Branco, 2013.

The *Ipomoea* species are among the most tolerant to glyphosate. The strong selection pressure exerted by the intensive use of this herbicide in cultivated areas favors the emergence of species with high tolerance. Knowing the most common species in cultivated areas, appropriate methods of dormancy overcoming for each species and their mechanisms of tolerance to glyphosate is crucial for the establishment of strategies for prevention and management. The second chapter of the dissertation dealt with the selection of effective methods of overcoming dormancy in *Ipomoea* species *I. indivisa*, *I. grandifolia* and *I. purpurea* and determining how they affect the germination kinetics of these species. Treatments were hot water, chiseling, chiseling + cooling, chemical scarification and a check. We evaluated germinability, mean time, speed index and relative frequency of germination. In the third chapter we identified the most common species of *Ipomoea* in soybean crop from southwestern Paraná and west of Santa Catarina, through two experiments of response to rates of glyphosate. In preliminary experiments were defined glyphosate rates to be used in a subsequent assay, using one biotype of the species *I. grandifolia*, *I. indivisa* and *I. purpurea*. In the subsequent experiments, in 31 biotypes (20 *I. grandifolia*, 7 *I. indivisa* and 4 *I. purpurea*) were sprayed 0, 216, 432, 864, 1,296, 1,728 and 2,160 g ha⁻¹ of glyphosate in plants with 6-8 true leaves. The performance of the herbicide was evaluated using the control at 7, 14 21 and 28 days after application (DAA), the mass of fresh (MPAV) and dry (SDW) shoots at 28 DAA. The fourth chapter aimed to identify whether foliar absorption and translocation mechanisms are determinants to tolerance of *Ipomoea* species and biotypes to glyphosate. Were compared one biotype tolerant (T) and one sensitive (S) of species *I. grandifolia*, *I. indivisa* and *I. purpurea*. When the plants had between 3 and 4 expanded leaves was applied 360 g ha⁻¹ of ¹⁴C-glyphosate + analytical standard. We analyzed the foliar uptake and translocation 2, 4, 8, 12, 24, 48 and 72 hours after application (HAA) of the herbicide. The most common species of *Ipomoea* in the survey were *I. indivisa*, *I. purpurea* and *I. grandifolia*. Scarification with sulfuric acid was the best method of overcoming dormancy for *I. indivisa* and *I. purpurea*, and the hot water treatment was most effective in *I. grandifolia*. There was great variability of tolerance to glyphosate between biotypes of the same species and between species. Some biotypes required much more than the recommended dose for the species to be controlled satisfactorily. The tolerance to glyphosate in *I. grandifolia* biotypes was associated with reduced absorption and translocation in plants, and in *I. Indivisa* biotypes and *I. purpurea* with reduced translocation of glyphosate.

Keywords: Overcoming dormancy, *Ipomoea grandifolia*, *I. indivisa*, *I. purpurea*. absorption, translocation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 2.1 - Influência dos tratamentos de superação de dormência sobre a germinação acumulada em *I. indivisa* (A), *I. grandifolia* (B) e *I. purpurea* (C), ao longo de 15 dias (n = 50). UTFPR, Pato Branco – PR, 2013.....29
- Figura 2.2 - Influência de diferentes tratamentos de superação de dormência no tempo médio de germinação de três espécies de *Ipomoea*. Médias seguidas de mesma letra maiúscula indicam ausência de diferença entre os tratamentos dentro de cada espécie e da mesma letra minúscula indicam ausência de diferença para cada tratamento entre as espécies, através do teste de Tukey a 5% de probabilidade (n = 50 e CV = 41,75). UTFPR, Pato Branco – PR, 2013.....32
- Figura 2.3 - Influência de diferentes tratamentos de superação de dormência no índice de velocidade de germinação de três espécies de *Ipomoea*. Médias seguidas de mesma letra maiúscula indicam ausência de diferença entre os tratamentos dentro de cada espécie e de mesma letra minúscula indicam ausência de diferença para cada tratamento entre as espécies, através do teste de Tukey a 5% de probabilidade (n = 50 e CV = 59,61). UTFPR, Pato Branco – PR, 2013.....33
- Figura 2.4 - Frequência relativa de germinação de *I. indivisa* (A), *I. grandifolia* (B) e *I. purpurea* (C) em função de diferentes tratamentos de superação de dormência, n = 50. UTFPR, Pato Branco – PR, 2013.....34
- Figura 3.1 - Umidade relativa do ar e temperaturas mínimas e máximas diárias observadas no período de 26/03 a 31/05/2012. UTFPR, Pato Branco – PR, 2013.....43
- Figura 3.2 - Resposta a doses de glyphosate nas espécies de corda-de-viola de *I. indivisa*, *I. grandifolia* e *I. purpurea* aos 7 (A), 14(B), 21 (C) e 28 (D) DAA. Médias comparadas pelo teste DMS a 5% de significância...45
- Figura 3.3 - Massa da parte aérea verde (A) e massa da parte aérea seca (B) (% em relação à testemunha) de *I. indivisa*, *I. grandifolia* e *I. purpurea* em resposta a aplicação de glyphosate. UTFPR, Pato Branco -PR, 2013.47
- Figura 3.4 - Níveis de controle de biótipos de *I. grandifolia* aos 14 (A), 21 (B) e 28 (C) dias após a aplicação dos tratamentos em resposta a doses de glyphosate. Médias comparadas pelo teste DMS à 5% de significância. UTFPR, Pato Branco -PR, 2013.....49
- Figura 3.5 - Níveis de controle de biótipos de *I. indivisa* aos 14 (A), 21 (B) e 28 (C) dias após a aplicação dos tratamentos em resposta a doses de glyphosate. Médias comparadas pelo teste DMS à 5% de significância. UTFPR, Pato Branco – PR, 2013.....54

- Figura 3.6 - Níveis de controle de biótipos de *I. purpurea* aos 14 (A), 21 (B) e 28 (C) dias após a aplicação dos tratamentos em resposta a doses de glyphosate. Médias comparadas pelo teste DMS à 5% de significância. UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.....56
- Figura 3.7 – Redução da massa da parte aérea verde (A) e redução da massa da parte aérea seca (B) em *I. grandifolia* 28 dias após a aplicação dos tratamentos com glyphosate. Médias comparadas pelo teste DMS à 5% de significância. UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.....59
- Figura 3.8 – Redução da massa da parte aérea verde (A) e redução da massa da parte aérea seca (B) em *I. indivisa* 28 dias após a aplicação dos tratamentos com glyphosate. Médias comparadas pelo teste DMS à 5% de significância. UTFPR, Pato Branco -PR, 2013.....63
- Figura 3.9 – Redução da massa da parte aérea verde (A) e redução da massa da parte aérea seca (B) em *I. purpurea* 28 dias após a aplicação dos tratamentos com glyphosate. Médias comparadas pelo teste DMS à 5% de significância. UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.....65
- Figura 4.1 – Absorção (A) e translocação (B) de ¹⁴C-glyphosate em plantas de *I. grandifolia*. Barra de DMS permite comparar biótipos dentro de cada época de avaliação. UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.....83
- Figura 4.2 – Translocação de ¹⁴C-glyphosate para parte aérea e raízes em plantas de *I. grandifolia* tolerantes (T) e sensíveis (S). Barra de DMS permite comparar biótipos dentro de cada época de avaliação. UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.....84
- Figura 4.3 - Autorradiografias da translocação do ¹⁴C-glyphosate pelos tecidos vegetais de *I. grandifolia* tolerante (T) e sensível (S) ao herbicida glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.....86
- Figura 4.4 – Absorção (A) e translocação (B) de ¹⁴C-glyphosate em plantas de *I. indivisa*. A barra de DMS permite comparar biótipos em cada período de avaliação. UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.....87
- Figura 4.5 – Translocação de ¹⁴C-glyphosate para parte aérea e raízes em plantas de *I. indivisa* tolerantes (T) e sensíveis (S). A barra de DMS permite comparar biótipos em cada período de avaliação. UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.....89
- Figura 4.6 - Autorradiografias da translocação do ¹⁴C-glyphosate pelos tecidos vegetais de *I. indivisa* tolerante (T) e sensível (S) ao herbicida glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.....90
- Figura 4.7 - Absorção (A) e translocação (B) de ¹⁴C-glyphosate em plantas de *I. purpurea*. A barra de DMS permite comparar biótipos em cada período de avaliação. UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.....91

- Figura 4.8 - Translocação de ^{14}C -glyphosate para parte aérea e raízes em plantas de *I. purpurea* tolerantes (T) e sensíveis (S). A barra de DMS permite comparar biótipos em cada período de avaliação. UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.....92
- Figura 4.9 - Autorradiografias da translocação do ^{14}C -glyphosate pelos tecidos vegetais de *I. purpurea* tolerante (T) e sensível (S) ao herbicida glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.....94

LISTA DE TABELAS

- Tabela 2.1 – Parâmetros e coeficientes de determinação das equações utilizadas para ajustar a germinação em relação ao tempo de avaliação para três espécies de *Ipomoea* spp. UTFPR, Pato Branco – PR, 2013.....31
- Tabela 3.1 – Análise química do solo utilizado para semeadura das espécies de *Ipomoea*. UTFPR, Pato Branco -PR, 2013.....42
- Tabela 3.2 - Biótipo, espécie e local de origem de cada biótipo estudado. UTFPR, Campus Pato Branco - PR, 2013.44
- Tabela 3.3- Parâmetros das equações ajustadas para o controle de plantas em função as doses de glyphosate para os biótipos de *I. indivisa*, *I. grandifolia* e *I. purpurea* aos 7, 14, 21 e 28 DAA. UTFPR, Pato Branco -PR, 2013.....46
- Tabela 3.4- Parâmetros das equações referentes a massa da parte aérea seca e verde de *I. indivisa*, *I. grandifolia* e *I. purpurea* tratadas com glyphosate. UTFPR, Pato Branco -PR, 2013.....47
- Tabela 3.5 – Parâmetros das equações ajustadas para o controle de plantas em função das doses de glyphosate para os biótipos e valor de C80 para o controle dos biótipos de *I. grandifolia* aos 14 DAA após a aplicação de glyphosate . UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.....50
- Tabela 3.6 - Parâmetros das equações ajustadas para o controle de plantas em função das doses de glyphosate para os biótipos e valor de C80 para o controle dos biótipos de *I. grandifolia* aos 21 DAA em reposta ao glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.....51
- Tabela 3.7 - Parâmetros das equações ajustadas para o controle dos biótipos de *I. grandifolia* aos 28 DAA em reposta a aplicação de glyphosate. UTFPR, Pato Branco -PR, 2013.....52
- Tabela 3.8 - Parâmetros das equações ajustadas para o controle dos biótipos de *I. indivisa* aos 14, 21 e 28 DAA, em reposta a aplicação de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.....55
- Tabela 3.9 - Parâmetros das equações ajustadas para o controle dos biótipos de *I. purpurea* aos 14, 21 e 28 DAA em reposta a aplicação de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.....57
- Tabela 3.10 - Parâmetros das equações ajustadas para o controle dos biótipos de *I. grandifolia* para a variável MPAV em reposta a aplicação de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.....59
- Tabela 3.11 - Parâmetros das equações ajustadas para o controle dos biótipos de *I. grandifolia* para a variável MPAS em reposta a aplicação de glyphosate. UTFPR, Pato Branco -PR, 2013.....60

Tabela 3.12 - Parâmetros das equações ajustadas para o controle dos biótipos de <i>I. indivisa</i> para a variável MPAV em reposta a aplicação de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.....	63
Tabela 3.13 - Parâmetros das equações ajustadas para o controle dos biótipos de <i>I. indivisa</i> para a variável MPAS em reposta a aplicação de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.....	64
Tabela 3.14 - Parâmetros das equações ajustadas para o controle dos biótipos de <i>I. purpurea</i> para a variável MPAV em reposta a aplicação de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.....	66
Tabela 3.15 - Parâmetros das equações ajustadas para o controle dos biótipos de <i>I. purpurea</i> para a variável MPAS em reposta a aplicação de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.....	67
Tabela 4.1 - Identificação e características dos locais em que foram coletas as sementes dos biótipos tolerantes e sensíveis ao glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.....	79
Tabela 4.2 - Características físico-químicas do solo. UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.....	80
Tabela 4.3 - Quantidade do ¹⁴ C-glyphosate translocado em <i>I. grandifolia</i> , em função do tempo após a aplicação (HAA), UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.	85
Tabela 4.4 - Quantidade do ¹⁴ C-glyphosate translocado em <i>I. indivisa</i> , em função do tempo após a aplicação (HAA), UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.	88
Tabela 4.5 - Quantidade do ¹⁴ C-glyphosate translocado em biótipos tolerantes (T) e sensíveis (S) de <i>I. purpurea</i> , em função das horas após a aplicação (HAA), UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.....	90
Apêndice 1 - Resumo da análise de variância no estudo de superação de dormência em sementes de <i>Ipomoea grandifolia</i> , <i>I. indivisa</i> e <i>I. purpurea</i> - UTFPR, Campus Pato Branco, 2013.....	106
Apêndice 2 - Resumo da análise de variância no estudo dos efeitos do glyphosate no controle aplicado em plantas de <i>Ipomoea grandifolia</i> , <i>I. indivisa</i> e <i>I. purpurea</i> avaliadas aos 7, 14, 21 e 28 dia após a aplicação e redução na massa da parte aérea verde (MPAV) e seca (MPAS) - UTFPR, Campus Pato Branco, 2013.....	107
Apêndice 3 - Resumo da análise de variância no estudo dos efeitos do controle de glyphosate aplicado em plantas de <i>Ipomoea grandifolia</i> , avaliadas aos 14, 21 e 28 dias após a aplicação e na redução da massa da parte aérea verde (MPAV) e seca (MPAS) - UTFPR, Campus Pato Branco, 2013.....	107

- Apêndice 4 - Resumo da análise de variância no estudo dos efeitos do glyphosate aplicado em plantas de Ipomoea indivisa, avaliadas aos 14, 21 e 28 dias após a aplicação e na redução da massa da parte aérea verde (MPAV) e seca (MPAS) - UTFPR, Campus Pato Branco, 2013.....108
- Apêndice 5 - Resumo da análise de variância no estudo dos efeitos do glyphosate aplicado em plantas de Ipomoea purpurea, avaliadas aos 14, 21 e 28 dias após a aplicação e na redução da massa da parte aérea verde (MPAV) e seca (MPAS) - UTFPR, Campus Pato Branco, 2013.....108
- Apêndice 6 - Resumo da análise de variância no estudo de absorção e translocação de glyphosate aplicado em plantas de Ipomoea grandifolia, avaliadas às 2, 4, 8, 12, 24, 48 e 72 horas após a aplicação - UTFPR, Campus Pato Branco, 2013.....109
- Apêndice 7 - Resumo da análise de variância no estudo de absorção e translocação de glyphosate aplicado em plantas de Ipomoea indivisa, avaliadas às 2, 4, 8, 12, 24, 48 e 72 horas após a aplicação - UTFPR, Campus Pato Branco, 2013.....109
- Apêndice 8 - Resumo da análise de variância no estudo de absorção e translocação de glyphosate aplicado em plantas de Ipomoea purpurea, avaliadas às 2, 4, 8, 12, 24, 48 e 72 horas após a aplicação - UTFPR, Campus Pato Branco, 2013.....110
- Apêndice 9 - Resumo da análise de variância para a correlação da translocação entre a parte aérea e as raízes em plantas de Ipomoea grandifolia, I. indivisa e I. purpurea avaliadas às 2, 4, 8, 12, 24, 48 e 72 horas após a aplicação - UTFPR, Campus Pato Branco, 2013.....110

LISTA DE SIGLAS

CENA	Centro de Energia Nuclear na Agricultura
PR	Unidade de Federação - Paraná
USP	Universidade de São Paulo
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

LISTA DE ABREVIATURAS

%	Porcentagem
Absor.	Absorção
AMPA	Ácido aminometil fosfonico
C ₅₀	Dose que proporciona controle de 50%
C ₈₀	Dose que proporciona controle de 80%
CGM	Cultura geneticamente modificada
CV	Coefficiente de variação
DAA	Dias após a aplicação
DAT	Dias após o tratamento
DMS	Desvio mínimo significativo
e.a.	Equivalente ácido
FA	Folhas acima das folhas tratadas
FAB	Folhas abaixo das folhas tratadas
FRG	Frequência relativa de germinação
FT	Fator de tolerância
FT	Folhas tratadas
GL	Graus de liberdade
GR ₅₀	Dose que proporciona 50% de redução da massa seca/verde
GR ₈₀	Dose que proporciona 80% de redução da massa seca/verde
ha	Hectarie
HAT	Horas após o tratamento
IVG	Índice de velocidade de germinação
L	Litro
m s ⁻¹	Metros por segundo
m ²	Metro quadrado
Mg	Miligramas
mL	Mililitro
MPAS	Massa da parte aérea seca
MPAV	Massa da parte aérea verde
pH	Potencial hidrogeniônico
RA	Raízes
S	Sensível
T	Tolerante
TMG	Tempo médio de germinação
Trans.	Translocação

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL.....	20
2 SUPERAÇÃO DE DORMÊNCIA EM SEMENTES DE Ipomoea.....	24
2.1 RESUMO.....	24
2.2 ABSTRACT.....	24
2.3 INTRODUÇÃO.....	25
2.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	26
2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
2.6 CONCLUSÕES.....	35
3 TOLERÂNCIA AO GLYPHOSATE EM BIÓTIPOS DE Ipomoea grandifolia, I. indivisa E I. purpurea.....	36
3.1 RESUMO	36
3.2 ABSTRACT	36
3.3 INTRODUÇÃO.....	37
3.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	40
3.4.1 Coleta das populações e Identificação das espécies.....	40
3.4.2 Experimento Preliminar.....	40
3.4.3 Experimentos Subsequentes.....	41
3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
3.5.1 Experimento Preliminar	44
3.5.1.1 Controle de I. indivisa, I. grandifolia e I. purpurea com glyphosate	44
3.5.1.2 Redução das massas da parte aérea verde e seca em I. indivisa, I. grandifolia e I. purpurea.....	46
3.5.2 Experimentos Subsequentes.....	48
3.5.2.1 Controle de I. grandifolia.....	48
3.5.2.2 Controle de I. indivisa.....	52
3.5.2.3 Controle de I. purpurea.....	55
3.5.2.2 Redução das massas da parte aérea verde e seca em I. grandifolia.....	57
3.5.2.3 Redução das massas da parte aérea verde e seca em I. indivisa.....	61
3.5.2.4 Redução das massas da parte aérea verde e seca em I. purpurea.....	64
3.6 CONCLUSÕES.....	71
4 ABSORÇÃO FOLIAR E TRANSLOCAÇÃO DE GLYPHOSATE EM BIÓTIPOS TOLERANTES E SENSÍVEIS DE Ipomoea grandifolia, I. indivisa e I. purpurea..	72
4.1 RESUMO.....	72
4.2 ABSTRACT.....	72
4.3 INTRODUÇÃO.....	73
4.3.1 Características da superfície foliar que afetam a absorção de herbicidas.....	74
4.3.2 Absorção e translocação de glyphosate.....	76
4.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	78
4.4.1 Absorção e Translocação de ¹⁴ C-glyphosate.....	78
4.4.2 Análise da absorção.....	81
4.4.3 Análise da translocação.....	81
4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	82
4.5.1 Absorção e translocação de glyphosate em I. grandifolia.....	82
4.5.2 Absorção e translocação de glyphosate em I. indivisa.....	86
4.5.3 Absorção e translocação de glyphosate em I. purpurea.....	90
4.6 CONCLUSÕES.....	95
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	96
REFERÊNCIAS.....	99
APÊNDICES.....	106

1 INTRODUÇÃO GERAL

Entre os vários problemas que afetam o rendimento das culturas, a ocorrência de plantas daninhas tem sido apontada como um dos fatores mais prejudiciais, superando na maioria das vezes as perdas ocasionadas por insetos e fungos, constituindo-se assim em uma grande ameaça à produção sustentável de alimentos. Sua importância é tamanha, que cerca da metade dos agroquímicos comercializados no mundo, e também em nosso País, é representada pelos herbicidas. Ao nível mundial, as perdas médias ocasionadas pela interferência das plantas daninhas atingem 4,3 a 15,2% do rendimento das culturas de algodão, arroz, batata, milho, soja e trigo (OERKE, 2006). No Brasil as perdas médias no rendimento compreendem cerca de 5 a 25% nas culturas de arroz, feijão, milho, soja e trigo, mesmo sendo realizadas as práticas de controle das infestantes (OERKE, 2006; VIDAL, 2010). A interferência de plantas daninhas nas culturas pode reduzir drasticamente sua produtividade, podendo até inviabilizar a produção da lavoura, seja pela competição por água, luz e nutrientes, ou por interações alelopáticas negativas. Dessa forma, fica evidente a necessidade de um controle eficaz dessas invasoras, para evitar suas interferências negativas sobre as espécies cultivadas.

O controle químico é o método mais difundido no manejo de plantas daninhas, principalmente após a implantação do sistema de semeadura direta, pela facilidade de uso, baixo custo, menor emprego de mão de obra e os resultados satisfatórios. Dessa maneira, os demais métodos de controle têm sido deixados em segundo plano, principalmente em grandes áreas cultivadas. No entanto, o uso indiscriminado de herbicidas com mesmo mecanismo de ação para o controle de plantas daninhas exerce elevada pressão de seleção, favorecendo alguns indivíduos em detrimento de outros, provocando assim, mudanças na flora de algumas regiões, pois os biótipos mais adaptados serão selecionados e prevalecerão naquele local (HOLT; LEBARON, 1990). São vários os efeitos colaterais resultantes do uso massivo de herbicidas no ambiente, assim como, contaminação de águas superficiais e subterrâneas, prejuízos causados por deriva e intoxicação com danos à saúde humana.

O glyphosate é o herbicida que apresenta o maior consumo mundialmente, sendo responsável por cerca de 14% das vendas globais de

herbicidas. Apresenta mais de 150 marcas comerciais distribuídas em 119 países. No Brasil, sua introdução ocorreu no final da década de 70, impulsionado pela implantação e desenvolvimento do sistema de semeadura direta, por ser de amplo espectro e controlar plantas mesmo em estado avançado de desenvolvimento vegetativo (KRUSE et al., 2000). Outro fator estimulante é a ampla adoção pelos agricultores de culturas geneticamente modificadas resistentes ao glyphosate. No entanto, quando o mesmo mecanismo de ação é utilizado de forma recorrente ocorre a seleção de espécies daninhas resistentes e tolerantes a este herbicida (CERDEIRA et al., 2010).

Modificações na composição de espécies daninhas emergidas e no banco de sementes têm sido documentadas em vários países. No Brasil, as espécies resistentes a inibidores de EPSPs são *Conyza bonariensis*, *C. canadensis*, *C. sumatrensis*, *Digitaria insularis* e *Lolium multiflorum* (HEAP, 2013). A tolerância ao glyphosate tem sido detectada em algumas espécies de plantas daninhas (DURIGAN et al., 1988; SANTOS et al., 2001; MONQUERO, 2003; GALON, 2009), como *Commelina* spp., *Ipomoea grandifolia*, *Ipomoea nil*, *Richardia brasiliensis* e *Spermacoce latifolia*. Entretanto, a razão para essa tolerância diferencial não está totalmente elucidada. Na Argentina, identificou-se a predominância das seguintes espécies daninhas tolerantes em áreas de soja transgênica: *Parietalia debilis*, *Petunia auxiliares*, *Verbena litoralis*, *Verbena bonariensis*, *Hybanthus parviflorus*, *Iresine difusa*, *Commelina erecta* e *Ipomoea* spp. (PAPA; FELIZIA; ESTEBÁN, 2002).

As espécies de *Ipomoea* pertencem à família *Convolvulaceae*, a qual é composta por 55 gêneros e 1600-1700 espécies (AUSTIN, 1997). Dessas, 350 são encontradas no Brasil, distribuídas em 18 gêneros (SIMÃO-BIANCHINI; PIRANI, 2005). O gênero *Ipomoea* é o que apresenta o maior número de espécies da família *Convolvulaceae*, entre 600 e 700 espécies. Dentre essas, 24 estão distribuídas no estado do Paraná (LORENZI; SILVA, 2001; VERDCOURT, 1963). Esse gênero está amplamente distribuído em regiões tropicais e subtropicais, com menor ocorrência em climas temperados (LEITE et al., 2005), não sendo encontrado em regiões desérticas ou geladas (SIMÃO-BIANCHINI, 1998). Seu hábito de crescimento é volúvel, de modo geral são trepadeiras e quando ocorrem junto às culturas crescem enrolando-se em outras plantas, dificultando a colheita por finalizar o ciclo de maturação após o da cultura (SIMÃO-BIANCHINI 1991; KISSMANN; GROTH, 1999),

ocasionando ainda perdas pelo aumento de umidade e impureza dos grãos (KISSMANN; GROTH 1992). As espécies de *Ipomoea* apresentam diferentes fluxos de germinação durante a primavera e o verão, devido à dormência de suas sementes (AZANIA et. al., 2009), que é do tipo física, através da impermeabilidade do tegumento à água (CHANDLER et al., 1977).

As espécies desse gênero consideradas plantas daninhas são: *Ipomoea alba*, *I. aristolochiifolia* G. Don, *I. cairica*, *I. carnea*, spp. *fistulosa*, *I. cynanchifolia*, Meisn., *I. hederacae* Jacq., *I. hederifolia*, *I. indivisa*, (Vell.) Hallier f., *I. nill* Roth, *I. purpurea*, *I. Quamoclit*, *I. grandifolia* e *I. triloba* L.(BACCHI et al., 1972; LORENZI, 1982; KISSMANN; GROTH, 1992; SOUZA; LORENZI, 2005).

Quando infestam lavouras, as plantas do gênero *Ipomoea* podem causar grandes perdas de rendimento, visto que há cada ano torna-se mais difícil seu controle e erradicação de áreas cultivadas. Para a espécie *Ipomoea lacunosa* os prejuízos à produção de soja variam de 6 a 81% dependendo do espaçamento entre linhas e grau de infestação (HIGGINS et al., 1988; HOWE; OLIVER, 1987; MURDOCK et al., 1986). Antes da introdução da soja resistente ao glyphosate, *Ipomoea lacunosa* era listada como a quinta planta daninha mais comum no Mississippi, mas não estava entre as 10 plantas daninha mais difícil de controlar (ANONYMOUS, 1995). Em pesquisa realizada posteriormente, constatou-se incremento na agressividade dessa espécie, a qual foi listada como a segunda mais comum e também de mais difícil controle em lavouras de soja no Mississippi (ANONYMOUS, 2001). Recentemente no Brasil constataram perda no rendimento de grãos em lavouras de soja de 65% e 74%, com 20 plantas/m² de *I. purpurea* e *I. grandifolia* respectivamente (PORTES et al., 2012).

Biótipos do gênero *Ipomoea* apresentam tolerância diferencial ao herbicida glyphosate, por características distintas na absorção e na translocação. Chachalis et al. (2001) observaram que o controle de *Ipomoea lacunosa* com glyphosate foi extremamente dependente do tamanho da planta. O controle de plantas com três a quatro folhas com 1,12 kg/ha de glyphosate foi 100%. Já em plantas com 5 a 8 folhas, o controle foi de apenas 38%. É possível que a absorção limitada em tecidos tratados com glyphosate seja a causa do controle ineficiente em *Ipomoea lacunosa*. Norsworthy et al. (2001) relataram que apenas 6% , 48 horas após o tratamento (HAT) de glyphosate aplicado em folhas de *Ipomoea lacunosa* foi

absorvido, enquanto que *Echinochloa crus-galli* e *Sida spinosa* absorveram 33 e 22% respectivamente, sugerindo que o aumento da tolerância ao glyphosate seja atribuído a absorção limitada desse herbicida. Já Koger; Reddy (2005) constataram absorção de 44,4% do glyphosate aplicado em *Ipomoea lacunosa* 192 (HAT). Em *Ipomoea grandifolia* Monquero et al., (2004) verificaram absorção de 80% (72 HAT), no entanto 68,5% do herbicida aplicado permaneceu na folha tratada, e apenas 2,2; 4,3 e 4,9% foram translocados para a parte aérea, caule e raiz, respectivamente. *Ipomoea hederacea* quando comparada a três espécies daninhas também translocou menos glyphosate do que as demais, cerca de 18% (7 DAT) de forma acrópeta, enquanto que para as demais espécies estudadas foi basípeta (HOSS et al., 2003).

A tolerância diferencial entre as espécies também pode ocorrer através da detoxificação das moléculas herbicidas com processos de metabolização dessas substância tóxicas. Estudando a metabolização de glyphosate em *Ipomoea purpurea* Sandberg et al. (1980) observaram a presença de 11% de AMPA. No entanto, em *Ipomoea grandifolia* Monquero et al., (2004), não verificaram presença de metabólitos de glyphosate 72 HAT. São poucos os trabalhos realizados para investigar a metabolização de glyphosate em espécies e biótipos de *Ipomoea*.

Existem vários fatores que podem afetar a absorção e translocação de glyphosate em espécies de gênero *Ipomoea*, assim como características físico-químicas dos herbicidas, cobertura da pulverização, estágio de desenvolvimento das plantas, estruturas e composição da superfície foliar. Por isso é importante conhecer os mecanismos que conferem tolerância diferencial a este herbicida para o estabelecimento de estratégias de prevenção e manejo nos sistemas de produção. No entanto, até o momento não existem trabalhos científicos no Brasil que analisem espécies e biótipos de *Ipomoea* spp. quanto à sua resposta ao glyphosate. Também são desconhecidos trabalhos que investiguem as bases fisiológicas da tolerância diferencial ao glyphosate entre espécies/biótipos de *Ipomoea* spp.

2 SUPERAÇÃO DE DORMÊNCIA EM SEMENTES DE *Ipomoea*

2.1 RESUMO

O conhecimento do método de superação de dormência mais adequado para cada espécie auxilia na determinação do mecanismo envolvido e na definição de estratégias de manejo que permitam a adoção de medidas de controle mais eficazes. Este trabalho visou testar métodos de superação de dormência nas espécies *Ipomoea indivisa*, *I. grandifolia* e *I. purpurea* e determinar como os mesmos influenciam a cinética da germinação das sementes dessas espécies. Os tratamentos foram água quente, escarificação mecânica, escarificação mecânica + resfriamento, escarificação química e testemunha. Foram avaliados a porcentagem de germinação, tempo médio, índice de velocidade e frequência relativa de germinação. A escarificação com ácido sulfúrico incrementou a germinação de *I. indivisa* e *I. purpurea* e o índice de velocidade de germinação de *I. purpurea*. O tratamento com água quente foi o mais eficiente em promover a germinação de *I. grandifolia*, e em reduzir o tempo médio de germinação de *I. grandifolia* e *I. purpurea*. Nos tratamentos de superação de dormência a germinação se distribuiu de forma leptocúrtica, enquanto que na testemunha a distribuição foi platicúrtica, ao longo do tempo.

2.2 ABSTRACT

The knowledge of the method of overcoming dormancy more appropriate to each species helps determining the biochemical and physiological mechanisms involved and to outline the most appropriate management strategies for effective control measures. The species of the genus *Ipomoea* are widely distributed in the Brazilian states, the most commonly found in soybean crops in the Southwest Region of Paraná and West of Santa Catarina are *I. purpurea*, *I. indivisa* and *I. grandifolia*. This work aimed to select methods of overcoming dormancy for species *Ipomoea indivisa*, *I. grandifolia* and *I. purpurea*, and determine how these methods influence the kinetic germination of these species. The treatments consisted of hot water, chiseling, chiseling cooling, chemical scarification and control. We evaluated

the germination, mean germination time, germination speed index and relative frequency of germination. Scarification with sulfuric acid increased the germination of *I. indivisa* and *I. purpurea* and the index of germination speed of *I. purpurea*. The hot water treatment was more effective in promoting germination of *I. grandifolia*, and reduce the average time of germination of *I. grandifolia* and *I. purpurea*. In treatments for overcoming dormancy germination was distributed in a leptokurtic pattern, while in the control distribution was distributed in a platykurtic pattern.

2.3 INTRODUÇÃO

A dormência é considerada uma estratégia fundamental para espécies que sobrevivem por longos períodos de tempo no solo, como as espécies infestantes. A dormência é atribuída a vários mecanismos, dentre os quais estão à impermeabilidade do tegumento à água e a gases, imaturidade do embrião, presença de inibidores ou ausência de promotores ou exigências especiais de luz ou temperatura (VÁSQUES-YANES; OROZCO-SAGOVIA, 1993; FERREIRA; BORGUETTI, 2004). A descontinuidade do processo de germinação de uma população de sementes determinada pela dormência permite a sobrevivência das infestantes presentes no banco de sementes ao longo do tempo e também a germinação em períodos em que as condições ambientais são mais favoráveis (FINCH-SAVAGE; LEUBNER-METZGER, 2006). Saber quais os fatores que propiciam a germinação e emergência de plantas daninhas do banco de sementes poderia permitir aos agricultores o controle mais eficiente, impedindo o uso demasiado de herbicidas em pós-emergência (CARDINA; SPARROW, 1996).

O conhecimento dos fatores que afetam a germinação de sementes de uma determinada infestante auxilia na determinação do mecanismo envolvido e na definição de estratégias de manejo que permitam a adoção de medidas de controle mais eficazes. O conhecimento do mecanismo de liberação de dormência também é muito importante em trabalhos de pesquisa em que se quer maior uniformidade no processo germinativo da população de sementes.

As plantas de *Ipomoea* spp. são competidoras importantes com plantas de soja e são muito prejudiciais durante a colheita, em função do seu hábito de crescimento volúvel (KISSMANN; GROTH, 1999; VOLL et al., 2002; MOREIRA;

BRAGANÇA, 2010). As espécies de *Ipomoea* apresentam diferentes fluxos de germinação durante a primavera e o verão, devido à dormência de suas sementes (AZANIA et al., 2009), que é do tipo física, através da impermeabilidade do tegumento à água (CHANDLER et al., 1977).

A eficácia de métodos de superação da dormência em espécies de *Ipomoea* é variável de acordo com a espécie. O uso de calor seco em sementes de *I. quamoclit* resultou na taxa de germinação de 70%, considerada satisfatória para a espécie (AZANIA et al., 2003) e o uso de água quente à 98°C por uma hora foi eficiente para superar a dormência de sementes de *I. hederifolia*, mas não de *I. quamoclit* (AZANIA et al., 2009).

O tratamento de sementes de *Ipomoea* com ácido sulfúrico apresenta bons resultados dependendo da espessura do tegumento e do período de exposição. O uso de ácido sulfúrico destacou-se como método de superação de dormência de *I. hederacea* (STOLLER; WAX, 1974), *I. obscura*, *I. aquatica* e *I. hederifolia* (OGUNWENMO; UGBOROGHO, 1999), mas não foi eficaz em *I. sinensis* (MOAISI; PHILLIPS, 1991).

A identificação dos métodos de superação de dormência mais eficazes para as espécies *I. grandifolia*, *I. indivisa* e *I. purpurea* em uma abordagem comparativa ainda não foi efetuada no Brasil. Estas espécies estão distribuídas em muitos estados brasileiros e são as mais frequentes em áreas de soja do Sudoeste do Paraná (FERREIRA; BORGHETTI, 2004).

O presente estudo foi realizado com os objetivos de selecionar métodos eficazes de superação de dormência nas espécies *Ipomoea indivisa*, *I. grandifolia* e *I. purpurea* e determinar como os mesmos influenciam a cinética da germinação das sementes dessas espécies.

2.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco, utilizando-se sementes de *Ipomoea* coletadas em lavouras de soja transgênica localizadas no município de Renascença, no Estado do Paraná.

Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco repetições, em esquema fatorial 3 x 5 (espécies de *Ipomoea* x tratamentos para superação de dormência), para as variáveis tempo médio de germinação (TMG), índice de velocidade de germinação (IVG). A germinação e a frequência relativa de germinação (FRG) foram avaliadas através de fatorial 3 x 5 x 15 (espécies de *Ipomoea* x tratamentos para superação de dormência x avaliações).

Na escarificação química, as sementes foram colocadas em uma solução com ácido sulfúrico (98%) (uma parte de semente para duas de ácido, em m/v) por 10 minutos, sob agitação constante e na sequência lavadas em água corrente. Na escarificação mecânica, as sementes foram escarificadas com lixa de parede nº 100 por um minuto. No tratamento com água quente, foram utilizados béqueres de 50 mL para acondicionar as sementes com água a 98°C, por uma hora, não sendo feita a manutenção da temperatura nesse período. No tratamento com escarificação mecânica + resfriamento, as sementes foram escarificadas como supracitado e em seguida mantidas em placas de Petri à 4°C por 72 horas. Após o término de todos os tratamentos, foram preparadas placas de Petri com dois discos de papel germitest umedecidos com solução do fungicida triadimenol (150 g de equivalente ácido) a 0,4%. Cada repetição constou de uma placa com 10 sementes, totalizando cinco placas e 50 sementes por tratamento. Após tratadas, foram transferidas para câmara de crescimento a 35°C por 15 dias.

A germinação foi determinada diariamente, durante 15 dias, considerando-se as sementes com comprimento de radícula superior a dois milímetros, baseando-se em experimento realizado por Azania et al. (2003). Os cálculos de porcentagem de germinação, tempo médio e frequência relativa de germinação foram realizados conforme fórmulas citadas por Labouriau; Valadares (1976).

$$\text{Porcentagem de germinação: } G = (N/A) \cdot 100$$

Onde:

G = porcentagem de germinação;

N = número de sementes germinadas;

A = número total de sementes colocadas para germinar;

Tempo médio de germinação: $t = (\sum ni t_i) / \sum ni$

Onde:

t = tempo médio de incubação;

ni = número de sementes germinadas por dia;

ti = tempo de incubação em dias;

Frequência relativa de germinação: $Fr = ni / \sum ni$

Onde:

Fr = frequência relativa de germinação;

ni = número de sementes germinadas por dia;

ti = número total de sementes germinadas;

O índice de velocidade de germinação foi calculado de acordo com Maguire (1962).

$$IVG = G_1/D_1 + G_2/D_2 + \dots + G_n/D_n$$

Onde:

IVG = Índice de velocidade de germinação;

G₁, G₂, G_n = número de sementes germinadas computadas na primeira contagem, na segunda contagem e na última contagem.

N₁, N₂, N_n = número de dias de semeadura à primeira, segunda e última contagem.

A análise da variância foi procedida pelo teste F e as médias do fator quantitativo foram ajustadas com auxílio do programa computacional Sigmaplot 10.0 ao modelo de regressão não-linear pela equação hipérbole retangular simples de dois parâmetros.

2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância indicam interações significativa entre os fatores tratamentos x espécies x avaliações para a variável germinação e frequência relativa de germinação. Todas as interações duplas foram significativas, exceto para variável índice de velocidade de germinação onde houve apenas diferença entre os tratamentos (Apêndice 1). As espécies de *Ipomoea* avaliadas

responderam de forma distinta aos métodos de superação da dormência. A escarificação química com ácido sulfúrico destacou-se em promover a germinação em *I. indivisa* e *I. purpurea* (Figura 2.1A e C) e o tratamento com água quente em promover a germinação em *I. grandifolia* (Figura 2.1B). A escarificação química incrementou os percentuais de germinação de *I. indivisa* e *I. purpurea* em 780 e 512%, respectivamente, em relação à testemunha (Figura 2.1A e C), todavia, em *I. grandifolia* reduziu em aproximadamente 32% a germinação máxima, quando comparado à testemunha (Figura 2.1B).

Embora não tenha sido realizado estudo anatômico e da composição do tegumento das espécies avaliadas, os resultados indicam que o tegumento das sementes de *I. grandifolia* apresenta menor concentração de substâncias que dificultam a embebição, visto que a impermeabilidade ocorre pela formação da camada paliçádica composta por suberina, cutina e lignina (ROLSTON, 1978). Observando os resultados, verifica-se excelentes índices de germinação, exceto para o tratamento com ácido sulfúrico, o qual provavelmente danificou o embrião.

O aumento no percentual de germinação em *I. purpurea* e *I. indivisa* proporcionado pelo ácido sulfúrico também foi observado em *I. hederacea*, *I. obscura* e *I. pandurata* (STOLLER; WAX, 1974; HARDCASTLE, 1978; HORAK; WAX, 1991). Os resultados do presente estudo não estão de acordo com os encontrados por Azania et al. (2003), que trabalhando com diferentes períodos de exposição ao ácido, verificaram aumento de 60% na germinação de *I. grandifolia* e *I. quamoclit* e de 80% para *I. hederifolia* e *I. nil* (L.) Roth. Os percentuais de germinação de *I. indivisa*, *I. triloba* e *I. purpurea* foram de 20, 40 e 70%, respectivamente, após o tratamento com ácido sulfúrico concentrado (PINHEIRO, 2010).

A escarificação mecânica também foi muito eficiente na superação de dormência, sendo o segundo método a proporcionar maior germinação nas sementes das espécies estudadas, chegando a atingir percentuais máximos de germinação de 90, 62 e 58% em *I. grandifolia*, *I. purpurea* e *I. indivisa*, respectivamente. Para *I. obscura*, *I. aquatica*, *I. hederifolia*, *I. asarifolia* e *I. involucrata* a escarificação mecânica também favoreceu a germinação (OGUNWENMO; UGBOROGHO, 1999). Trabalhando com diferentes tempos de escarificação, Pinheiro (2010) obteve porcentagem de germinação em torno de 60%

para *I. indivisa* e *I. purpurea* e de 80% para a *I. triloba*. Porém, Azania et al. (2003) verificaram que a escarificação mecânica com lixa não proporcionou melhoria da germinação de *I. grandifolia*, *I. hederifolia*, *I. quamoclit* e *I. nil* (L.) Roth.

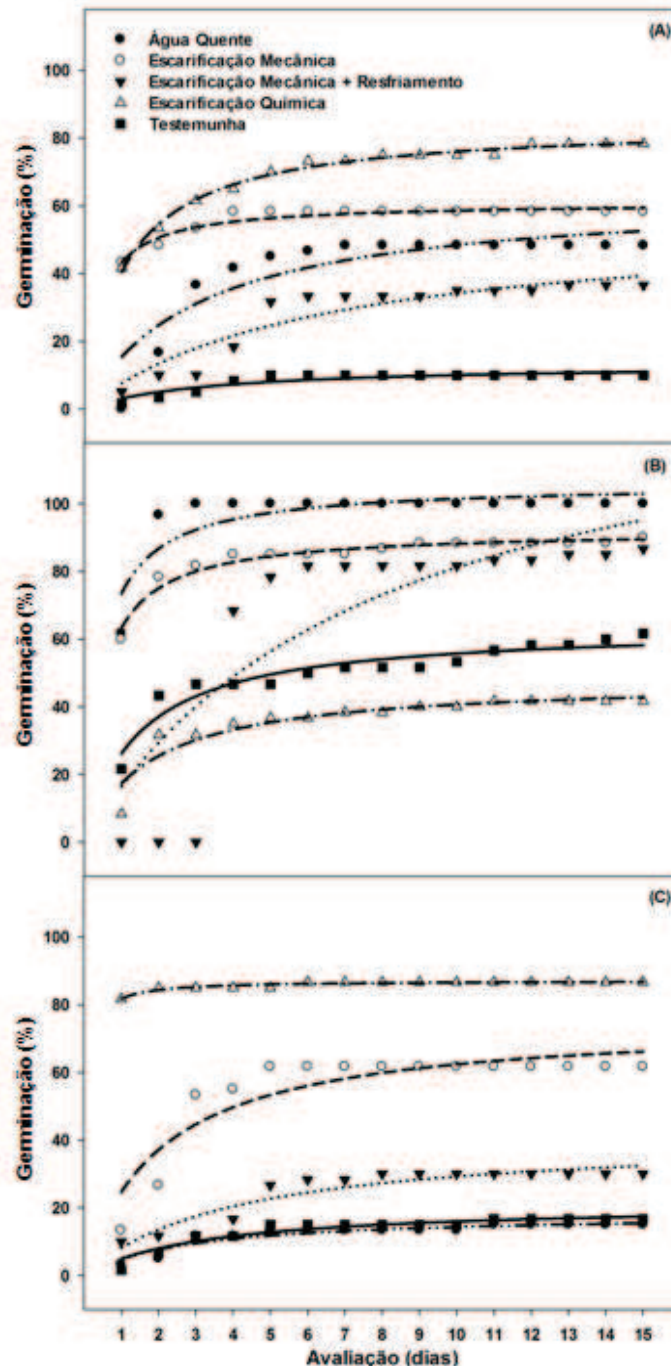


Figura 2.1 - Influência dos tratamentos de superação de dormência sobre a germinação acumulada em *I. indivisa* (A), *I. grandifolia* (B) e *I. purpurea* (C), ao longo de 15 dias (n = 50). UTFPR, Pato Branco – PR, 2013.

A eficiência no processo de escarificação mecânica é dependente do tempo de exposição, intensidade da força aplicada sobre as sementes e

homogeneidade da amostra, pois atrito, no caso de sementes pequenas ou com tegumento menos lignificado, pode provocar rachaduras prejudiciais ao embrião e sua germinação.

A superação da dormência através do tratamento com água quente resultou em incrementos na porcentagem de germinação das sementes nas espécies *I. indivisa* e *I. grandifolia*, da ordem de 480 e 162% em relação à testemunha, respectivamente (Figura 2.1A e B). O fato do tratamento com água quente influenciar positivamente a porcentagem de germinação de *I. grandifolia* e *I. indivisa* e não de *I. purpurea* (Figura 2.1C) confirma a informação de Popinigis (1985), para o qual o aumento na temperatura até certo limite promove germinação mais rápida e mais eficiente, podendo esta variar de acordo com a espécie. A porcentagem de emergência de *I. quamoclit* foi prejudicada em sementes tratadas com água quente (AZANIA et al., 2009), indicando que a elevação na temperatura foi prejudicial à sua qualidade, inviabilizando as sementes. Os parâmetros e coeficientes de determinação das equações utilizadas para ajustar a porcentagem de germinação encontram-se na Tabela 2.1 a seguir.

Tabela 2.1 – Parâmetros e coeficientes de determinação das equações utilizadas para ajustar a germinação em relação ao tempo de avaliação para três espécies de *Ipomoea* spp. UTFPR, Pato Branco – PR, 2013.

<i>Ipomoea indivisa</i>			
Tratamentos	Equação		R ²
	f=a*x/(b+x)		
	a	b	
Água Quente	84.275	1.082	0.99
Escarificação Mecânica	60.977	0.407	0.92
Escarificação Mecânica + Resfriamento	63.521	3.120	0.82
Escarificação Química	55.830	6.326	0.88
Testemunha	13.333	3.336	0.84
<i>Ipomoea grandifolia</i>			
Água Quente	105.968	0.442	0.74
Escarificação Mecânica	92.272	0.458	0.95
Escarificação Mecânica + Resfriamento	145.056	7.858	0.73
Escarificação Química	63.780	1.439	0.90
Testemunha	47.779	1.752	0.87
<i>Ipomoea purpurea</i>			
Água Quente	87.116	0.065	0.91
Escarificação Mecânica	75.192	2.052	0.83
Escarificação Mecânica + Resfriamento	41.161	4.077	0.87
Escarificação Química	21.213	3.297	0.91
Testemunha	18.335	2.787	0.89

Muitas espécies florestais não domesticadas necessitam de flutuação diária de temperatura para haver germinação satisfatória (LOPES; SOARES, 2003),

todavia, para a maioria das espécies cultivadas a temperatura ótima encontra-se na faixa entre 15 e 30 °C (MALAVASI, 1988). Para a espécie em questão, foi observado redução de 3, 36 e 48% na porcentagem de germinação para *I. grandifolia*, *I. indivisa* e *I. purpurea*, respectivamente, quando as sementes foram escarificadas mecanicamente e expostas ao frio, em relação às submetidas apenas a escarificação mecânica (Figura 2.1A, B e C). A redução na germinação ocorreu, provavelmente, porque em baixa temperatura, o metabolismo é reduzido e a semente necessita de mais tempo para germinar (AMARAL; PAULILO, 1992) visto que são espécies nativas de regiões tropicais. Isso foi confirmado pelos dados de tempo médio de germinação (TMG) (Figura 2.2), em que o maior TMG ocorreu no tratamento com resfriamento das sementes.

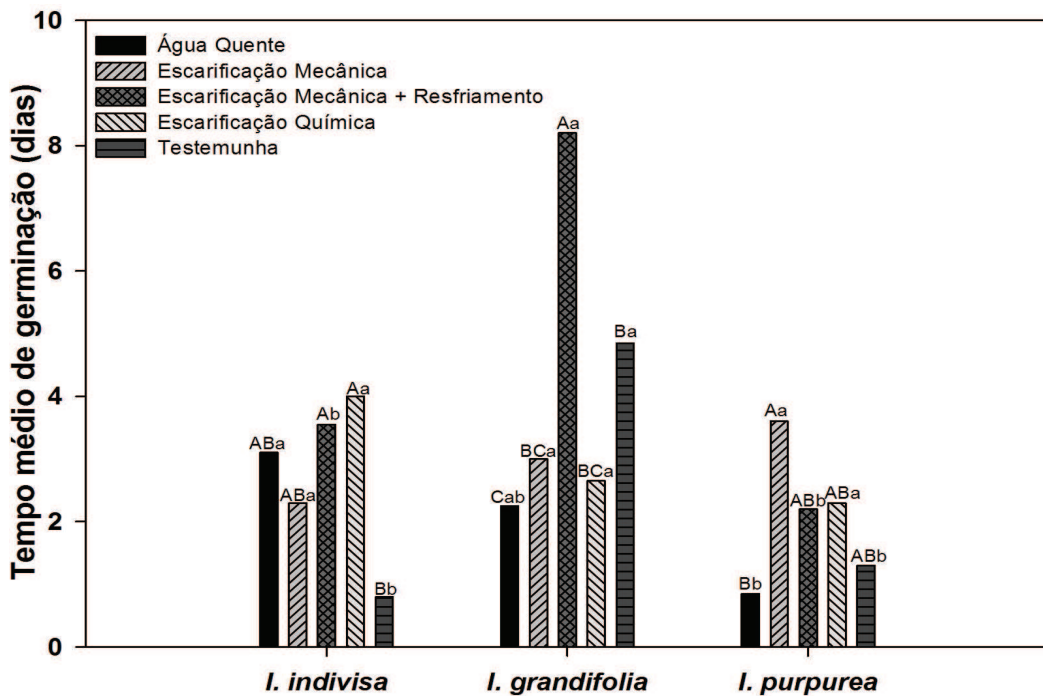


Figura 2.2 - Influência de diferentes tratamentos de superação de dormência no tempo médio de germinação de três espécies de *Ipomoea*. Médias seguidas de mesma letra maiúscula indicam ausência de diferença entre os tratamentos dentro de cada espécie e da mesma letra minúscula indicam ausência de diferença para cada tratamento entre as espécies, através do teste de Tukey a 5% de probabilidade ($n = 50$ e $CV = 41,75$). UTFPR, Pato Branco – PR, 2013.

Em média, *I. purpurea* foi a que apresentou menor t , seguida de *I. indivisa* e *I. grandifolia* (Figura 2.2), não havendo um tratamento que se destacasse para todas as espécies. O tratamento com escarificação mecânica + resfriamento em *I. grandifolia* (Figura 2.2) promoveu o maior t , indicando provavelmente que *I.*

grandifolia é mais sensível à temperatura ambiente que as demais estudadas. Os menores valores de *t* para *I. grandifolia* e *I. purpurea* foram obtidos com água quente a 98°C e podem estar relacionados ao rápido processo de embebição resultante da maior capacidade de rompimento de barreiras responsáveis pelo impedimento do processo germinativo.

A espécie que apresentou o maior índice de velocidade de germinação (IVG) foi a *I. grandifolia*. No entanto, não houve diferença significativa dos tratamentos em relação à testemunha, exceto para o tratamento com escarificação química em *I. purpurea*, que promoveu incremento de 620% nesse índice (Figura 2.3). Apenas na espécie *I. grandifolia*, o índice de velocidade de germinação do tratamento com escarificação mecânica foi superior aos demais, o qual superou em 181 e 567% os valores das espécies *I. indivisa* e *I. purpurea*, respectivamente (Figura 2.3), no entanto as demais comparações não revelaram diferenças significativas.

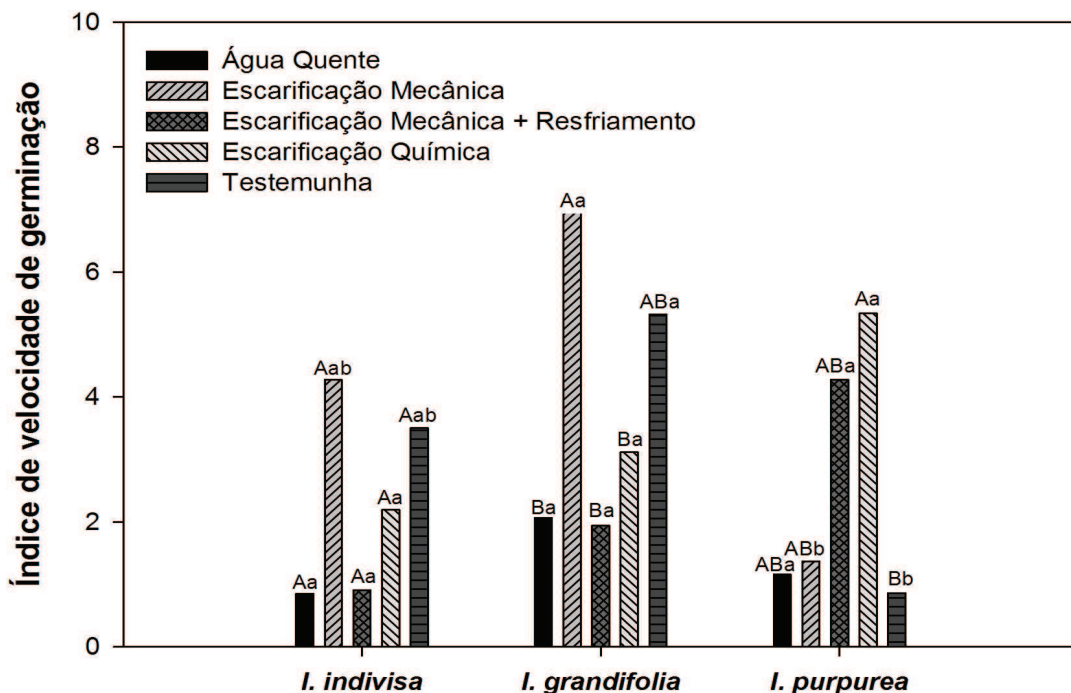


Figura 2.3 - Influência de diferentes tratamentos de superação de dormência no índice de velocidade de germinação de três espécies de *Ipomoea*. Médias seguidas de mesma letra maiúscula indicam ausência de diferença entre os tratamentos dentro de cada espécie e de mesma letra minúscula indicam ausência de diferença para cada tratamento entre as espécies, através do teste de Tukey a 5% de probabilidade ($n = 50$ e $CV = 59,61$). UTFPR, Pato Branco – PR, 2013.

A maior frequência de germinação para a *I. indivisa* ocorreu através da escarificação mecânica atingindo 82% no primeiro dia, seguido pela escarificação química, com 56%, enquanto na testemunha as sementes ainda não tinham germinado, atingindo a frequência máxima de 50%, apenas no quarto dia. Para a *I. grandifolia* (Figura 2.4B), a água quente proporcionou frequência de 87% no primeiro dia, seguido da escarificação mecânica, com 72%, enquanto a testemunha apresentou apenas 47% de germinação. Já a *I. purpurea* alcançou 92% de germinação no primeiro dia com a escarificação química e a testemunha apenas 8% (Figura 2.4C). As maiores frequências de germinação na testemunha ocorreram no primeiro, segundo e quarto dias, para *I. grandifolia*, *I. purpurea* e *I. indivisa*, respectivamente (Figura 2.4).

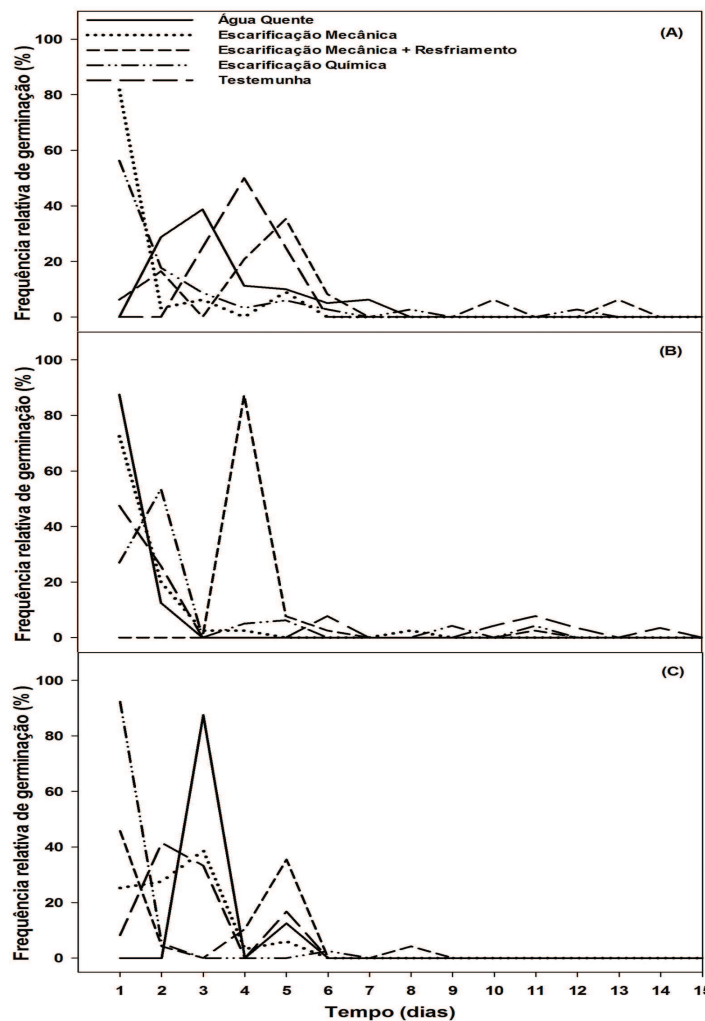


Figura 2.4 - Frequência relativa de germinação de *I. indivisa* (A), *I. grandifolia* (B) e *I. purpurea* (C) em função de diferentes tratamentos de superação de dormência, n = 50. UTFPR, Pato Branco – PR, 2013.

Observando-se as curvas de frequência relativa de germinação determinadas pelos tratamentos de superação de dormência das espécies de *Ipomoea* (Figura 2.4), constata-se que elas não apresentam frequência normal, sugerindo a existência de sinais que se sobrepõem ao estímulo natural da germinação (LABOURIAU, 1983). Nesses casos, se manifestam padrões de germinação leptocúrticos, ou seja, quando grande parte das sementes germina de forma concentrada em curto espaço de tempo. Esse tipo de curva sugere que a germinação não está ocorrendo ao acaso, mas sim respondendo a algum estímulo ou mecanismo, que resulta na sincronização do processo (FERREIRA; BORGUETTI, 2004). Na testemunha, a germinação se distribui ao longo do tempo, apresentando uma curva de distribuição platicúrtica, ou seja, o sincronismo de germinação é inferior ao observado quando as sementes foram submetidas aos tratamentos de superação de dormência.

4.6 CONCLUSÕES

O tratamento com ácido sulfúrico destaca-se no incremento da germinação de *I. indivisa* e *I. purpurea* e no índice de velocidade de germinação de *I. purpurea*.

O tratamento com água quente é o mais eficiente em promover a germinação de *I. grandifolia* e em reduzir o tempo médio de germinação de *I. grandifolia* e *I. purpurea*.

Nos tratamentos de superação de dormência, a germinação se distribuiu de forma leptocúrtica, enquanto na testemunha a distribuição foi platicúrtica.

3 TOLERÂNCIA AO GLYPHOSATE EM BIÓTIPOS DE *Ipomoea grandifolia*, *I. indivisa* E *I. purpurea*

3.1 RESUMO

O uso intensivo de glyphosate em áreas cultivadas tem exercido forte pressão de seleção, favorecendo o surgimento de espécies daninhas com alto grau de tolerância e resistência ao produto. Espécies de *Ipomoea* estão entre as mais tolerantes ao glyphosate e por isso objetivou-se com este trabalho: (a) identificar as espécies de *Ipomoea* mais comuns em lavouras de soja da região Sudoeste do Paraná e Oeste de Santa Catarina; (b) avaliar se há variabilidade nos níveis de tolerância ao glyphosate entre biótipos e espécies de *Ipomoea*. Em ensaio preliminar, foi utilizado um biótipo de cada uma das espécies *I. grandifolia*, *I. indivisa* e *I. purpurea*, com a finalidade de definir as doses de glyphosate a serem empregadas no ensaio definitivo. Foram aplicados 0, 445, 665, 1.000, 1.496, 2.245 e 3.365 g ha⁻¹ (doses em equivalente ácido) em plantas com 6 a 8 folhas verdadeiras. O desempenho do herbicida foi avaliado através do controle aos 7, 14 21 e 28 dias após a aplicação (DAA), da massa da parte aérea verde (MPAV) e seca (MPAS) aos 28 DAA. Em três ensaios subsequentes foram feitas as mesmas determinações do ensaio preliminar em 31 biótipos (20 de *I. grandifolia*, 7 de *I. indivisa* e 4 de *I. purpurea*) nos quais foram aplicadas 0, 216, 432, 864, 1.296, 1.728 e 2.160 g ha⁻¹ de glyphosate (doses em equivalente ácido). As espécies de *Ipomoea* mais comuns no levantamento foram *I. indivisa*, *I. purpurea* e *I. grandifolia*. Há grande variabilidade de tolerância ao herbicida glyphosate entre biótipos de uma mesma espécie. Alguns biótipos necessitaram dose muito superior à recomendada para a espécie para serem controlados satisfatoriamente, indicando evolução no nível de tolerância ao glyphosate.

3.2 ABSTRACT

The intensive use of glyphosate in cultivated areas have exerted strong selection pressure favoring the emergence of weeds with a high degree of tolerance and resistance. *Ipomoea* species are among the most tolerant to glyphosate, thus the

objectives of this work were: (a) to identify the most common species of *Ipomoea* in soybean crops in the Southwestern region of West Paraná and West of Santa Catarina, (b) to evaluate the levels of variability on the tolerance to glyphosate among biotypes and species of *Ipomoea*. On a preliminary experiment, it was defined the rates of glyphosate (expressed in acid equivalent) for one biotype of each species *I. grandifolia*, *I. indivisa* and *I. purpurea*. The glyphosate rates evaluated consisted of 0, 445, 665, 1.000, 1.496, 2.245 and 3.365 g ha⁻¹, sprayed on plants with 6-8 true leaves. Assessments included plant control at 7, 14, 21 and 28 days after application (DAA), mass of green shoots (MPAV) and dry (MPAS) at 28 DAA. On subsequent experiments, glyphosate efficacy was evaluated on 31 biotypes (20 of *I. grandifolia*, 7 of *I. indivisa* and 4 of *I. purpurea*) treated with 0, 216, 432, 864, 1.296, 1.728 and 2.160 g ha⁻¹ of the herbicide. The most common species of *Ipomoea* in the survey were *I. indivisa*, *I. purpurea*, and *I. grandifolia*. There is great variability in tolerance to glyphosate among biotypes of the same species. Some biotypes needs rates much higher than recommended rate to the species to be satisfactorily controlled, indicating evolution in the level of tolerance to glyphosate.

3.3 INTRODUÇÃO

A utilização de herbicidas tem sido intensificada desde a década de 40, principalmente, devido à obtenção de níveis elevados de eficiência e facilidade de manejo. Nas últimas décadas, maior atenção tem sido dada aos efeitos colaterais dos mesmos, tais como o impacto nos seres vivos e no ambiente, toxicidade as espécies cultivadas, persistência em solos e em águas superficiais e subterrâneas. Ao longo dos anos foram detectadas espécies com alto grau de tolerância e resistência aos herbicidas (ARANTES, 2007). O herbicida glyphosate [(n-fosfometil) glicina] se destaca, pois é um dos herbicidas mais comercializados no mundo (MONQUERO, 2003), seja pelo seu amplo espectro de ação bem como pelo seu baixo custo.

O desenvolvimento de cultivares resistentes ao glyphosate nas últimas décadas acabou reduzindo o interesse pela busca de novos mecanismos de ação por parte da indústria, principalmente devido ao baixo custo desse produto. Além disso, a retirada de herbicidas mais antigos por ações de autoridades reguladoras e

das próprias empresas fabricantes, limitou a diversidade química disponível para os agricultores e gerou crescente dependência de uma gama restrita de herbicidas que atuam em poucos locais de ação. Esta situação facilita a evolução de populações tolerantes e resistentes aos herbicidas, causando mudanças no espectro de plantas daninhas (GRESSEL, 2010). É preocupante o fato que essa evolução venha ocorrendo em expressiva área de cultivo. Por mais que seja um problema emergente, o sistema de produção mundial encontra-se cada vez mais ameaçado (GRESSEL, 2010).

As plantas daninhas causam grande interferência nos sistemas produtivos, seja ocasionando perdas no rendimento e colheita ou onerando os custos de produção para realização do controle. A cada ano o manejo de plantas daninhas torna-se mais difícil, pois está cada vez mais comum a presença de plantas daninhas tolerantes aos herbicidas comumente usados pelos agricultores nas lavouras.

Mesmo que glyphosate seja considerado um herbicida de ação total, muitas espécies de plantas daninhas tem demonstrado tolerância a ele (DURIGAN; GALLI; LEITE, 1988; SANTOS et al., 2001), como *Ambrosia artemisiifolia* (KAPUSTA; KRAUSZ; MATTHEWS, 1994), *Sesbania exaltata*, *Ipomoea* spp. (JORDAN et al., 1997; LICH; RENNER; PENNER, 1997), *Apocynum cannabinum* e *Asclepias syriaca* (WYRILL; BURNSIDE, 1976). No Brasil, espécies de *Ipomoea*, do gênero *Commelina* e *Spermacoce latifolia* são exemplos de espécies tolerantes ao glyphosate (BARROS; ROCHA, 2010). Em estudo comparativo entre *Commelina benghalensis*, *Ipomoea grandifolia* e *Amaranthus hybridus* foi constatado que a tolerância de *C. benghalensis* ao glyphosate está relacionada à baixa absorção e translocação e maior capacidade de produzir o metabólito AMPA, enquanto a tolerância de *I. grandifolia* ao glyphosate está relacionada à menor translocação do herbicida dentro da planta (MONQUERO et al., 2004).

Muitas espécies do gênero *Ipomoea* são altamente competitivas com a cultura da soja e isso tem sido apontado em trabalhos conduzidos no Brasil e em outros países. A competição de espécies de *Ipomoea* spp. em lavouras de soja pode reduzir a produtividade entre 25 e 43% com densidades entre 2 e 8 plantas m² (HOWE; OLIVER 1987; STOLLER et al 1987). Altas populações de *I. lacunosa* podem reduzir rendimento da soja em até 90% (HOWE; OLIVER 1987). Avaliando a

interferência de diferentes proporções de *Euphorbia heterophylla* e *Ipomoea ramosissima* na cultura da soja, Rizzardi et al. (2004) constataram maior agressividade da *I. ramosissima*, pois à medida que aumentou a presença de *E. heterophylla* em até 75% na mistura, a redução na biomassa de soja foi de 28%, enquanto com aumento da presença de *I. ramosissima* a redução foi de 60%. Estudando a competição relativa de espécies de plantas daninhas com cultivares de soja, Voll et al. (2002) verificaram queda na produção em 37% na presença de 30 plantas/m² de *I. grandifolia*.

Espécies de *Ipomoea* estão entre as mais tolerantes ao glyphosate, tendo mostrado variações de tolerância a este herbicida entre populações da mesma espécie (BALDWIN, 1995). Nicolai et al. (2010) observaram diferentes níveis de sensibilidade ao glyphosate entre espécies de *Ipomoea* spp., pois a dose necessária para controle de 50% variou entre 223 g ha⁻¹, para a *I. grandifolia* a 397 g ha⁻¹ para *I. quamoclit*. Nesse mesmo trabalho, a análise da dose necessária para 95% de controle, resultou em alteração no nível de suscetibilidade estabelecendo-se a seguinte ordem: *I. nil* (1.398 g ha⁻¹) < *I. purpurea* (752 g ha⁻¹) < *Merremia aegyptia* (732 g ha⁻¹) < *I. hederifolia* (705 g ha⁻¹) < *I. quamoclit* (700 g ha⁻¹) < *I. grandifolia* (422 g ha⁻¹).

A variabilidade quanto à tolerância a um herbicida pode existir entre espécies e populações da mesma espécie daninha, e também dentro de um único biótipo, em função do estádio de desenvolvimento das plantas. Ao trabalharem com plantas de *I. triloba* nos estádios de 4, 6 e 8 folhas, Chauhan; Abugho (2012) observaram controles variando entre 72, 70 e 53% quando foram aplicados 250 g ha⁻¹ de glyphosate e 95, 92 e 88% para 500 g ha⁻¹, respectivamente.

Em lavouras do Sul do Brasil, a variabilidade nos níveis de tolerância ao glyphosate entre espécies e populações de *Ipomoea* spp. tem se tornado evidente a nível de campo. Por isso, a importância de se conhecer as espécies mais importantes regionalmente e também o seu grau de tolerância a herbicidas.

Sendo assim, os objetivos desse estudo foram: identificar as espécies de *Ipomoea* spp. mais comuns em lavouras de soja da região Sudoeste do Paraná e Oeste de Santa Catarina; avaliar os níveis tolerância desses biótipos ao herbicida glyphosate através de curvas de resposta à dose, verificando se há variabilidade dentro da mesma espécie.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

3.4.1 Coleta das populações e Identificação das espécies

As sementes das plantas de *Ipomoea* spp. foram coletadas em lavouras de soja geneticamente modificada de produtores das regiões Sudoeste do Paraná e Oeste de Santa Catarina. Após a coleta a campo das sementes, as mesmas foram secas ao ar livre e beneficiadas manualmente. Coletaram-se 31 populações, três em Santa Catarina e 28 no Paraná. A identificação taxonômica ao nível de espécie foi efetuada com auxílio da Bióloga Dr. Priscila Porto Alegre Ferreira, do Programa de Pós-graduação em Botânica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Para a identificação, fotografias de inflorescências e sementes de plantas das populações coletadas foram encaminhadas para que a pesquisadora procedesse a identificação.

3.4.2 Experimento Preliminar

Experimento preliminar foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Tecnológica Federal do Paraná de Pato Branco, em delineamento experimental inteiramente casualizado, com três repetições. Os tratamentos foram arranjados em esquema fatorial 3 x 7 x 4, representado pelas espécies de corda-de-violão (*I. indivisa*, *I. grandifolia* e *I. purpurea*), doses de glyphosate (0, 445, 665, 1.000, 1.496, 2.245 e 3.365 g ha⁻¹) e épocas das avaliações visuais (7, 14, 21 e 28 DAA).

As sementes sofreram superação de dormência, através dos tratamentos com água quente à 98°C para os biótipos de *I. grandifolia* e ácido sulfúrico concentrado (98%) para os de *I. purpurea* e *I. indivisa* de acordo com a metodologia proposta por Pazuch et al. (2012). Foram semeadas dez sementes por vaso mantendo-se cinco plantas, após desbaste. Para aplicação de glyphosate foi utilizado pulverizador costal manual pressurizado com CO₂, trabalhando à pressão constante, equipado com bicos do tipo leque XR 110.02, aplicando um volume de calda de 200 L ha⁻¹. A aplicação ocorreu em pós-emergência, quando as plantas estavam no estágio de 6 a 8 folhas definitivas.

Após a aplicação dos tratamentos, a avaliação do percentual de controle foi realizada aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA), através de uma escala de 0 a 100% (FRANS et al., 1986), em que 0% representa ausência total de sintomas e 100% a morte das plantas. Aos 28 DAA, as partes aéreas das plantas foram coletadas, determinando-se a massa da parte aérea verde (MPAV) e em seguida colocadas em estufa a 60°C até peso constante, para avaliação da massa da parte aérea seca (MPAS).

Os dados foram submetidos à análise da variância pelo teste F e, em caso de significância, as médias do fator qualitativo foram comparadas através do teste DMS ($p < 0,05$). As médias de fatores quantitativos foram ajustadas aos modelos de regressão não-linear pela equação sigmoidal de três parâmetros (Equação 1), e logística de três parâmetros (Equação 2) com auxílio do programa computacional SigmaPlot (SIGMAPLOT, 2006):

$$\text{Equação 1: } y = \frac{a}{1 + \exp\left[-\frac{x-x_0}{b}\right]} \quad \text{Equação 2: } y = \frac{a}{1 + \text{abs}\left[\frac{x}{x_0}\right]^b}$$

Onde: y = Variável dependente; a = assíntota máxima; x = dose do herbicida; x_0 = dose que proporciona 50% de controle; b = declividade da curva.

Também foram calculadas as doses necessárias para proporcionar 50 e 80% (C_{50} e C_{80}) de controle e 50 e 80% (GR_{50} e GR_{80}) de redução na MPAV e MPVAS com o uso de planilha eletrônica (Excel) através do isolamento do x .

3.4.3 Experimentos Subsequentes

Três experimentos, um para cada espécie de *Ipomoea*, foram conduzidos simultaneamente em casa de vegetação e telado da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco, localizado a latitude 26°07'S e longitude 52°41'W. O clima é classificado como subtropical úmido (Cfa), e altitude média de 766 m.

O delineamento utilizado em cada experimento foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições. Em cada experimento, os tratamentos foram

arranjados em bifatorial, sendo o primeiro fator constituído pelos biótipos de *Ipomoea* e o segundo fator pelas concentrações de glyphosate.

Os vasos foram preenchidos com 4.400 cm³ de solo coletado na Área Experimental da UTFPR, os quais foram peneirados e corrigidos nutricionalmente de acordo com a indicação da análise de solo (Tabela 3.1).

Tabela 3.1 – Análise química do solo utilizado para semeadura das espécies de *Ipomoea*. UTFPR, Pato Branco -PR, 2013.

pH Ca Cl₂	MO	P	K	Ca	Mg	Al⁺³	SB	V
5,1	gdm ⁻³	mgdm ⁻³	cmol _c dm ⁻³					%
	67,01	13,25	0,55	6,44	3,36	0	10,35	61,32

As sementes sofreram superação da dormência, conforme descrito no experimento preliminar e em seguida foram semeadas cinco sementes por vaso, em 26/03/2012 para os biótipos de *I. purpurea* e *I. indivisa* e em 29/03/2012 para os biótipos de *I. grandifolia*, pois essa apresenta maior velocidade de emergência do que as demais espécies. Foram semeadas cinco sementes por vaso, permanecendo após o desbaste três plantas por vaso.

As plantas permaneceram em casa de vegetação com sistema de controle de temperatura, arrefecimento e de irrigação automática por gotejamento até apresentarem dois pares de folhas verdadeiras, e na sequência os vasos foram transferidos para área de telado contendo sistema de irrigação por aspersão. As condições de temperatura e umidade relativa do ar no decorrer do experimento são apresentadas na Figura 3.1 a seguir.

O herbicida glyphosate (Zapp QI 620) foi aspergido no dia 03/05/2012, com o mesmo equipamento, modalidade, método de aplicação e estadios das plantas de *Ipomoea* descritos no experimento preliminar. As doses empregadas foram 0, 216, 432, 864, 1.296, 1.728 e 2.160 g ha⁻¹ de glyphosate (doses em equivalente ácido). As condições ambientais no início e final das aplicações foram as seguintes: velocidade do vento (m/s) = 0,75 e 1,4; umidade relativa do ar (%) = 60 e 65; temperatura do ar (°C) = 20,3 e 19,7.

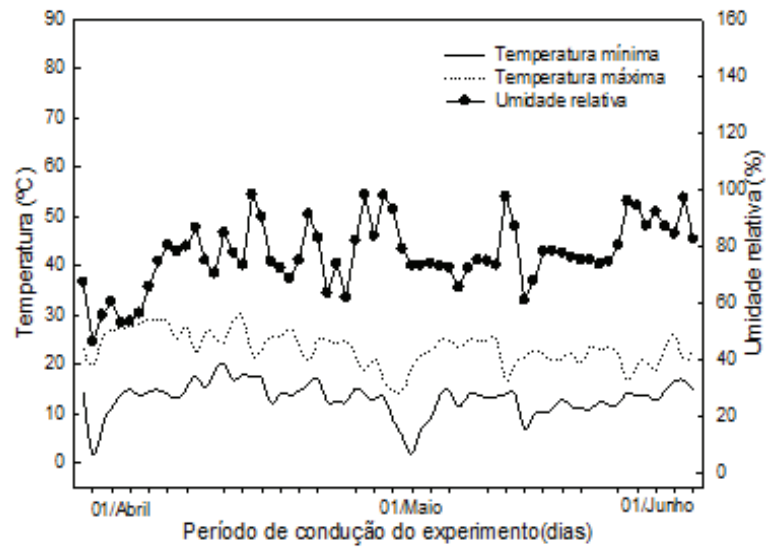


Figura 3.1 – Umidade relativa do ar e temperaturas mínimas e máximas diárias observadas no período de 26/03 a 31/05/2012. UTFPR, Pato Branco – PR, 2013.

Foram efetuadas as mesmas determinações e a análise estatística do experimento preliminar. A partir dos valores de GR_{50} obtiveram-se os fatores de tolerância (FT) para cada biótipo. 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). Calculou-se o FT através do quociente do GR_{50} de cada biótipo pelo GR_{50} do biótipo mais sensível.

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As espécies de *Ipomoea* encontradas no levantamento efetuado em lavouras de soja na região Sudoeste do Paraná e Oeste de Santa Catarina foram *I. indivisa*, *I. purpurea*, *I. grandifolia*, sendo a última a que ocorreu em maior frequência (Tabela 3.2).

Tabela 3.2 - Biótipo, espécie e local de origem de cada biótipo estudado. UTFPR, Campus Pato Branco - PR, 2013.

Biótipo	Espécie de <i>Ipomoea</i>	Local de Origem	Altitude
1	São Domingos - SC	<i>I. indivisa</i>	627
2	Renascença - PR	<i>I. grandifolia</i>	701
3	Renascença - PR	<i>I. grandifolia</i>	701
4	São Domingos - SC	<i>I. grandifolia</i>	627
5	Santo Antonio do Sudoeste - PR	<i>I. grandifolia</i>	527
6	Santo Antonio do Sudoeste - PR	<i>I. grandifolia</i>	527
7	Renascença - PR	<i>I. indivisa</i>	701
8	Renascença - PR	<i>I. grandifolia</i>	701
9	Renascença - PR	<i>I. purpurea</i>	701
10	Renascença - PR	<i>I. indivisa</i>	701
11	Renascença - PR	<i>I. grandifolia</i>	701
12	Mariópolis - PR	<i>I. grandifolia</i>	832
13	Renascença - PR	<i>I. grandifolia</i>	701
14	Santo Antonio do Sudoeste - PR	<i>I. grandifolia</i>	527
15	Renascença - PR	<i>I. grandifolia</i>	701
16*	Mariópolis - PR	<i>I. grandifolia</i>	832
17	Renascença - PR	<i>I. purpurea</i>	701
18	Pato Branco - PR	<i>I. grandifolia</i>	766
19	Pato Branco - PR	<i>I. grandifolia</i>	766
20	São Domingos - SC	<i>I. indivisa</i>	627
21	Pato Branco - PR	<i>I. grandifolia</i>	766
22	Pato Branco - PR	<i>I. grandifolia</i>	766
23	Pato Branco - PR	<i>I. indivisa</i>	766
24	Pato Branco - PR	<i>I. grandifolia</i>	766
25*	Pato Branco - PR	<i>I. purpurea</i>	766
26	Pranchita - PR	<i>I. grandifolia</i>	535
27	Pato Branco - PR	<i>I. indivisa</i>	766
28	Pato Branco - PR	<i>I. grandifolia</i>	766
29	Nova Esperança do Sudoeste - PR	<i>I. purpurea</i>	626
30*	Pato Branco - PR	<i>I. indivisa</i>	766
31	Santo Antonio do Sudoeste - PR	<i>I. grandifolia</i>	527

*Biótipos coletados em área sem pressão de seleção por glyphosate.

3.5.1 Experimento Preliminar

3.5.1.1 Controle de *I. indivisa*, *I. grandifolia* e *I. purpurea* com glyphosate

Houve interação significativa entre os fatores doses x espécies x épocas para variável controle e entre os fatores doses x espécies para as variáveis MPAV e MPAS (Apêndice 2). A primeira avaliação de controle, aos 7 DAA (Figura

3.2A), demonstrou comportamento distinto das demais avaliações, pois os níveis de controle com 3.365 g ha⁻¹ de glyphosate foram: *I. purpurea* (78%), *I. indivisa* (75%) e *I. grandifolia* (68%).

A partir da segunda avaliação (14 DAA), até a última (28 DAA), a espécie que apresentou maior sensibilidade ao glyphosate foi *I. indivisa*, a qual atingiu controle acima de 90% a partir de 21 DAA (Figura 3.2C) com 1.496 g ha⁻¹. Para *I. purpurea*, os valores de controle aos 14 DAA variaram entre 26 e 85%, havendo controle satisfatório somente na maior dose (3.365 g ha⁻¹). Os resultados de controle de *I. purpurea* nesse estudo (Figura 3.2B) foram semelhantes aos encontrados por Burke et al. (2009), que constataram controle de apenas 29% de *I. purpurea* aos 14 DAA, ao aplicarem 420 g ha⁻¹ de glyphosate.

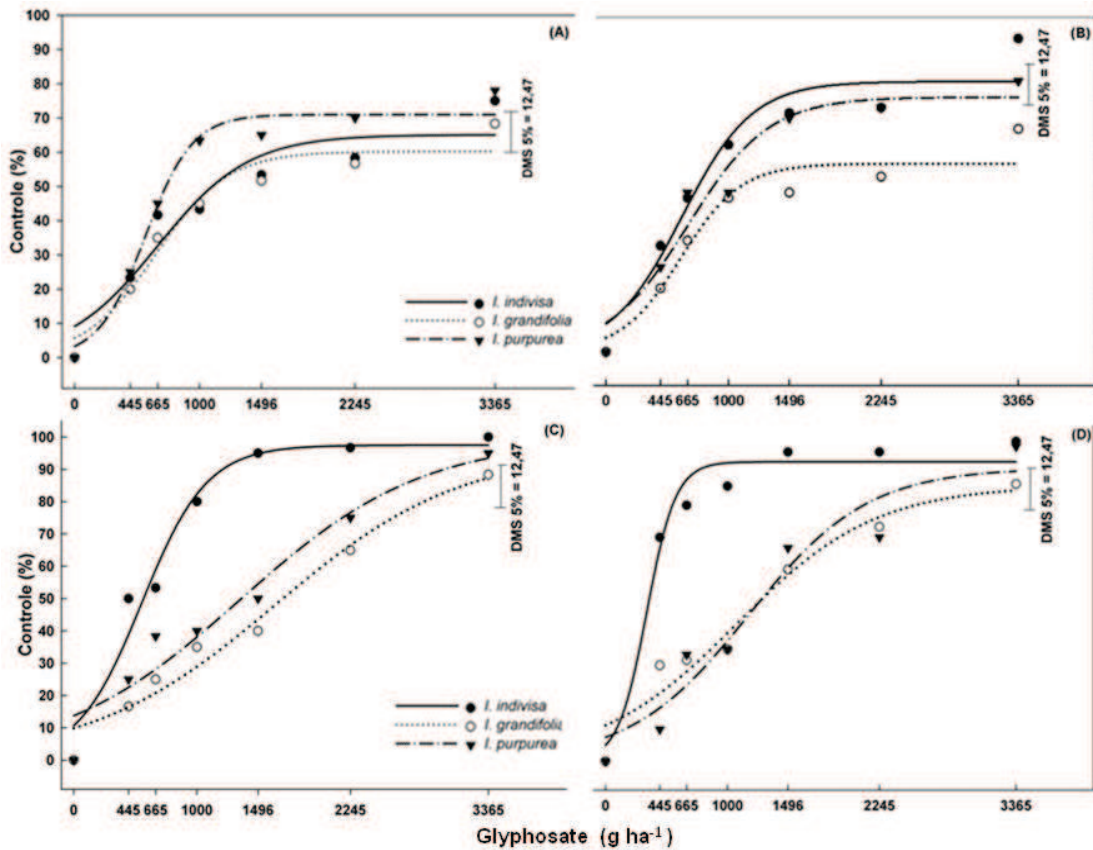


Figura 3.2 - Resposta a doses de glyphosate nas espécies *I. indivisa*, *I. grandifolia* e *I. purpurea* aos 7 (A), 14(B), 21 (C) e 28 (D) DAA. Médias comparadas pelo teste DMS a 5% de significância.

As respostas de controle nas espécies *I. grandifolia* e *I. purpurea* foram semelhantes entre si a partir de 21 DAA. Estas espécies apresentaram controles de apenas 65 e 75% com 2.245 g ha⁻¹ de glyphosate, respectivamente, sendo controladas satisfatoriamente apenas com utilização da maior dose (Figura 3.2C).

Aos 28 DAA, o nível de controle de *I. indivisa* atingiu 80%, com apenas 549 g ha⁻¹, enquanto os níveis de controle de *I. grandifolia* e *I. purpurea* foram de apenas 32%, sendo necessário 3.365 g ha⁻¹ para atingir controle superior a 80% (Figura 3.2D).

A Tabela 3.3 descreve os valores de C₅₀ estimados pela equação logística e C₅₀ e C₈₀ estimados através do programa Microsoft Excel. Nas avaliações efetuadas aos 7 e 14 DAA houve baixa correspondência entre os valores de C₅₀ estimados pelas distintas metodologias. Aos 21 e 28 DAA, houve boa correspondência dos valores estimados pela equação logística e pelo Excel. Os valores de C₅₀ e C₈₀ foram menores para a espécie *I. indivisa* (Tabela 3.3) o que indica maior suscetibilidade desta espécie em relação a *I. grandifolia* e *I. purpurea*. Os valores de C₅₀ e C₈₀ para *I. grandifolia* e *I. purpurea* foram semelhantes, indicando níveis de tolerância similares entre estas duas espécies (Tabela 3.3).

Tabela 3.3- Parâmetros das equações ajustadas para o controle de plantas em função as doses de glyphosate para os biótipos de *I. indivisa*, *I. grandifolia* e *I. purpurea* aos 7, 14, 21 e 28 DAA. UTFPR, Pato Branco -PR, 2013.

DAA	Espécie	Parâmetros ¹				C ₅₀ **	C ₈₀ **
		A	B	C ₅₀ *	R ²		
7	<i>I. indivisa</i>	65,07	365,69	662,87	0,86	1102	> 3365
	<i>I. grandifolia</i>	60,21	288,4	648,67	0,93	1137	> 3365
	<i>I. purpurea</i>	71,09	189,21	568,66	0,97	732	> 3365
14	<i>I. indivisa</i>	84,85	287,16	620,1	0,91	724	1425
	<i>I. grandifolia</i>	59,09	245,2	612,61	0,9	1031	> 3365
	<i>I. purpurea</i>	79,95	328,91	673,13	0,92	842	> 3365
21	<i>I. indivisa</i>	97,46	263,57	553,32	0,95	568	955
	<i>I. grandifolia</i>	96,22	754,46	1638,07	0,95	1698	> 3365
	<i>I. purpurea</i>	99,64	739,97	1355,72	0,92	1361	2395
28	<i>I. indivisa</i>	93,61	118,29	339,23	0,96	356	549
	<i>I. grandifolia</i>	86,17	568,31	1176,37	0,93	1264	2535
	<i>I. purpurea</i>	91,7	487,07	1079,14	0,91	1265	2113

¹ Equação sigmoidal de três parâmetros. A= Assíntota máxima, B= Declividade da curva, C₅₀= Dose que proporciona controle de 50%. C₈₀=Dose que proporciona controle de 80%. *Valores ajustados através do programa SigmaPlot. **Índices estimados através do programa Microsoft Excel.

3.5.1.2 Redução das massas da parte aérea verde e seca em *I. indivisa*, *I. grandifolia* e *I. purpurea*

A maior dose de glyphosate (3.365 g ha^{-1}) reduziu 84, 96 e 98 % da MPAV (Figura 3.3A) e de 68, 83 e 84 % da MPAS de *I. grandifolia*, *I. purpurea* e *I. indivisa* (Figura 3.3B), respectivamente, em relação à testemunha, indicando variabilidade de tolerância ao glyphosate entre as espécies de *Ipomoea* estudadas. Os valores de GR_{50} estimados pelos dois métodos foram muito similares entre si (Figura 3.3). Tanto os valores de GR_{50} quanto de GR_{80} da massa da parte aérea seca indicam que a espécie *I. grandifolia* foi a mais tolerante ao glyphosate (Tabela 3.4).

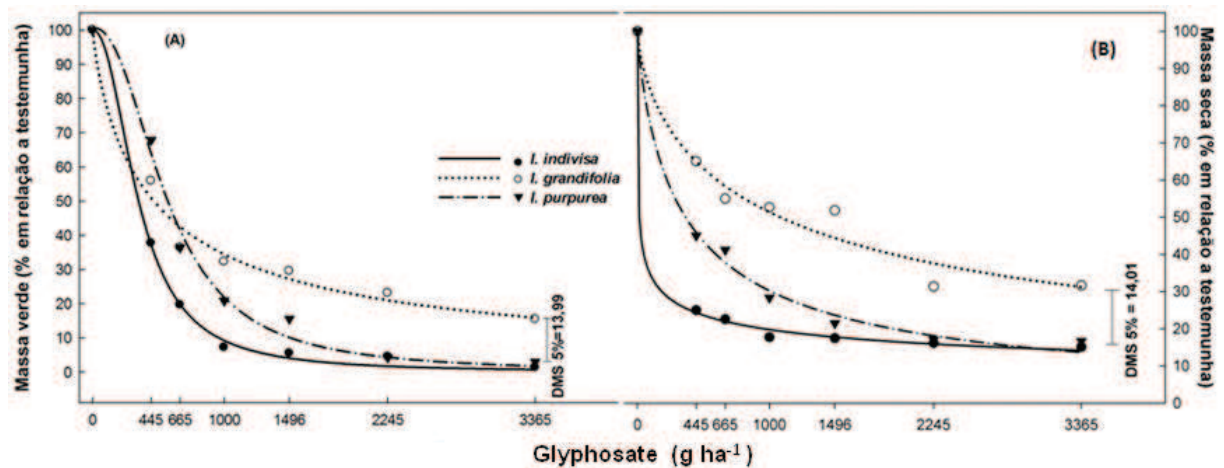


Figura 3.3 - Massa da parte aérea verde (A) e massa da parte aérea seca (B) (% em relação à testemunha) de *I. indivisa*, *I. grandifolia* e *I. purpurea* em resposta a aplicação de glyphosate. UTFPR, Pato Branco -PR, 2013.

Tabela 3.4- Parâmetros das equações referentes a massa da parte aérea seca e verde de *I. indivisa*, *I. grandifolia* e *I. purpurea* tratadas com glyphosate. UTFPR, Pato Branco -PR, 2013.

	Parâmetros ¹				GR ₅₀ **	GR ₈₀ **
	A	B	GR ₅₀ *	R ²		
Massa da parte aérea verde – MPAV						
<i>I. indivisa</i>	100,03	2,18	350,43	0,99	351	662
<i>I. grandifolia</i>	100,7	2,26	568,28	0,98	572	1051
<i>I. purpurea</i>	100,17	0,84	463,72	0,97	465	2405
Massa da parte aérea seca – MPAS						
<i>I. indivisa</i>	100	0,32	13,86	0,99	14	958
<i>I. grandifolia</i>	99,85	0,69	1085,51	0,95	1078	>3365
<i>I. purpurea</i>	100,03	0,83	365,18	0,99	365	1936

¹ Equação logística de três parâmetros. A= Assíntota máxima, B= Declividade da curva, GR₅₀= Dose que proporciona redução de 50% da MPAV ou MPAS. GR₈₀= Dose que proporciona redução de 80% da MPAV ou MPAS. *Valores ajustados através do programa SigmaPlot. **Índices estimados através do programa Microsoft Excel.

Assim, fica evidente a variabilidade de resposta ao glyphosate entre as três espécies estudadas, e ao observar os dados de controle e redução da MPAV e MPAS (Figura 3.2 e 3.3) e dos índices estimados de C_{80} e GR_{80} (Tabela 3.3 e 3.4) pode-se inferir que a espécie que apresentou maior tolerância ao glyphosate foi *I. grandifolia*.

Vários trabalhos da literatura apresentam resultados distintos ao do presente estudo. No trabalho realizado por Lacerda (2003), foram necessários 1.920 g ha⁻¹ de glyphosate para obtenção de 63% de controle de *I. grandifolia*, enquanto no presente estudo foram necessárias 3.365 g ha⁻¹ de glyphosate para atingir nível semelhante de controle (68%). Maior suscetibilidade de *I. grandifolia* ao herbicida glyphosate do que a observada nesse estudo foi detectada também por Monquero (2003), a qual obteve 94% de controle e 98% de redução na biomassa com apenas 420 g ha⁻¹, aos 14 DAA. A autora supracitada apresenta resultados de controle consonantes aos 95% de controle em *I. grandifolia* aos 56 DAA utilizando 422 g ha⁻¹ obtidos por Nicolai et al. (2010).

3.5.2 Experimentos Subsequentes

3.5.2.1 Controle de *I. grandifolia*

Os resultados da análise de variância indicaram interações significativas entre os fatores biótipos x doses para todas as variáveis analisadas (Apêndice 3). As menores doses de glyphosate (216, 432, 864, 1.296g ha⁻¹) proporcionaram baixos níveis de controle de *I. grandifolia* aos 14 dias após a aplicação (DAA), variando entre 10 e 60% (Figura 3.4A e Tabela 3.5). A dose de 1.728 g ha⁻¹ foi eficiente para os biótipos 3, 5 e 14, resultando em controle de 80, 90 e 85%, respectivamente. A maior dose, de 2.160 g ha⁻¹, proporcionou aumento na eficiência de controle de *I. grandifolia* com taxas de controle aos 14 DAA variando entre 30 e 90% para a maioria dos biótipos (Figura 3.4A). Embora não tenha havido casos com 100% de controle com a dose de 2.160 g ha⁻¹ aos 14 DAA, os biótipos 2,

3, 5, 14, 18, 28 e 31 apresentaram controle médio de 84%, considerado satisfatório na prática.

Aos 14 DAA, a correlação entre as duas formas de cálculo de C_{50} não foi significativa ($p>0,05$). Considerando apenas os valores estimados pelo Excel, os valores mais baixos de GR_{50} foram dos biótipos 3 e 24. O biótipo 14 apresentou o menor valor de C_{80} . Vários biótipos apresentaram valores de C_{80} superiores à maior dose de glyphosate empregada no experimento, de 2.160 g ha^{-1} (Tabela 3.5).

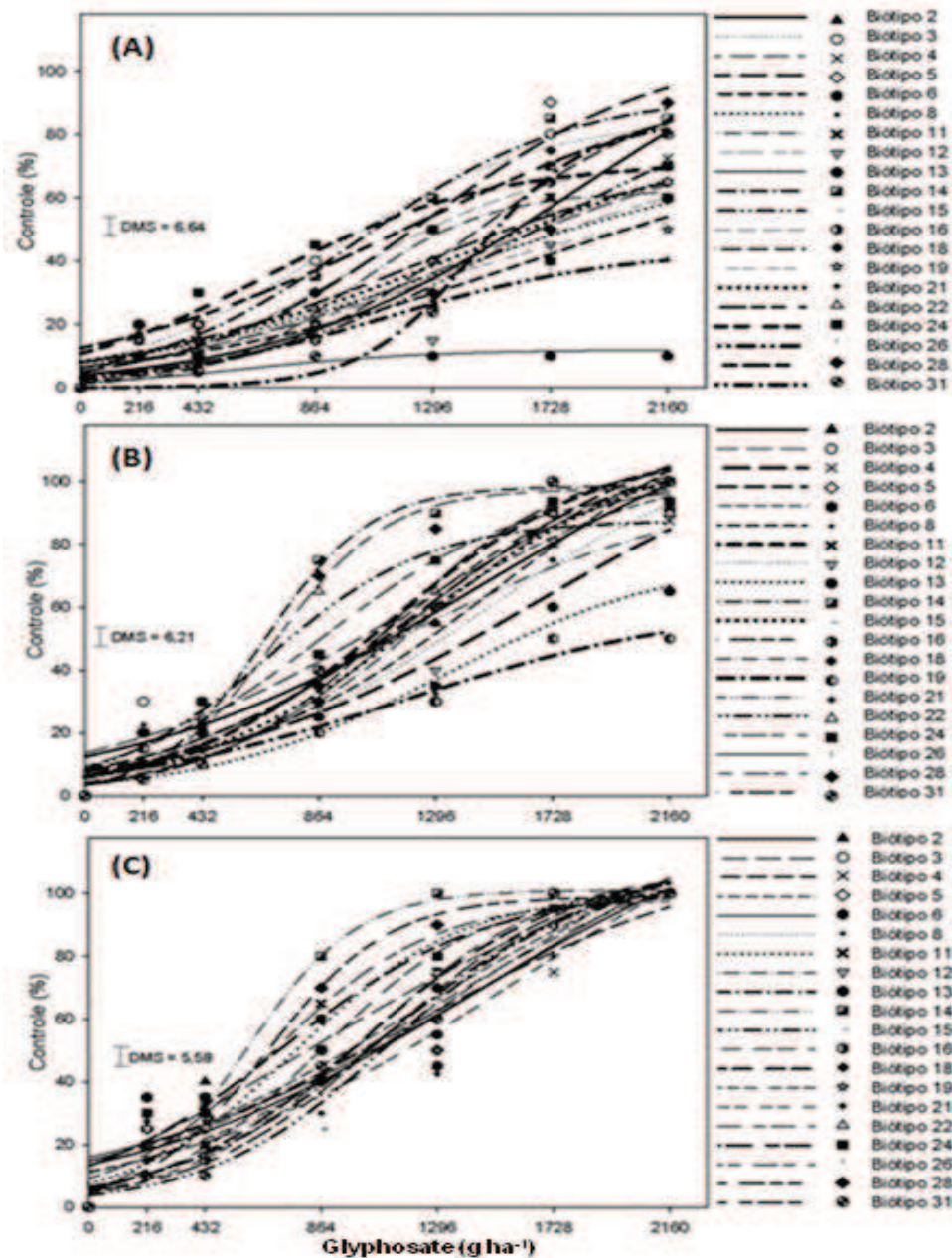


Figura 3.4 - Níveis de controle de biótipos de *I. grandifolia* aos 14 (A), 21 (B) e 28 (C) dias após a aplicação dos tratamentos em resposta a doses de glyphosate. Médias comparadas pelo teste DMS à 5% de significância. UTFPR, Pato Branco -PR, 2013.

Tabela 3.5 – Parâmetros das equações ajustadas para o controle de plantas em função das doses de glyphosate para os biótipos e valor de C_{80} para o controle dos biótipos de *I. grandifolia* aos 14 DAA após a aplicação de glyphosate . UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.

Biótipos	Parâmetros ¹				C_{50}^{**}	C_{80}^{**}
	A	B	C_{50}^*	R^2		
2	122,87	541,3	1806,68	0,98	1603	2145
3	85,47	395,26	904,311	0,96	1040	1965
4	83,04	585,07	1446,15	0,97	1689	>2160
5	106,96	430,64	1280,21	0,94	1225	1749
6	79,42	680,83	1646,24	0,95	2008	>2160
8	74,57	629,24	1357,61	0,93	1805	>2160
11	62,33	254,91	991,811	0,98	1349	>2160
12	77,71	591,6	1432,41	0,95	1782	>2160
13	12,03	342,99	605,231	0,94	>2160	>2160
14	92,69	389,64	1019,19	0,97	1081	1737
15	95,5	498,18	1631,93	0,98	1679	2450
16 ²	73,27	372,32	994,201	0,99	1279	>2160
18	96,76	387,71	1438,63	0,94	1465	2045
19	61,03	548,41	1180,71	0,9	2010	>2160
21	87,14	644,25	1448,82	0,94	1641	>2160
22	77,92	572,22	1240,3	0,95	1574	>2160
24	71,07	402,46	691,91	0,91	1040	>2160
26	43,95	438,12	1114,75	0,98	>2160	>2160
28	101,19	616,52	1204,08	0,92	1190	2023
31	84,22	206,21	1447,89	0,98	1527	2055

¹ Equação sigmoidal de três parâmetros. A= Assíntota máxima, B= Declividade da curva. C_{50} = Dose que proporciona controle de 50%. C_{80} = Dose necessária para gerar 80% de controle. ² Biótipos coletados em áreas sem aplicação de glyphosate. * Valores ajustados através do programa SigmaPlot. ** Índices estimados através do programa Microsoft Excel.

Aos 21 DAA houve incremento substancial no controle de *I. grandifolia*, principalmente com o uso das maiores doses (Figura 3.4B). A correlação entre os valores de C_{50} calculados por métodos distintos foi de 0,69. Os biótipos que apresentaram maiores valores de C_{50} e C_{80} através da estimativa do programa Excel foram o 13 e o 19, superando a maior dose de glyphosate testada. Somente os biótipos 14 e 28 apresentaram controle satisfatório, de 90 e 85%, respectivamente (Figura 3.4B), os quais apresentaram valores de C_{50} iguais a 667 e

709 e C_{80} de 949 e 1.016 g ha⁻¹, respectivamente (Tabela 3.6). Quando se aplicou 1.728 g ha⁻¹, apenas os biótipos 4, 13, 19 e 21 não foram controlados de forma eficiente pelo herbicida, o que também foi constatado com os biótipos 13 e 19 com a dose de 2.160 g ha⁻¹. Nesses seis casos o controle médio foi de apenas 58%.

Tabela 3.6 - Parâmetros das equações ajustadas para o controle de plantas em função das doses de glyphosate para os biótipos e valor de C_{80} para o controle dos biótipos de *I. grandifolia* aos 21 DAA em reposta ao glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.

Biótipos	Parâmetros ¹				C_{50}^{**}	C_{80}^{**}
	A	B	C_{50}^*	R^2		
2	130,84	636,46	1433,1	0,95	1128	1722
3	123,6	593,29	1241,43	0,92	1013	1602
4	122,35	615,86	1659,82	0,97	1433	2052
5	121,74	484,71	1273,46	0,92	1099	1589
6	106,29	460,1	1161,74	0,95	1108	1674
8	135,29	519,1	1545,95	0,93	1269	1738
11	111,06	388,69	1126,31	0,97	1049	1494
12	115,14	495,75	1452,05	0,95	1321	1860
13	76,68	437,74	1325,09	0,95	1601	>2160
14	95,58	197,72	660,401	0,98	667	949
15	111,58	424,57	1239	0,99	1151	1634
16 ²	109,43	417,69	1147,59	0,98	1076	1566
18	112,53	396,19	1265,42	0,99	1177	1622
19	61,03	548,42	1180,71	0,9	2010	>2160
21	99,95	582,22	1154,49	0,93	1156	1963
22	87,74	298,78	671,561	0,93	756	1370
24	99,48	382,36	867,241	0,97	872	1408
26	102,99	355,46	1151,91	0,99	1132	1596
28	97,75	210,25	699,331	0,99	709	1016
31	107,5	327,27	1123,21	0,98	1078	1473

¹ Equação sigmoidal de três parâmetros. A= Assíntota máxima, B= Declividade da curva, C_{50} = Dose que proporciona controle de 50%. C_{80} = Dose que proporciona controle de 80%. ² Biótipos coletados em áreas sem aplicação de glyphosate. * Valores ajustados através do programa SigmaPlot. ** Índices estimados através do programa Microsoft Excel.

Na avaliação aos 28 DAA, os níveis de controle de todos os biótipos de *I. grandifolia* com a dose de 2.160 g ha⁻¹ de glyphosate atingiram 100%. O mesmo ocorreu para a maioria dos biótipos com a dose de 1.728 g ha⁻¹, exceto para os

biótipos 12, 15, 21 e 24 que apresentaram, respectivamente, controles de 90, 90, 80 e 95% (Figura 3.4C).

O coeficiente de correlação entre os valores de C_{50} calculados por métodos distintos foi de 0,83, considerado elevado. O biótipo com maior grau de tolerância ao glyphosate foi o 21, que apresentou valores estimados de C_{50} e C_{80} de 1.178 g ha^{-1} e 1.734 g ha^{-1} (Tabela 3.7), mas também se destacaram pela tolerância os biótipos 4, 19 e 12. Os controles obtidos para os demais biótipos nas doses 1.728 e 2.160 g ha^{-1} foram semelhantes entre si. Os biótipos 14, 28 e 3 foram os mais sensíveis ao glyphosate.

Tabela 3.7 - Parâmetros das equações ajustadas para o controle dos biótipos de *I. grandifolia* aos 28 DAA em reposta a aplicação de glyphosate. UTFPR, Pato Branco -PR, 2013.

Biótipos	Parâmetros ¹				C_{50}^{**}	C_{80}^{**}
	A	B	C_{50}^*	R^2		
2	132,72	642,6	1397,84	0,91	1075	1666
3	130,43	936,61	773,471	0,9	329	1206
4	116,07	621,4	1196,47	0,92	1024	1692
5	126,01	605,05	1217,67	0,87	965	1553
6	154,52	741,22	1601,59	0,8	1055	1655
8	126,29	543,31	1298,89	0,9	1070	1597
11	100,09	307,16	771,081	0,96	771	1196
12	122,2	590,58	1227,19	0,93	1011	1605
13	110,22	397,21	1108,99	0,94	1036	1496
14	101,05	204,76	588,351	0,99	585	862
15	105,65	340,05	1126,8	0,97	1091	1514
16 ²	100,5	299,47	864,161	0,96	862	1272
18	107,91	365,34	1025,98	0,98	973	1411
19	127,43	558,06	1305,6	0,89	1062	1598
21	143,16	648,5	1580,72	0,94	1178	1734
22	98,07	297,46	677,691	0,95	690	1121
24	100,72	376,5	711,391	0,95	706	1220
26	107,41	338,26	1029,23	0,98	983	1392
28	99,03	226,72	661,421	0,99	666	987
31	107,87	351,24	1094,81	0,96	1044	1466

¹ Equação sigmoidal de três parâmetros. A= Assíntota máxima, B= Declividade da curva, C_{50} = Dose que proporciona controle de 50%. C_{80} = Dose que proporciona controle de 80%. ² Biótipos coletados em áreas sem aplicação de glyphosate. * Valores ajustados através do programa SigmaPlot. ** Índices estimados através do programa Microsoft Excel. ² Biótipo coletado em área sem aplicação de glyphosate.

3.5.2.2 Controle de *I. indivisa*

Os resultados da análise de variância indicaram interações significativas entre os fatores biótipos x doses para as variáveis analisadas de controle ao 14, 21 e 28 DAA (Apêndice 4). Aos 14 DAA, os controles de todos os biótipos de *I. indivisa* com as doses 216, 432, 864 e 1.296 g ha⁻¹ de glyphosate foram inferiores a 80% (Figura 3.5 e Tabela 3.8). O mesmo foi verificado com a dose de 1.728 g ha⁻¹, exceto para os biótipos 23 e 27, que apresentaram controles respectivos de 80 e 87%, sendo os mais sensíveis ao glyphosate nessa avaliação (Tabela 3.8). Com a dose de 2.160 g ha⁻¹, somente os biótipos 7, 10 e 20 apresentaram controles inferiores a 80%.

Aos 21 DAA, os níveis de controle foram incrementados. A partir de 1.296 g ha⁻¹, o biótipo 23 apresentou o mais alto grau de sensibilidade ao glyphosate, com 100% de controle. Com a dose 1.728 g ha⁻¹ todos foram controlados de forma satisfatória, com exceção ao biótipo 20, o qual apresentou controle de 72% (Figura 3.5B).

Aos 28 DAA, níveis de controle acima de 80% foram constatados em todos os biótipos com aplicação de 1.728 e 2.160 g ha⁻¹ de glyphosate (Figura 3.5C).

Os coeficientes de correlação entre os valores de C₅₀ calculados por métodos distintos foram elevados, de 0,86, 0,99 e 0,99, respectivamente, aos 14, 21 e 28 DAA. Os biótipos 7 e 20 foram os que apresentaram maior grau de tolerância em todas as épocas de avaliação, com valores estimados de C₅₀ e C₈₀ aos 28 DAA de 1.271 e 1.694 e 1.345 e 1.782 g ha⁻¹, respectivamente (Tabela 3.8). Os biótipos 23 e 27 foram os mais sensíveis ao glyphosate, com os menores valores de C₅₀ e C₈₀ (Tabela 3.8).

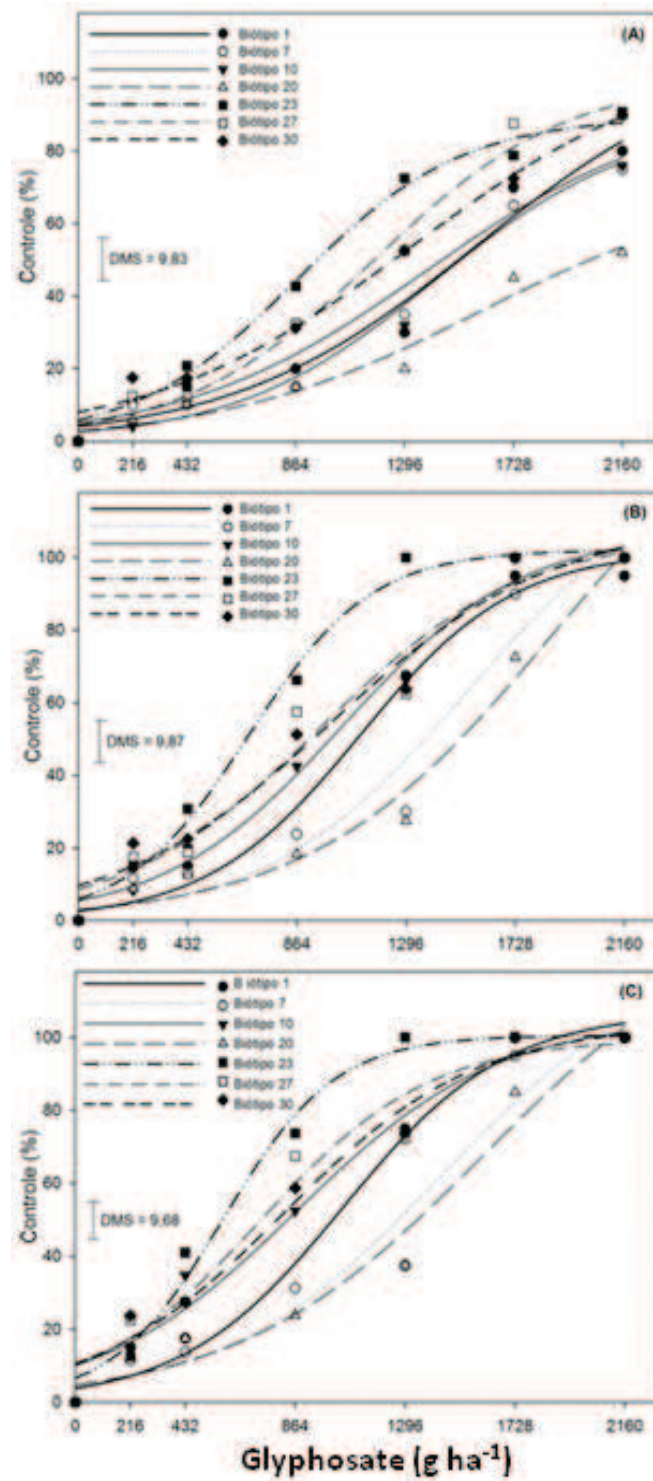


Figura 3.5 - Níveis de controle de biótipos de *I. indivisa* aos 14 (A), 21 (B) e 28 (C) dias após a aplicação dos tratamentos em resposta a doses de glyphosate. Médias comparadas pelo teste DMS à 5% de significância. UTFPR, Pato Branco – PR, 2013.

Tabela 3.8 - Parâmetros das equações ajustadas para o controle dos biótipos de *I. indivisa* aos 14, 21 e 28 DAA, em reposta a aplicação de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.

DAA	Biótipos	Parâmetros ¹				C ₅₀ **	C ₈₀ **
		A	B	C ₅₀ *	R ²		
14	1	108,35	490,13	1586,08	0,94	1510	2095
	7	88,71	398,16	1416,56	0,97	1519	2300
	10	93,54	483,61	1377,41	0,92	1445	2237
	20	70,93	510,77	1587,26	0,85	2033	>2160
	23	89,46	327,05	872,031	0,98	950	1571
	27	100,83	384,95	1177,33	0,98	1175	1705
	30 ²	107,89	526,19	1329,07	0,98	1252	1884
21	1	102,27	305,34	1114,71	0,97	1101	1505
	7	125,85	395,74	1535,75	0,92	1371	1756
	10	107,4	355,51	1045,76	0,95	997	1427
	20	156,38	474,3	1868,36	0,97	1511	1891
	23	102,15	241,46	674,221	0,99	665	985
	27	106,1	392,75	956,451	0,94	912	1397
	30 ²	109,55	428,86	1003,18	0,95	929	1431
28	1	107,1	318,29	1053,7	0,97	1012	1399
	7	124,12	427,74	1438,75	0,93	1271	1694
	10	105,21	389,37	872,911	0,96	835	1323
	20	135,78	485,4	1606,56	0,95	1345	1782
	23	100,56	219,17	581,621	0,98	580	880
	27	99,83	332,72	729,051	0,94	731	1194
	30 ²	103,72	376,53	818,941	0,96	792	1277

¹ Equação sigmoidal de três parâmetros. A= Assíntota máxima, B= Declividade da curva, C₅₀= Dose que proporciona controle de 50%. C₈₀= Dose que proporciona controle de 80%. ² Biótipos coletados em áreas sem aplicação de glyphosate. * Valores ajustados através do programa SigmaPlot. ** Índices estimados através do programa Microsoft Excel.

3.5.2.3 Controle de *I. purpurea*

Os resultados da análise de variância indicaram interações significativas entre os fatores biótipos x doses para todas as variáveis analisadas em para essa espécie (Apêndice 5). Os biótipos de *I. purpurea* avaliados também exibiram diferentes graus de tolerância ao glyphosate. Os biótipos 25 e 29 apresentaram maior sensibilidade em relação aos biótipos 9 e 17 (Figura 3.6 e Tabela 3.9).

Aos 14 DAA, apenas a dose mais elevada de glyphosate, de 2.160 g ha⁻¹, controlou essa espécie, com exceção do biótipo 17, que nessa avaliação apresentou apenas 50% de controle. Embora os níveis de controle com glyphosate

das plantas de *I. purpurea* tenham sido aumentados nas avaliações efetuadas aos 21 e 28 DAA, a ordem de tolerância ao glyphosate permaneceu a mesma, ou seja, os biótipos 25 e 29 foram os mais sensíveis e os biótipos 9 e 17 os mais tolerantes ao herbicida (Figura 3.6 e Tabela 3.9).

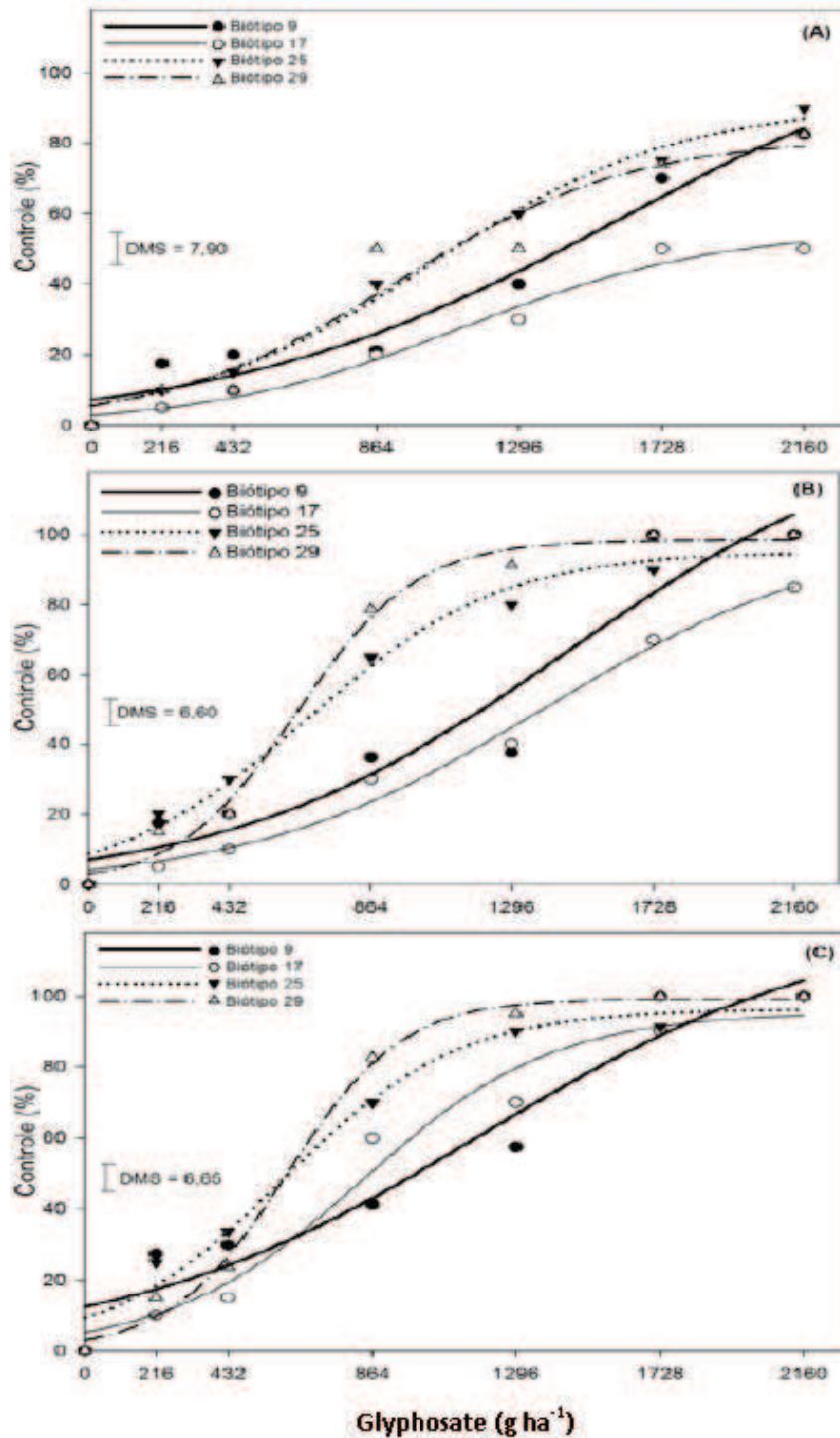


Figura 3.6 – Níveis de controle de biótipos de *I. purpurea* aos 14 (A), 21 (B) e 28 (C) dias após a aplicação dos tratamentos em resposta a doses de glyphosate. Médias comparadas pelo teste DMS à 5% de significância. UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.

Os coeficientes de correlação entre os valores de C_{50} calculados por métodos distintos variaram de não significativo, aos 14 DAA, a significativos e elevados (0,96 e 0,96), aos 21 e 28 DAA. Os valores de C_{50} e C_{80} , estimados aos 28 DAA, respaldam a ordem de tolerância descrita acima (Tabela 3.9), pois o biótipo 9, mais tolerante, apresentou valores de C_{50} e C_{80} de 995 e 1.545 g ha⁻¹, respectivamente. Para biótipos 25 e 29, mais sensíveis, foram necessários apenas 615 e 609 g ha⁻¹ para atingir 50% de controle e 1.013 e 854 g ha⁻¹ para atingir 80% de controle.

Tabela 3.9 - Parâmetros das equações ajustadas para o controle dos biótipos de *I. purpurea* aos 14, 21 e 28 DAA em reposta a aplicação de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.

DAA	Biótipos	Parâmetros ¹				C_{50}^{**}	C_{80}^{**}
		A	B	C_{50}^*	R^2		
14	9	117,95	594,29	1612,19	0,94	1430	2056
	17	55,53	388,69	1126,37	0,97	1982	>2160
	25 ²	91,39	380,45	1029,01	0,98	1101	1771
	29	81,69	357,1	929,801	0,92	1093	2308
21	9	132,47	508,2	1458,93	0,88	1205	1674
	17	100,42	445,43	1392,12	0,98	1389	2001
	25 ²	95,19	293,44	673,061	0,97	703	1161
	29	98,49	181,23	638,521	0,99	645	904
28	9	122,48	547,95	1198,16	0,91	995	1545
	17	95,35	289,02	827,361	0,96	856	1305
	25 ²	96,25	263,1	593,521	0,97	615	1013
	29	99,33	174,09	606,151	0,99	609	854

¹ Equação sigmoidal de três parâmetros. A= Assíntota máxima, B= Declividade da curva, C_{50} = Dose que proporciona controle de 50%. C_{80} = Dose que proporciona controle de 80%. ² Biótipos coletados em áreas sem aplicação de glyphosate. * Valores ajustados através do programa SigmaPlot. ** Índices estimados através do programa Microsoft Excel.

3.5.2.2 Redução das massas da parte aérea verde e seca em *I. grandifolia*

Os resultados para a variável massa da parte aérea verde (MPAV) reforçam os de controle visual, pois houve grande variabilidade de resposta ao

glyphosate entre os biótipos de *I. grandifolia* (Figura 3.7A). Os biótipos 5, 8, 14, 15 e 28 foram os mais sensíveis com o emprego de 1.728 e 2.160 g ha⁻¹ de glyphosate, com redução de MPAV acima de 90% em relação à testemunha. O biótipo 4 foi o que apresentou maior tolerância, com redução de apenas 65% da MPAV, com uso de 1.296 g ha⁻¹ de glyphosate.

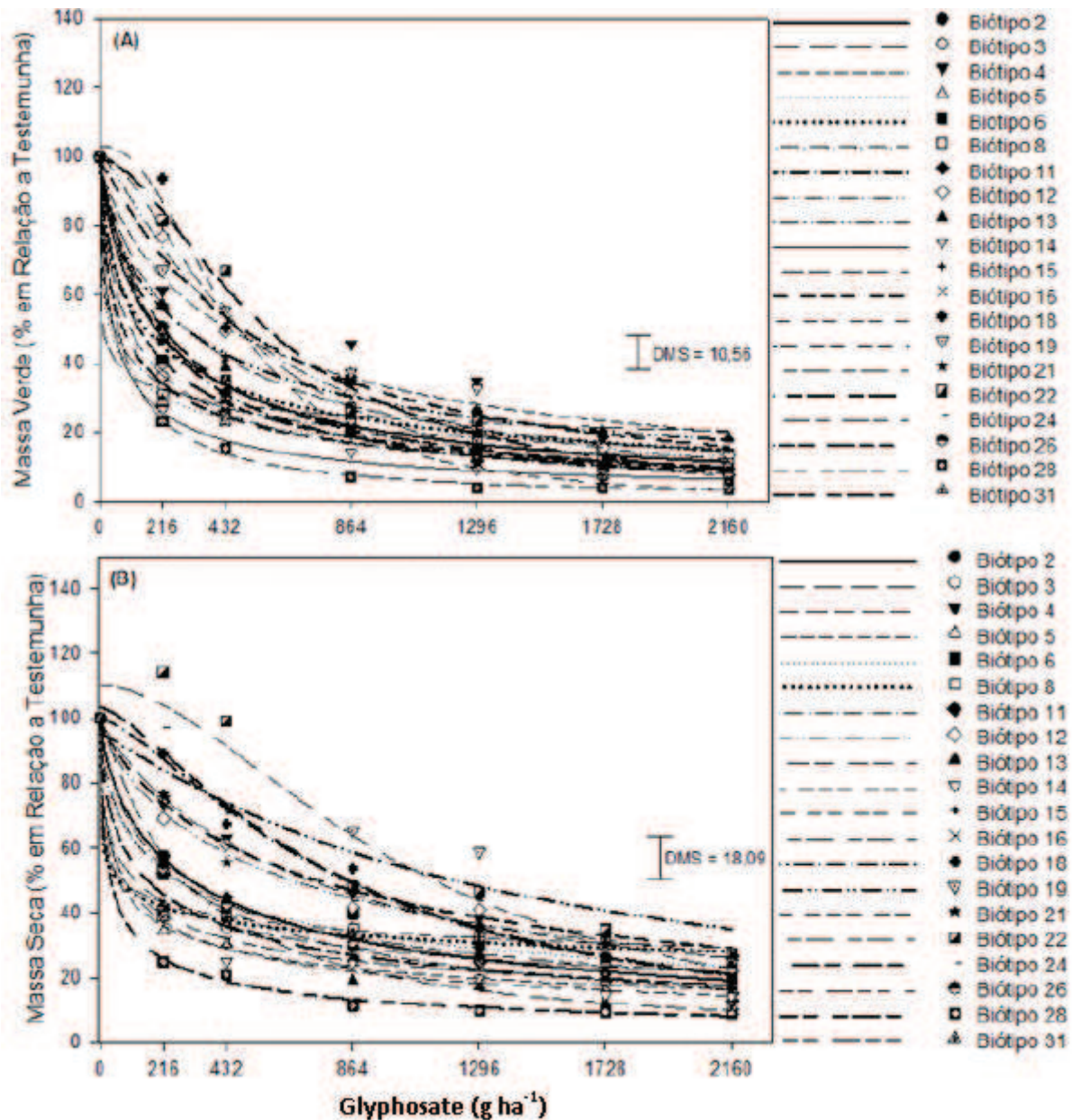


Figura 3.7 – Redução da massa da parte aérea verde (A) e redução da massa da parte aérea seca (B) em *I. grandifolia* 28 dias após a aplicação dos tratamentos com glyphosate. Médias comparadas pelo teste DMS à 5% de significância. UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.

O coeficiente de correlação entre os valores de C_{50} calculados por métodos distintos foi elevado (0,99). Os valores estimados de GR_{50} variaram entre 14 e 575 g ha⁻¹ e os de GR_{80} entre 273 até doses maiores que 2.160 g ha⁻¹ (Tabela 3.10). O valor de GR_{80} do biótipo 4 (2.166 g ha⁻¹) respalda o elevado grau de tolerância deste biótipo ao glyphosate (Tabela 3.10). Os resultados de massa da parte aérea seca (MPAS) foram similares aos de MPAV, confirmando os biótipos 5, 8, 14, 15 e 28 entre os mais sensíveis, os quais apresentaram redução na MPAS acima de 85% (Figura 3.7B). Entre os que apresentaram a menor redução na MPAS estão os biótipos 4, 12, 18, 19, 22 e 24, com redução média de 73%. Esses resultados são confirmados pelos valores de GR_{50} e GR_{80} (Tabela 3.11).

Tabela 3.10: Parâmetros das equações ajustadas para o controle dos biótipos de *I. grandifolia* para a variável MPAV em resposta a aplicação de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.

Biótipos	Parâmetros ¹				GR_{50}^{**}	GR_{80}^{**}
	A	B	GR_{50}^*	R ²		
2	100,07	0,85	194,241	0,95	195	992
3	99,95	0,76	106,251	0,99	106	657
4	99,14	0,87	450,331	0,92	441	2166
5	99,96	0,47	37,201	0,98	37	708
6	99,75	0,66	159,971	0,94	159	1276
8	99,96	0,45	50,021	0,99	50	1034
11	99,95	1	196,501	0,99	196	785
12	100,67	1,3	468,321	0,99	473	1363
13	100,01	0,77	295,891	0,98	296	1779
14	100	0,7	48,601	0,99	49	347
15	99,98	0,26	14,051	0,98	14	2406
16 ²	99,99	0,67	81,751	0,99	82	638
18	103,07	2,22	466,131	0,98	479	885
19	98,95	1,12	497,491	0,96	488	1682
21	99,9	0,9	298,991	0,99	298	1385
22	99,29	1,75	579,691	0,98	575	1273
24	100,62	1,66	474,891	0,99	478	1099
26	99,93	0,79	136,831	0,99	137	781
28	99,99	0,96	64,591	0,99	65	272
31	99,72	0,97	221,881	0,98	221	911

¹ Equação logística de três parâmetros. A= Assíntota máxima, B= Declividade da curva. GR_{50} = Dose que proporciona 50% de redução na MPAV. GR_{80} = Dose que proporciona 80% de redução na MPAS. ² Biótipos coletados em áreas sem aplicação de glyphosate. *Valores ajustados através do programa SigmaPlot. **Índices estimados através do programa Microsoft Excel.

Tabela 3.11: Parâmetros das equações ajustadas para o controle dos biótipos de *I. grandifolia* para a variável MPAS em reposta a aplicação de glyphosate. UTFPR, Pato Branco -PR, 2013.

Biótipos	Parâmetros ¹				GR ₅₀ **	GR ₈₀ **	Fator de Tolerância
	A	B	GR ₅₀ *	R ²			
2	100,06	0,73	310,131	0,99	310	2023	8,611
3	99,9	0,44	120,881	96	120	2732	3,333
4	99,6	0,94	723,051	0,99	716	3096	19,889
5	99,97	0,46	62,151	0,99	62	1258	1,722
6	99,87	0,57	273,591	0,98	272	3087	7,556
8	99,97	0,26	61,781	0,99	62	>2160	1,722
11	99,87	0,77	270,221	0,98	269	1608	7,472
12	99,77	0,8	661,071	0,98	656	>2160	18,222
13	99,82	1,1	289,261	0,99	288	1016	8,000
14	100,01	0,54	83,471	0,99	84	1067	2,333
15	99,98	0,26	76,981	0,99	77	>2160	2,139
16 ²	99,96	0,47	88,451	0,99	88	1639	2,444
18	99,81	1,43	842,141	0,98	839	2208	23,306
19	95,54	1,1	1316,62	0,85	1208	>2160	33,556
21	100,17	0,83	741,931	0,96	744	>2160	20,667
22	110,16	1,81	1030,09	0,89	1141	2362	31,694
24	103,45	1,4	812,961	0,96	852	2254	23,667
26	100,05	0,61	266,131	0,99	266	2504	7,389
28	99,99	0,58	36,051	0,99	36	380	1,000
31	99,83	0,59	162,931	0,97	162	1669	4,500

¹ Equação logística de três parâmetros. A= Assíntota máxima, B= Declividade da curva, GR₅₀= Dose que proporciona 50% de redução de MPAS. GR₈₀= Dose que proporciona 80% de redução na MPAS. ² Biótipos coletados em áreas sem aplicação de glyphosate. *Valores ajustados através do programa SigmaPlot. **Índices estimados através do programa Microsoft Excel.

Os fatores de tolerância (FT) variaram entre 1,7 (biótipos 5 e 8) e 33,6 (biótipo 19), o que significa que o biótipo 19 necessita de uma dose de glyphosate 33 vezes maior que a dose necessária para reduzir 50% da MPAS do biótipo 28, o mais sensível. O FT do biótipo coletado em área livre de aplicação de glyphosate foi de 2,44 (Tabela 3.11).

3.5.2.3 Redução das massas da parte aérea verde e seca em *I. indivisa*

Para os biótipos da espécie *I. indivisa* também houve variabilidade da resposta de MPAV e MPAS ao glyphosate. Os biótipos 20 e 7 apresentaram os maiores valores de MPAV, destacando-se pela maior tolerância ao glyphosate em relação aos demais. O biótipo 20 apresentou incremento de 43% nesta variável em relação à testemunha quando tratado com 432 g ha⁻¹ (Figura 3.8), provavelmente devido ao estímulo fisiológico denominado “hormésis” (SOUTHAM; EHRLICH, 1943; LUCKEY, 1956). Mas, a partir de 864 g ha⁻¹ a menor redução em MPAV foi observada no biótipo 7, cerca de 44% de redução média para as doses de 864 e 1.296 g ha⁻¹ e redução média de 85% para 1.728 e 2.160 g ha⁻¹.

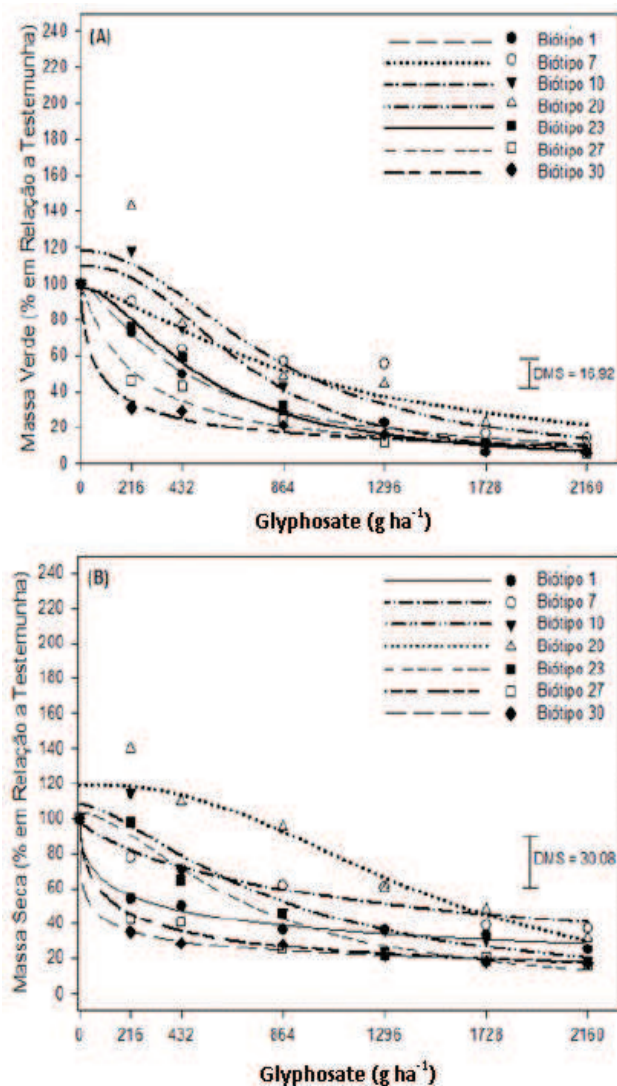


Figura 3.8 – Redução da massa da parte aérea verde (A) e redução da massa da parte aérea seca (B) em *I. indivisa* 28 dias após a aplicação dos tratamentos com glyphosate. Médias comparadas pelo teste DMS à 5% de significância. UTFPR, Pato Branco -PR, 2013.

Os coeficientes de correlação entre os valores de C_{50} calculados por métodos distintos foram elevados, de 0,99 tanto para MPAV quanto para MPAS. A maior tolerância apresentada pelos biótipos 20 e 7 é respaldada pelos resultados de controle e pelos valores de GR_{50} e de GR_{80} (Tabela 3.12). Dentre os que apresentaram os menores valores de GR_{50} , destacou-se o biótipo 30, com 84 g ha^{-1} (Tabela 3.12). Assim como para a MPAV, também os biótipos 7 e 20 foram os que apresentaram menores reduções na MPAS e os maiores valores de GR_{50} , e valores de GR_{80} maiores que 2.160 g ha^{-1} . Os valores de GR_{50} e GR_{80} respaldam a maior sensibilidade do biótipo 30 ao glyphosate (Tabela 3.13).

Em *I. indivisa* os FT variaram entre 3,4 (biótipo 27) e 34,2 (biótipo 20). O biótipo 30, o mais sensível, foi coletado em área sem pressão de seleção por glyphosate.

Tabela 3.12: Parâmetros das equações ajustadas para o controle dos biótipos de *I. indivisa* para a variável MPAV em reposta a aplicação de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.

Biótipos	Parâmetros ¹				GR ₅₀ **	GR ₈₀ **
	A	B	GR ₅₀ *	R ²		
1	100,13	1,32	445,201	0,99	446	1266
7	97,96	1,48	939,811	0,84	913	2351
10	109,4	2,38	702,081	0,95	755	1316
20	118,37	2,04	810,221	0,79	944	1767
23	98	1,74	513,771	0,98	502	1121
27	99,44	1,02	234,591	0,96	232	903
30 ²	99,9	0,67	83,58	0,98	84	659

¹ Equação logística de três parâmetros. A= Assíntota máxima, B= Declividade da curva. GR₅₀= Dose que proporciona 50% de redução na MPAV. GR₈₀= Dose que proporciona 80% de redução na MPAV. ² Biótipos coletados em áreas sem aplicação de glyphosate. *Valores ajustados através do programa SigmaPlot. **Índices estimados através do programa Microsoft Excel.

Tabela 3.13: Parâmetros das equações ajustadas para o controle dos biótipos de *I. indivisa* para a variável MPAS em reposta a aplicação de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.

Biótipos	Parâmetros ¹				GR ₅₀ **	GR ₈₀ **	Fator de Tolerância
	A	B	GR ₅₀ *	R ²			
1	99,93	0,49	346,101	0,98	344	>2160	7,319
7	98,71	0,83	1407,6	0,91	1361	>2160	28,957
10	108,35	1,51	825,151	0,88	913	2196	19,426
20	118,94	2,52	1416,58	0,84	1608	2670	34,213
23	103,08	1,66	700,741	0,97	726	1644	15,447
27	99,92	0,58	159,531	0,98	159	1674	3,383
30 ²	99,98	0,39	47,241	0,99	47	1649	1,000

¹ Equação logística de três parâmetros. A= Assíntota máxima, B= Declividade da curva. GR₅₀= Dose que proporciona 50% de redução na MPAS. GR₈₀=Dose que proporciona 80% de redução na MPAS. ² Biótipos coletados em áreas sem aplicação de glyphosate. *Valores ajustados através do programa SigmaPlot. **Índices estimados através do programa Microsoft Excel.

3.5.2.4 Redução das massas da parte aérea verde e seca em *I. purpurea*

Assim como ocorreu em *I. indivisa*, os biótipos 9, 17 e 25 de *I. purpurea* também tiveram seu crescimento estimulado nas duas menores doses, que foi reduzido drasticamente a partir de 864 g ha⁻¹. Até a dose de 1.296 g ha⁻¹ o biótipo 9 apresentou a menor redução na MPAV, cerca de 37%. A elevação da dose para 1.728 g ha⁻¹ resultou em redução de 83% de MPAV, enquanto no biótipo 17 houve redução de 75%, permanecendo assim quando esse foi tratado com 2.160 g ha⁻¹ (Figura 3.9A).

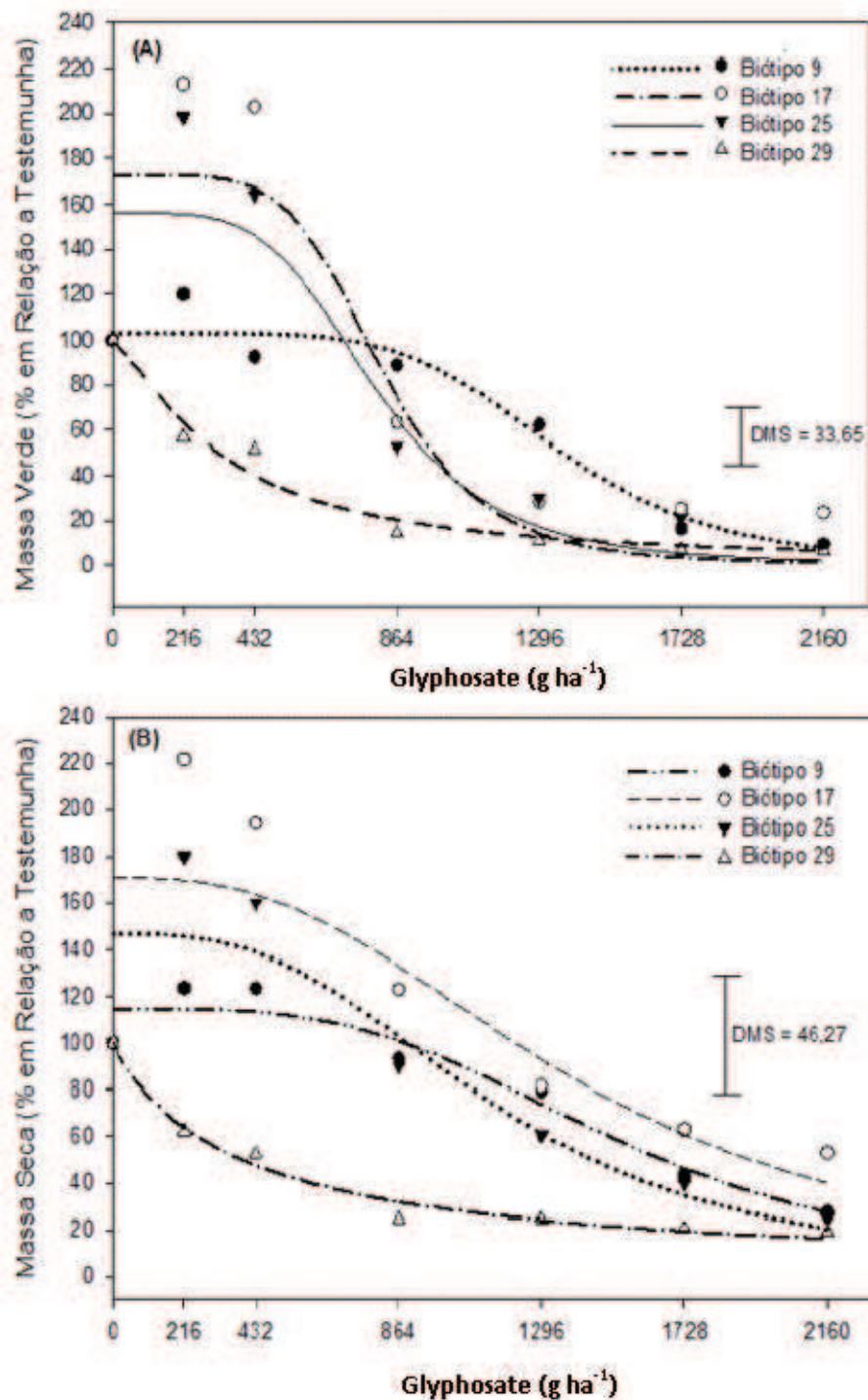


Figura 3.9 – Redução da massa da parte aérea verde (A) e redução da massa da parte aérea seca (B) em *I. purpurea* 28 dias após a aplicação dos tratamentos com glyphosate. Médias comparadas pelo teste DMS à 5% de significância. UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.

Os coeficientes de correlação entre os valores de C_{50} calculados por métodos distintos foram muito elevados, de 0,98 para MPAV e 0,96 para MPAS. O biótipo 9 apresentou maior grau de tolerância para a variável MPAV, com valores de

GR₅₀ e GR₈₀ igual a 1.367 e 1762 g ha⁻¹, enquanto o biótipo 29 foi o mais sensível, atingindo 50% de matéria verde com apenas 323 g ha⁻¹ e 80% com 872 g ha⁻¹ (Tabela 3.14).

Nos biótipos de *I. purpurea* houve incremento na MPAS em relação a testemunha, para as doses de 216 e 432 g ha⁻¹, exceto para o biótipo 29, o mais sensível ao glyphosate (Figura 3.9B). O biótipo 29 apresentou GR₅₀ inferior aos demais, em torno de 390 g ha⁻¹. Os biótipos que apresentaram menor redução de MPAS foram o 9 e o 17 (Figura 3.9B). O biótipo 17 apresentou o maior valor de GR₅₀, de 1.925 g ha⁻¹, seguido do biótipo 9, com 1.660 g ha⁻¹. Esses mesmos biótipos apresentaram valores de GR₈₀ de 2.950 e 2.425 g ha⁻¹, respectivamente (Tabela 3.15), o que indica maior grau de tolerância ao glyphosate em relação aos outros biótipos.

Tabela 3.14: Parâmetros das equações ajustadas para o controle dos biótipos de *I. purpurea* para a variável MPAV em reposta a aplicação de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.

Biótipos	Parâmetros ¹				GR ₅₀ **	GR ₈₀ **
	A	B	GR ₅₀ *	R ²		
9	103,06	5,38	1352,08	0,93	1367	1762
17	172,45	5,27	821,161	0,65	973	1208
25 ²	156,12	4,34	800,761	0,73	952	1245
29	98,87	1,4	327,861	0,95	323	872

¹ Equação logística de três parâmetros. A= Assíntota máxima, B= Declividade da curva. GR₅₀= Dose que proporciona 50% de redução de MPAV. GR₈₀=Dose que proporciona 80% de redução na MPAV. ² Biótipos coletados em áreas sem aplicação de glyphosate. *Valores ajustados através do programa SigmaPlot. **Índices estimados através do programa Microsoft Excel.

A variabilidade do FT em *I. purpurea* foi menor em relação às demais espécies estudadas, apresentando valores entre 3,7 (biótipo 25, originário de área sem pressão de seleção por glyphosate) e 4,9 (biótipo 17) (Tabela 3.15). Isso ocorreu porque o valor de GR₅₀ (MPAS) do biótipo mais sensível de *I. purpurea* (323 g ha⁻¹) foi superior aos das espécies *I. grandifolia* (65 g ha⁻¹) e *I. indivisa* (84,0 g ha⁻¹)

1). Duas suposições podem ser feitas para explicar valor superior de GR_{50} no biótipo sem pressão de seleção de *I. purpurea*: a primeira é que biótipos selvagens de *I. purpurea* apresentem tolerância ao glyphosate superior às outras duas espécies; a segunda é que sementes de área com pressão de seleção tenham sido disseminadas para a área sem pressão de seleção por glyphosate.

Tabela 3.15: Parâmetros das equações ajustadas para o controle dos biótipos de *I. purpurea* para a variável MPAS em reposta a aplicação de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.

Biótipos	Parâmetros ¹				GR_{50}^{**}	GR_{80}^{**}	Fator de Tolerância
	A	B	GR_{50}^*	R^2			
9	114,88	3,41	1538,38	0,91	1660	2425	4,267
17	170,91	2,66	1382,77	0,46	1925	2950	4,949
25 ²	146,76	2,91	1155,56	0,71	1449	2178	3,725
29	100,01	0,95	389,681	0,98	389	1660	1,000

¹ Equação logística de três parâmetros. A= Assíntota máxima, B= Declividade da curva. GR_{50} = Dose que proporciona 50% de redução de MPAS. GR_{80} =Dose que proporciona 80% de redução na MPAS. ² Biótipos coletados em áreas sem aplicação de glyphosate. *Valores ajustados através do programa SigmaPlot. **Índices estimados através do programa Microsoft Excel.

Os resultados relatados anteriormente indicam variabilidade de resposta ao glyphosate entre os biótipos das três espécies de *Ipomoea*. A variabilidade de resposta entre biótipos da mesma espécie pode ser atribuída aos processos de seleção às quais as populações de plantas daninhas estão submetidas. Embora o glyphosate seja um dos principais herbicidas empregados nas lavouras de soja do Paraná e Santa Catarina desde a década de 80, foi com a introdução das cultivares de soja geneticamente modificadas que o uso deste herbicida foi intensificado, tornando-se o principal agente selecionador de espécies de *Ipomoea*. A utilização repetitiva de um mesmo herbicida 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 intensidade de seleção e a evolução de espécies tolerantes ao glyphosate nas lavouras varia de acordo com os sistemas de cultivo e de gestão de

plantas daninhas adotados pelos agricultores. No trabalho conduzido por Baucom; Mauricio (2004), com *Ipomoea*, foram encontradas fortes evidências de seleção direcional positiva na presença de glyphosate e seleção direcional negativa na ausência de glyphosate, o que indica que a forma de uso da terra estará determinando a trajetória evolutiva da tolerância ao glyphosate.

Estudos conduzidos no exterior e no Brasil parecem indicar aumento nos níveis de tolerância alcançados por espécies de *Ipomoea* ao longo do tempo. Em estudos conduzidos na década de 70, com várias espécies de *Ipomoea*, a aplicação de 560 g ha⁻¹ de glyphosate, resultou em 68% de controle de *I. lacunosa* (MATHIS; OLIVER, 1980). Mais recentemente, foram obtidos apenas 59 e 69% de redução de biomassa em *I. lacunosa* com uso de 1.120 e 1.680 g ha⁻¹, respectivamente (NORSWORTHY; BURGOS; OLIVER, 2001). Ainda, Shaw; Arnold (2002), relataram controle de somente 32% em *I. lacunosa* com a aplicação de 840 g ha⁻¹ de glyphosate. Esses dados são respaldados pelo experimento conduzido por Baucom; Mauricio (2004), que encontraram variabilidade de tolerância ao glyphosate em linhas maternas da espécie *I. purpurea* coletadas na região Sudeste dos Estados Unidos.

No Brasil, mais recentemente, também há indícios de incremento significativo nas doses necessárias para controlar espécies de *Ipomoea* com o passar do tempo. Em estudos realizados com *I. grandifolia*, foi observado controle de 94% e redução na biomassa em 98% quando as plantas foram tratadas com 420 g ha⁻¹ de glyphosate (MONQUERO, 2003). Já ao aplicarem dose similar de glyphosate (480 g ha⁻¹), Ramires et al (2010) constataram controle de apenas 32% e 49% de redução da biomassa em plantas de *I. grandifolia*.

Além da variabilidade genética inerente aos biótipos, outros fatores podem contribuir significativamente para a existência de respostas distintas de plantas daninhas a herbicidas. Dentre os fatores que interferem na resposta das espécies ou biótipos estão as condições de radiação solar, temperatura, disponibilidade hídrica no solo, umidade relativa do ar. A ação destes fatores ocorre tanto antes quanto após a sua aplicação, pois podem ser determinantes para os mecanismos de absorção, translocação (MONQUERO et al., 2004) e metabolização dos herbicidas pelas plantas (SANDBERG; MEGGITT; PENNER, 1980), interferindo na eficácia dos mesmos. Outro fator importante é o estadio fisiológico das plantas no

momento da aplicação dos herbicidas, pois, de uma forma geral, plantas em estádios mais jovens apresentam menos barreiras para a ação dos herbicidas (CHAUHAN; ABUGHO, 2012). Ramires et al. (2010) detectaram níveis de tolerância ao glyphosate em *I. grandifolia* superiores no estadio entre 4 e 6 folhas, em relação ao de 1 a 3 folhas. Por isso, não é recomendada a comparação entre experimentos executados em diferentes locais, conduzidos sob distintas condições ou sob estádios de desenvolvimento distintos.

A variabilidade de tolerância ao glyphosate encontrada no presente estudo entre os biótipos e entre espécies está em concordância com a constatada por Culpepper et al. (2001), que verificaram variabilidade na tolerância entre biótipos de *I. hederacea* e *I. purpurea* coletados em 1995, utilizando 560, 840 e 1.120 g ha⁻¹ de glyphosate. Em *I. hederacea* detectaram nível médio de controle de 92%, já os biótipos de *I. purpurea* apresentaram maior tolerância, com controle médio de 78% (biótipo de Hookerton) e de 75% (biótipo de Kinston).

A análise da resposta de biótipos de espécies de *Ipomoea* spp. ao glyphosate ainda é um assunto pouco explorado na literatura científica. A análise comparativa de biótipos fornece uma visão mais ampla da resposta dentro da espécie, em função da variabilidade genética existente. A avaliação de 44 acessos das espécies de *I. lacunosa*, *I. trichocarpa* Ell., *I. quamoclit*, *I. hederacea* e *I. purpurea*, aos 14 DAA, que receberam 420 g ha⁻¹ quando as plantas apresentavam entre 4 e 5 folhas, detectaram ampla variabilidade de resposta ao glyphosate (-9 a 48%), em que *I. hederacea*, *I. purpurea* e *I. quamoclit* apresentaram controles respectivos de 9, 29 e 40% (Burke et al., 2009). No presente trabalho, os biótipos de *I. purpurea* (Tabela 9) revelam controle em torno de 10% apenas, quando ministrada dose semelhante à aplicada por Burke et al. (2009), de 420 g ha⁻¹.

A variabilidade de resposta nos biótipos das três espécies de *Ipomoea* coletados neste trabalho é atribuída a um processo evolutivo, determinado por vários fatores. Os fatores envolvidos no processo de evolução da tolerância provavelmente são os mesmos responsáveis pela determinação da resistência em populações de plantas daninhas. Nos modelos de previsão de resistência convencionais, a evolução é determinada por: frequência inicial do alelo de resistência, dominância e tipo de polinização da espécie, tamanho da área tratada com o herbicida e o grau de

infestação da área e ainda, mecanismo de ação do herbicida e sua frequência de uso na área (VIDAL; FLECK, 1997).

O incremento de doses de herbicidas para controlar populações tolerantes, que tem sido observado em lavouras de diversas regiões do Brasil reflete provavelmente, o acúmulo de genes que conferem maior tolerância em biótipos. Assim, hipoteticamente, um gene pode ser responsável por pequena redução na absorção do herbicida, outro codifica para aumento pequeno na metabolização do herbicida, outro para um leve aumento da ação de transportadores para o vacúolo e, finalmente, outro confere pequena modificação no local de ação do herbicida, de forma que qualquer combinação das referidas acima podem ser responsáveis pelo aumento da tolerância em relação à ação isolada de apenas um gene (GRESSEL, 2009). Especificamente no caso de espécies de *Ipomoea*, são documentados na literatura casos de elevada metabolização (SANDBERG; MEGGITT; PENNER, 1980) e de reduzida translocação (MONQUERO et al., 2004) e a comparação entre biótipos deveria ser efetuada, para identificar as prováveis causas da tolerância diferencial.

O aumento no nível de tolerância em uma população de plantas daninhas resulta em maior sobrevivência dos indivíduos mais tolerantes e mortalidade dos mais sensíveis, o que aumenta a frequência de genes de tolerância na população sobrevivente, levando ao deslocamento ou incremento gradativo no valor de C_{50} (NEVE et al., 2003). Dessa forma, acredita-se que as populações com maiores valores de C_{50} detectadas no presente experimento estejam situadas em um grau mais avançado do processo de seleção através do glyphosate. Assim, o conhecimento da variabilidade existente é importante sob o aspecto evolutivo e também porque serve de alerta aos agricultores, já que muitas populações das espécies mencionadas necessitaram dose muito superiores às recomendadas para o seu controle satisfatório.

Níveis de tolerância a herbicidas preocupantes já foram atingidos por várias espécies daninhas, de Sul a Norte do Brasil (GALLON et al., 2012). A existência de populações tolerantes demanda a execução de ações conjuntas, seja por parte dos agricultores, através do uso consciente dos herbicidas, ou pelas empresas disponibilizando gama maior de produtos com mecanismos de ação diferenciados, bem como o afinco da comunidade acadêmica e dos órgãos de

pesquisas em aprofundarem os conhecimentos sobre biologia e os mecanismos fisiológicos que conferem este caráter às plantas daninhas presentes nos sistemas de cultivos.

3.6 CONCLUSÕES

As espécies de *Ipomoea* mais comuns em cultivos de soja nas regiões Sudoeste do Paraná e Oeste de Santa Catarina são *I. indivisa*, *I. purpurea* e *I. grandifolia*, sendo a última a mais comum.

Os biótipos de todas as espécies de *Ipomoea* testadas apresentam variabilidade de tolerância ao herbicida glyphosate. A maior variabilidade ocorre nas espécies *I. grandifolia* e *I. indivisa*.

Alguns biótipos necessitam dose muito superior à recomendada para espécie para serem controlados satisfatoriamente, indicando evolução no nível de tolerância ao herbicida glyphosate.

Dentre as espécies avaliadas, *I. grandifolia* é a espécie que apresenta maior dificuldade para ser controlada pelo glyphosate.

4 ABSORÇÃO FOLIAR E TRANSLOCAÇÃO DE GLYPHOSATE EM BIÓTIPOS TOLERANTES E SENSÍVEIS DE *Ipomoea grandifolia*, *I. indivisa* E *I. purpurea*

4.1 RESUMO

Nos últimos anos, tem aumentado o grau de dificuldade para controlar espécies de *Ipomoea* em vários estados do Brasil. No entanto, desconhece-se qualquer levantamento efetuado para identificar a tolerância de populações dentro de cada espécie ao herbicida glyphosate. Conhecer os mecanismos de tolerância em espécies e em populações de plantas daninhas tolerantes ao glyphosate seria fundamental para o estabelecimento de estratégias de prevenção e manejo nos sistemas de produção. Esta pesquisa visa identificar se a absorção foliar e a translocação são mecanismos determinantes da tolerância ao glyphosate em espécies e biótipos de *Ipomoea*. Foram comparados um biótipo tolerante (T) e um sensível (S) das espécies *I. grandifolia*, *I. indivisa* e *I. purpurea*. Quando essas apresentavam entre 3 e 4 folhas expandidas foi aplicado 360 g ha⁻¹ de ¹⁴C-glyphosate+padrão analítico. Foram analisadas a absorção foliar e a translocação para folhas acima das tratadas, folhas abaixo das tratadas, caule e raízes 2, 4, 8, 12, 24, 48 e 72 horas após a aplicação (HAA) do herbicida. A tolerância ao glyphosate em biótipos de *Ipomoea grandifolia* está associada à absorção e translocação reduzida nas plantas. Os biótipos T de *I. indivisa* e *I. purpurea* demonstraram reduzida translocação de glyphosate. Na média das três espécies avaliadas, os biótipos S apresentam translocação 46% superior em relação aos tolerantes.

4.2 ABSTRACT

In recent years, it has increased the degree of difficulty to control *Ipomoea* species in several states in Brazil. However, it is unknown any survey conducted to identify the tolerance of populations within each species to the herbicide glyphosate. Knowing the mechanisms of tolerance in species and populations of weeds tolerant to glyphosate would be crucial for the establishment of strategies for prevention and management of production systems. This research aims to identify whether foliar absorption and translocation mechanisms are determinants

of tolerance to glyphosate in *Ipomoea* species and biotypes. Were compared one tolerant (T) and one sensitive (S) biotype of the species *I. grandifolia*, *I. indivisa*, and *I. purpurea*. In the plant stage between 3 and 4 expanded leaves were applied 360 g ha⁻¹ of ¹⁴C-glyphosate + analytical standard. We analyzed the foliar uptake and the glyphosate translocation to the leaf above the treated leaves, the leaf below treated leaves, stem and roots 2, 4, 8, 12, 24, 48 and 72 hours after application (HAA). The tolerance to glyphosate in *I. grandifolia* biotypes was associated with reduced absorption and translocation in plants. Tolerant biotypes of *I. indivisa* and *I. purpurea* showed reduced translocation of glyphosate. On average of the three *Ipomoea* species, S biotypes presented 46% higher translocation than T biotypes.

4.3 INTRODUÇÃO

Na última década, a intensificação da utilização de culturas geneticamente modificadas e de práticas de manejo inadequadas nas lavouras brasileiras desencadearam intensificação da seleção de plantas daninhas em sistemas de cultivo agrícolas. A seleção interespecífica resulta em mudança da flora para espécies mais tolerantes. A tolerância é uma característica existente na planta mesmo antes da aplicação do herbicida em uma área, que leva à seleção natural das plantas que são pouco afetadas pelo uso do herbicida (CHRISTOFFOLETI; OVEJERO, 2008; VARGAS et al., 2009).

O glyphosate é o herbicida mais utilizado mundialmente, em função do baixo preço pago pelos produtores, elevada eficiência e da ampla e rápida adoção de culturas geneticamente modificadas (CGM) com resistência ao glyphosate pelos agricultores. Atualmente, o maior risco na adoção de CGM no Brasil e América do Sul deve-se à seleção de plantas daninhas com resistência e tolerância a herbicidas (CERDEIRA et al., 2010).

Modificações na composição de espécies daninhas emergidas e no banco de sementes em função da utilização intensiva de glyphosate foram documentadas em vários países. Nos últimos anos, muitas espécies daninhas têm sido descritas como tolerantes ao glyphosate, como *Ambrosia artemisiifolia* (KAPUSTA et al., 1994), *Sesbania exaltata* e *Ipomoea* spp. (JORDAN et al., 1997; LICH et al., 1997). No Brasil, a intensificação do uso de glyphosate tem resultado em

seleção interespecífica de algumas espécies de plantas daninhas (DURIGAN et al., 1988; SANTOS et al., 2001; MONQUERO, 2003; GALON et al., 2012), como a trapoeraba (*Commelina* spp.), corda-de-viola (*Ipomoea* spp.), poaia-branca (*Richardia brasiliensis*), erva-de-touro (*Tridax procumbens*) e erva-quente (*Borreria latifolia*). Na Argentina, verificou-se tolerância nas seguintes espécies daninhas em áreas de soja transgênica: *Parietalia debilis*, *Petunia auxiliares*, *Verbena litoralis*, *Verbena bonariensis*, *Hybanthus parviflorus*, *Iresine difusa*, *Commelina erecta* e *Ipomoea* spp (PAPA; FELIZIA; ESTEBÁN, 2002). Entretanto, a razão pela qual algumas espécies são mais tolerantes ao glyphosate não está totalmente elucidada. Entre os mecanismos de tolerância comprovados estão a absorção, a translocação e a metabolização diferencial de glyphosate (WYRILL; BURNSIDE, 1976; D'ANIERI et al., 1990; MONQUERO, 2003; GALON et al., 2012).

Nos últimos anos, têm-se observado aumento do grau de dificuldade para controlar espécies de *Ipomoea* em vários estados do Brasil. No entanto, desconhece-se qualquer levantamento efetuado para identificar a tolerância de populações dentro de cada espécie ao herbicida glyphosate. Conhecer os mecanismos de tolerância em espécies e em populações de plantas daninhas tolerantes ao herbicida glyphosate seria fundamental para o estabelecimento de estratégias de prevenção e manejo nos sistemas de produção. Porém, são poucos os trabalhos que investigam as bases fisiológicas da tolerância ao glyphosate entre espécies de *Ipomoea* e desconhece-se a existência de trabalhos que investiguem as bases fisiológicas que expliquem diferenças entre populações distintas dentro de cada espécie de *Ipomoea*.

A definição da base fisiológica da tolerância determinará qual ou quais mecanismos fisiológicos são responsáveis pela variabilidade entre espécies de *Ipomoea* e entre populações dentro de cada espécie.

4.3.1 Características da superfície foliar que afetam a absorção de herbicidas

A penetração dos herbicidas através dos tecidos vegetais das plantas é crucial para garantir a eficácia no controle de plantas daninhas (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 a mais expressiva (PROCÓPIO et al., 2003). A eficácia de herbicidas com essa forma de aplicação é dependente de inúmeros processos, tais como a retenção eficiente da molécula na superfície foliar, penetração foliar, translocação na planta e ação sobre um mecanismo fisiológico ou bioquímico capaz de suprimir o desenvolvimento ou matar a planta (KIRKWOOD; MCKAY, 1994). Ainda, fatores como densidade de plantas daninhas e disposição foliar influenciam a interceptação do herbicida pelas folhas. A espessura e composição da cutícula da folha, coeficiente de partição, concentração e tamanho da molécula do herbicida, temperatura ambiente, umidade relativa do ar, entre outros fatores, influenciam a absorção foliar e, conseqüentemente, a eficiência da aplicação (VIDAL, 2002).

A morfologia das folhas tem influência direta na quantidade de herbicida interceptada e retida, pois a anatomia das estruturas foliares determinará a facilidade com que esses produtos serão absorvidos (PROCÓPIO et al., 2003). Características da superfície foliar tais como topografia celular, grau e tipo de cera epicuticular, tricomas e glândulas interferem na disposição do herbicida sobre a folha.

A superfície das folhas é irregular consistindo de áreas elevadas e depressões. O acúmulo de produtos nessas depressões das células (regiões anticlinais) pode aumentar a absorção em espécies vegetais que apresentam cutícula fina nessas regiões. Isso acontece porque a cutícula é formada por uma matriz de substâncias impermeabilizantes, que dificulta a absorção dos herbicidas. A cutina é o principal componente estrutural da cutícula, apresentando composição química variável, normalmente composta por alcanos de cadeia longa, alcoóis, aldeídos, ésteres, ácidos graxo. Esses componentes apresentam polaridade variável e atuam como resina de troca catiônica (SILVA, 2000).

Nas regiões elevadas das células (paredes periclinais) a cutícula está em contato direto com o meio ambiente. As ceras, que exibem forte hidrofobicidade, apresentam diversos padrões, podendo se apresentar em forma de placas, bastonetes, filamentos ou pêlos (HESS; FALK, 1990), e essas estruturas determinam a molhabilidade da superfície foliar, influenciando diretamente a eficiência da aplicação (HULL et al., 1982; MCWHORTER, 1985).

A rota de absorção dos herbicidas é dependente das características de polaridade (polar ou apolar) desses, sendo que produtos apolares são absorvidos pela rota lipofílica. Já os polares, pela rota hidrofílica, por isso a presença de água é fundamental para esses processos, pois além de favorecer a rota hidrofílica, facilita também na rota lipofílica, pois quando a parede celular, que é composta por pectina e celulose, é hidratada ocorre o afastamento das placas de ceras, aumentando sua permeabilidade (SILVA, 2000).

4.3.2 Absorção e translocação de glyphosate

O processo de absorção do glyphosate ocorre em duas fases, iniciando com uma rápida penetração através das camadas de ceras da cutícula, seguida pela absorção simplástica, embora também haja movimento apoplástico. A velocidade nesse momento é dependente de vários fatores, como espécie e idade da planta, condições ambientais, concentração do herbicida na calda e do surfactante (SATICHIVI et al., 2000). O movimento do glyphosate pelo floema segue a mesma rota dos fotoassimilados, das regiões fonte em direção às regiões dreno, os quais são utilizados para crescimento, manutenção, metabolismo, ou armazenamento. Sendo assim, com o desenvolvimento da planta a quantidade de fotoassimilados translocada para cada uma dessas regiões influencia também o movimento do herbicida. Logo, condições que favoreçam a fotossíntese auxiliam também a translocação do herbicida (DELLA-CIOPPA et al., 1986). A translocação e a absorção representam processos essenciais à eficácia do glyphosate (WANAMARTA; PENNER, 1989), podendo influenciar a suscetibilidade ou tolerância de uma planta ao mesmo.

Além disso, é possível que a absorção e translocação limitada em tecidos tratados com glyphosate seja a causa do controle ineficiente em espécies de *Ipomoea*. Trabalhando com *I. lacunosa*, Norsworthy et al. (2001), observaram que apenas 6% do glyphosate aplicado nas folhas de 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. Estes dados contrapõem-se aos observados por

Koger; Reddy (2005), que constataram absorção de 44,4% do glyphosate aplicado em *I. lacunosa* 192 HAT.

Em *I. grandifolia* foi constatada absorção de 80% do glyphosate 72 HAT, no entanto 68,5% do herbicida permaneceram nas folhas tratadas, e apenas 2,2, 4,3 e 4,9% foram translocados para o restante da parte aérea, caule e raiz, respectivamente (MONQUERO et al, 2004). Em *I. hederacea* glyphosate translocou menos (cerca de 18% às 168 HAT) e de forma acrópeta comparativamente a outras três espécies daninhas, em que a translocação foi basípeta (HOSS et al., 2003).

Condições de ambiente associadas à absorção e translocação de glyphosate, como temperatura e umidade relativa do ar, podem estar associadas à eficácia diferencial deste herbicida. A espécie *Convolvulus arvensis*, quando cresce em regiões áridas, geralmente é mais difícil de controlar, comparativamente aos biótipos de regiões úmidas. Essa diminuição no nível de controle foi atribuída a menor área foliar e aumento na espessura da cutícula que ocorre em condições secas (DALL' ARMELLINA; ZIMDAHL 1989), ou seja, quanto mais delgada for a espessura da cutícula e da camada de ceras epicuticulares, mais fácil será a penetração e maior a absorção dos herbicidas (HUANGFU et al., 2009). Ainda, Westwood et al. (1997), relatou que populações de *C. arvensis* resistentes ao glyphosate, cuja cutícula era mais espessa comparativamente a populações sensíveis sob a condição de umidade relativa baixa, absorveram menos glyphosate do que plantas sensíveis. Essa menor eficácia do glyphosate pode estar relacionada à presença de ceras epicuticulares hidrofóbicas nas folhas (CHACHALIS et al, 2001a; PORTO et al 2003).

A absorção estomática pode ser uma via importante para a absorção foliar de solutos iônicos, sendo que a absorção é fortemente correlacionada com o número de estômatos, devido a expressiva absorção que ocorre nas células-guardas, pois nessas regiões as camadas de cera são mais finas e permeáveis. Além disso, a cutícula da câmara subestomática é preenchida por ar úmido, que favorece sua hidratação e consecutivamente a absorção de herbicidas hidrofílicos (VELINI; TRINDADE, 1992). Ainda, a densidade estomática é importante na absorção porque a maioria das espécies de plantas daninhas apresenta estômatos sobre as superfícies adaxial e abaxial (HESS; FALK, 1990). Entretanto, para maioria dessas espécies, os estômatos encontram-se com maior frequência na face abaxial

das folhas (SILVA et al. 2000; VELINI; TRINDADE, 1992; MEYER et al. 1973), a qual é pouco atingida pelo herbicida no momento da aplicação, conseqüentemente, a importância da absorção pelos estômatos desta face é menor (SILVA et al., 2000). Outro fator que sugere pequena relevância dos estômatos na absorção de herbicidas é que em vários horários do dia, eles se encontram fechados, inclusive em aplicações noturnas.

Informações quantitativas sobre o número de estômatos, glândulas e tricomas, e estudos comparativos da superfície abaxial e adaxial, e a quantificação do teor de cera das folhas ainda faltam na literatura para diversas espécies de plantas daninhas. A superfície foliar influencia a difusão e a subsequente absorção dos compostos herbicidas pelas folhas, o conhecimento das características morfológicas e físico-químicas da superfície da folha ajudarão os cientistas e pesquisadores da área de herbologia a compreender melhor o comportamento de um dado herbicida sobre várias espécies de plantas daninhas (HUANGFU et al., 2009).

Os objetivos desse estudo foram elucidar os principais mecanismos de tolerância ao glyphosate em espécies e biótipos de *Ipomoea* através da análise de absorção foliar e translocação.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

4.4.1 Absorção e Translocação de ¹⁴C-glyphosate

Três experimentos foram realizados nas dependências do Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA, no Campus Luiz de Queiroz – Piracicaba da Universidade de São Paulo, um para cada espécie de *Ipomoea*, das encontradas com maior frequência na região Sudoeste do Paraná e Oeste de Santa Catarina: *I. grandifolia*, *I. indivisa* e *I. purpurea*. As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Ecotoxicologia – CENA/USP. As plantas foram conduzidas em casa de vegetação após a semeadura, que foi realizada no dia 20/12/2012.

Para todos os experimentos foi empregado o delineamento inteiramente casualizado com duas repetições, organizado em esquema fatorial

duplo (períodos x biótipos), em que cada planta representa uma parcela experimental. Os períodos de avaliação foram 2, 4, 8, 12, 24, 48, 72 horas após tratamento (HAT) com o herbicida, totalizando 14 plantas por biótipo, no total de 84 plantas para os seis biótipos. Em cada experimento foram analisados um biótipo considerado tolerante e outro considerado sensível ao glyphosate, de acordo com valores de C_{50} estimado anteriormente, através da investigação de resposta a doses de glyphosate em 20 biótipos de *I. grandifolia*, 7 de *I. indivisa* e 4 de *I. purpurea* coletados em lavouras de soja transgênica ou em locais sem pressão de seleção por glyphosate. As localizações das áreas onde foram coletadas as sementes e os principais esquemas de sucessão de culturas e herbicidas encontram-se na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Identificação e características dos locais em que foram coletas as sementes dos biótipos tolerantes e sensíveis ao glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.

Espécie	Resposta ao glyphosate	Localização	Sistema de sucessão de culturas	Utilização de herbicidas
<i>I. grandifolia</i>	Tolerante	São Domingos (SC)	Soja/Soja ¹ Soja/Feijão ¹	Dessecação: Glyphosate + chlorimuron na safra e safrinha nos 2 últimos anos Pós-emergência: Glyphosate (soja - safra) Glyphosate/bentazon/fomesafen (feijão -safrinha)
	Sensível	Renascença (PR)	Aveia - Soja ²	Dessecação: Glyphosate Pós-emergência: Glyphosate (soja); metsulfuron (aveia)
<i>I. indivisa</i>	Tolerante	São Domingos (SC)	Soja/Soja ¹ Soja/Feijão ¹	Glyphosate + chlorimuron na safra e safrinha nos 2 últimos anos (Soja/soja). Glyphosate (feijão safrinha) Pós-emergência: Glyphosate (soja - safra) Bentazon/fomesafen (feijão - safrinha)
	Sensível	Pato Branco (PR)	Pomar	Sem aplicação de glyphosate
<i>I. purpurea</i>	Tolerante	Renascença (PR)	Azevém - Soja ²	Dessecação: Glyphosate nos últimos 10 anos; 2,4-D (última safra) Pós-emergência: Glyphosate (soja) Metsulfuron (azevém, última safra)
	Sensível	Nova Esperança do Sudoeste (PR)	Área sem cultivo	Sem aplicação de glyphosate

¹Safra/safrinha; ²Sucessão inverno – verão

As sementes sofreram tratamento de superação de dormência antes da semeadura, com ácido sulfúrico para os biótipos de *I. indivisa* e *I. purpurea* e com água quente para os biótipos de *I. grandifolia*, de acordo com a metodologia descrita no Capítulo I desta dissertação. Logo em seguida, realizou-se a semeadura em vasos de 200 mL, compostos por solo peneirado e matéria orgânica, os quais permaneceram por 18 dias em condições controladas de umidade relativa e temperatura do ar. As características físico-químicas do solo utilizado para o preenchimento dos vasos estão na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Características físico-químicas do solo. UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.

pH	M.O	P	K	Ca	Mg	H+AL	CTC	V	Textura
$CaCl_2$	$g\ dm^{-3}$	$mg\ dm^{-3}$		$mmol_c\ dm^{-3}$			%		Média argilosa
6,2	5,3	89	2,0	45	19	15	83	82	

*Análise realizada por PIRASOLO Laboratório Agrotécnico Piracicaba Ltda.

No dia 07/01/2013, procedeu-se a aplicação do glyphosate marcado com carbono 14 no radical fosfometil, apresentando atividade específica de 4,36 MBq mg^{-1} e 96,81% de pureza. A solução herbicida foi composta por uma mistura de ^{14}C - glyphosate + padrão analítico, dose de 360 g de glyphosate (equivalente ácido) em 200 L ha^{-1} . A solução foi aplicada na face adaxial do primeiro par de folhas verdadeiras da planta, sob a forma de dez gotas de 1,0 μL por folha, totalizando 20 gotas por planta com auxílio de microaplicador (Hamilton PB6000 Dispenser, Hamilton Co. EUA).

Após o término de cada período, as plantas foram retiradas dos vasos e divididas em cinco partes (folhas tratadas, folhas acima das folhas tratadas, folhas abaixo das tratadas, caule e raízes), com o objetivo de quantificar a radioatividade em cada uma dessas partes.

As folhas tratadas foram colocadas dentro um funil disposto sobre “vials” de cintilação e lavadas com 3,5 mL (sendo lavadas sete vezes com auxílio de uma pipeta calibrada para 500 μL) de uma solução de metanol 80%, a fim de eliminar o herbicida não absorvido. Do líquido proveniente dessa lavagem, foi

retirada uma alíquota de 1 mL e misturada com 10 mL de líquido de cintilação, para posteriormente realizar-se a análise da radioatividade dessa mistura, através de espectrometria de cintilação líquida (ECL) (Packard 1900 TR).

Após cada período de avaliação, as plantas foram seccionadas em cinco partes, como supracitado e secas separadamente a 40°C até atingir massa constante. Posteriormente foram submetidas à combustão em um oxidador biológico (OX 600 Harvey Instruments) para posterior quantificação da radioatividade através de ECL.

4.4.2 Análise da absorção

A absorção do herbicida foi determinada como sendo a porcentagem da radioatividade presente no interior da planta (folhas tratadas, folhas acima das folhas tratadas, folhas abaixo das tratadas, caule e raízes) em relação à radioatividade total recuperada (líquido de lavagem + radioatividade no interior da planta). Foram calculadas a fração lavada e a fração oxidada, sendo feita a verificação que a soma de ambos tem que ser igual ao total aplicado, fechando dessa forma o balanço de massa. Os resultados obtidos foram submetidos à análise da variância e teste de comparação de médias pelo teste DMS a 5% de probabilidade.

4.4.3 Análise da translocação

Estudos qualitativos de translocação foram realizados através de autorradiografias. As plantas utilizadas foram manipuladas da mesma forma como citado anteriormente na análise de absorção, porém, após cada período de avaliação, as folhas tratadas foram lavadas em metanol 80% e as plantas prensadas para execução das exsiccatas, as quais após a desidratação permaneceram por 48 horas em contato com filme revelador, os quais foram em seguida escaneados em um radio scanner (Packard-Cyclone), obtendo-se assim as imagens da translocação do herbicida nas plantas.

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.5.1 Absorção e translocação de glyphosate em *I. grandifolia*

Os resultados da análise da variância indicaram interação entre os fatores biótipos x horários de avaliação para todas as variáveis analisadas, exceto para a variável folha abaixo das folhas tratadas, em que houve significância apenas do fator biótipos (Apêndice 6). Na análise que avalia a correlação entre parte aérea e raízes, houve também interação entre os fatores biótipos x horas x partes (Apêndice 9).

A absorção total de ^{14}C -glyphosate pelas plantas dos biótipos foi crescente ao longo do tempo, com maior taxa até aproximadamente 12 horas após a aplicação (Figura 4.1A). O biótipo tolerante (T) absorveu quantidades inferiores de ^{14}C -glyphosate em relação ao sensível (S) a partir de 8 HAA, apresentando 56% de absorção do total de ^{14}C -glyphosate aplicado 72 HAA, enquanto o biótipo S exibiu 71% do total aplicado na planta nesse período de tempo (Figura 4.1A). A translocação total foi inferior a 3% do total aplicado em ambos os casos (Figura 4.1B), mas a translocação foi em média, 34% superior no biótipo S, comparado ao T.

Níveis semelhantes de absorção e translocação apresentados pelo biótipo S deste estudo foram verificados em *I. grandifolia* por Monquero et al. (2004). Os referidos autores constataram absorção de 80% do glyphosate 72 HAT, e 68,5% do herbicida aplicado permaneceram nas folhas tratadas, e 2,2; 4,3 e 4,9% foram translocados para o restante da parte aérea, caule e raiz, respectivamente.

O percentual de ^{14}C -glyphosate que permaneceu nas duas folhas tratadas na avaliação efetuada 72 HAA foi significativamente superior no biótipo S (70%), comparativamente ao T (54%). Em relação à translocação para as folhas acima das folhas tratadas também houve diferença entre biótipos, principalmente nos períodos iniciais, com médias na translocação às 12 HAA de 0,42 e 0,77%, para os biótipos T e S, respectivamente (Tabela 4.3). A partir de 24 HAA não foram identificadas diferenças entre os biótipos. A translocação para as folhas abaixo da tratada foram superiores no biótipo S de *I. grandifolia* (0,46 %) em relação ao biótipo T (0,21%). Ocorreu incremento na translocação para o caule com o passar do tempo

para os dois biótipos, com maior translocação no biótipo S às 4 e 72 HAA (Tabela 4.3).

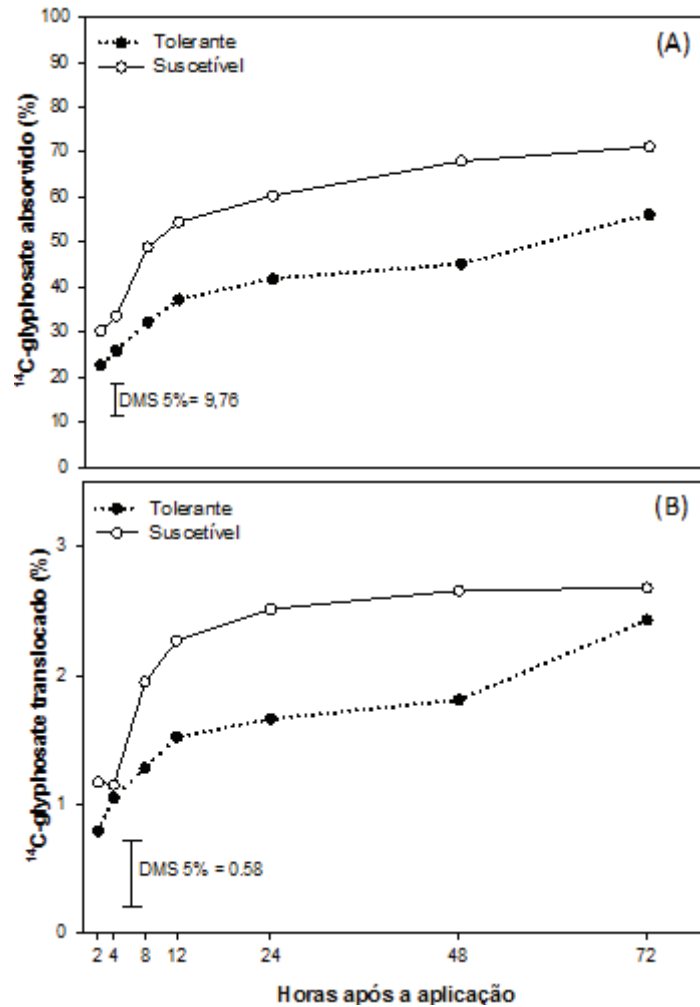


Figura 4.1 – Absorção (A) e translocação (B) de ^{14}C -glyphosate em plantas de *I. grandifolia*. Barra de DMS permite comparar biótipos dentro de cada época de avaliação. UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.

A Figura 4.2 distingue a translocação de ^{14}C -glyphosate entre a parte aérea e a raiz das plantas de *I. grandifolia* de cada um dos biótipos. Constata-se maior translocação de ^{14}C -glyphosate para a parte aérea no biótipo S, principalmente no período até 8 HAA. A translocação até o sistema radicular apresentou comportamento distinto entre biótipos ao longo do tempo, pois às 4 HAA houve maior translocação às raízes de plantas T, mas às 12 e 48 HAA a translocação foi superior para o sistema radicular das plantas S, ocorrendo também períodos em que não houve diferenças entre os biótipos (Figura 4.2). Assim, pode-

se inferir que a maior translocação no biótipo S (Figura 4.1) esteve mais associada à capacidade de translocação de glyphosate do local de aplicação para as demais partes aéreas das plantas de *I. grandifolia* S do que para o seu sistema radicular.

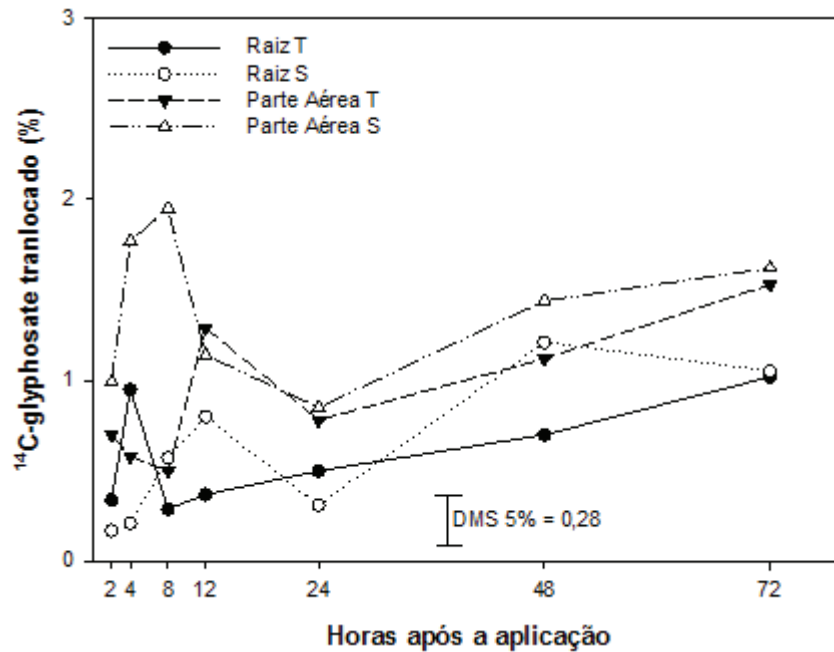


Figura 4.2 – Translocação de ¹⁴C-glyphosate para parte aérea e raízes em plantas de *I. grandifolia* tolerantes (T) e sensíveis (S). Barra de DMS permite comparar biótipos dentro de cada época de avaliação. UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.

Os estudos de autorradiografias de translocação do herbicida nas plantas sensíveis e tolerantes ilustram os resultados obtidos nesta pesquisa. A maior parte da radioatividade (regiões escuras) localiza-se na parte aérea das plantas, permanecendo principalmente nas folhas tratadas, sendo muito pouca radioatividade detectada nas raízes (Figura 4.3).

A análise dos dados permite inferir que a tolerância diferencial ao glyphosate em biótipos de *I. grandifolia* está associada a barreiras no momento da absorção presentes no biótipo T. Além disso, há rápida translocação do herbicida para a parte aérea das plantas no biótipo S, principalmente no período até 8 horas após a aplicação (Figura 4.2).

Tabela 4.3 - Quantidade do ^{14}C -glyphosate translocado em *I. grandifolia*, em função do tempo após a aplicação (HAA), UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.

HAA	Folhas tratadas		Folhas acima		Folhas abaixo		Caule		Raiz	
	T	S	T	S	T	S	T	S	T	S
2	21,13 dA	29,1 eA	0,27 cB	0,51 dA	0,10	0,13	0,11 dA	0,14 dA	0,34 dA _d	0,17 eA _B
4	24,56 dA	30,91 eA	0,28 cB	0,65 cdA	0,15	0,19	0,11 dB	0,16 cdA	0,95 abA _d	0,21 eB _B
8	29,65 cdB	47,75 dA	0,29 cB	0,69 bcdA	0,16	0,32	0,15 cA	0,17 cdA	0,29 dA _d	0,57 cdA _B
12	36,19 bcB	52,5 cdA	0,42 cB	0,77 abcA	0,23	0,36	0,16 cA	0,17 cdA	0,37 dB _B	0,80 bcA _d
24	41,07 bB	57,8 bcA	0,66 bA	0,82 abcA	0,24	0,45	0,21 bA	0,21 bA	0,50 cdA _d	0,31 deA _B
48	43,33 bB	65,36 abA	0,91 aA	0,86 abA	0,26	0,83	0,23 bA	0,23 bA	0,70 bcB _B	1,21 aA _d
72	54,47 aB	69,28 aA	0,95 aA	0,95 aA	0,33	0,93	0,27 aB	0,32 aA	1,02 aA _B	1,05 abA _B
Médias	35,77	50,39	0,54	0,75	0,21 B	0,46 A	0,18	0,19	0,60	0,62
DMS	9,82		0,20		0,18		0,03		0,30	

Médias seguidas por letras minúsculas, na coluna, comparam horários do mesmo biótipo, Médias seguidas por letras maiúsculas, na linha, comparam os biótipos no mesmo horário, Médias analisadas pelo teste DMS a 5% de probabilidade.

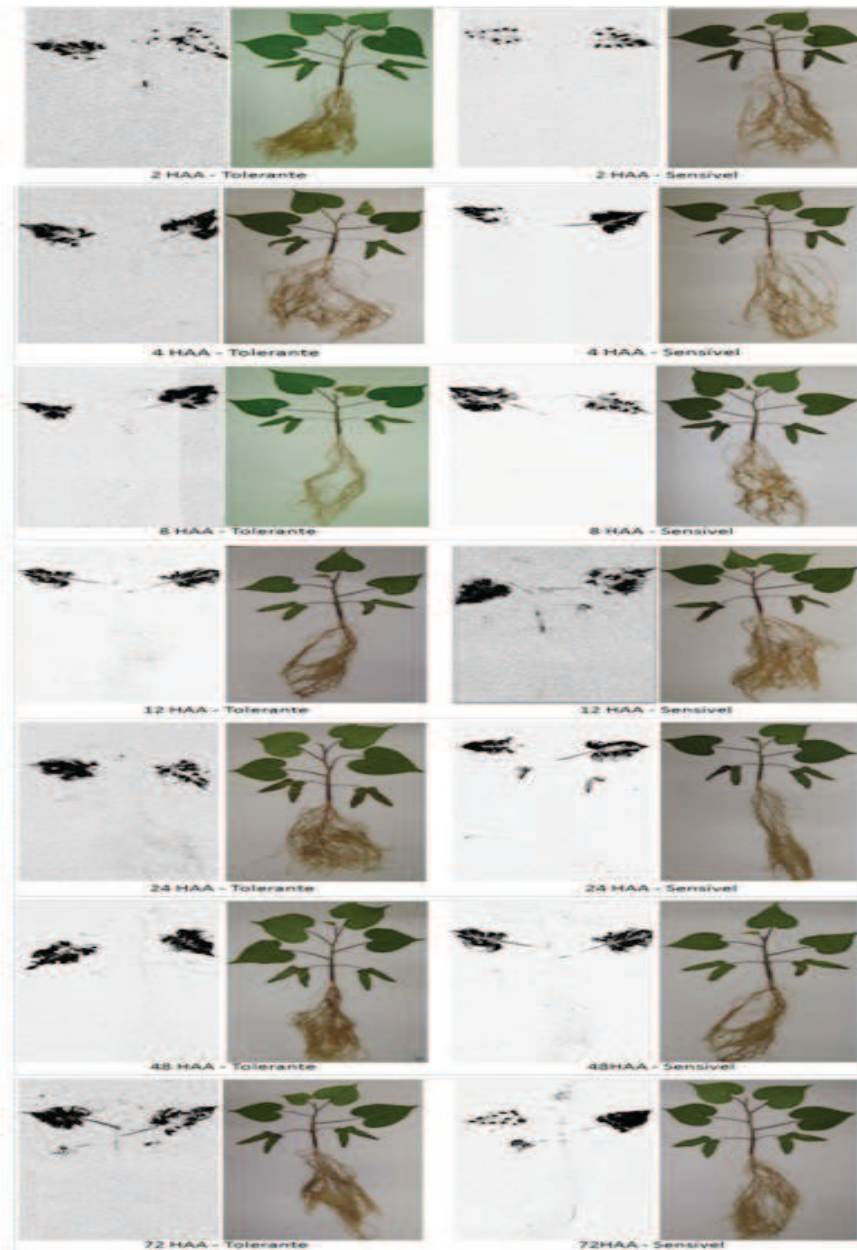


Figura 4.3 – Autorradiografias da translocação do ^{14}C -glyphosate pelos tecidos vegetais de *I. grandifolia* tolerante (T) e sensível (S) ao herbicida glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.

4.5.2 Absorção e translocação de glyphosate em *I. indivisa*

A análise de variância identificou diferenças estatísticas entre os biótipos T e S para todas as variáveis analisadas, apresentando interação entre os fatores biótipos x horários de avaliação, exceto pela variável caule, em que foi constatada diferença apenas entre horários (Apêndice 7).

Não houve diferença entre a média de absorção de ^{14}C -glyphosate entre biótipos, no entanto houve diferença entre os horários para o mesmo biótipo, e entre biótipos às 48 e 72 HAA. Observa-se em *I. indivisa* comportamento distinto de *I. grandifolia*, pois o biótipo S apresenta absorção inferior ao T 72 HAA (Figura 4.4A), o que é confirmado pelos dados da presença de ^{14}C -glyphosate nas folhas tratadas presentes na Tabela 4. Isso indica que o processo de absorção não é o responsável pelas diferenças de tolerância ao glyphosate entre os biótipos estudados nesta espécie.

Quanto à translocação, os biótipos apresentaram comportamento distinto a partir de 24 HAA, com incrementos expressivos na porcentagem translocada no biótipo S nos dois últimos períodos, destacando-se o acréscimo de 109% em relação ao T 72 HAA (Figura 4.4B). Na avaliação efetuada 72 HAA, o biótipo T absorveu mais e translocou menos que o S, sugerindo que a maior tolerância se deva à menor translocação.

A porcentagem de ^{14}C -glyphosate presente nas folhas tratadas não diferiu entre os biótipos em todos os horários, com exceção dos últimos dois horários após a aplicação. Após 48 horas, cerca de 71% do total de ^{14}C -glyphosate absorvido pela planta permaneceu nas folhas tratadas do biótipo S, e apenas 37% após 72 HAA (Tabela 4.4), demonstrando a translocação de glyphosate para outras partes das plantas S no período final de avaliação.

A translocação do ^{14}C -glyphosate para as folhas acima das tratadas foi superior para o biótipo S a partir de 24 horas após a aplicação, o qual atingiu 3,46% 72 HAA, que é o triplo de translocação apresentada pelo T no mesmo tempo de avaliação (Tabela 4.4 e Figura 4.6). Para as folhas abaixo das tratadas há igualdade entre os biótipos em todos os horários, exceto 72 HAA, quando o percentual translocado no biótipo T atingiu apenas um terço do constatado no S. Em relação ao

caule, houve diferença apenas entre as médias de horário de aplicação (Tabela 4.4). A translocação para as raízes dos dois biótipos não apresentou um padrão bem definido, pois às 12 HAA houve translocação superior para as raízes do biótipo S, mas às 24 e 72 HAA houve superioridade de translocação para as raízes do biótipo T (Tabela 4.3 e Figura 4.6).

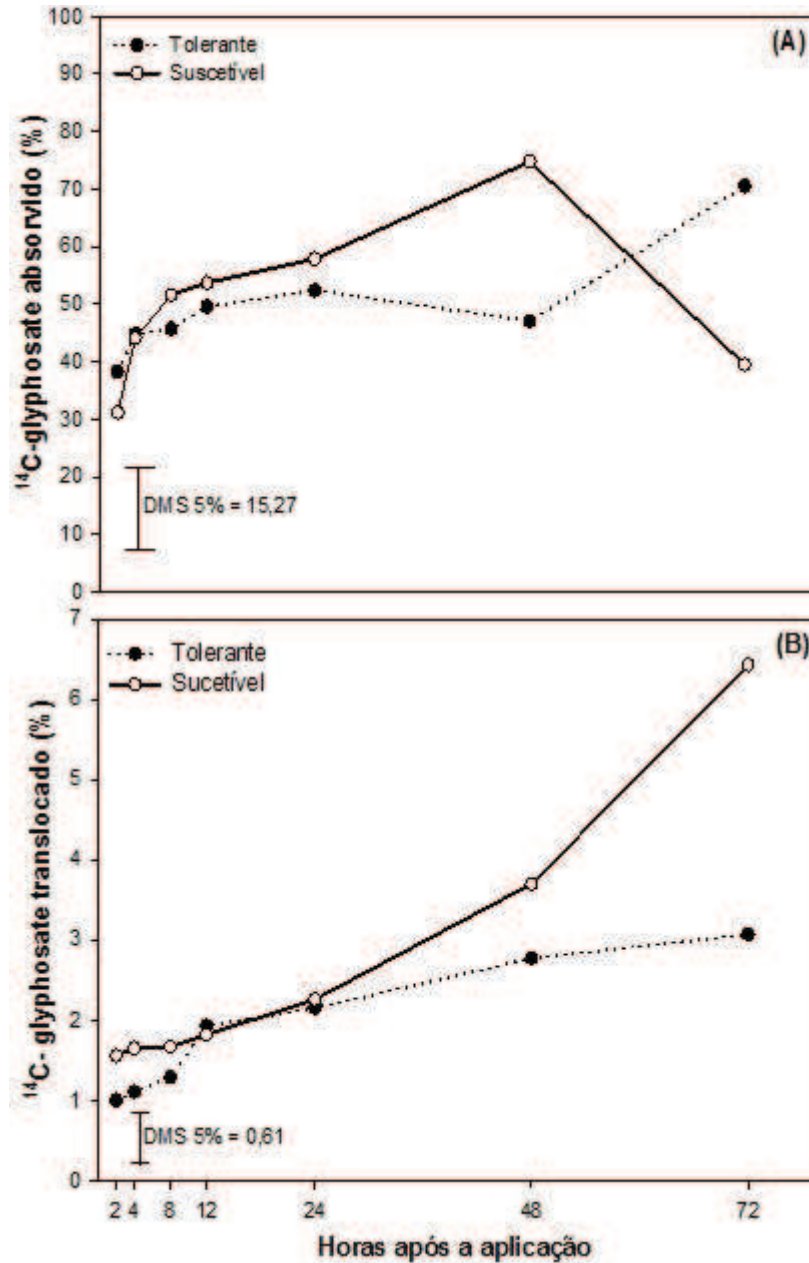


Figura 4.4 – Absorção (A) e translocação (B) de ^{14}C -glyphosate em plantas de *I. indivisa*. A barra de DMS permite comparar biótipos em cada período de avaliação. UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.

Tabela 4.4 - Quantidade do ^{14}C -glyphosate translocado em *I. indivisa*, em função do tempo após a aplicação (HAA), UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.

HAA	Folhas tratadas		Folhas acima		Folhas abaixo		Caule		Raízes		
	T	S	T	S	T	S	T	S	Média	T	S
2	36.95 bA	24.70 dA	0.30 cA	0.55 dA	0.16 aA	0.14 bA	0.12	0.16	0.14 c	0.28 cA	0.54 bA
4	42.87 bA	42.41 bcA	0.36 cA	0.63 dA	0.17 aA	0.17 bA	0.12	0.20	0.16 bc	0.35 cA	0.56 bA
8	44.70 bA	50.00 bcA	0.40 cA	0.68 dA	0.19 aA	0.21 bA	0.23	0.20	0.21 bc	0.39 cA	0.66 bA
12	48.43 bA	51.44 bcA	0.56 bcA	0.75 dA	0.23 aA	0.21 bA	0.24	0.23	0.23 bc	0.97 bB	1.72 aA
24	50.26 bA	56.21 abA	0.68 bB	1.12 cA	0.23 aA	0.23 bA	0.24	0.25	0.24 bc	1.15 abA	1.03 bB
48	44.28 bB	71.06 aA	0.99 aB	1.95 bA	0.26 aA	0.27 bA	0.24	0.35	0.30 ab	1.23 abA	0.74 bA
72	67.48 aA	37.66 cdB	1.15 aB	3.46 aA	0.29 aB	0.90 aA	0.29	0.58	0.44 a	1.56 aA	0.69 bB
Médias	47,85	47,64	0,63	1,31	0,22	0,30	0,21	0,28	0,24	0,85	0,85
DMS	15,27		0,28		0,35		0,15		0,55		

Médias seguidas por letras minúsculas, na coluna, comparam horários do mesmo biótipo, Médias seguidas por letras maiúsculas, na linha, comparam os biótipos no mesmo horário, Médias analisadas pelo teste DMS a 5% de probabilidade.

Constata-se percentual muito superior de ^{14}C -glyphosate translocado para as demais partes aéreas no biótipo S do que no T. Ainda, a quantidade translocada das folhas tratadas do biótipo S para a parte aérea foi superior em relação ao translocado para as suas raízes. Isso contrasta com o biótipo T que, de forma geral, não apresenta diferenças de translocação entre parte aérea e raiz (Figura 4.5).

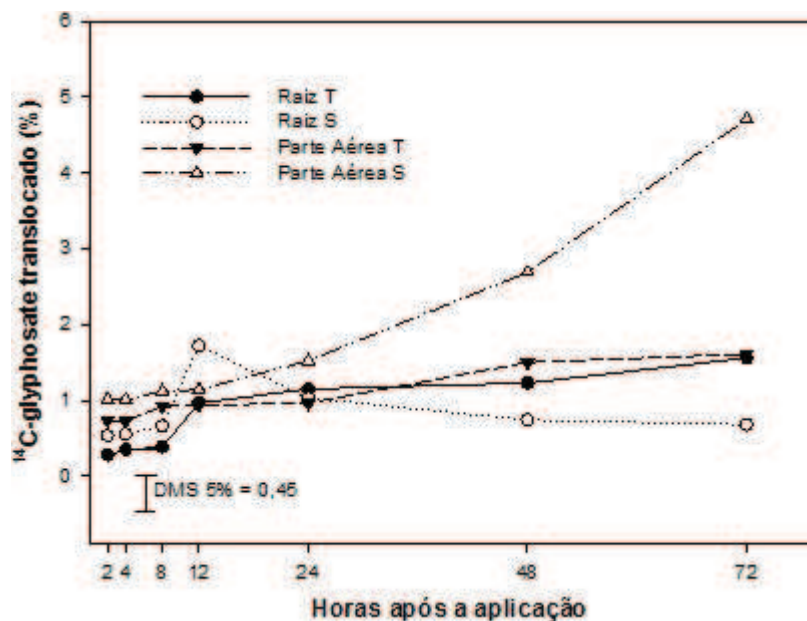


Figura 4.5 – Translocação de ^{14}C -glyphosate para parte aérea e raízes em plantas de *I. indivisa* tolerantes (T) e sensíveis (S). A barra de DMS permite comparar biótipos em cada período de avaliação. UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.

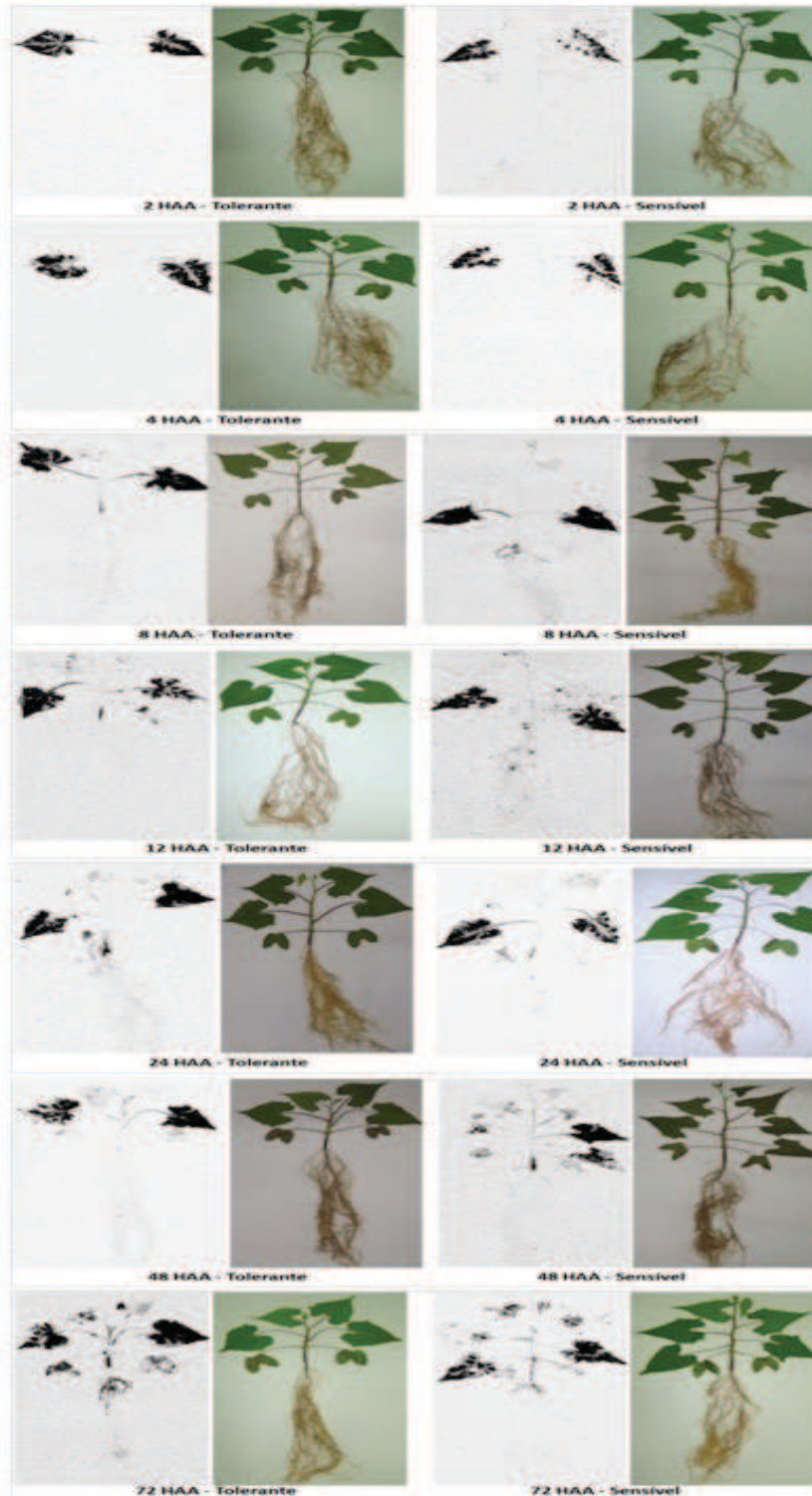


Figura 4.6 – Autorradiografias da translocação do ^{14}C -glyphosate pelos tecidos vegetais de *I. indivisa* tolerante (T) e sensível (S) ao herbicida glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.

Pode-se inferir, portanto, que a maior suscetibilidade apresentada pelo biótipo S de *I. indivisa* está relacionada com a maior translocação das moléculas de

glyphosate para a sua parte aérea em comparação ao biótipo T, assim como constatado em *I. grandifolia*.

Os biótipos S e T destas duas espécies também apresentam contraste no aspecto temporal. De fato, em *I. grandifolia* as diferenças de translocação entre biótipos foram evidenciadas em períodos de tempo mais curtos do que para *I. indivisa*.

4.5.3 Absorção e translocação de glyphosate em *I. purpurea*

Os resultados obtidos na análise de variância apresentaram diferenças estatísticas significativas entre os biótipos T e S de *I. purpurea* para todas as variáveis analisadas, apresentando interação entre os fatores biótipos x horários de avaliação, exceto para folha abaixo das folhas tratadas, onde houve significância apenas para o fator horários de avaliação (Apêndice 8).

A absorção de ^{14}C -glyphosate no biótipo T de *I. purpurea* foi significativamente superior ao S até 24 HAA (Figura 4.7A). A absorção média nas plantas do biótipo T foi superior, cerca de 62%, enquanto o S absorveu 51% do total aplicado. Isso indica que a maior tolerância ao glyphosate em T não está associada a existência de barreiras à absorção do herbicida (Figura 4.7A).

Os percentuais de translocação em plantas do biótipo S foram superiores às do T, com médias de translocação de 2,93 e 1,89% do total aplicado, respectivamente (Figura 4.7B). A rápida translocação inicial no biótipo S (até 8 HAA) pode estar relacionada com a maior suscetibilidade em *I. purpurea*.

Diferenças de translocação de ^{14}C -glyphosate entre os biótipos para as folhas acima das folhas tratadas, foram constatadas apenas na avaliação efetuada 24 HAA (Tabela 4.5). Em relação às folhas abaixo das tratadas, não foram constatadas diferenças entre os biótipos. Diferenças de translocação para as raízes também somente ocorreram 24 HAA, em que houve superioridade do S em relação ao T. A principal diferença entre os biótipos S e T de *I. purpurea* esteve na translocação para o caule entre 12 e 48 HAA, superior em S em relação a T.

Tabela 4.5 - Quantidade do ^{14}C -glyphosate translocado em biótipos tolerantes (T) e sensíveis (S) de *I. purpurea*, em função das horas após a aplicação (HAA), UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.

HAA	Folhas tratadas		Folhas acima		Folhas abaixo		Média	Caule		Raiz	
	T	S	T	S	T	S		T	S	T	S
2	48.64 cA	34.74 bB	0.49 bA	0.35 eA	0.20	0.13	0.17 b	0.14 bA	0.14 bA	0.28 bA	0.41 cA
4	50.13 bcA	38.85 bA	0.51 bA	0.41 deA	0.23	0.14	0.18 b	0.14 bA	0.15 bA	0.33 bA	1.02 bcA
8	51.47 bcA	39.65 bA	0.51 bA	0.43 deA	0.24	0.23	0.24 ab	0.16 bA	0.20 bA	0.35 bA	1.49 bcA
12	59.33 bcA	43.24 bB	0.54 bA	0.58 cdA	0.28	0.24	0.27 ab	0.21 bB	0.40 aA	0.69 bA	1.52 bcA
24	61.43 bA	46.52 bB	0.59 bB	0.80 abA	0.27	0.29	0.31 a	0.24 bB	0.46 aA	0.39 bB	2.05 abA
48	73.60 aA	68.40 aA	0.63 bA	0.72 bcA	0.30	0.32	0.32 a	0.28 bB	0.48 aA	1.18 bA	1.77 bcA
72	74.46 aA	68.50 aA	0.87 aA	0.93 aA	0.35	0.30	0.33 a	0.45 aA	0.50 aA	2.79 aA	3.48 aA
Médias	59,87	48,56	0,59	0,60	0,27	0,24	0,26	0,23	0,33	0,86	1,68
DMS	11,94		0,19		0,10		0,15		1,49		

Médias seguidas por letras minúsculas, na coluna, comparam horários do mesmo biótipo, Médias seguidas por letras maiúsculas, na linha, comparam os biótipos no mesmo horário, Médias analisadas pelo teste DMS a 5% de probabilidade.

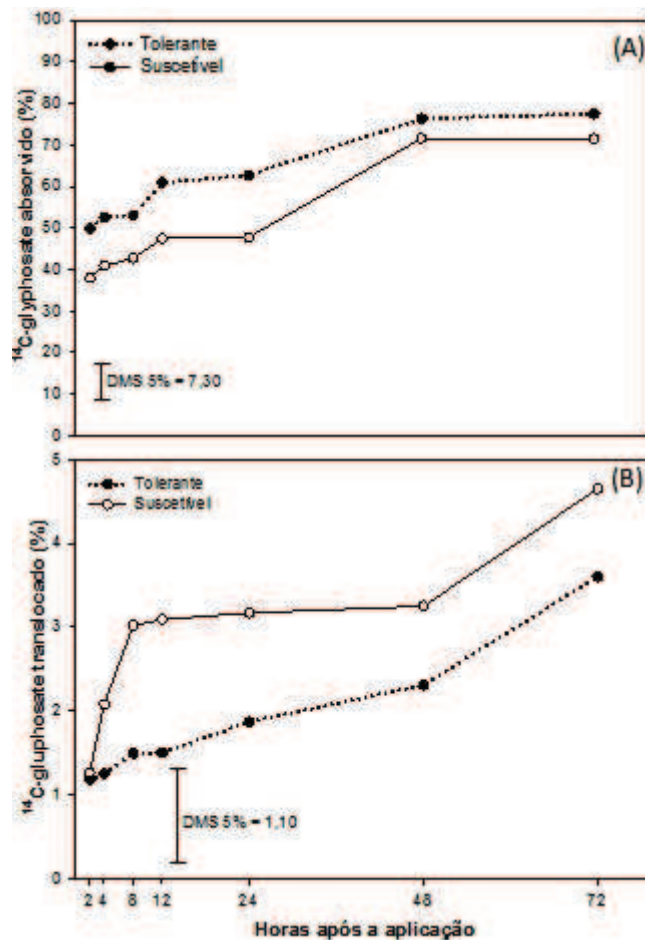


Figura 4.7 - Absorção (A) e translocação (B) de ^{14}C -glyphosate em plantas de *I. purpurea*. A barra de DMS permite comparar biótipos em cada período de avaliação. UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.

A análise da translocação total de ^{14}C -glyphosate para as partes aéreas e raízes (Figura 4.8), não detectou diferenças entre os biótipos quanto à translocação para a parte aérea das plantas. No entanto, constata translocação

superior de glyphosate para as raízes do biótipo S em relação ao T, no período de 24 HAA (Figuras 4.8 e 4.9). É importante salientar, também, que na avaliação efetuada 72 HAA, os percentuais translocados para as raízes dos dois biótipos de *I. purpurea* superam os percentuais translocados para a parte aérea das plantas, ao contrário do que ocorre com *I. grandifolia* e *I. indivisa*, em que percentuais mais significativos de glyphosate são translocados para a parte aérea das plantas, em relação ao seu sistema radicular.

Embora estes biótipos de *I. purpurea* não difiram quanto ao montante de glyphosate translocado para a parte aérea, diferenças de translocação para o caule das plantas (12 a 48 HAA) e também para as folhas e raízes (24 H), provavelmente explicam a tolerância diferencial entre os mesmos (Tabela 4.5).

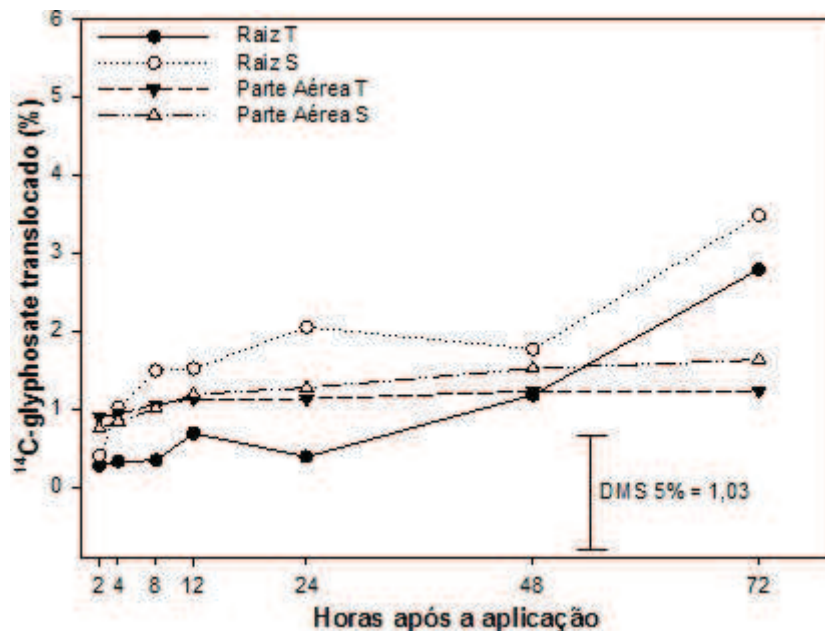


Figura 4.8 - Translocação de ^{14}C -glyphosate para parte aérea e raízes em plantas de *I. purpurea* tolerantes (T) e sensíveis (S). A barra de DMS permite comparar biótipos em cada período de avaliação. UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.

O montante de ^{14}C -glyphosate absorvido e translocado, respectivamente, em cada uma das espécies (média dos dois biótipos) foi: *I. grandifolia* (44,8 e 1,8%), *I. indivisa* (56,6 e 2,3%) e *I. purpurea* (56,6 e 2,4%). Os menores valores totais de absorção e de translocação na espécie *I. grandifolia* sinalizariam para a maior tolerância desta espécie ao glyphosate, o que foi confirmado no segundo capítulo desta dissertação, em que foi avaliada a resposta de diversos biótipos dessas espécies a doses de glyphosate, constatando-se a

necessidade de aplicação de 1.734 e 1.545 g ha⁻¹ de glyphosate para controlar 80% das plantas de *I. grandifolia* e *I. purpurea*, respectivamente.

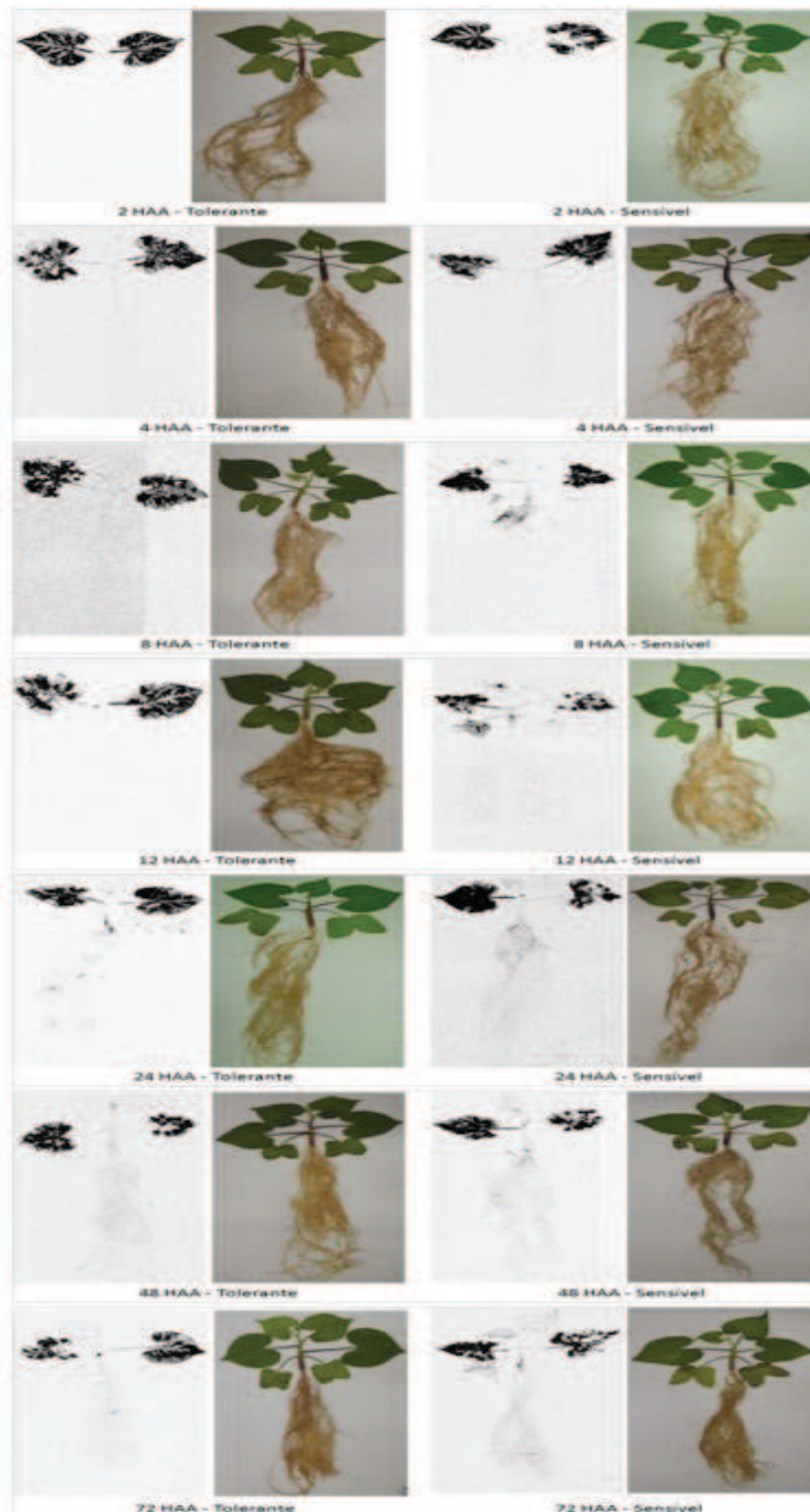


Figura 4.9 – Autorradiografias da translocação do ¹⁴C-glyphosate pelos tecidos vegetais de *I. purpurea* tolerante (T) e sensível (S) ao herbicida glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.

Considerando as três espécies avaliadas, apenas em *I. grandifolia* a absorção de glyphosate no biótipo S superou o biótipo T. No entanto, percentuais superiores de translocação do herbicida no biótipo S em relação ao T foram constatados nas três espécies de *Ipomoea* avaliadas. Nestes experimentos, em média os biótipos S das três espécies translocaram 46% mais glyphosate do que a média dos biótipos T (Figuras 4.1, 4.4 e 4.7). A translocação é um processo essencial para garantir a eficiência de um herbicida sistêmico (WANAMARTA; PENNER, 1989), principalmente de glyphosate (DELLACIOPPA et al., 1986) e nosso trabalho indica que este é um mecanismo fundamental no processo de seleção de biótipos mais tolerantes.

A variabilidade de tolerância entre os biótipos das três espécies de *Ipomoea* estudadas neste trabalho pode ser determinada por vários fatores, podendo ser os mesmos responsáveis pela determinação da resistência em populações de plantas daninhas. Nos modelos de previsão de resistência, a evolução é determinada por: frequência inicial do alelo de resistência, dominância e tipo de polinização da espécie, tamanho da área tratada com o herbicida e o grau de infestação da área e ainda, mecanismo de ação do herbicida e sua frequência de uso na área (VIDAL; FLECK, 1997).

No presente estudo, há indícios de que o principal fator atuando no processo seletivo seja a frequência de utilização do herbicida glyphosate nas áreas. Todos os biótipos T utilizados nos ensaios são oriundos de áreas com uso intensivo de glyphosate (Tabela 4.1), e dois dos biótipos sensíveis provêm de áreas sem aplicação de glyphosate. Desta forma, é muito provável que se esteja diante de casos de seleção direcional positiva na presença de glyphosate e seleção direcional negativa na ausência de glyphosate, como proposto por Baucom; Mauricio (2004) em trabalho analisando o processo de seleção de *Ipomoea purpurea*, o que indica que a forma de uso da terra está determinando a trajetória evolutiva da tolerância ao glyphosate.

Um aspecto importante a ser considerado é que no trabalho não foi investigado o processo de metabolização do glyphosate para compostos menos tóxicos às plantas. Especificamente para espécies de *Ipomoea*, é documentada na literatura elevada metabolização (SANDBERG; MEGGITT; PENNER, 1980) e reduzida translocação (MONQUERO et al., 2004) como prováveis mecanismos

causadores de tolerância aos herbicidas em biótipos. Assim, além dos processos de absorção (*I. grandifolia*) e translocação diferencial (*I. grandifolia*, *I. indivisa* e *I. purpurea*), constatados no presente trabalho, em futuros trabalhos seria importante investigar a contribuição que a metabolização do glyphosate tem na tolerância diferencial entre os biótipos estudados.

4.6 CONCLUSÕES

A tolerância ao glyphosate em biótipo de *Ipomoea grandifolia* com tolerância a esse herbicida está associada à sua reduzida absorção e translocação nas plantas.

Maior tolerância ao glyphosate em biótipo de *I. grandifolia* está relacionada à reduzida translocação ao caule, folhas acima e folhas abaixo da folha tratada.

A tolerância ao glyphosate em biótipos de *I. indivisa* e *I. purpurea* com tolerância a esse herbicida está associada à sua reduzida translocação nas plantas.

Maior tolerância ao glyphosate em biótipo de *I. indivisa* está relacionada à menor translocação de glyphosate para folhas acima das folhas tratadas, em comparação ao biótipo suscetível.

Maior tolerância ao glyphosate em biótipo de *I. purpurea* está associada à reduzida translocação ao caule das plantas e, secundariamente, às folhas e raízes.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Muitas das espécies de *Ipomoea* consideradas daninhas estão amplamente distribuídas no território nacional. No presente trabalho, em um levantamento feito em lavouras de soja em 31 propriedades, sendo 28 pertencentes a municípios da região Sudoeste do Paraná e três a municípios da região Oeste de Santa Catarina, foi possível constatar que as espécies *I. purpurea*, *I. indivisa* e *I. grandifolia* são as mais frequentes, com predominância de *I. grandifolia*.

Essas espécies apresentam diferentes fluxos de germinação devido à dormência presente em suas sementes, havendo assim, a necessidade de ativação dos processos germinativos com a finalidade de conduzir estudos em que a germinação uniforme das sementes é necessária e também para que se possa inferir sobre quais os principais mecanismos determinantes da dormência. No capítulo 2 desta dissertação, foi constatado que essa latência ocorre provavelmente devido a barreiras físicas, que impedem a entrada de água até o embrião, tornando-se necessário lançar mão de tratamentos que façam o rompimento do tegumento e proporcionem a hidratação do embrião. No entanto, os métodos de superação de dormência podem variar de acordo com a espessura do tegumento, em espécies onde a camada tegumentar é mais resistente como em *I. purpurea* e *I. indivisa*, em que houve necessidade de tratamentos mais invasivos, através do uso de ácido sulfúrico. Para as espécies com tegumento menos lignificado, como em *I. grandifolia*, o uso de ácido danificou o embrião e, nesses casos, os tratamentos menos agressivos, como a água quente, proporcionaram os maiores índices de germinação.

Desconhecem-se levantamentos efetuados anteriormente à introdução de cultivares de soja transgênicas nas regiões Sudoeste do Paraná e Oeste de Santa Catarina que tenham determinado quais as espécies de *Ipomoea* eram mais frequentes nas lavouras de soja. A ocorrência dessas espécies pode estar associada a suas características biológicas, como a capacidade de produção de sementes, facilidade de disseminação, habilidade de interferência com espécies cultivadas e com outras espécies daninhas, viabilidade das sementes do solo, etc. Também pode estar associada à capacidade de suportar as pressões impostas pelo ambiente e

pelas práticas de manejo utilizadas pelo homem, entre as quais se destaca a aplicação de herbicidas.

Dentre as inúmeras características biológicas listadas anteriormente, seria importante investigar quais as que justificam a maior ocorrência de *I. grandifolia* no levantamento efetuado.

Em todas as propriedades em que foi efetuado o levantamento, os sojicultores utilizam cultivares de soja geneticamente modificadas resistentes ao glyphosate (RR) por muitos anos. O fato de *I. grandifolia* ser mais frequente em áreas com uso intensivo de glyphosate, é um indício de que os processos evolutivos da tolerância impostos sobre esta espécie sejam mais intensos. Pois além da tolerância inerente de cada espécie e/ou biótipo, o local de origem das sementes e o grau de infestação da área também influenciam sua variabilidade de resposta aos herbicidas, pois está diretamente ligada a pressão de seleção exercida por esses.

Hipotetiza-se que espécies que estejam sofrendo maior pressão de seleção por herbicidas apresentem maior variabilidade de resposta quando diferentes biótipos são comparados através de experimentos de resposta à dose. O fator de tolerância (FT) poderia ser utilizado para avaliar a variabilidade de resposta dentro de uma espécie. No capítulo 3 da dissertação foi possível calcular a amplitude dos FT's para cada uma das espécies de *Ipomoea*, baseados na variável matéria da parte aérea seca (MPAS). As espécies *I. grandifolia* e *I. indivisa* apresentaram as maiores amplitudes de FT, com poucas diferenças entre si, enquanto a espécie *I. purpurea* apresentou uma variação em FT muito menor.

Os resultados obtidos no Capítulo 4 da dissertação indicam que os processos de seleção aos quais as populações das três espécies de *Ipomoea* foram submetidas provocaram ao longo do tempo alterações fisiológicas nas plantas, interferindo em seus processos de absorção e/ou translocação, seja pelo acréscimo ou redução destes índices. Considerando-se que todos os biótipos tolerantes utilizados nos ensaios foram oriundos de áreas com uso intensivo de glyphosate e dois dos biótipos sensíveis provêm de áreas sem aplicação de glyphosate, há fortes indícios de que o principal fator atuando no processo seletivo seja a frequência de utilização do herbicida glyphosate nas áreas. Uma investigação mais pormenorizada do sistema de manejo utilizado na área de soja em que foi identificado o biótipo

sensível de *I. grandifolia* ao glyphosate deveria ser conduzida, na tentativa de explicar diferenças no processo seletivo em relação à população tolerante.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, L.I.V.; PAULILO, M.T.S. Efeito da luz, temperatura, reguladores de crescimento e nitrato de potássio na germinação de *Miconia cinnamomifolia* (DC) Naudim. **Insula**, v. 21, p.59-86, 1992.
- ANONYMOUS. Weed survey – Southern states, broad leaf crops subsection. Proceedings, **Southern Weed Science Society**,48: 290–305, 1995.
- ANONYMOUS. Weed survey – Southern states, broad leaf crops subsection. Proceedings, **Southern Weed Science Society**, v. 54, p.244–259, 2001.
- ARANTES, Sayonara Andrade do Couto Moreno. **Retenção e degradação de ¹⁴C-glifosato e remobilização dos seus resíduos ligados em diferentes classes de solos**. 2007. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.
- AUSTIN, D. F. Dissolution of *Ipomoea* series *Anisomerae* (Convolvulaceae). **Taxon**,v. 28, p.359–361, 1997.
- AZANIA, A. A. P. M. et al. Métodos de superação de dormência em sementes de *Ipomoea* e *Merremia*. **Planta daninha**, v. 21, n.2, p. 203-209, 2003.
- AZANIA, C. A. M et al. Superação da dormência de sementes de corda-de-viola (*Ipomoea quamoclit* e *I. hederifolia*). **Planta daninha**, v.27, n.1, p. 23-27, 2009.
- BACCHI, O.; LEITÃO-FILHO, H. F.; ARANHA, C. **Plantas Invasoras de Culturas**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, v. 1, p. 45-61, 1972.
- BALDWIN, F.L. Weed control in Roundup tolerant soybeans. Proc. South. **Weed Science Society**, p. 48:46, 1995.
- BARROS, A. C.; ROCHA, C. L. Avaliação do herbicida heat (saflufenacil) em dessecação pré-plantio na Cultura da soja. In XXVII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 2010, Ribeirão Preto. **Anais**. 2010. p. 1450-1454, 2010.

BAUCOM, R. S.; MAURICIO, R. The evolution of novel herbicide tolerance in a noxious weed: the geographic mosaic of selection. **Evolutionary Ecology**, v. 22, p. 85–101, 2008.

BURKE, I.C., et al. Pitted and Hybrid Morningglory Accessions Have Variable Tolerance to Glyphosate. **Weed Technology**, v. 23, p. 592-598, 2009.

CARDINA, J.; SPARROW, D. H. A comparison of methods to predict weed seedling populations from the soil seedbank. **Weed Science**, v. 44, n. 1, p. 46-51, 1996.

CERDEIRA et al. 2010. Agricultural impacts of glyphosate-resistant soybean cultivation in South America. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v.59, p.5799-5807, 2010.

CHACHALIS, D. et al. Characterization of leaf surface, wax composition, and control of redvine and trumpetcreeper with glyphosate. **Weed Science**, v. 49, p. 156-163, 2001.

CHANDLER, J. M. et al. Purple moonflower: emergence, growth, reproduction. **Weed Science**, v. 25, n.2, p. 163-167, 1977.

CHAUHAN, B. S.; ABUGHO, S. B. Threelobe Morningglory (*Ipomoea triloba*) Germination and Response to Herbicides. **Weed Science**, v. 60, p. 199-204, 2012.

CULPEPPER, A. S. et al. Effect of insecticides on clomazone absorption, translocation, and metabolism in cotton. **Weed Science**, v. 49, n. 1, p. 613-616, 2001.

DALL'ARMELLINA, A. A.; ZIMDAHL, R. L. Effect of watering frequency, drought, and glyphosate on growth of field bindweed (*Convolvulus arvensis*). **Weed Science**, v. 37, p. 314-318, 1989.

D'ANIERI, P. et al. Glyphosate translocation and efficacy relationships in red maple, sweetgum and loblolly penne seedlings. **Forest Science**, v. 36, p. 438-447, 1990.

DELLA-CIOPPA, G. N. et al. Translocation of the precursor of 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase into chloroplasts of higher plants in vitro. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 83, p. 6873-6877, 1986.

DIAS, N. M. P.; REGITANO, J.B.; 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.

DURIGAN, J. C.; GALLI, A. J. B.; LEITE, G. J. Avaliação da eficiência da mistura de glyphosate e 2,4-D para o controle de plantas daninhas em citros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 17, 1988, Piracicaba. **Resumos...**Piracicaba: SBEHD, p. 303-304, 1988.

FERREIRA, A. G.; BORGUETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 323 p., 2004.

FINCH-SAVAGE, W. E.; LEUBNER-METZGER, G. L. Seed dormancy and the control of germination. **New Phytologist**, v. 171, n. 3, p. 501-523, 2006.

FRANS, R. et al. Experimental design and techniques for measuring and analyzing plant responses to weed control practices. In: CAMPER, D. (Ed.). **Research methods in weed science**. 3.ed. Champaign: Southern Weed Sci. Soc., p. 37, 1986.

GALON, L. et al. Glyphosate translocation in herbicide tolerant plants. **Planta Daninha**, v. 31, n. 1, p. 193-201, 2012.

GALON, L. et al. Tolerância de culturas e plantas daninhas a herbicidas. In: AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L. **Resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil**. Passo Fundo: Berthier, p. 37-74, 2009.

GRESSEL J. Evolving understanding of the evolution of herbicide resistance. **Pest Management Science**, v. 65, n. 11, p. 1164-1173, 2009.

GRESSEL J. Global advances in weed management. **The Journal of Agricultural Science**, v.149, p. 47-53, 2010.

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.

HARDCASTLE, W. S. The influence of temperature and acid scarification duration on *Ipomoea obscura* Hassk. Seed germination. **Weed Research**, v.18, n.2, p. 89-91, 1978.

HEAP, I. International Survey of Herbicide-Resistant Weeds:
<http://www.weedscience.com/Summary/Country.aspx?CountryID=5>. Accessed in june 2013.

HESS, F. D.; FALK, R. H. Herbicide deposition on leaf surfaces. **Weed Science**, v. 38, n. 3, p. 280-288, 1990.

HIGGINS, J. M. et al. Absorption, translocation, and metabolism of acifluorfen and lactofen in pitted morning glory (*Ipomoea lacunosa*) and ivy leaf morningglory (*Ipomoea hederaceae*). **Weed Science**, v. 36, n. 2, p. 141-145, 1988.

HOLT, J.; LEBARON, H.M. Significance and distribution of herbicide resistance. **Weed Technology**, v.4, p.141-149, 1990.

HORAK, M. J.; WAX, L. M. Germination and seedling development of bigroot morningglory (*Ipomoea pandurata*) **Weed Science**, v. 39, n.3, p. 390-396, 1991.

HOSS, N. E. et al. Efficacy of glyphosate, glufosinate, and imazethapyr on selected weed species. **Weed Science**, v. 51, p.110-117, 2003.

HOWE III, O. W.; OLIVER, L.O. Influence of soybean (*Glycine max*) row spacing on pitted morningglory interference. **Weed Science**, v. 35, p.185-193, 1987.

HUANGFU, C. H.; SONG, X. L.; QIANG S. ISSR variation within and among wild Brassica juncea populations: implication for herbicide resistance evolution. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 56, n. 7, p. 913-924, 2009.

HULL, H. M.; DAVIS, D. G.; STOLTENBERG, G. E. Actions of adjuvant on plant surfaces. In *Adjuvants for Herbicides*. Lawrence, KS: **Weed Science Society of America**, p. 26–67, 1982.

JORDAN, D. L. et al. Influence of application variables on efficacy of glyphosate. **Weed Technology**, v. 11, p. 354-362, 1997.

KAPUSTA, G.; KRAUSZ, R.E.; MATTHEWS, J.L. Soybean tolerance and summer annual weed control with glufosinate and glyphosate in resistant soybeans. Proc. North Cent. **Weed Science Society**, v.49, p. 120, 1994.

KIRKWOOD, R. C.; MCKAY, I. Accumulation and elimination of herbicides in select crop and weed species. **Pesticides Science**, v. 42, n. 3, p. 241-248 , 1994.

KISSMANN, K. G; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. 2ª ed. São Paulo: BASF, Tomo II. 978 p., 1999.

KISSMANN, K.G.; GROTH, D. **Plantas Infestantes e Nocivas**. São Paulo, BASF, v. 2, 798p., 1992.

KOGER, C. H.; REDDY, K. N. Role of absorption and translocation in the mechanism of glyphosate resistance in horseweed (*Conyza canadensis*). **Weed Science**, v. 53, p. 84-89, 2005.

KRUSE, D. N. et al. Herbicidas inibidores da EPSPS: Revisão de literatura. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 1, n. 2, p. 139-144, 2000.

LABOURIAU, L. G. **A germinação das sementes**. Washington, D.C.: Secretaria Geral da OEA, 174p., Washington, 1983.

LABOURIAU, L.G.; VALADARES, M.E.B. On the germination of seeds *Calotropis procera* (Ait.) Ait.f. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 48, n.2, p.263-284, 1976.

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

LACERDA, André Luiz de Souza. **Fluxos de emergência e banco de sementes de plantas daninhas em sistemas de semeadura direta e convencional e curvas dose-resposta ao Glyphosate**. 2003. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

LEITE, K. R.B.; SIMÃO-BIANCHINI, R.; SANTOS, F. A. R. Morfologia polínica de espécies do gênero *Merremia* Dennst. (Convolvulaceae) ocorrentes no Estado da Bahia, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, n. 1, p. 313-321, 2005.

LICH, J. M.; RENNER, K. A.; PENNER, D. Interaction of glyphosate with postemergence soybeans (*Glycine max*) herbicides. **Weed Science**, Champaign, v.45, n.1, p.12-21, 1997.

LOPES, J.C.; SOARES, A.S. Germinação de sementes de *Miconia cinnamomifolia* (Dc.) Naud. **Brasil Florestal**, v.21, n.75, p.31-39, 2003.

LORENZI, H. **Plantas Daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas, tóxicas e medicinais**. Nova Odessa: Instituto Plantarum Estudos da Flora Ltda. P.117-125, 1982.

LORENZI, H.; SOUZA, V. C. Plantas ornamentais no Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras. 3ªed. Nova Odessa: **Plantarum**, 448p. 2001.

LUCKEY, T.D. Mode of action of antibiotics evidence from germ - free birds. In: 1st International Conference on the Use of Antibiotics in Agriculture. **National Academy of Sciences**, Washington DC, p. 135, 1956.

MAGUIRE, J.D. Speeds of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, n.1, p. 176-177, 1962.

MALAVASI, M. M. Germinação de sementes. In: Piña-Rodrigues, F. C. (Coord.). **Manual de Análise de Sementes Florestais**. Local: Editora. p. 25-40, 1988.

MATHIS, W. D.; OLIVER, L. R. Control of six morningglory (*Ipomoea*) species in soybeans (*Glycine max*). **Weed Science**, v. 28, n. 4, p.409-415, 1980.

McWHORTER, C. G. The physiological effects of adjuvants on plants. Pages 141–158 in S. O. Duke, ed. **Weed Physiology**, v. II. Herbicide Physiology. Boca Raton, FL: CRC Press, 1985.

MEYER, B. et al. **Introdução à fisiologia vegetal**. 2.ed. Lisboa: 710p., 1973.

MOAISI, K.; PHILLIPS, M. C. Breaking seed dormancy in some common arable weeds. **Bulletin of Agricultural Research Botswana**, v. 9, p. 70-76, 1991.

MONQUERO et al. 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. **Dinâmica populacional e mecanismos de tolerância de espécies de plantas daninhas ao herbicida glyphosate**. 2003. 99 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2003.

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

MOREIRA, H. J. C.; BRAGANÇA, H. B. N. **Manual de Identificação de Plantas Infestantes - Cultivos de Verão**. Campinas: Editora FMC, 642p., 2010.

MURDOCK, E.C.; BANKS, P.A.; TOLER, J.E. Shade development effects on pitted morningglory (*Ipomoea lacunosa*) interferences with soybeans (*Glycine max*). **Weed Science**, v.34, n.5, p.711-777, 1986.

NEVE, P.; DIGGLE, A.J.; SMITH, F.P. et al. Simulating evolution of glyphosate resistance in *Lolium rigidum* II: past, present and future of glyphosate use in Australian cropping. **Weed Research**, v. 43, p. 418-427, 2003.

NICOLAI et al. Avaliação da suscetibilidade de cordas-de-viola (*Ipomoea* spp. e *merremia aegyptia*) ao glifosato por meio de curvas de dose-resposta. In XXVII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 2010, Ribeirão Preto. **Anais**. 2010. p. 253-256, 2010.

NORSWORTHY, J. K.; BURGOS, N. R.; OLIVER, L. R. Differences in weed tolerance to glyphosate involve different mechanisms. **Weed Technology**, v. 15, n. 4, p. 725–731, 2001.

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

OGUNWENMO, K.; UGBOROGHO, R. E. Effects of chemical and mechanical scarification on seed germination of five species of *Ipomoea* (Convolvulaceae). **Bulletin Society Broteriana**, v. 69, p. 147-162, 1999.

PAPA, C. J. M.; FELIZIA, J. C.; ESTEBÁN, A. J. Cambios en la flora de malezas como consecuencia de cambio tecnológico en Argentina: malezas novedosas que pueden afectar al cultivo de la soja. In CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA E MERCOSOJA, 2., Foz do Iguaçu, 2002. **Anais**. Foz do Iguaçu: EMBRAPA, 2002. p. 346 – 354.

PAZUCH D. et al. Superação de dormência em sementes de *Ipomoea indivisa*, *I. grandifolia* e *I. purpurea*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 28, Campo Grande, MS. **Resumos...** Campo Grande, p. 236-240, 2012.

PINHEIRO, R. T. **Superação de dormência de sementes e controle químico de cordas-de-viola (*Ipomoea* spp.) em soja resistente ao glifosato**. Dissertação de mestrado – Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria. 67f. 2010.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, Editora. 289 p. 1985.

PORTES, A. F. et al. Interferência das espécies *Ipomoea grandifolia* e *Ipomoea purpurea* no desenvolvimento da cultivar de soja bmx turbo rr. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 28, Campo Grande, MS. **Resumos...** Campo Grande, p. 134-139, 2012.

PROCÓPIO, S. O. et al. **Manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar**. Viçosa-MG: Universidade Federal de Viçosa, 150 p., 2003.

RAMIRES, A.C. et al. Controle de *Euphorbia heterophylla* e *Ipomoea grandifolia* com a utilização de glyphosate isolado ou em associação com latifolicidas. **Planta Daninha**, v. 28, n. 3, p. 621-629, 2010.

RIZZARDI et al. Aspectos gerais do manejo e controle de plantas daninhas. In: VARGAS, L.; ROMAN, E.S. (eds.). **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, p.105-144, 2004.

ROLSTON, M.P. Water impermeable seed dormancy. **Botanical Review**, v.44, n.3, p.365-96, 1978.

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

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

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

SHAW, D. R.; ARNOLD, J. C. Weed control from herbicide combinations with glyphosate. **Weed Technology**, v. 16, n. 1, p. 1-6, 2002.

SIGMAPLOT. **Sigmaplot for windows, version 10.0**. Systat Software, 2006.

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

SILVA, A. et al. Herbicidas: comportamento no solo. In: SILVA, A.; SILVA, J. F. (Eds.). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, p. 189-248, 2007.

SIMÃO-BIANCHINI, R.; PIRANI, J.R. Duas novas espécies de Convolvulaceae de Mina Gerais, Brasil. **Hoehnea** v. 32, n. 2, p. 295-300, 2005.

SIMÃO-BIANCHINI, R. **Convolvulaceae da Serra do Cipó Minas Gerais, Brasil**. Dissertação de Mestrado, São Paulo, Universidade de São Paulo, 260p., 1991.

SIMÃO-BIANCHINI, R. ***Ipomoea* L. (Convolvulaceae) no Sudoeste do Brasil**. Tese (Doutorado em Botânica) – Instituto de Biociências. Universidade de São Paulo, São Paulo, 463p., 1998.

SOUTHAM, C.M.; EHRLICH, J. Effects of extracts western red cedar heartwood on certain wood-decaying fungi in culture. **Phytopathology**, v.33: p. 5517-524, 1943.

SOUZA, V.C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática**. Nova Odessa, Instituto Plantarum, 640p., 2005.

STOLLER, E. W.; WAX, L. M. Dormancy changes and fate of some annual weed seeds in the soil. **Weed Science**, v. 22, n.2, p. 151-155, 1974.

VASQUES-YANES, C.; OROZCO-SAGOVIA, A. Pattern of seed longevity and germination in the tropical rain forest. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 24, p. 69-87, 1993.

VELINI, E. D.; TRINDADE, M. L. B. Comportamento de herbicidas na planta. Épocas de aplicação de herbicidas. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE MANEJO INTEGRADO DE PLANTAS DANINHAS EM HORTALIÇAS, 1992, Botucatu, SP. **Anais...** Botucatu: UNESP, 1992. p. 65-86.

VERDCOURT, B. Convolvulaceae. In HUBBARD, C. E. & E. MILNE-REDHEAD (ed), **Flora of Tropical East Africa** p. 1-161, 1963.

VIDAL, A.R. et al. **Nível crítico de dano de infestantes em culturas anuais**. Porto Alegre: Evangraf, 133p., 2010.

VIDAL, R. A. **Ação dos herbicidas**: absorção, translocação e metabolização. Porto Alegre: Evangraf. 89 p., 2002.

VIDAL, R. A.; FLECK, N. C. Análise do risco da ocorrência de biótipos de plantas daninhas resistentes aos herbicidas. **Planta Daninha**, v. 15, n. 2, 1997.

VOLL, E.; et al. Competição relativa de espécies de plantas daninhas com dois cultivares de soja. **Planta daninha**, v.20, n.1, p. 17-24, 2002.

WANAMARTA, G. D.; PENNER, D. Foliar absorption of herbicides. **Weed Science**, v. 4, p. 215-231, 1989.

WESTWOOD, J, C. YERKES, F. Degennaro and S. Weller. 1997b. Absorption and translocation of glyphosate in tolerant and susceptible biotypes of field bindweed (*Convolvulus arvensis*). **Weed Science**, 45: 658-663.

WYRILL, J. B. III; BURNSIDE, O. C. Absorption, translocation and metabolism of 2,4-D and glyphosate in common milkweed and hemp dogbane. **Weed Science**, v. 24, p. 557-566, 1976.

APÊNDICES

Apêndice 1 : Resumo da análise de variância no estudo de superação de dormência em sementes de *Ipomoea grandifolia*, *I. indivisa* e *I. purpurea* - UTFPR, Campus Pato Branco, 2013.

Causas da variância	GL	Quadrado Médio			
		Germinação	TMG	IVG	FRG
<i>Tratamentos</i>	4	80666,93 ¹	12,18 ²	16,80 ¹	2,61E-6 ²
<i>Avaliações</i>	14	7413,40 ¹	-	-	0,65 ²
<i>Espécies</i>	2	111026,70 ¹	23,81 ²	16,74 ¹	7,7E-7 ²
<i>Tratamentos x Avaliações</i>	56	557,12 ¹	-	-	0,09 ²
<i>Espécies x Avaliações</i>	28	386,02 ¹	-	-	0,07 ²
<i>Tratamentos x Espécies</i>	8	57792,76 ¹	11,35 ²	5,36 ¹	2,02E-6 ²
<i>Tratamentos x Espécies x Avaliações</i>	112	390,33 ¹	-	-	0,07 ²
<i>Resíduo</i>	1125	245,11	1,56	3,19	0,01
<i>CV (%)</i>		32,26	41,75	59,61	164,65

¹ Teste F significativo à 1%. ² Teste F significativo a 5%. Tempo médio de germinação (TMG), índice de velocidade de germinação (IVG), frequência relativa de germinação (FRG).

Apêndice 2: Resumo da análise de variância no estudo dos efeitos do glyphosate no controle aplicado em plantas de *Ipomoea grandifolia*, *I. indivisa* e *I. purpurea* avaliadas aos 7, 14, 21 e 28 dia após a aplicação e redução na massa da parte aérea verde (MPAV) e seca (MPAS) - UTFPR, Campus Pato Branco, 2013.

Causas da variância	GL	Quadrado Médio		
		Controle	MPAV	MPAS
Doses	6	28620,11 ¹	8724,213 ²	6709,97 ²
Épocas	3	1421,29 ¹	-	-
Espécies	2	8938,19 ¹	2408,52 ²	2885,99 ²
Doses x Épocas	18	479,01 ¹	-	-
Espécies x Épocas	6	2120,60 ¹	-	-
Doses x Espécies	12	970,60 ¹	231,2931 ²	230,45 ²
Doses x Espécies x Épocas	36	321,83 ¹	-	-
Resíduo	168	26,19 ¹	30,6353 ²	30,73 ²
CV (%)		10,27	16,60	13,81

¹ Teste F significativo à 1%. ² Teste F significativo à 5%.

Apêndice 3: Resumo da análise de variância no estudo dos efeitos do controle de glyphosate aplicado em plantas de *Ipomoea grandifolia*, avaliadas aos 14, 21 e 28 dias após a aplicação e na redução da massa da parte aérea verde (MPAV) e seca (MPAS) - UTFPR, Campus Pato Branco, 2013.

Causas da variância	GL	Quadrado Médio				
		14	21	28	MPAV	MPAS
Biótipos	19	2127,65 ¹	1816,06 ¹	568,54 ¹	1318,95 ²	3077,44 ²
Doses	6	47192,60 ¹	101518,40 ¹	116361,30 ¹	80719,24 ²	60940,00 ²
Biótipos x Doses	114	379,69 ¹	440,83 ¹	332,15 ¹	315,90 ²	351,42 ²
Resíduo	420	13,19	11,54	9,33	57,74	169,48
CV (%)		5,13	5,94	6,23	21,35	28,69

¹ Teste F significativo à 1%. ² Teste F significativo à 5%.

Apêndice 4: Resumo da análise de variância no estudo dos efeitos do glyphosate aplicado em plantas de *Ipomoea indivisa*, avaliadas aos 14, 21 e 28 dias após a aplicação e na redução da massa da parte aérea verde (MPAV) e seca (MPAS) - UTFPR, Campus Pato Branco, 2013.

Causas da variância	GL	Quadrado Médio				
		14	21	28	MPAV	MPAS
<i>Biótipos</i>	6	2052,80 ¹	1956,84 ¹	1759,94 ¹	4321,94 ²	7557,47 ²
<i>Doses</i>	6	25487,46 ¹	43069,72 ¹	43094,93 ¹	34370,97 ²	21770,97 ²
<i>Biótipos x Doses</i>	36	285,51 ¹	434,73 ¹	416,85 ¹	836,22 ²	933,32 ²
<i>Resíduo</i>	147	28,42	28,65	27,56	146,71	463,63
<i>CV (%)</i>		8,09	10,02	10,63	26,22	39,44

¹ Teste F significativo à 1%. ² Teste F significativo à 5%.

Apêndice 5: Resumo da análise de variância no estudo dos efeitos do glyphosate aplicado em plantas de *Ipomoea purpurea*, avaliadas aos 14, 21 e 28 dias após a aplicação e na redução da massa da parte aérea verde (MPAV) e seca (MPAS) - UTFPR, Campus Pato Branco, 2013.

Causas da variância	GL	Quadrado Médio				
		14	21	28	MPAV	MPAS
<i>Biótipos</i>	3	1790,77 ¹	3235,93 ¹	759,82 ¹	17905,36 ²	28038,74 ²
<i>Doses</i>	6	13487,87 ¹	22735,79 ¹	25079,09 ¹	47888,00 ²	31152,79 ²
<i>Biótipos x Doses</i>	18	299,28 ¹	572,39 ¹	395,75 ¹	4708,43 ²	2957,962 ²
<i>Resíduo</i>	84	18,00	12,57	12,50	572,69	1082,98
<i>CV (%)</i>		6,51	6,80	7,77	34,05	38,57

¹ Teste F significativo à 1%. ² Teste F significativo à 5%.

Apêndice 6: Resumo da análise de variância no estudo de absorção e translocação de glyphosate aplicado em plantas de *Ipomoea grandifolia*, avaliadas às 2, 4, 8, 12, 24, 48 e 72 horas após a aplicação - UTFPR, Campus Pato Branco, 2013.

Causas da variância	GL	Quadrado Médio						
		Absor.	Trans.	FA	FT	FAB	CA	RA
<i>Biótipos</i>	1	1596,97 ¹	1,79 ¹	0,31 ¹	1495.48 ¹	0.43 ¹	0.0004	0.0036
<i>Horários</i>	6	446,62 ¹	1,06 ¹	0,14 ¹	429.85 ¹	0.07	0.0132 ¹	0.3317 ¹
<i>Biótipos x Horários</i>	6	330,40 ¹	0,37 ¹	0,08 ¹	334.22 ¹	0.13	0.0027 ¹	0.1903 ¹
<i>Resíduo</i>	14	20,71	0,07	0,009	20.97	0.05	0.0002	0.0207
<i>CV (%)</i>		15,57	<i>Absor.</i>	15,57	10,63	70,42	8,40	23,73

¹ Teste F significativo à 5%. Folhas acima das folhas tratadas (FA), folhas tratadas (FT), folhas abaixo das folhas tratadas (FAB), caule (CA) e raízes (RA).

Apêndice 7: Resumo da análise de variância no estudo de absorção e translocação de glyphosate aplicado em plantas de *Ipomoea indivisa*, avaliadas às 2, 4, 8, 12, 24, 48 e 72 horas após a aplicação - UTFPR, Campus Pato Branco, 2013.

Causas da variância	GL	Quadrado Médio						
		Absor.	Trans.	FA	FT	FAB	CA	RA
<i>Biótipos</i>	1	2.65	4.78 ¹	3.16 ¹	0.31	0.05	0.035	0,00
<i>Horários</i>	6	277.79 ¹	3.64 ¹	1.38 ¹	293.86 ¹	0.05	0.030 ¹	0.32
<i>Biótipos x Horários</i>	6	326.99 ¹	4.14 ¹	1.10 ¹	323.92 ¹	0.08 ¹	0.021	0.54 ¹
<i>Resíduo</i>	14	49.89	0.08	0.01	50.69	0.02	0.009	0.06
<i>CV (%)</i>		14,10	12,42	13,37	14,91	63,47	39,93	30,76

¹ Teste F significativo à 5%. Folhas acima das folhas tratadas (FA), folhas tratadas (FT), folhas abaixo das folhas tratadas (FAB), caule (CA) e raízes (RA).

Apêndice 8: Resumo da análise de variância no estudo de absorção e translocação de glyphosate aplicado em plantas de *Ipomoea purpurea*, avaliadas às 2, 4, 8, 12, 24, 48 e 72 horas após a aplicação - UTFPR, Campus Pato Branco, 2013.

Causas da variância	GL	Quadrado Médio						
		Absor.	Trans.	FA	FT	FAB	CA	RA
<i>Biótipos</i>	1	756.49 ¹	7.65 ¹	0.0007	894.84 ¹	0.004	0.073 ¹	4.71
<i>Horários</i>	6	331.42 ¹	2.24 ¹	0.0389	292.64 ¹	0.017 ¹	0.060 ¹	1.61 ¹
<i>Biótipos x Horários</i>	6	324.55 ¹	1.41 ¹	0.0933 ¹	335.35 ¹	0.009	0.017 ¹	1.88 ¹
<i>Resíduo</i>	14	11.85	0.26	0.0085	10.41	0.004	0.005	0.48
<i>CV (%)</i>		6,08	21,31	15,53	5,95	26,30	25,48	55,10

¹ Teste F significativo à 5%. Folhas acima das folhas tratadas (FA), folhas tratadas (FT), folhas abaixo das folhas tratadas (FAB), caule (CA) e raízes (RA).

Apêndice 9: Resumo da análise de variância para a translocação entre a parte aérea e as raízes em plantas de *Ipomoea grandifolia*, *I. indivisa* e *I. purpurea* avaliadas às 2, 4, 8, 12, 24, 48 e 72 horas após a aplicação - UTFPR, Campus Pato Branco, 2013.

Causas da variância	GL	Quadrado Médio		
		<i>I. grandifolia</i>	<i>I. indivisa</i>	<i>I. purpurea</i>
<i>Biótipos</i>	1	0.83 ¹	2.41 ¹	2.88 ¹
<i>Partes</i>	1	4.33 ¹	5.45 ¹	0.25
<i>Horários</i>	6	0.56 ¹	1.82 ¹	1.15 ¹
<i>Biótipos x Partes</i>	1	0.69 ¹	2.41 ¹	1.88 ¹
<i>Horários x Partes</i>	6	0.04	0.69 ¹	0.61 ¹
<i>Biótipos x Horários</i>	6	0.19 ¹	2.07 ¹	0.63 ¹
<i>Bio. x Hor. x Ptes</i>	6	0.36 ¹	0.35 ¹	1.34 ¹
<i>Resíduo</i>	28	0.03	0.04	0.25
<i>CV (%)</i>		22,09	19,07	42,28

¹ Teste F significativo à 5%.