

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS (UFSCar)  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS (CCA)

**Guilherme Barbosa Minozzi**

**Diclosulam e sulfentrazone no manejo das plantas infestantes  
na cultura da soja resistente ao glifosato e efeito da palha e  
precipitação sobre estes herbicidas**

ARARAS – SP  
FEVEREIRO 2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS (UFSCar)  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS (CCA)

**Guilherme Barbosa Minozzi**

**Diclosulam e sulfentrazone no manejo das plantas infestantes  
na cultura da soja resistente ao glifosato e efeito da palha e  
precipitação sobre estes herbicidas**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós  
Graduação em Agricultura e Ambiente – CCA  
– UFSCar como requisito à obtenção do título  
de Mestre.

Orientadora: Prof. Dra. Patricia Andrea Monquero

ARARAS – SP  
FEVEREIRO 2014

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

M666ds Minozzi, Guilherme Barbosa.  
Diclosulam e sulfentrazone no manejo das plantas infestantes na cultura da soja resistente ao glifosato e efeito da palha e precipitação sobre estes herbicidas / Guilherme Barbosa Minozzi. -- São Carlos : UFSCar, 2014.  
57 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2014.

1. Herbicidas. 2. Inibidores da acetolactato sintase. 3. Inibidores da protoporfirinogênio oxidase. 4. Plantio direto. 5. Precipitação. I. Título.

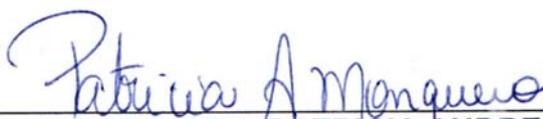
CDD: 632.954 (20<sup>a</sup>)

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO  
DE

**GUILHERME BARBOSA MINOZZI**

APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA  
E AMBIENTE, DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, EM 21 DE  
MARÇO DE 2014.

BANCA EXAMINADORA:



---

**PROFA. DRA. PATRÍCIA ANDREA MONQUERO**

**ORIENTADOR**

**UFSCar**



---

**DR. MARCELO NICOLAI**

**AGROCON**



---

**PROFA. DRA. ROBERTA CORNÉLIO FERREIRA NOCELLI**

**UFSCar**

## **Agradecimentos**

Ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos (CCA – UFSCar) e todos seus colaboradores.

A orientadora do meu mestrado, Prof. Dra. Patricia Andrea Monquero, pelo apoio ao longo de todo período, aprendizado, paciência e incentivo na minha carreira.

A CAPES e a FAPESP pela concessão da bolsa de estudos e auxílio pesquisa respectivamente.

A minha família, que sempre me apoiou para prosseguir no mestrado e atingir meus objetivos desde a graduação.

A todos os membros da república “Só-k-bota” que auxiliaram em diversas fases dos experimentos em campo e casa de vegetação, além da experiência de vida única.

Aos membros do grupo de estudos “GECA” que prestaram auxílio em inúmeras etapas dos dois experimentos conduzidos.

Por fim, todas essas pessoas foram fundamentais para condução e conclusão do meu projeto de mestrado, portanto obrigado a todos.

## Sumário

Resumo.....	5
Abstract .....	6
1. Introdução.....	7
2. Revisão Bibliográfica .....	11
2.1. O Herbicida Glifosato .....	11
2.2. A soja transgênica resistente ao glifosato.....	14
2.3. Período Crítico de Competição .....	16
2.4. Herbicidas Residuais: Diclosulam e Sulfentrazone.....	19
3. Objetivos .....	23
4. Material e Métodos.....	23
4.1. Ensaio em Campo.....	23
4.1.1. Identificação das Espécies Infestantes e Respectivas Densidades.....	26
4.1.2. Eficácia dos Tratamentos .....	27
4.1.3. Taxa de Crescimento Relativo e Razão da Área Foliar .....	27
4.1.4. Colheita das Parcelas.....	28
4.1.5. Avaliações.....	28
4.2. Ensaio em Casa de Vegetação.....	28
5. Resultados e Discussão .....	31
5.1. Ensaio em Campo.....	31
5.1.1. Eficácia dos Tratamentos no Controle das Plantas Infestantes .....	31
5.1.2. Desenvolvimento e Produtividade da Soja em Função dos Tratamentos .....	36
5.2. Ensaio em Casa de Vegetação.....	43
5.2.1. Efeito da Palhada e da Precipitação Sobre a Eficácia dos Herbicidas Sulfentrazone e Diclosulam .....	43
6. Conclusões .....	50

7. Referências Bibliográficas .....	51
-------------------------------------	----

## Resumo

O cultivo da soja transgênica Roundup Ready (RR) facilitou o manejo das plantas infestantes por permitir o uso do glifosato em todos os estádios de desenvolvimento da cultura. Porém, o uso contínuo desse herbicida pode selecionar biótipos resistentes ou espécies tolerantes de plantas infestantes sugerindo a necessidade do desenvolvimento de novas práticas de manejo. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficácia de diferentes manejos de plantas infestantes na cultura da soja, utilizando herbicidas residuais e pós-emergentes e verificar a interferência da palha e da precipitação sobre a eficácia dos herbicidas diclosulam e sulfentrazone. No primeiro experimento, em campo, utilizou-se o delineamento em blocos ao acaso com 4 repetições e 14 tratamentos, envolvendo a aplicação de glifosato ( $712 \text{ g ha}^{-1}$ ) + 2,4-D ( $670 \text{ g ha}^{-1}$ ) na dessecação das plantas infestantes, 14 dias antes da semeadura da soja (MonSoy 7211 RR) de forma isolada ou combinada com herbicidas residuais diclosulam ( $29,4 \text{ g ha}^{-1}$ ) e sulfentrazone ( $600 \text{ g ha}^{-1}$ ) e tratamentos com a aplicação de glifosato em pós emergência em uma única vez nos estádios de desenvolvimento da soja V2 (2° trifólio totalmente expandido) ou V4 (4° trifólio totalmente expandido) na dose de ( $712 \text{ g ha}^{-1}$ ) ou parceladamente nos estádios de desenvolvimento V2 e V4 ( $356 \text{ g ha}^{-1}$  em cada). No segundo ensaio, em casa de vegetação, foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso, com 4 repetições no esquema fatorial  $2 \times 3 \times 5$ , sendo dois herbicidas diclosulam ( $29,4 \text{ g ha}^{-1}$ ) e sulfentrazone ( $600 \text{ g ha}^{-1}$ ), três níveis de palha de milho sobre o solo (0; 5 e  $10 \text{ t ha}^{-1}$ ) e cinco épocas de simulação de 20 mm de chuva, (sem chuva; 24; 72; 120 e 240 horas após a aplicação do herbicida) cada unidade experimental foi composta por um vaso e após a simulação de chuva foi semeado nos vasos o bioindicador – *Cucumis sativus*, que foi avaliado com relação a fitotoxicidade. No experimento de campo, observou-se a importância de aplicar herbicida residual na dessecação, para diminuir as aplicações de glifosato em pós emergência. O tratamento com diclosulam e uma única aplicação de glifosato em V4 promoveu a maior produtividade da soja  $3484,93 \text{ kg ha}^{-1}$  contra  $719 \text{ kg ha}^{-1}$  da testemunha. Em casa de vegetação observou-se interação entre quantidade de palha (que pode interceptar o jato pulverizado) e o tempo de ocorrência da chuva após a aplicação dos herbicidas e neste caso o diclosulam mostrou ser menos dependente da água para atingir seu alvo.

**Palavras-chave:** herbicidas residuais; inibidores da acetolactato sintase; inibidores da protoporfirinogênio oxidase; plantio direto; precipitação.

## Abstract

The Roundup Ready (RR) soybean facilitated weed management by allowing the use of glyphosate in all stages of crop development. But the continuous use of this herbicide can select resistant weed biotypes and tolerant species, suggesting the need of developing new management practices. Thus, the aim of this proposal was to evaluate the effectiveness of different managements in soybean using residual and post-emergent herbicides in the control of weeds and the interference caused by straw and rainfall on the efficacy of the herbicides diclosulam and sulfentrazone. In the first experiment, in the field, was used the randomized block design with four repetitions and 14 treatments, involving the application of glyphosate ( $712 \text{ g ha}^{-1}$ ) + 2,4-D ( $670 \text{ g ha}^{-1}$ ) in the burndown application of weeds, 14 days before planting soybeans, with and without the presence of residual herbicides, diclosulam ( $29.4 \text{ g ha}^{-1}$ ) and sulfentrazone ( $600 \text{ g ha}^{-1}$ ), and treatments with glyphosate in post emergence at a single time in stages V2 (Second fully expanded trifoliolate) or V4 (Fourth fully expanded trifoliolate) at the dose ( $712 \text{ g ha}^{-1}$ ) or in both stages V2 and V4 ( $356 \text{ g ha}^{-1}$  in each one). In the second trial, in the greenhouse, was used a randomized block design with four repetitions in a factorial  $2 \times 3 \times 5$ , being two herbicides diclosulam ( $29.4 \text{ g ha}^{-1}$ ) and sulfentrazone ( $600 \text{ g ha}^{-1}$ ), three levels of corn straw on the soil surface (0, 5 and  $10 \text{ t ha}^{-1}$ ) and five simulations of 20mm of rain (without rain, 24, 72, 120 and 240 hours after application of the herbicide), each experimental unit consisted of a vase and after rain simulation was sown in pots one biomarker, which was assessed for phytotoxicity. In the field experiment, it was noted the importance of applying a residual herbicide in the burndown, to reduce applications of glyphosate in post emergence, the treatment with diclosulam and a single application of glyphosate in V4 promoted the highest soybean yield of  $3484,93 \text{ kg ha}^{-1}$  against  $719 \text{ kg ha}^{-1}$  of the untreated treatment. In green house interaction was observed between the amount of straw (which can intercept the jet sprayed) and the time of occurrence of rain after application of herbicides and in this case diclosulam proved to be less dependent of water to reach its target.

**Key words:** residual herbicides; acetolactate synthase inhibitors; protoporphorinogen oxidase inhibitors; no tillage; precipitation.

## 1. Introdução

O Brasil é o segundo produtor mundial de culturas geneticamente modificadas com 21,0% da área total em 2012, sendo precedido pelos EUA com 42% e sucedido pela Argentina com 15% (BROOKES; BARFOOT, 2013). Em 2011/2012 no Brasil, considerando a área total plantada com culturas geneticamente modificadas, 88,1% da soja, 40,5% do milho (safra e safrinha) e 35,4% do algodão corresponderam a produtos, eventos individuais ou combinados, que apresentam tolerância a herbicidas (JAMES, 2012).

Nesse contexto a soja é a cultura de maior importância econômica, possui a maior área plantada e produção de grãos. O controle das plantas infestantes é fundamental, pois pode causar redução de mais de 80% na produtividade ou em casos extremos inviabilizar a colheita (VARGAS et al., 2006).

Inúmeros fatores influenciam a tomada de decisão sobre qual ou quais métodos de controle de plantas infestantes escolher, pois estas plantas apresentam grande complexidade e interação com o ambiente em que vivem. Assim alguns destes fatores são, as espécies presentes na área (agressividade, distribuição e densidade), presença ou ausência de palha sobre o solo, hábito de crescimento das plantas, condições edáfo climáticas e o período em que plantas infestantes e a cultura vão coexistir (PITELLI, 1985).

Mesmo após tomar todas as medidas para controlar as plantas infestantes, são verificadas perdas na ordem de 5 a 25% no rendimento dos cultivos de arroz, feijão, milho, soja e trigo, pois outros fatores podem também ser os responsáveis por estas perdas, como o manejo incorreto de herbicidas,

incluindo a aplicação dos mesmos em épocas inadequadas, tanto em relação às infestantes quanto ao ambiente e ao estágio fenológico da cultura ou quantidade e intensidade incorretas. Além disso, é importante lembrar que o método químico de controle não apresenta eficácia total (OERKE, 2006; VIDAL, 2010 citado por VIDAL et al., 2011).

Com o intuito de facilitar o manejo da soja e elevar a produtividade, foi desenvolvida pela empresa Monsanto e aprovada pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), no Brasil, a soja Roundup Ready, conhecida como soja RR, que é tolerante ao herbicida glifosato (KLEBA, 1998). Na safra 2011/2012 87% da soja plantada no Brasil utilizou essa tecnologia (RALLY DA SAFRA, 2012).

Com isso tornou-se possível o uso do glifosato após a emergência das plantas de soja, representando uma nova alternativa de controle em função da eficiência e viabilidade econômica, além da maior facilidade no manejo, já que o herbicida não era seletivo (GAZZIERO et al., 2004).

Entretanto, essa praticidade trouxe um problema, pois utilizar somente herbicidas que tem como ingrediente ativo o glifosato, por um longo período de tempo, fez com que os biótipos resistentes de algumas espécies ou espécies tolerantes fossem selecionados (KRUSE et al., 2000). Essa população foi aumentando ao longo das safras e se tornou importante em algumas áreas agrícolas, principalmente nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. Atualmente existem 5 espécies de plantas infestantes com biótipos resistentes no país, o que mostra a necessidade de novas práticas de controle (WEED SCIENCE, 2013).

Esse quadro fez com que novas práticas de manejo e alternativas ao glifosato fossem desenvolvidas, como o uso de associações entre herbicidas pós emergentes, com mecanismos de ação diferentes, ou o próprio glifosato, usado em associação com herbicidas residuais na dessecação, pois controlam e evitam a seleção de uma gama de biótipos resistentes e de espécies tolerantes. Além disto, estes herbicidas evitam a mato competição inicial, o que é importante, já que a produtividade não é afetada quando a soja está livre da interferência das plantas infestantes nas primeiras três a quatro semanas após a emergência (DEVLIN et al., 1991).

Benefícios dessa associação podem ser vistos no trabalho realizado por Carvalho et al. (2009), onde a adição de chlorimuron, herbicida com atividade residual, ao glifosato na dessecação, aumentou o período que antecede a interferência (PAI), de 37 dias após a semeadura da soja (DAS), para 51 DAS permitindo o convívio da cultura com as plantas infestantes por maior período de tempo, sem prejuízos à produtividade.

No manejo atual da soja RR os herbicidas residuais são pouco utilizados e muitas vezes a primeira aplicação do glifosato em pós-emergência é realizada 15 dias após a emergência da soja, e nesse momento as plantas infestantes já estão exercendo influência sobre a cultura. Em poucos dias a competição no início do desenvolvimento pode causar grandes perdas. Em trabalho realizado por Meschede et al. (2004) foi observado que o período anterior à interferência (PAI) na cultura da soja foi de 11 dias após a emergência e entre 11 e 68 DAE a produtividade caiu  $6,45 \text{ kg ha}^{-1}$  ao dia.

Utilizando herbicidas residuais pode-se buscar diminuir o número de pulverizações de herbicidas, realizando uma única aplicação de glifosato em

pós-emergência, ao invés de duas, que é o mais utilizado no manejo da soja RR atualmente. Assim essa associação de herbicidas pode proporcionar os benefícios mencionados anteriormente e ainda reduzir os custos da operação de controle (CARVALHO et al., 2000).

Como a área de plantio direto vem aumentando consideravelmente ao longo dos anos, atingindo a marca de aproximadamente 32 milhões de hectares no Brasil na safra 2011/12 (FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA & CONAB, 2012) é importante entender que a eficácia dos herbicidas no controle das plantas infestantes e sua adoção vão depender da quantidade e qual material vegetal originou a palha sobre a superfície do solo, das características físico - químicas dos herbicidas, principalmente da solubilidade em água e da constante octanol-água ( $K_{ow}$ ) e também da suscetibilidade da cultura que será semeada posteriormente (OLIVEIRA Jr. et al., 2006; HIXSON et al., 2008). Trabalhos provaram que menores quantidades dos herbicidas residuais metolachlor, clomazone e atrazine atingem o solo quando aplicados sobre a palha (RODRIGUES; ALMEIDA, 1986; RODRIGUES, 1993; FORNAROLLI et al., 1997). O diclosulam apresentou controle satisfatório das espécies *Ipomoea grandifolia* e *Sida rhombifolia* quando aplicado sobre o solo nu e quando aplicado sobre 6 t ha<sup>-1</sup> de palha de sorgo, seguido de 30 mm de chuva. O controle foi insatisfatório quando o produto foi aplicado sobre a mesma quantidade de palha, porém sem ocorrência de chuva em sequência (CARBONARI et al., 2008). Alguns produtos são lixiviados para o solo após aplicação de uma lâmina de água de 20 mm, mas outros não e permanecem retidos na palhada (RODRIGUES et al., 1998). Uma lâmina de água de 10 mm não foi suficiente para transpor o sulfentrazone

por uma camada de 20 t ha<sup>-1</sup> de palha de cana de açúcar (SIMONI et al., 2006). No trabalho desenvolvido por Rodrigues et al. (2000) foi realizada a simulação de uma lâmina de água de 48,3 mm 24 horas após a aplicação dos herbicidas, sobre 3,7 t ha<sup>-1</sup> de palha de aveia preta, na ocasião o imazaquin foi praticamente todo lixiviado para o solo, assim como o sulfentrazone, 50% do metribuzin foi detectado no solo, enquanto o pendimethalin ficou todo retido na palha.

O efeito causado pela permanência no solo (*carryover*) de herbicidas residuais aplicados na cultura da soja, foi constatado em algumas culturas como, algodão (GRICHAR et al., 2004), sorgo (SILVA et al., 1999), e o milho (ULBRICH et al., 2005), que é a opção mais utilizada para rotação com a soja. Mas por outro lado Marchi et al. (2010), concluiu que vários híbridos de milho, semeados 142 dias após a aplicação do herbicida diclosulam, não tiveram a produtividade afetada.

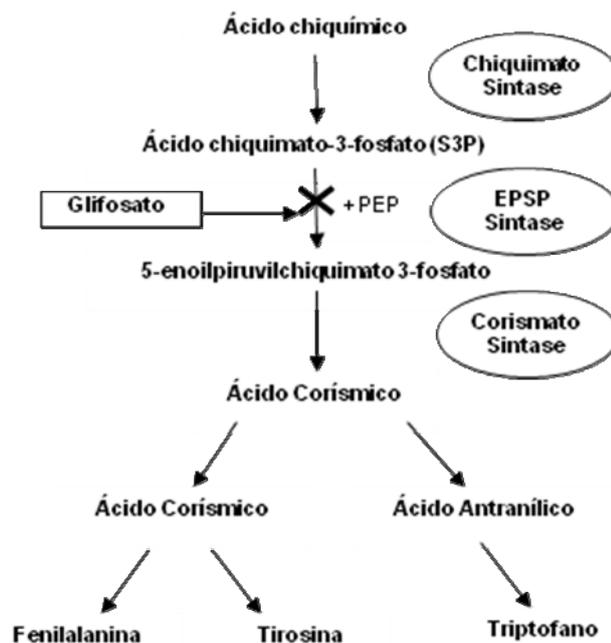
Dessa forma fica evidente que as plantas infestantes são um dos maiores problemas no manejo da soja, e desenvolver métodos alternativos de controle são fundamentais, pois com toda tecnologia disponível, perdas de grãos todos os anos são inadmissíveis. As novas práticas vão auxiliar os agricultores, que muitas vezes ficam restritos a um único método, aumentando o leque de opções para um manejo mais eficiente, sustentável, reduzindo custos e contribuindo para a agricultura do futuro.

## **2. Revisão Bibliográfica**

### **2.1. O Herbicida Glifosato**

O glifosato é um herbicida de pós-emergência, que atua nas plantas inibindo a enzima 5-enolpiruvil-chiquimato-3-fosfato-sintase (EPSPS), cuja

função é catalisar a condensação do ácido chiquímico e do fosfato piruvato, dessa forma três aminoácidos essenciais não são produzidos, triptofano, fenilalanina e tirosina, todos necessários na síntese de proteínas (Figura 1) (JAWORSKI, 1972; ZABLOTOWICZ; REDDY, 2004; WEED SCIENCE, 2011).



**Figura 1.** Mecanismo de ação do glifosato (Adaptado de Dill, 2009).

O movimento do glifosato pelo floema segue a mesma rota dos produtos da fotossíntese (açúcares), ou seja, das folhas fotossinteticamente ativas em direção às partes das plantas que utilizam esses açúcares para crescimento, manutenção e metabolismo, ou armazenamento, como, por exemplo, raízes, tubérculos, rizomas, folhas jovens e zonas meristemáticas (GOUGLER; GEIGER, 1984; MCALLISTER; HADERLIE, 1985). O glifosato pode se movimentar para dentro das células mesofílicas através do fluxo de massa, seguindo o movimento via floema através dos plasmodesmos, ou pode entrar nas células mesofílicas através de transportadores de fosfato (SHANER, 2009).

Segundo Galli e Montezuma (2005), o glifosato possui amplo espectro de ação, controlando várias espécies de plantas infestantes, anuais e perenes, além de permanecer no solo fortemente adsorvido aos colóides de argila e húmus, não causando danos as culturas subsequentes (ALMEIDA, 1985).

Atualmente o manejo mais utilizado na cultura da soja RR é realizar a dessecação das plantas infestantes antes da semeadura da soja, utilizando glifosato sozinho e em alguns casos em associação com outros pós-emergentes, cujos principais ingredientes ativos utilizados são 2,4-D, chlorimuron, imazetapir e flumioxazin. Após a emergência da cultura a grande maioria dos produtores faz uso apenas dos herbicidas cujo ingrediente ativo é o glifosato, pois é nesse ponto que se encontra o facilitador do manejo da cultura.

Segundo Gazziero (2005), da Embrapa Soja, a aplicação em pós-emergência pode ser feita em um único momento, 20 a 30 dias após a emergência da soja ou parcelada em duas aplicações, sendo a primeira 15 dias após a emergência e a segunda 10 a 15 dias depois.

No primeiro momento as plantas infestantes ainda estão no estágio inicial de desenvolvimento, facilitando o controle, já que herbicidas pós-emergentes são mais eficientes em plantas pequenas (KLINGAMAN et al., 1992; JOHNSON et al., 1998) e no segundo momento é possível atingir um segundo fluxo que possa emergir, aumentando a eficiência no controle, já que o glifosato precisa entrar em contato com a superfície da planta para ser absorvido e então efetivo.

Nos Estados Unidos e no Brasil, houve aumento na infestação de *Ipomoea* sp. e *Commelina* sp. nos campos de produção de soja transgênica e de plantas infestantes anuais de inverno com tolerância natural ao glifosato

(MONQUERO, 2004; CULPEPPER, 2006). Com relação a resistência, no Brasil, o primeiro biótipo com resistência a EPSPs foi detectado na espécie *Lolium multiflorum*, no ano de 2003 (VARGAS et al., 2005), seguindo-se posteriormente biótipos de duas espécies de buva (*Conyza bonariensis* e *C. canadensis*) (MOREIRA et al., 2007; VARGAS et al., 2007; LAMEGO; VIDAL, 2008); mais recentemente, resistência a esse mecanismo de ação também foi detectada em capim-amargoso (*Digitaria insularis*) (HEAP, 2011). Os biótipos de buva resistentes a esse herbicida foram constatados em áreas de fruticultura, em São Paulo, e em lavouras de soja transgênica, no Rio Grande do Sul e a última constatação de um biótipo resistente ao glifosato foi mais uma vez com uma espécie de buva, no caso a *Conyza sumatrensis*, que pode apresentar resistência múltipla aos inibidores da ALS e EPSPs, assim como *Lolium multiflorum*, que pode apresentar resistência múltipla aos inibidores da ACCase e EPSPs (WEED SCIENCE, 2013).

Nos Estados Unidos esse número é maior, com 14 biótipos resistentes, pois utilizam a associação entre soja RR e glifosato há mais tempo e esse dado deve ser utilizado como um alerta para que novas tecnologias e práticas sejam desenvolvidas e utilizadas (WEED SCIENCE, 2013).

## **2.2. A soja transgênica resistente ao glifosato**

O Brasil é o 2º maior produtor de soja do mundo, ficando atrás apenas dos Estados Unidos, que possuem uma produção de 80,85 milhões de toneladas e área plantada de 30,8 milhões de hectares segundo o United States Department of Agriculture (2012), contra 66,38 milhões de toneladas e 25,04 milhões de hectares do Brasil, segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (2012). Em nosso país o estado do Mato Grosso é o maior

produtor, com produção de 21,85 milhões de toneladas, área plantada de 6,98 milhões de hectares e produtividade de 3.036 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2012).

O sistema de plantio direto é adotado em 70% da área de soja do Brasil e promove inúmeras melhorias nas propriedades físicas e químicas dos solos, sendo que na região Centro Oeste 71% da área plantada com soja utilizou esse sistema, apenas a região Sul tem uma maior área de adoção, com 79% no mesmo período (RALLY DA SAFRA, 2010). De acordo com dados do Rally da Safra (2012) a porcentagem da área plantada com soja transgênica no Brasil vem aumentando ao longo das safras, passando de 53% em 2007/2008 para 64% em 2008/2009, 72% em 2009/2010, 82% em 2010/2011 e 87% em 2011/2012.

No manejo da soja o controle das plantas infestantes representa um dos principais pontos críticos, assim o uso de sementes geneticamente modificadas surgiu com o intuito de minimizar esse problema. A soja Roundup Ready (RR) foi a primeira planta transgênica a ser aprovada para alimentação humana e animal e para cultivo no país (KLEBA, 1998). A soja RR resistente ao herbicida glifosato foi obtida pela introdução no genoma da planta do gene que codifica a enzima EPSPs isolado da bactéria *Agrobacterium tumefaciens* estirpe CP4. A enzima CP4 EPSPs tem baixa afinidade pelo glifosato quando comparada às proteínas EPSPs selvagens normalmente expressas nas plantas, mantendo alta afinidade com a PEP (fosfoenolpiruvato). Na planta, a enzima CP4 EPSPs proporciona uma alternativa para a rota do chiquimato, o que permite que a planta produza os aminoácidos aromáticos e compostos fenólicos normalmente, mesmo quando a rota da enzima nativa é inibida pelo glifosato. Esta característica permite a aplicação do glifosato na pós-emergência da

cultura em área total nas doses recomendadas, sem provocar injúrias para as plantas cultivadas (DILL, 2009; FENG et al., 2010; TREZZI et al., 2001). A produtividade, as características agronômicas e fenotípicas, e a constituição das cultivares de soja geneticamente modificadas tolerantes ao glifosato permaneceram equivalentes às cultivares de soja convencionais correspondentes (TREZZI et al., 2001).

A soja RR teve sua comercialização iniciada em 1996 nos Estados Unidos, sendo que no Brasil o evento foi aprovado no ano 1998 (Comunicado CTNBio nº 54 de 1998) e sua comercialização iniciada em 2005. Conforme consta nas recomendações de bula do herbicida glifosato (sal de isopropilamina - 480 g/L do equivalente ácido) registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para ser utilizado nas variedades de soja RR, recomenda-se uma aplicação única entre 20 a 30 dias após a emergência da cultura (DAE), utilizando de 720 a 1200 g eq.ac. ha<sup>-1</sup> em área de baixa infestação, ou em aplicações sequenciais onde a primeira aplicação ocorre até os 20 DAE e a segunda aplicação em um intervalo de 15 a 20 dias após a primeira em áreas de alta infestação, de germinação desuniforme das plantas infestantes ou de infestação de *Commelina bengalensis* (trapoeraba).

### **2.3. Período Crítico de Competição**

Conhecer os períodos em que a soja pode conviver com as plantas infestantes sem sofrer interferência é fundamental para assim definir a melhor forma de controle e quando executá-la. Pitelli e Durigan (1984) definiram três períodos de interferência entre as plantas cultivadas e as infestantes, o Período Total de Prevenção da Interferência (PTPI), que corresponde a todo período

em que a cultura deve ser mantida livre da presença das infestantes, para que seu desenvolvimento e produtividade não sejam afetados. Esse período vai desde a emergência ou semeadura até o momento em que as plantas infestantes não conseguem mais competir com a cultura. O Período Anterior à Interferência (PAI) ocorre em um espaço de tempo em que a cultura pode conviver com as infestantes, sem prejudicar seu desenvolvimento ou produtividade, e tem início na emergência ou semeadura da cultura. Já o Período Crítico de Prevenção da Interferência (PCPI) tem início quando o PAI termina, ou seja, nesse ponto o desenvolvimento e produtividade estão sendo afetados a todo o momento e o controle das infestantes se torna obrigatório. Esse período se encerra junto ao PTPI, portanto o PTPI é o PAI + PCPI.

De acordo com Meschede et al. (2004), o PAI torna-se o período de maior importância do ciclo cultural, a partir do qual o rendimento é significativamente afetado. Portanto definir esse período é fundamental para planejar medidas de manejo e evitar perdas. Segundo (MESCHEDÉ et al. 2002; CONSTANTIN et al. 2007; NEPOMUCENO et al. 2007; SILVA et al. 2009) o PAI na cultura da soja situasse entre 10 e 33 dias após a emergência.

Em trabalho realizado por Silva et al. (2009), onde o objetivo foi determinar os períodos que antecedem a interferência (PAIs) em diferentes condições na cultura da soja, cv. BRS 243-RR, os resultados foram obtidos levando em consideração perdas de 5 e 10% na produtividade em três níveis de infestação, baixo, médio e alto, assim chegaram aos seguintes valores 17 e 24 DAE, 11 e 15 DAE e 11 e 16 DAE respectivamente.

Para Van Acker et al. (1993), em média, a cultura da soja deve estar livre de competição dos 9 aos 38 dias após a emergência, ou seja, entre os

estádios fenológicos V2 e R3. Já de acordo com Keramati et al. (2008), a cultura da soja deve estar livre da competição entre os estádios fenológicos V2 e R1, o que correspondeu a 18 e 55 dias após a emergência.

A determinação do PCPI é uma função de vários fatores, como a cultivar de soja utilizada, densidade e intensidade da infestação, profundidade de plantio, temperatura, umidade do solo, portanto, muitas vezes os valores encontrados diferem (GAZZIERO et al., 2008).

Através desses dados é possível concluir que no manejo convencional da soja RR a primeira aplicação do glifosato é feita muitas vezes após o PAI, ou seja, dentro do PCPI, pois é feito 15 dias após a emergência e, além disso, o glifosato age de forma lenta nas plantas.

Os efeitos da interferência são irreversíveis, de acordo com Kozlowski (2002), mesmo após a eliminação das plantas infestantes não há recuperação do desenvolvimento ou da produtividade. Além da interferência direta na produtividade, Carvalho e Velini (2001), observaram em seu trabalho que os tratamentos com menor infestação, ou seja, aqueles que foram mantidos livre da infestação, que era de 142 perfilhos m<sup>-2</sup> de *Cenchrus echinatus*, por maior período de tempo proporcionaram fechamento mais rápido da cultura, que ocorreu em torno dos 39 dias após a emergência, contra os 51 dias após a emergência para os tratamentos com maior densidade de plantas infestantes. Após o fechamento, muitas plantas infestantes têm seu desenvolvimento afetado, devido a menor luminosidade, e tornam-se menos capazes de competir com a soja pelos recursos do meio.

Portanto, proporcionar todas as condições para o melhor desenvolvimento inicial da soja é extremamente importante, fazendo com que

as plantas cultivadas cubram o solo rapidamente, inibindo o desenvolvimento das infestantes remanescentes do controle inicial, justamente no momento em que essas se tornam mais danosas à cultura, que corresponde ao período crítico de prevenção da interferência.

#### **2.4. Herbicidas Residuais: Diclosulam e Sulfentrazone**

O conhecimento que as plantas de soja podem sofrer interferência das plantas infestantes logo no início do seu desenvolvimento, chamou a atenção para o uso de herbicidas em pré plantio, com longo residual no solo, como uma alternativa para evitar a mato competição inicial, contribuir para o controle de uma gama maior de espécies, auxiliar a não seleção de biótipos resistentes ao glifosato e ainda tentar realizar uma única aplicação de glifosato em pós-emergência.

Assim a associação de herbicidas utilizados para dessecação com herbicidas residuais pode proporcionar os benefícios mencionados anteriormente e ainda reduzir os custos da operação de controle (CARVALHO et al., 2000). O uso dos herbicidas residuais pode ser muito eficiente nas situações onde a competição entre a soja RR e as plantas infestantes é bastante severa e identificar a época mais eficiente para aplicar o glifosato é difícil (CORRIGAN; HARVEY, 2000).

Em trabalho realizado por Monquero et al. (2010), foi verificado que o ideal é realizar a dessecação das plantas infestantes de 7 a 14 dias antes da semeadura da soja. Assim uma forma de manejo alternativa seria realizar a dessecação utilizando herbicidas pós-emergentes, como glifosato e 2,4-D em associação com um residual de solo, como diclosulam ou sulfentrazone,

controlando as infestantes e ainda proporcionando a emergência da soja “no limpo”

Quando um herbicida com atividade residual é utilizado o foco da aplicação é o solo, pois esses produtos exercem influência principalmente sobre as sementes das plantas infestantes assim que germinam, além do efeito sobre plântulas conforme as mesmas absorvem o herbicida da solução do solo, ou através das folhas dependendo da característica da molécula, sendo assim fica sujeito aos processos de sorção, transformação ou degradação e transporte ao entrar em contato com o solo.

Como o sistema de plantio direto nas áreas de soja vem aumentando, muitas vezes esses herbicidas são aplicados sobre uma camada de palha que cobre a superfície do solo, podendo ficar retidos. Quando isso ocorre o produto sofre degradação proveniente de fatores ambientais como temperatura e incidência solar, esse processo só cessa por meio de chuva ou irrigação, pois faz o produto transpor a barreira existente e atingir o solo (CARBONARI et al., 2008)

Em experimento realizado por Hixson et al. (2008), foi constatado que em geral a palha de milho retêm os herbicidas testados mais fortemente que a palha de soja e trigo, após aplicação de lâminas de água de 32, 64 e 128 mm.

O herbicida diclosulam pertence ao grupo químico das triazolopirimidina sulfonilidas, atua nas plantas inibindo a enzima acetolactato sintase (ALS), assim impede a síntese dos aminoácidos essenciais, valina, leucina e isoleucina (RODRIGUES; ALMEIDA, 1998; YODER et al., 2000). Este produto é absorvido pelas raízes e folhas e se transloca via xilema e floema até os pontos de crescimento onde atua inibindo a enzima ALS (GERWICK et al.,

1990; KLESCHICK et al., 1990). Apresenta pka de 4,09 e sua solubilidade em água depende do pH e varia de 100 mg kg<sup>-1</sup> em pH entre 5 e 7 e mais que 4.000 mg kg<sup>-1</sup> em pH 9 (LAVORENTI et al., 2003) por ser um herbicida ácido sua solubilidade é maior com pH mais básico.

É recomendado para o controle de eudicotiledôneas na cultura da soja, aplicado em pré semeadura ou pré emergência, mas também pode promover a supressão do crescimento de algumas gramíneas, como *Cenchrus echinatus*, *Brachiaria plantaginea*, *Brachiaria decumbens* e *Digitaria horizontalis* (MARTINS et al., 2005).

É bastante móvel na palha, sendo recomendado para o controle das infestantes sob o sistema de plantio direto (COBUCCI et al., 2004). Em trabalho realizado por Carbonari et al. (2008), o diclosulam aplicado sobre 6 t ha<sup>-1</sup> de palha de sorgo proporcionou elevados níveis de controle de *Ipomoea grandifolia* e *Sida rhombifolia*. Apresenta meia-vida de 67 dias em áreas cultivadas em sistema de plantio direto e 87 dias para solos cultivados convencionalmente (LAVORENTI et al., 2003).

O sulfentrazone é um herbicida inibidor da enzima protox (protoporfirinogênio oxidase), assim ocorre o acúmulo da protoporfirina IX, o que leva à peroxidação do O<sub>2</sub> e conseqüentemente à destruição das membranas celulares (HESS, 1993). No Brasil está registrado para as culturas da soja, cana-de-açúcar, café e citros (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005). Controla tanto espécies monocotiledôneas quanto eudicotiledôneas, sendo recomendado seu uso preferencialmente em pré emergência. Possui pressão de vapor de 1 x 10<sup>9</sup> mmHg a 25 °C, constante de dissociação (pK) de 6,56 e coeficiente de partição (Kow) de 9,8 em pH 7. É um ácido com ionização em

solução aquosa, em função do seu pK e do índice pH do meio (WEBER, 1970; TOMLIN, 1994). Apresenta solubilidade em água de 490 mg L<sup>-1</sup> (VELINI et al., 2010).

No solo, a mobilidade é moderada, de baixa adsorção, com Koc a 43 e a decomposição microbiana é a via mais importante de degradação do produto. A meia vida média é de cerca de 180 dias (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005). Independente do sistema adotado, convencional ou plantio direto, Reddy e Locke (1998) observaram que em solo argiloso a taxa de sorção do herbicida sulfentrazone é maior que em solo de textura média e a dessorção é bastante lenta.

O comportamento do sulfentrazone difere conforme o solo em que o mesmo foi aplicado, segundo Alves et al. (2004) a eficácia desse herbicida diminui com o aumento do teor de óxido de ferro nos solos. Em trabalho realizado por Dan et al. (2010), o herbicida sulfentrazone proporcionou a maior atividade residual dentro dos herbicidas estudados, sendo observados efeitos significativos no bioindicador durante todo o intervalo de tempo estudado. Segundo Blanco e Velini (2005), a atividade residual desse herbicida pode persistir no solo por um período superior a 539 dias.

Portanto antes de utilizar um herbicida residual, várias questões precisam ser analisadas, para assim conseguir obter os resultados esperados e alcançar o potencial máximo dos produtos.

### 3. Objetivos

Avaliar a eficácia dos diferentes tratamentos envolvendo associações entre herbicidas pós-emergentes e residuais no controle das plantas infestantes na cultura da soja RR;

Avaliar o quanto a camada de palha de milho sobre a superfície do solo afeta a ação dos herbicidas residuais diclosulam e sulfentrazone em diferentes períodos de simulação de chuva.

### 4. Material e Métodos

O trabalho foi composto por dois experimentos, o primeiro realizado em campo e o segundo em casa de vegetação, ambos foram conduzidos no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos (CCA – UFSCar), localizado no município de Araras, estado de São Paulo.

#### 4.1. Ensaio em Campo

O solo da área experimental é um Latossolo Vermelho Distrófico, cuja análise química e física pode ser observada na tabela 1. As correções e adubações foram feitas baseando-se na análise química e nas recomendações para a cultura da soja.

**Tabela 1** - Características químicas e físicas da amostra do solo utilizado no experimento

Amostra	pH CaCl <sub>2</sub>	MO	P	K	Ca	Mg	H + Al	SB	CTC	V%	Argila	Silte	Areia
		g dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>		mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>					%	g kg <sup>-1</sup>		
0-20	5,4	30	11	1,8	49	13	31	63,8	94,8	67	560	240	200

A variedade de soja utilizada foi a MonSoy 7211 RR, de ciclo médio tardio, semeada com o espaçamento de 0,45 metros entre linhas e 14 sementes por metro linear no dia 28/Nov/2012, procurando - se obter uma população (stand) final de aproximadamente 310 mil plantas por hectare.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições e quatorze tratamentos. Cada unidade experimental possuiu área total de 16,2 metros quadrados, (2,7 m x 6 m), com 5 linhas de soja e área útil de 12 metros quadrados.

Os diferentes tratamentos começaram a ser aplicados na dessecação das plantas infestantes, 14 dias antes da semeadura da soja (DAS) no dia 14/Nov/2012. Este período entre a dessecação e a semeadura foi estipulado para evitar que a palha ainda verde das plantas infestantes afetasse o desenvolvimento inicial da cultura e também é um período necessário para que a cultura não seja afetada pelo herbicida 2,4-D, utilizado em todas as parcelas.

As principais plantas infestantes na área experimental no momento da dessecação foram: *Cenchrus echinatus* - capim carrapicho (30 plantas m<sup>-2</sup>), *Urochloa plantaginea* – capim marmelada (30 plantas m<sup>-2</sup>), *Bidens pilosa* - picão preto (20 plantas m<sup>-2</sup>) e *Ricinus communis* - mamona (10 plantas m<sup>-2</sup>). O capim marmelada apresentava de 7 a 10 perfilhos vegetativos e 20 cm de altura, distribuído homogeneamente por toda área, o capim carrapicho ainda estava na fase vegetativa, assim como a mamona, que apresentava de 4 a 5 folhas e o picão preto estava no início do florescimento.

As sementes foram tratadas antes do plantio com o fungicida e inseticida Standak top (piraclostrobina 25 g L<sup>-1</sup> + tiofanato metílico 225 g L<sup>-1</sup> + fipronil 250 g L<sup>-1</sup>), utilizando a dosagem recomenda de 200 mL do produto

comercial para 100 kg de sementes de soja. A soja foi semeada com a semeadora Jumil 2540 PD, apta para áreas de plantio direto.

Ao longo do ciclo da soja foram realizadas duas aplicações de inseticidas, com intervalo de 15 dias entre uma e outra, nos estádios fenológicos V3 e V5, para o controle de lagartas e coleópteros desfolhadores, principalmente o metálico (*Maecolaspis calcarisera*), e para essa ocasião os produtos utilizados foram Connect (imidacloprido 100 g L<sup>-1</sup> + beta-ciflutrina 12,5 g L<sup>-1</sup>), dose de 500 mL ha<sup>-1</sup> e Premio (clorantraniliprole 200 g L<sup>-1</sup>), dose de 50 mL ha<sup>-1</sup>.

Próximo ao florescimento da soja, estágio fenológico R1, foi realizada uma única aplicação do fungicida Piori Xtra (azoxistrobina 200 g L<sup>-1</sup> + ciproconazol 80 g L<sup>-1</sup>), dose de 300 mL ha<sup>-1</sup>, para controle da ferrugem da soja, uma aplicação foi suficiente pois a pressão de inóculo do fungo na área foi baixa.

Os tratamentos utilizados no ensaio podem ser observados na Tabela 2, foram aplicados herbicidas antes da semeadura e após a emergência da soja em diferentes estádios de desenvolvimento. Os produtos comerciais utilizados foram: glifosato (Gliz 480 SL); 2,4-D (DMA 806 BR); diclosulam (Spider 840 WG) e sulfentrazone (Boral 500 SC).

Os herbicidas foram aplicados com pulverizador costal pressurizado a CO<sub>2</sub> calibrado para fornecer um volume de calda equivalente a 200 L ha<sup>-1</sup>. A barra de pulverização cobriu uma faixa de 2 metros, pois possui 4 pontas do tipo leque XR 110015, espaçadas a 0,5 metros, assim as 5 linhas de soja foram aplicadas. No momento da primeira aplicação, dessecação, 14/Nov/2012, as condições eram: UR%: 65, T: 26°C, céu claro e velocidade do vento 2km/h. Na

aplicação de glifosato em V2, 18/Dez/2012, UR%: 60, Temperatura: 24°C, céu claro e velocidade do vento: 3km/h. No dia 02/Jan/2013 foi realizada a aplicação de glifosato em V4, UR%: 70, Temperatura: 26°C, céu 15% coberto por nuvens e velocidade do vento: 2km/h.

**Tabela 2.** Tratamentos, ingredientes ativos utilizados e épocas de aplicação.

Dessecação	Aplicações em pós-emergência *	
	Estádio V2	Estádio V4
1. glifosato+2,4-D (712+670g ha <sup>-1</sup> )	glifosato (712 g ha <sup>-1</sup> )	-
2. glifosato+2,4-D (712+670 g ha <sup>-1</sup> )	-	glifosato (712 g ha <sup>-1</sup> )
3. glifosato+2,4-D (712+670 g ha <sup>-1</sup> )	glifosato (356 g ha <sup>-1</sup> )	glifosato (356 g ha <sup>-1</sup> )
4. glifosato+2,4-D (712+670 g ha <sup>-1</sup> )	-	-
5. glifosato+2,4-D+diclosulam (712+670+29,4 g ha <sup>-1</sup> )	glifosato (712 g ha <sup>-1</sup> )	-
6. glifosato + 2,4-D + diclosulam (712+670+29,4 g ha <sup>-1</sup> )	-	glifosato (712 g ha <sup>-1</sup> )
7. glifosato + 2,4-D + diclosulam (712+670+29,4 g ha <sup>-1</sup> )	glifosato (356 g ha <sup>-1</sup> )	glifosato (356 g ha <sup>-1</sup> )
8. glifosato + 2,4-D + diclosulam (712+670+29,4 g ha <sup>-1</sup> )	-	-
9. glifosato + 2,4-D + sulfentrazone (712 + 670 + 600 g ha <sup>-1</sup> )	glifosato (712 g ha <sup>-1</sup> )	-
10. glifosato + 2,4-D + sulfentrazone (712 + 670 + 600 g ha <sup>-1</sup> )	-	glifosato (712 g ha <sup>-1</sup> )
11. glifosato + 2,4-D + sulfentrazone (712 + 670 + 600 g ha <sup>-1</sup> )	glifosato (356 g ha <sup>-1</sup> )	glifosato (356 g ha <sup>-1</sup> )
12. . glifosato + 2,4-D + sulfentrazone (712 + 670 + 600 g ha <sup>-1</sup> )	-	-
13. Testemunha 1 ( capina manual apenas aos14 DAS)	-	-
14. Testemunha 2 ( capina manual durante todo experimento)	-	-

\*Aplicação do glifosato em V2 foi realizada aos 35 dias após a dessecação e a aplicação de glifosato em V4 foi realizada 15 dias após a aplicação em V2.

#### 4.1.1. Identificação das Espécies Infestantes e Respectivas Densidades

A primeira avaliação foi realizada no dia do estaqueamento das parcelas, para identificar as espécies de plantas infestantes presentes na área e determinar as respectivas densidades através do método do quadrado inventário. Posterior à colheita também foi realizado uma avaliação de cobertura vegetal.

#### 4.1.2. Eficácia dos Tratamentos

Avaliações visuais de fitotoxicidade foram efetuadas aos 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70 e 97 dias após a dessecação (DAD), para verificar a eficácia dos tratamentos no controle das plantas infestantes, sendo utilizada a escala de avaliação visual da ALAM (1974), apresentada na Tabela 3, que atribui nota de controle, bem como o seu conceito, para cada classe de porcentagem estabelecida.

**Tabela 3.** Escala de notas da ALAM (1974) utilizada para avaliação da eficácia do controle de plantas daninhas.

Notas	% de controle	Denominação
1	0 - 40	nenhum/pobre
2	41 - 60	regular
3	61 - 70	suficiente
4	71 - 80	bom
5	81 - 90	muito bom
6	91 - 100	excelente

#### 4.1.3. Taxa de Crescimento Relativo e Razão da Área Foliar

Aos 15, 30, 45 e 60 dias após emergência, foram avaliadas a massa da matéria seca da parte aérea, a altura (comprimento entre o colo e o final da haste principal) e área foliar das plantas de soja, medida através do aparelho portátil Li 3000C, em duas plantas da área útil de cada parcela.

Com os dados coletados, foi possível calcular a taxa de crescimento relativo (TR) e a razão da área foliar (RA), de acordo com Benincasa (1988) e Aguilera et al. (2004). Essas duas ferramentas foram imprescindíveis para avaliar o quanto a mata competição influencia o desenvolvimento da soja, em cada um dos tratamentos ao longo do ciclo. A taxa de crescimento relativo é o aumento em gramas de massa seca por unidade de material presente em um período de observação, dada pela fórmula  $TR = (\ln Mt_2 - \ln Mt_1) / (t_2 - t_1)$  e

expressa, portanto, em  $\text{g g}^{-1}$  por dia.  $Mt_2$  e  $Mt_1$  são as massas secas totais de duas amostras sucessivas, e  $t_2$  e  $t_1$ , os dias decorridos entre duas observações. A razão da área foliar (RAF) expressa a área foliar útil para a fotossíntese, componente morfofisiológico, pois é a razão entre a área foliar e a massa seca total, dada pela fórmula  $\text{RAF} = \text{área foliar}/\text{massa total}$ , expressa, dessa forma, em  $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ .

#### **4.1.4. Colheita das Parcelas**

Ao término do ciclo da soja foram colhidos três metros de comprimento das três linhas centrais da área útil das parcelas e os rendimentos comparados, lembrando que em todas as avaliações 0,5 metros nas extremidades das unidades experimentais foram desconsiderados.

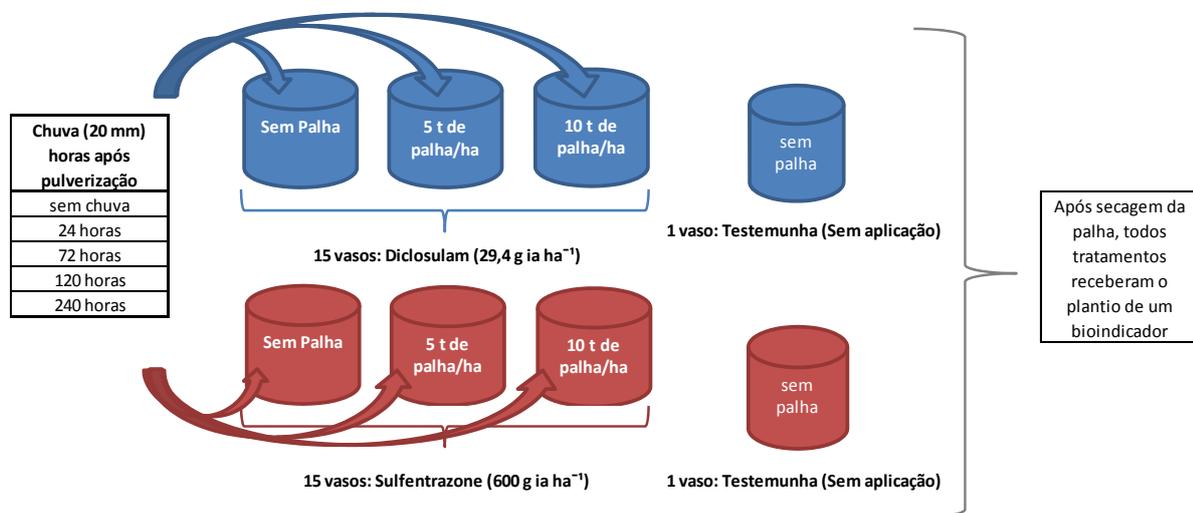
#### **4.1.5. Avaliações**

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e, quando significativos, foi feita a análise de regressão, ajustando-se as equações aos dados obtidos em função dos tratamentos e para algumas análises, foi realizada comparação das médias entre si por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### **4.2. Ensaio em Casa de Vegetação**

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições no esquema fatorial  $2 \times 3 \times 5$ , sendo consequência de dois herbicidas diclosulam ( $29,4 \text{ g ia ha}^{-1}$ ) e sulfentrazone ( $600 \text{ g ia ha}^{-1}$ ), três níveis de palha de milho sobre o solo ( $0; 5 \text{ e } 10 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e cinco épocas de simulação de chuva, através de uma lâmina de água de 20 mm (sem chuva; 24; 72; 120 e 240 horas após a aplicação do herbicida), cada unidade experimental foi

composta por um vaso com capacidade de 10 litros que recebeu um tratamento. A Figura 2 ilustra os tratamentos do experimento.



**Figura 2.** Esquema dos tratamentos, indicando as cinco épocas de simulação de chuva, que cada um dos três níveis de palha recebeu para cada herbicida, as testemunhas e época de plantio da planta bioindicadora.

Os vasos foram preenchidos com solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, coletado em uma área dentro do CCA – UFSCar, próxima ao local onde foi realizado o experimento de campo e sem histórico de uso de herbicidas. A análise físico química pode ser vista na Tabela 1.

A palha utilizada foi proveniente da cultura do milho, pois a maioria das áreas de soja no Brasil adota o sistema de plantio direto e a semeadura é realizada sobre a palhada remanescente de milho e em menor escala milho. Trabalhamos com diferentes níveis de palha, que foram: 0; 5 e 10 kg ha<sup>-1</sup>.

Os herbicidas foram aplicados no mesmo dia em todos os tratamentos, após a colocação da palha sobre o solo, com pulverizador pressurizado a CO<sub>2</sub>, calibrado para fornecer um volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup>, utilizando 4 pontas tipo leque XR110015, assim como na primeira parte do experimento conduzido

em campo. No momento da aplicação a temperatura era de 25°C, velocidade do vento de 2 km h<sup>-1</sup> e umidade relativa do ar em torno de 65%.

Após a aplicação dos herbicidas a simulação da lâmina de chuva de 20 mm foi feita através de sistema de irrigação por aspersão presente na estufa, seguindo as épocas presentes na Figura 2, com a finalidade de lixiviar o produto da palha para o solo. A palha presente na superfície do solo foi removida após secar e esse procedimento foi adotado em todos os tratamentos após a simulação de chuva.

Logo após a remoção da palha os vasos foram semeados com uma cultura bioindicadora, sensível aos dois herbicidas, que é o pepino (*Cucumis sativus*) (Dan et al., 2010), que foi utilizado nas avaliações para determinar a capacidade dos herbicidas em transpor a camada de palha. O plantio do pepino foi realizado utilizando cinco sementes por vaso na profundidade de 1,5 centímetros.

Após a semeadura todos os vasos foram irrigados para permitir ótimo desenvolvimento da planta bioindicadora. Avaliações visuais foram realizadas nas plantas de pepino, aos 7, 14, 21 e 28 dias após a semeadura, para avaliar os danos provocados pelos tratamentos, utilizando a escala percentual de notas, onde 0 representa ausência de dano e 100% morte da planta (escala da ALAM, 1974).

Após a última avaliação visual a parte aérea das plantas de pepino foi coletada e enviada para estufa de ventilação forçada, onde permaneceu por um período de 48 horas a 72° C para determinação da biomassa seca (g).

Foi realizada a análise de variância dos resultados e quando estes foram significativos as médias foram comparadas entre si, através do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

## **5. Resultados e Discussão**

### **5.1. Ensaio em Campo**

#### **5.1.1. Eficácia dos Tratamentos no Controle das Plantas Infestantes**

Aos 7 dias após a dessecação (DAD) os tratamentos estavam semelhantes, o capim marmelada e o capim carrapicho estavam totalmente cloróticos, a mamona apresentava retorcimentos típicos da ação do 2,4-D (epinastia foliar), e também folhas cloróticas, o picão preto estava clorótico, porém com algumas folhas ainda verdes (Tabela 4).

Aos 14 DAD foi realizado o plantio da soja, nesse momento as plantas infestantes de todas as parcelas estavam secas e formando uma camada de palha que cobria a superfície do solo. Aos 21 DAD teve início a emergência das plantas de soja e também começaram a emergir plantas infestantes em alguns tratamentos, no T3, por exemplo, a mamona começou a emergir, no T4, mamona e *Euphorbia heterophylla* (leiteiro), e no T6, T9 e T11 detectou-se plantas de picão preto. Nas testemunhas estavam emergindo plantas de leiteiro e mamona em grande quantidade. Aos 28 DAD começaram a emergir em maior quantidade as plantas infestantes leiteiro, picão preto e capim carrapicho, principalmente nos tratamentos T9, T10 e T12. As aplicações de glifosato no estádio V2 da soja foram feitas aos 35 DAD e as aplicações no estádio V4 foram feitas 15 dias depois. Até os 35 DAD não foram observadas diferenças significativas com relação aos tratamentos com herbicidas, todos propiciaram controles superiores a 80% (inclusive o tratamento 9). Aos 42 DAD, os

tratamentos com o uso de glifosato aplicado no estágio V2 da soja foram avaliados pela primeira vez e se destacaram, não diferindo da testemunha capinada. Os controles menos efetivos (menores que 80%) foram observados nos tratamentos que não receberam aplicação em V2, mesmo com o uso dos herbicidas sulfentrazone e diclosulam antes da semeadura, ou seja, os herbicidas residuais neste momento já não estavam controlando novos fluxos de emergência de plantas infestantes.

Aos 42 DAD e 7 dias após a aplicação (DAA) de glifosato em V2 foi possível observar que tanto as parcelas que receberam a aplicação de 712 g ia ha<sup>-1</sup> ou 356 g ia ha<sup>-1</sup> de glifosato, apresentavam praticamente o mesmo controle das plantas infestantes, ou seja nesse momento a dose de 356 g ia ha<sup>-1</sup> já foi suficiente para controlar as plântulas que emergiram ou as plantas que sobraram na área (Tabela 4). Isso ocorreu pois no momento da aplicação o controle ainda era eficiente, as plântulas estavam nos estádios iniciais de desenvolvimento, onde são mais sensíveis, principalmente nos tratamentos com herbicidas residuais, já nos tratamentos sem herbicidas residuais essa aplicação se torna mais importante, pois nesse momento as plantas infestantes estão mais desenvolvidas, além disso, isso nos mostra a importância de realizar as aplicações no momento correto, aumentando a eficácia no controle e economizando produtos, essa informação também pode ser visualizada na Tabela 4, visto que esses tratamentos não diferem estatisticamente.

De qualquer forma, ressalta-se, que nas parcelas onde herbicidas residuais foram utilizados, no momento da aplicação de glifosato em V2, havia apenas plântulas das espécies infestantes, o que diminuía a interferência das mesmas na cultura da soja. Assim, nessa situação, quando a aplicação de

glifosato é realizada, a maior parte do produto acaba indo para o solo, onde sua atividade é nula, já que a molécula apresenta alta adsorção às partículas coloidais do solo e assim fica indisponível para ser absorvido pelas plantas, dessa forma se novas plantas emergem elas não são controladas, ao menos que aconteça uma nova aplicação (SPRANKLE; MEGGIT; PENNER, 1975). Aos 56 DAD e 7 DAA de glifosato em V4, os tratamentos menos efetivos foram glifosato + 2,4D (T4) e glifosato + 2,4D + sulfentrazone (T12), ambos sem aplicação posterior de glifosato. Várias plantas começaram a emergir, como pé de galinha (*Eleusine indica*), caruru (*Amaranthus viridis*), capim carrapicho, picão preto, apaga fogo (*Alternanthera tenella*), mesmo nos tratamentos que receberam a aplicação de pós emergência (T1 78,75% e T2 83,75%), além disso, nos tratamentos sem residual e com aplicação somente em V4 fica visível que as plântulas secaram, entretanto, as plantas adultas sofreram apenas clorose nas folhas.

Aos 63 DAD a soja praticamente fechou os espaços entre as linhas de plantio, o que dificulta o desenvolvimento e emergência das plantas infestantes, principalmente das fotoblásticas positivas, ou seja, das espécies cujas sementes precisam de luz para germinar.

Aos 70 DAD, os tratamentos menos efetivos foram T4 - glifosato + 2,4-D (48,75%), T8 – glifosato + 2,4D + diclosulam (66,25%) e T12 – glifosato + 2,4-D + sulfentrazone (57,50%), mostrando a necessidade de pelo menos uma aplicação de glifosato em pós-emergência, ao mesmo tempo, indicando que não há a necessidade de duas aplicações. Quando se usou diclosulam, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos que receberam glifosato em V2 (85%), em V4 (97%) ou em V2 e V4 (98%). Já com o uso de

sulfentrazone como residual, a aplicação de glifosato em V2, proporcionou 78% de controle, enquanto que aplicação em V4 proporcionou 98% de controle e em duas aplicações em V2/V4 observou-se 95% de controle das plantas infestantes. Portanto, ao se utilizar os herbicidas residuais observou-se que uma única aplicação de glifosato em V4 é o suficiente, já que neste período, as plantas infestantes estão maiores e em maior número, assim a aplicação de glifosato atinge o seu alvo. Além disto, a cultura está mais próxima de “fechar” a entre linha, o que conseqüentemente irá diminuir a germinação de novas sementes de plantas infestantes, principalmente as fotoblásticas positivas, e limitar o desenvolvimento de possíveis escapes. Na última avaliação, 97 DAD o mesmo comportamento foi observado, sendo que os melhores tratamentos foram: glifosato + diclosulam e glifosato + sulfentrazone com as aplicações sequenciais de glifosato e glifosato + 2,4-D com aplicação sequencial de glifosato em V4 e em V2/ V4. Dessa forma o controle pode ser dividido em três blocos de acordo com a eficácia no controle das plantas infestantes, os menos eficazes deles foram os tratamentos apenas dessecados,  $T4 < T12 < T8$ , posteriormente surgem os tratamentos que receberam glifosato apenas em V2,  $T1 < T9 < T5$ , e os mais eficazes foram os tratamentos aplicados em V2 e V4 e os que foram aplicados apenas em V4,  $T2 < T3 < T11 < T6 < T10 = T7$ .

É importante lembrar que o período crítico da soja ocorre de três a seis semanas após a emergência da cultura, variando de acordo com o cultivar, o tipo de solo, a espécie e a infestação das plantas infestantes (Gazziero et al., 2004). Outro fato, é o benefício direto que a utilização dos herbicidas residuais gera, observa-se que na última avaliação, dentre os três tratamentos que não receberam aplicação de glifosato na pós-emergência da cultura, o tratamento

sem herbicida residual (T4) controlou apenas 30% das infestantes enquanto os tratamentos com diclosulam (T8) e sulfentrazone (T12) controlaram respectivamente (60%) e (41,25%).

**Tabela 4.** Porcentagem de controle das plantas infestantes após aplicação dos herbicidas.

Dessecação	Pós-emergência	7 DAT	15 DAT	21 DAT	35 DAT*	42 DAT
1. glifosato+2,4-D	glifosato V2	83,25 b	95,75 a	93,00 a	81,25 ab	95,50 ab
2. glifosato+2,4-D	glifosato V4	84,50 b	92,75 a	95,75 a	77,00 ab	68,75 e
3. glifosato+2,4-D	glifosato V2/V4	87,50 ab	92,00 a	94,50 a	79,00 ab	95,25 abc
4. glifosato+2,4-D	-	85,50 b	93,75 a	87,75 a	76,25 ab	68,75 e
5. glifosato+2,4-D+diclosulam	glifosato V2	83,25 b	93,75 a	96,50 a	83,00 ab	92,50 abc
6. glifosato + 2,4-D + diclosulam	glifosato V4	86,50 ab	92,50 a	91,00 a	84,50 ab	78,50 bcd
7. glifosato + 2,4-D + diclosulam	glifosato V2/V4	88,75 ab	98,75 a	97,75 a	90,25 ab	97,00 a
8. glifosato + 2,4-D + diclosulam	-	83,50 b	95,75 a	96,25 a	85,75 ab	80,00 bcde
9. glifosato + 2,4-D + sulfentrazone	glifosato V2	86,50 ab	90,00 a	89,25 a	72,00 a	95,25 ab
10. glifosato + 2,4-D + sulfentrazone	glifosato V4	84,50 b	91,25 a	90,00 a	81,25 ab	75,75 cd
11. glifosato + 2,4-D + sulfentrazone	glifosato V2/V4	81,75 b	94,75 a	90,50 a	76,75 ab	93,75 ab
12. . glifosato + 2,4-D + sulfentrazone	-	84,50 b	93,50 a	91,25 a	80,75ab	73,25de
13. Testemunha 1	-	0,00 c	0,00 b	0,00 b	0,00 c	0,00 f
14. Testemunha 2	-	100,00 a				
C.V%		7,15	6,79	6,58	12,94	9,78
Dessecação	Pós-emergência	56 DAT	63 DAT	70 DAT	97 DAT	
1. glifosato+2,4-D	glifosato V2	78,75 cd	71,25 cde	71,25 cd	61,25 cd	
2. glifosato+2,4-D	glifosato V4	83,75 bc	88,75 abc	88,75 abc	88,00 ab	
3. glifosato+2,4-D	glifosato V2/V4	92,25 ab	91,00 ab	91,0 ab0	91,00 ab	
4. glifosato+2,4-D	-	52,50 f	48,75 f	48,75 f	30,00 e	
5. glifosato+2,4-D+diclosulam	glifosato V2	88,00 abc	85,00 abc	85,75 abc	85,00 abc	
6. glifosato + 2,4-D + diclosulam	glifosato V4	90,25 abc	97,25 a	97,25 a	97,25 a	
7. glifosato + 2,4-D + diclosulam	glifosato V2/V4	98,00 a	98,00 a	98,00 a	98,00 a	
8. glifosato + 2,4-D + diclosulam	-	70,00 de	66,25 de	66,25 def	60,00 cd	
9. glifosato + 2,4-D + sulfentrazone	glifosato V2	83,50 bc	78,25 bc	78,25 bcd	68,25 bc	
10. glifosato + 2,4-D + sulfentrazone	glifosato V4	82,50 cd	98,00 a	98,00 a	98,00 a	
11. glifosato + 2,4-D + sulfentrazone	glifosato V2/V4	96,25 ab	95,25 ab	95,25 ab	96,00 a	
12. . glifosato + 2,4-D + sulfentrazone	-	61,25 e	57,50 ef	57,50 ef	41,25 de	
13. Testemunha 1	-	0,00 g	0,00 g	0,00 g	0,00 f	
14. Testemunha 2	-	100,00 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a	
C.V%		7,74	10,02		15,95	

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey 5% / \*Aplicação de glifosato em V2 foi feita aos 35 DAT e aplicação de glifosato em V4 15 dias depois

É importante manejar corretamente o uso de glifosato, pois aplicações repetitivas deste herbicida podem resultar em mudanças nas populações de plantas infestantes. Atualmente 24 espécies de plantas infestantes resistentes ao glifosato são conhecidas no mundo e no Brasil existem biótipos resistentes de *Lolium multiflorum*, *Conyza* spp e *Digitaria insularis* (Weed Science, 2013). Portanto, otimizar a aplicação deste produto em áreas agrícolas vem se tornando uma preocupação mundial.

Além disto, nos últimos anos várias espécies de plantas infestantes têm sido relatadas como tolerantes às doses recomendadas, como *Ambrosia artemisiifolia* (KAPUSTA et al., 1994), *Sesbania exaltata* e *Ipomoea* spp. (JORDAN et al., 1997), entre outras. No Brasil, a tolerância ao glifosato tem sido detectada em algumas espécies de plantas infestantes, como *Commelina benghalensis*, *Commelina diffusa* (DURIGAN et al., 1988; SANTOS et al., 2001), *Ipomoea* sp. e *Richardia brasiliensis* (MONQUERO, 2003).

### **5.1.2. Desenvolvimento e Produtividade da Soja em Função dos Tratamentos**

Com relação à área foliar, o uso de glifosato + 2,4-D sem aplicação posterior de pós-emergente foi o que apresentou menor área foliar, comparando-se a testemunha sem capina. Novamente, ressalta-se que não houve vantagem na aplicação de glifosato em dois momentos distintos do estágio fenológico da soja (V2 e V4), principalmente com o uso de herbicidas residuais.

**Tabela 5.** Área foliar (cm<sup>2</sup>) das plantas de soja aos 15, 30, 45 e 60 dias após a emergência (DAE) nos diferentes tratamentos.

Dessecação	Pós-emergência	Dias após emergência da soja			
		15	30	45	60
1. glifosato+2,4-D	glifosato V2	42,07 a	158,91 a	475,09 ab	1416,60 ab
2. glifosato+2,4-D	glifosato V4	44,19 a	141,09 a	514,46 ab	1.860,57 a
3. glifosato+2,4-D	glifosato V2/V4	41,26 a	184,07 a	659,27 ab	2.250,72 a
4. glifosato+2,4-D	-	52,05 a	108,69 ab	261,01 b	1 236,32 b
5. glifosato+2,4-D+diclosulam	glifosato V2	39,39ab	148,49 a	610,98 ab	1 757,68 a
6. glifosato + 2,4-D + diclosulam	glifosato V4	40,47 a	138,45 a	719,84 a	2 291,79 a
7. glifosato + 2,4-D + diclosulam	glifosato V2/V4	35,61 ab	101,87 b	514,05 ab	1 926,93 a
8. glifosato + 2,4-D + diclosulam	-	34,11 ab	166,61 a	639,01 ab	2 142,69 a
9. glifosato + 2,4-D + sulfentrazone	glifosato V2	42,43 a	182,27 a	497,66 ab	1 934,38 a
10. glifosato + 2,4-D + sulfentrazone	glifosato V4	49,14 a	126,80 a	424,00 ab	2 158,49 a
11. glifosato + 2,4-D + sulfentrazone	glifosato V2/V4	32,42 ab	176,60 a	526,25 ab	2 228,00 a
12. . glifosato + 2,4-D + sulfentrazone	-	36,19 ab	125,59 a	484,59 ab	2 208,10 a
13. Testemunha 1	-	11,00 b	35,00 c	98,00 b	530,67b
14. Testemunha 2	-	14,33 b	135,00 a	357,67 ab	1604,33 ab
C.V%		28,68	29,54	40,91	28,52

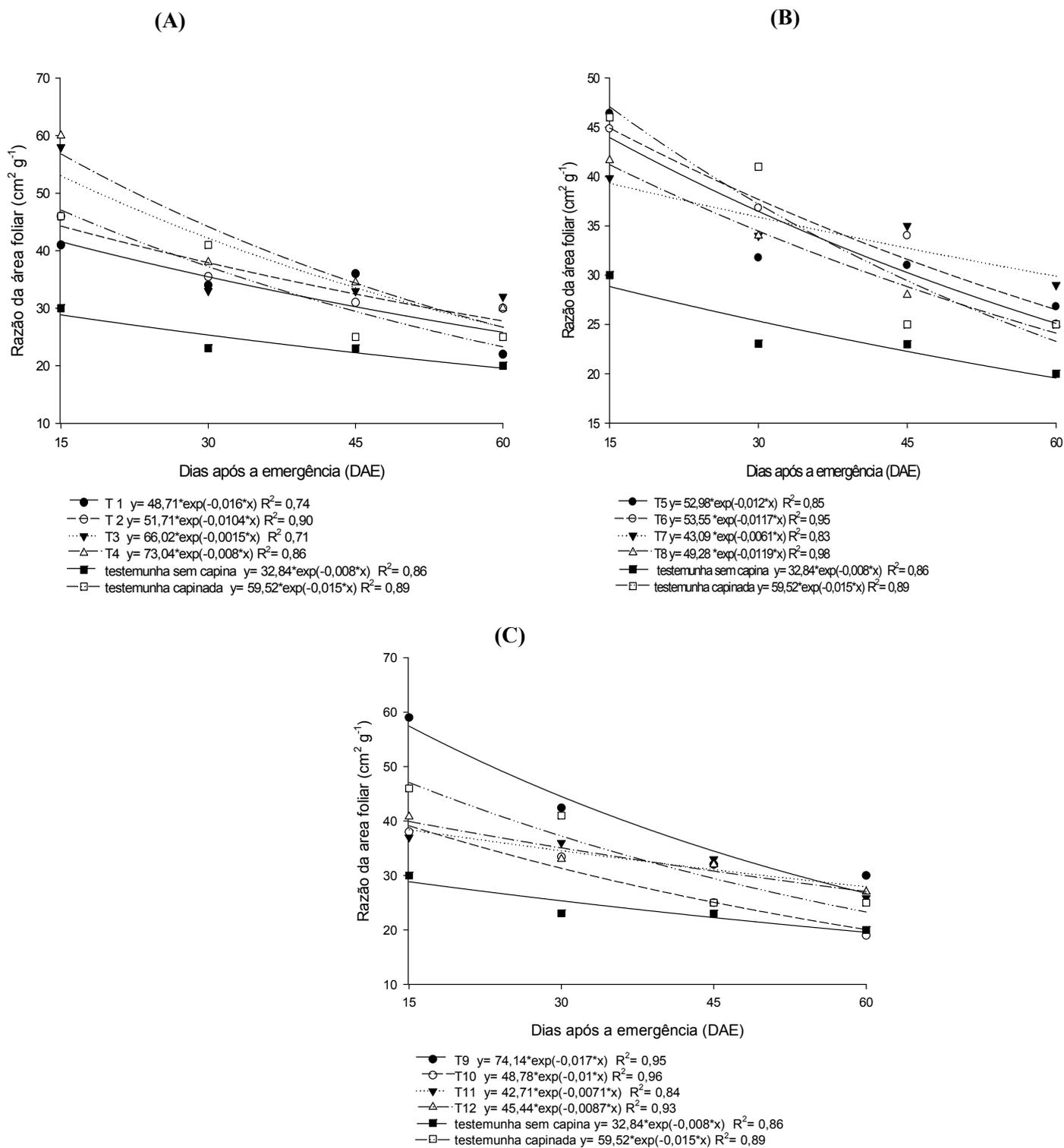
Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%

A razão da área foliar (RAF) é a área foliar que está sendo utilizada pela planta para produzir 1 grama de massa seca; quanto maior luminosidade, menor área foliar é necessária para produzir essa quantidade de matéria seca. Como a razão de área foliar representa a proporção de material fotossintetizante, em relação a massa da matéria seca total da planta, pode ser observado que os tratamentos T1, T8 e T10, apresentaram menor quantidade de material fotossintetizante em relação a massa da matéria seca total (Figura 3).

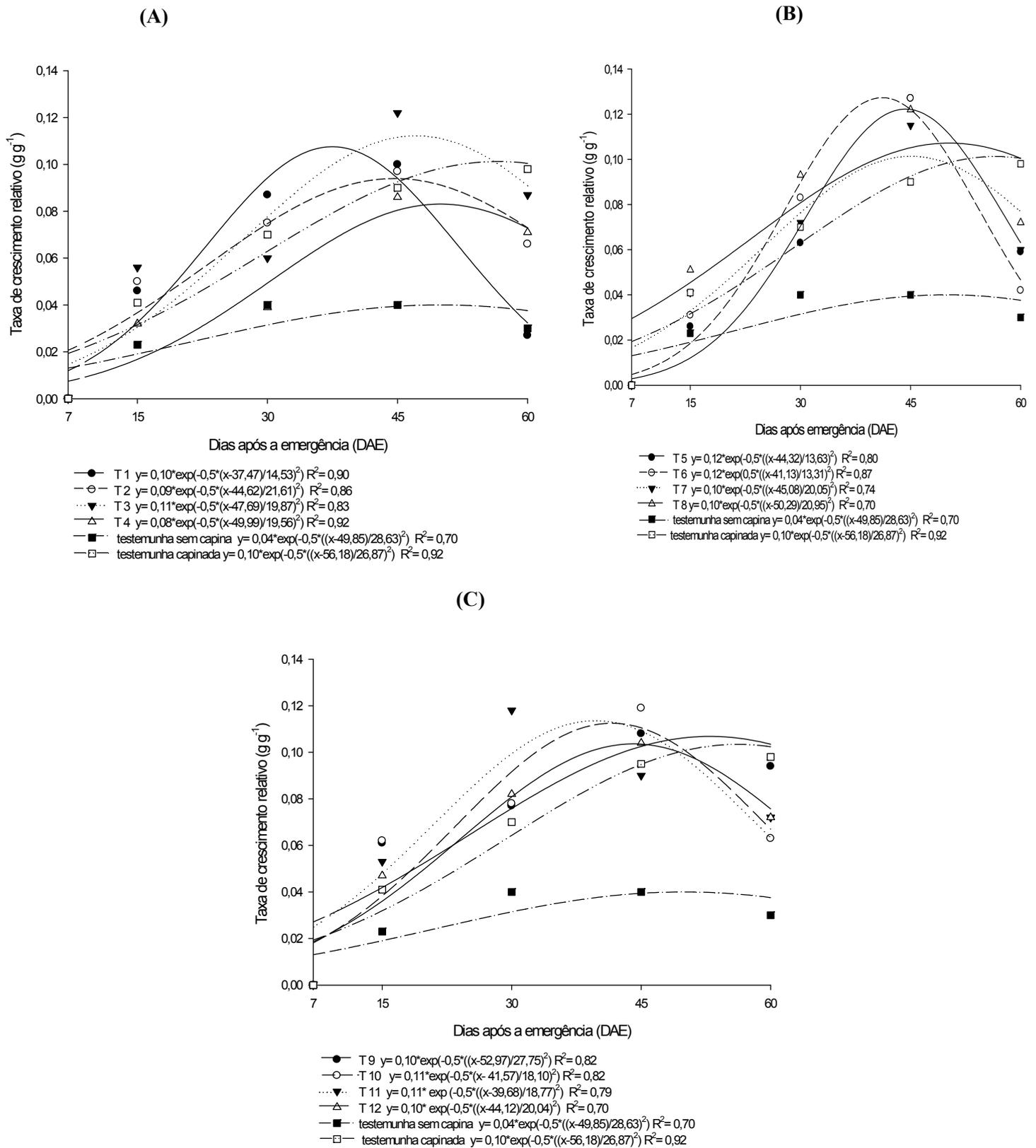
Em todos os tratamentos, a razão da área foliar apresentou queda progressiva, já que segundo Benincasa (2003), com o crescimento, aumenta a interferência de folhas superiores sobre as inferiores (auto sombreamento), e a tendência é de a área foliar útil diminuir. Aos 60 DAE, dentre os tratamentos que não utilizaram herbicidas residuais, as maiores RAFs foram obtidas com os tratamentos que incluíram a aplicação de glifosato em V4 (T2) ou em V2/V4 (T3). Com o uso de diclosulam como pré-emergente os tratamentos com aplicação de glifosato em V2/V4 (T7) ou apenas em V2 (T5) apresentaram maior razão da área foliar aos 60 DAE. Por sua vez, com o uso de sulfentrazone, observou-se maior RAF nos tratamentos com uso de glifosato em V2 (T9) ou em V2/V4 (T11) (Figura 3).

O tratamento T1 (glifosato + 2,4-D + glifosato em V2) apresentou maior taxa de crescimento relativo até 37 dias, depois houve uma queda, já o tratamento T3 (uso de glifosato em V2/V4) apresentou maior taxa de crescimento a partir de 43 DAE (Figura 4). O crescimento mais lento foi observado nos tratamentos testemunha sem capina, T2 (glifosato apenas em V4) e T4 (sem uso de glifosato em pós-emergência). A taxa de crescimento mais rápida pela cultura provoca o sombreamento da entre linha antecipado o que facilita a supressão das plantas daninhas. Com o uso de diclosulam, aos 45 DAE, destacam-se os tratamentos T5 (glifosato em V2), T6 (glifosato em V4). Aliás, entre 45-60 dias as plantas apresentam queda na TCR, mostrando o início da senescência. Nesse momento a planta despende todos os recursos adquiridos para formação das vagens e enchimento dos grãos, cessando seu desenvolvimento vegetativo.

Nos tratamentos com uso de sulfentrazone, o tratamento T11 (com glifosato em V2 e V4) apresentou maior taxa de crescimento relativo até 40 DAE, seguido pelo tratamento T10 (glifosato em V4). Aos 60 DAE todos os tratamentos, excetuando-se a testemunha capinada e T9 (glifosato em V2), apresentaram declínio na taxa de crescimento relativo, demonstrando mudança de estágio fenológico das plantas e dreno para formação de vagens. O crescimento inicial precoce pode resultar em maior captura de luz pelas folhas, favorecendo que o índice de área foliar máximo seja atingido mais rapidamente (Siddique et al., 1990). Além disso, proporciona maior e mais rápido sombreamento da superfície do solo, ocorrendo desta forma, menor evaporação de água do solo, a qual pode ser aproveitada na transpiração e crescimento das plantas. Aliado a isso, as plantas com maior tamanho inicial e taxas de crescimento, possuem maior capacidade competitiva, proporcionando o fechamento mais rápido dos espaços entre as linhas e favorecendo o controle das plantas infestantes.



**Figura 3.** Razão da área foliar ( $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ ) nos tratamentos sem uso de herbicidas residuais (A), com o uso de diclosulam (B) e com sulfentrazone (C) aos 15, 30, 45 e 60 DAE).



**Figura 4.** Taxa de crescimento relativo ( $g\ g^{-1}$  por dia) nos tratamentos sem uso de herbicidas residuais (A), com o uso de diclosulam (B) e com sulfentrazone (C) aos 7, 15, 30, 45 e 60 DAE.

Com relação a produtividade (Tabela 6) observou-se que o tratamento T6 (diclosulam como residual e aplicação de glifosato em V4), apresentou alta produtividade com 3484,93 kg ha<sup>-1</sup>, assim como T10 (sulfentrazone como residual e glifosato em V4), 3169,99 kg ha<sup>-1</sup> e T11 (sulfentrazone como residual e glifosato em V2/V4) 3259,88 kg ha<sup>-1</sup>. Os tratamentos menos eficazes foram T4 (sem herbicida residual e sem glifosato em pós-emergência) com redução de 81,73% com relação a testemunha capinada, T8 e T12 que envolvem o uso de diclosulam e sulfentrazone sem uso de pos-emergente com reduções de 44,78 e 45,83%, respectivamente.

**Tabela 6.** Produtividade da soja (kg ha<sup>-1</sup>) em função dos diferentes tratamentos herbicidas

Tratamentos		Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )
Dessecação	Pós-emergência	
1. glifosato+2,4-D	glifosato V2	2690,00 ab
2. glifosato+2,4-D	glifosato V4	3050,00 a
3. glifosato+2,4-D	glifosato V2/V4	2999,74 a
4. glifosato+2,4-D	-	546,19 c
5. glifosato+2,4-D+diclosulam	glifosato V2	2774,44 ab
6. glifosato + 2,4-D + diclosulam	glifosato V4	3484,93 a
7. glifosato + 2,4-D + diclosulam	glifosato V2/V4	2980,02 a
8. glifosato + 2,4-D + diclosulam	-	1650,52 b
9. glifosato + 2,4-D + sulfentrazone	glifosato V2	2922,12 a
10. glifosato + 2,4-D + sulfentrazone	glifosato V4	3169,99 a
11. glifosato + 2,4-D + sulfentrazone	glifosato V2/V4	3259,88 a
12. . glifosato + 2,4-D + sulfentrazone	-	1619,00 b
13. Testemunha 1	-	719,00 c
14. Testemunha 2	-	2989,00 a
C.V%		24,30
DMS 5%		588,01

**Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.**

Observando-se todos os parâmetros estudados, pode-se constatar que existe uma relação direta entre os mesmos, o tratamento T6, que consistiu na aplicação de glifosato + 2,4-D + diclosulam na dessecação e uma única aplicação de glifosato no estágio V4 da soja foi o que apresentou uma das maiores eficácias no controle das plantas infestantes (Tabela 4), a maior taxa de crescimento relativo dentre todos os tratamentos (Figura 4) e conseqüentemente a maior produtividade da cultura (Tabela 6). A segunda maior produtividade foi alcançada com o T11, que consistiu na aplicação de glifosato + 2,4-D + sulfentrazone na dessecação e duas aplicações de glifosato (V2 e V4), esse tratamento apresentou a maior taxa de crescimento relativo dentro dos tratamentos com o sulfentrazone e um dos maiores controles das plantas infestantes.

Em estudos preliminares com uso de diclosulam, os resultados foram semelhantes aos obtidos neste trabalho, embora a infestação fosse diferente com a presença das plantas infestantes *Conyza canadensis* (L.) (Buva), *Phyllanthus tenellus* (Quebra pedra), *Alternanthera tenella* Colla. (Apaga fogo), *Bidens subalternans* DC. (Picão preto) e *Commelina. Benghalensis* L. (Trapoeiraba) (MINOZZI et al., 2012).

## **5.2. Ensaio em Casa de Vegetação**

### **5.2.1. Efeito da Palhada e da Precipitação Sobre a Eficácia dos Herbicidas Sulfentrazone e Diclosulam**

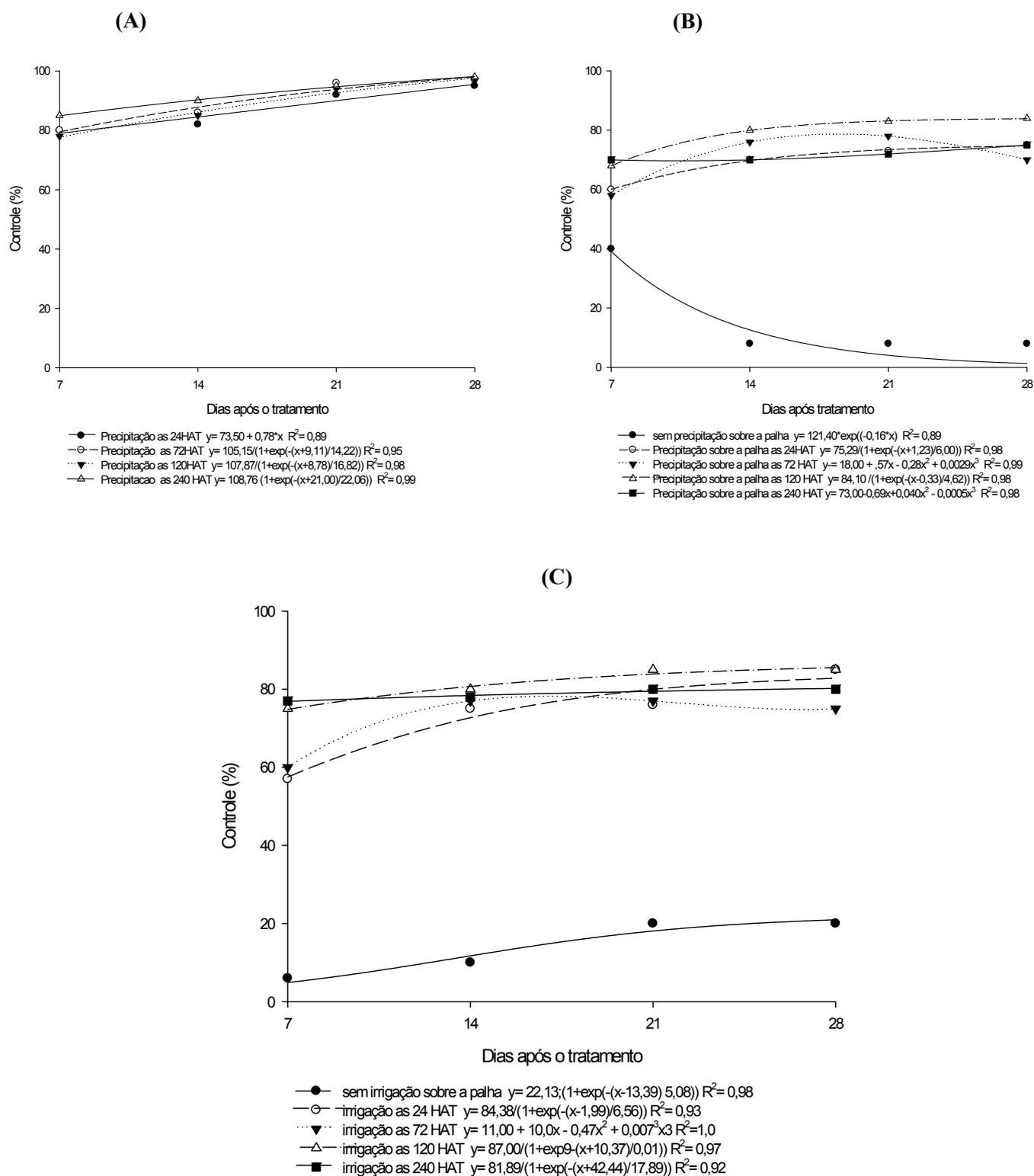
A aplicação do herbicida sulfentrazone, em solo sem palha, foi efetiva no controle da planta bioindicadora em todas as situações de simulação de chuva (24, 72, 120 e 240 HAT), indicando que este herbicida mesmo após 10 dias de seca está ativo no solo (Figura 5 A). Quando o herbicida foi aplicado sobre 5 t

ha<sup>-1</sup> de palha de milho, a ausência de simulação de chuva sobre a palha proporcionou o tratamento menos efetivo (Figura 5 B), isto significa que a palha reteve o herbicida, impedindo-o de chegar ao solo, ao mesmo tempo, verifica-se que a precipitação provocou fitotoxicidade que variou de 70 a 84%. Com 10 t ha<sup>-1</sup> de palha, (Figura 5 C), o resultado foi similar, ou seja, sem a simulação de chuva o controle foi de apenas 20% aos 28DAT, mostrando a importância da irrigação ou da chuva na transposição deste herbicida sobre a palha. Em todos os outros tratamentos o controle variou de 75 a 85%. Carbonari et al. (2012) observaram que quanto maiores os períodos de permanência do sulfentrazone sobre a palha de cana-de-açúcar, menores são as quantidades do herbicida disponibilizadas para o solo a partir das chuvas. De acordo com os pesquisadores foram disponibilizados 77, 77, 59, 60, 43 e 41% do sulfentrazone, respectivamente para a ocorrência de chuva nos períodos de 0 (mesmo dia da aplicação), 1; 15; 30; 45 e 60 dias após a aplicação.

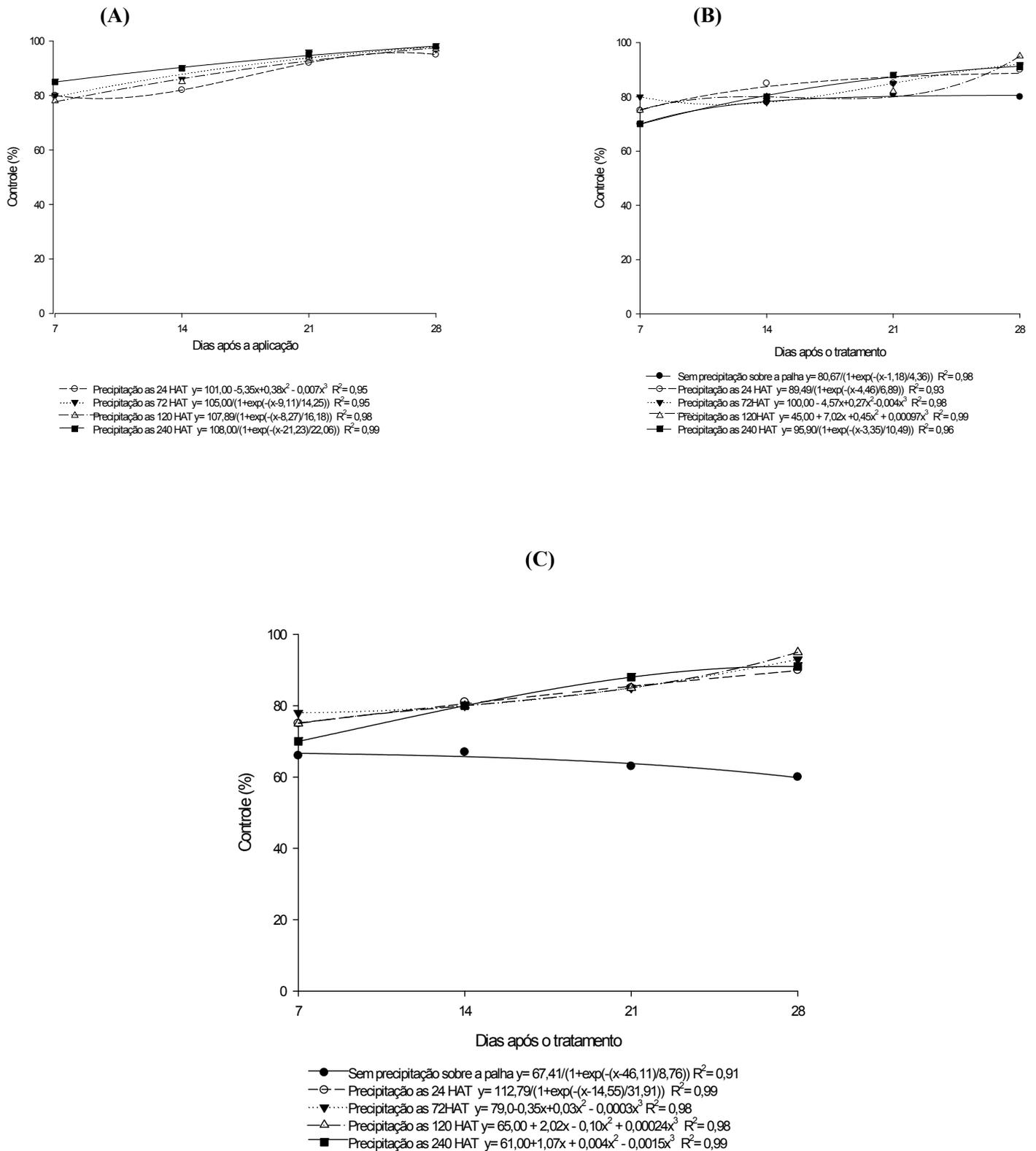
Com relação ao diclosulam observa-se que quando aplicado em solo sem palha (Figura 6 A), todos os controles foram efetivos. Com 5 t ha<sup>-1</sup> (Figura 6 B) no tratamento sem precipitação o controle foi de 75%, e todos os demais tratamentos controlaram acima de 80%, mostrando menor dependência deste herbicida a umidade, ou seja, mesmo com a palhada e independente da simulação de chuva o herbicida conseguiu exercer sua atividade biológica. Já com 10 t ha<sup>-1</sup> de palha (Figura 6 C), a ausência da chuva simulada comprometeu a eficácia do produto, com controle de 60% da planta bioindicadora aos 28 DAT, porém mesmo assim, a resposta obtida foi maior que o controle com o sulfentrazone na mesma situação. A partir do momento em que a simulação da precipitação foi realizada os controles foram superiores

a 80%. O diclosulam e seus metabólitos apresentam valores de partição ( $K_d$ ) bastante baixos, o que demonstra potencial de movimentação vertical, facilitada pela solubilidade em água (124 ppm a pH 7,0 e de 117 a pH 5,0), constante de ionização ácido ( $pK_a$ ) de 4,09 e coeficiente octanol/água ( $K_{ow}$ ) de 1,42 (YODER et al., 2000). O comportamento deste herbicida é fortemente influenciado pelos teores de umidade e matéria orgânica do solo, a degradação é microbiana e a fotodegradação e volatilização são insignificantes (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011).

O comportamento dos dois produtos nos diferentes níveis de palha e épocas de precipitação fica evidente ao observarmos as figuras 5 e 6.



**Figura 5.** Porcentagem de controle do bioindicador após aplicação do sulfentrazone e diferentes períodos de simulação de chuva (20mm) em solo com  $0t\ ha^{-1}$  (A),  $5t\ ha^{-1}$  (B) e  $10t\ ha^{-1}$  (C) de palha de milho.



**Figura 6.** Porcentagem de controle do bioindicador após aplicação do diclosulam e diferentes períodos de simulação de chuva (20mm) em solo com  $0t\ ha^{-1}$  (A),  $5t\ ha^{-1}$  (B) e  $10t\ ha^{-1}$  (C) de palha de milho.

Alguns herbicidas são mais retidos pela palha do que outros, esta diferença pode estar relacionada com a solubilidade em água, pressão de vapor ou com o coeficiente de distribuição octanol-água ( $K_{ow}$ ) do herbicida aplicado; com a quantidade e origem da palha; e com a intensidade e época da ocorrência de chuvas após a aplicação dos produtos (FORNAROLLI et al., 1998; RODRIGUES & ALMEIDA, 2005). Diversos trabalhos têm demonstrado que uma chuva de 20 mm é suficiente para transportar boa parte dos produtos que estão depositados sobre a palha até a superfície do solo (RODRIGUES et al., 2000; FORNAROLLI et al., 1998).

Ao se avaliar a matéria seca das plantas de pepino (Tabelas 7 - 9), aos 28 dias após a emergência, observa-se que nos três níveis de palha e em todas as condições de precipitação testadas, o tratamento com diclosulam promoveu maior redução da matéria seca das plantas que o tratamento com sulfentrazone, exceto quando a simulação da lâmina de água de 20 mm foi realizada 120 horas após a aplicação dos herbicidas, nessa situação a redução foi estatisticamente igual.

A situação na qual o diclosulam promoveu a maior redução da matéria seca das plantas de pepino foi quando a precipitação ocorreu 48 horas após a aplicação, enquanto para o sulfentrazone quando a mesma ocorreu 120 horas após a aplicação. Quando a aplicação dos herbicidas é realizada sobre o solo descoberto, a redução da matéria seca é maior do que quando o solo está coberto com palha de milho a 5 e 10t ha<sup>-1</sup> na condição de seca e irrigação 24 horas após a aplicação, porém a partir do momento em que a lâmina é aplicada 48 horas após a aplicação dos produtos a redução é a mesma em todos os níveis de palha.

**Tabela 7.** Matéria seca das plantas de pepino aos 28 dias após a emergência (DAE) em resposta a interação entre os dois herbicidas e as épocas de precipitação.

<b>Matéria Seca das Plantas de Pepino aos 28 DAE</b>					
<b>Tratamentos</b>	<b>Sem Precipitação</b>	<b>24 horas</b>	<b>72 horas</b>	<b>120 horas</b>	<b>240 horas</b>
<b>Diclosulam</b>	0,0755 bA	0,0443 aAB	0,0323 bB	0,0427aAB	0,0428bAB
<b>Sulfentrazone</b>	0,1618 aA	0,0633 aB	0,0698 aB	0,0430 aB	0,0747 aB

D.M.S. 5% para colunas= 0.0254 D.M.S 5% para linhas= 0.0356  
Médias com letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 8.** Matéria seca das plantas de pepino aos 28 dias após a emergência (DAE) em resposta aos dois herbicidas e os níveis de palha de milho sobre o solo.

<b>Matéria seca das plantas de pepino aos 28 DAE</b>			
<b>Tratamentos</b>	<b>0 t.ha<sup>-1</sup></b>	<b>5 t.ha<sup>-1</sup></b>	<b>10 t.ha<sup>-1</sup></b>
<b>Diclosulam</b>	0,0195 bB	0,0529 bA	0,0702 bA
<b>Sulfentrazone</b>	0,0483 aB	0,1094 aA	0,0899 aA

D.M.S. 5% para colunas= 0.0197 D.M.S 5% para linhas= 0.0236  
Médias com letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 9.** Matéria seca das plantas de pepino aos 28 dias após a emergência (DAE) em resposta aos dois herbicidas e os níveis de palha de milho sobre o solo e precipitações.

<b>Matéria seca das plantas de pepino 28 DAE (Diclosulam)</b>					
<b>Tratamento</b>	<b>Sem precipitação</b>	<b>24 horas</b>	<b>72 horas</b>	<b>120 horas</b>	<b>240 horas</b>
<b>0 t.ha<sup>-1</sup></b>	0,045	0,1866	0,1068	0,1116	0,1183
<b>5 t.ha<sup>-1</sup></b>	0,388	0,198	0,209	0,19	0,186
<b>10 t.ha<sup>-1</sup></b>	0,573	0,222	0,181	0,272	0,276

<b>Matéria seca das plantas de pepino 28 DAE (Sulfentrazone)</b>					
<b>Tratamento</b>	<b>Sem precipitação</b>	<b>24 horas</b>	<b>72 horas</b>	<b>120 horas</b>	<b>240 horas</b>
<b>0 t.ha<sup>-1</sup></b>	0,44	0,193	0,235	0,165	0,3335
<b>5 t.ha<sup>-1</sup></b>	0,906	0,443	0,414	0,3299	0,5764
<b>10 t.ha<sup>-1</sup></b>	0,91	0,473	0,42	0,2885	0,4243

Não foi aplicado o teste de comparação de médias pois o F de interação não foi significativo

## 6. Conclusões

A adição do herbicida residual diclosulam à dessecação proporcionou a redução de uma aplicação de glifosato em pós emergência, sendo uma única aplicação em V4 a mais produtiva. Com o uso do sulfentrazone na dessecação a maior produtividade foi obtida com duas aplicações de glifosato, porém uma única aplicação de glifosato em V2 ou V4 proporcionou produtividades estatisticamente iguais.

O tratamento T6 com diclosulam e uma única aplicação de glifosato em V4 proporcionou numericamente a maior produtividade da soja ( $3484,93 \text{ kg ha}^{-1}$ ), os tratamentos T10 ( $3169,99 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e T11 ( $3259,88 \text{ kg ha}^{-1}$ ) com sulfentrazone e respectivamente uma única aplicação de glifosato no estágio V4 e duas aplicações, em V2 e V4, apresentaram produtividades estatisticamente iguais.

Em casa de vegetação conclui-se que o herbicida diclosulam reduziu a matéria seca das plantas de pepino em maior intensidade que o sulfentrazone, nos três níveis de palha de milho estudados ( $0, 5$  e  $10 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

Em relação a simulação da lâmina de 20 mm de chuva o diclosulam promoveu maior redução da matéria seca das plantas de pepino quando a mesma foi efetuada aos 0, 72 e 240 horas após a aplicação dos tratamentos, sendo estatisticamente igual ao sulfentrazone quando a simulação ocorreu as 24 e 120 horas após a aplicação dos tratamentos.

O diclosulam é menos dependente da água para transpor a camada de palha e atingir seu alvo que o sulfentrazone.

## 7. Referências Bibliográficas

AGUILERA, D. B.; FERREIRA, F. A.; CECON, P. R. Crescimento de *Siegesbeckia orientalis* sob diferentes condições de luminosidade. **Planta Daninha**, v. 22, n. 1, p. 43-51, 2004.

ALMEIDA, F.S. **Guia de herbicidas**. Recomendações para o uso adequado em plantio direto e convencional. Londrina. IAPAR, 1985. 482p.

ALVES, P. L. C. A.; MARQUES JÚNIOR, J.; FERRAUDO, A. S. Soil attributes and the efficiency of sulfentrazone on control of purple nutsedge (*Cyperus rotundus* L.). **Sci. Agric.**, v. 61, n. 3, p. 319-325, 2004.

ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE MALEZAS – ALAM. Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación en ensayos de control de malezas. **ALAM**, v. 1, n. 1, p. 35-38, 1974.

BENINCASA, M. M. P. **Análise do crescimento de plantas**. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 42 p.

BROOKES, G; BARFOOT, P. GM crops: global socio-economic and environmental impacts 1996-2011. **PgEconomics**. 2013.

CARBONARI, C. A. Eficácia do herbicida diclosulam em associação com a palha de sorgo no controle de *Ipomoea grandifolia* e *Sida rhombifolia*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 657 – 664, 2008.

CARVALHO, F. T.; CAVAZZANA, M. A. Eficácia de herbicidas no manejo de plantas daninhas para o plantio direto de soja. **R. Bras. Herb.**, v. 1, p. 167-172, 2000.

CARVALHO, F. T.; VELINI, E. D. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura da soja: I - cultivar iac-11. **Planta daninha**, Viçosa, v. 19, n. 3, p. 317-322, Dez. 2001.

CARVALHO, L. B. et al. Efeitos da dessecação com glyphosate e chlorimuron-ethyl na comunidade infestante e na produtividade da soja. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.27, p.1025-1034, 2009.

COBUCCI, T. et al. Efeito residual de herbicidas em pré-plantio do feijoeiro, em dois sistemas de aplicação em plantio direto e sua viabilidade econômica. **Planta Daninha**, v.22, n.4, p.583-590, 2004.

CULPEPPER, A.S. Glyphosate induced weed shifts. **Weed Technology**, v.20, p.277-281, 2006.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **12º levantamento de grãos set/2012**. Disponível em:

<[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12\\_09\\_06\\_09\\_18\\_33\\_boletim\\_graos\\_-\\_setembro\\_2012.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_09_06_09_18_33_boletim_graos_-_setembro_2012.pdf)>. Acesso em: 05 de fevereiro de 2013.

CONSTANTIN, J. et al. Estimativa do período que antecede a interferência de plantas daninhas na cultura da soja, var. Coodetec 202, por meio de testemunhas duplas. **Planta Daninha**, v.25, n.2, p.231-237, 2007.

CORRIGAN, K. A.; HARVEY, R. G. Glyphosate with and without residual herbicides in till soybean (*Glycine max*) production. **Weed Technol.**, v. 14, p. 569-577, 2000.

DAN, H. A. et al. Monitoramento da atividade residual de herbicidas utilizados na cultura da soja em região de cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27., 2010. Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: SBCPD, 2010. p. 3289 – 3293.

DAN HESS, F. Herbicide effects on plant structure, physiology, and biochemistry. In: **Pesticide interactions in crop production**. CRC Press, 1993. p. 13-34

DEVLIN, D. L.; LONG, J. H.; MADDUX, L. D. Using reduced rates of postemergence herbicides in soybeans (*Glycine max*). **Weed Technol.**, v. 5, p. 834-840, 1991.

DILL, G.M. Desenvolvimento e uso de culturas resistentes ao glyphosate. **Glyphosate**/Edivaldo Domingues Velini.[et al.] - Botucatu: Editora FEPAF, 2009. p. 299-308

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA (FEBRAPDP). **Evolução área de plantio direto no Brasil**. Disponível em: <<http://www.febrapdp.org.br/?i1=34eAcoBnLhRWY05WYsBXYIJXYa12&i2=4b8QYIJX Yfde&i3=e46ARQBSZkBSYIJXwece&i4=&i5=34eAcoBnLhRWY05WYsBXYIJXYa12&m=1>>. Acesso em: 15 de setembro de 2013.

FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University, Cooperative Extension Service, 1977. 11p. (Special Report, 80).

FENG, P.C.C. et al. Glyphosate-resistant crops: developing the next generation products. 2010. **Glyphosate resistance in crops and weeds: history, development and management**/edited by Vijay K. Nandula. John Wiley & Sons, New Jersey. 2010, p. 45 – 65

FORNAROLLI, D. A. et al. Influência da cobertura morta no comportamento do herbicida atrazine. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 21, 1997, Caxambu. **Resumos...** Caxambu: SBCPD, 1997. p. 343.

FRANS, R. et al. Experimental design and techniques for measuring and analyzing plant responses to weed control practices. In: CAMPER, N. D. (Ed.) **Research methods in weed science**, Third Edition USA SOUTHERN WEED SCIENCE SOCIETY, 1986. p. 29-46.

GALLI, A. J. B.; MONTEZUMA, M. C. **Alguns aspectos da utilização do herbicida glyphosate na agricultura**. São Paulo: Monsanto do Brasil; 2005. 60 p.

GAZZIERO, D. L. P.; VARGAS, L.; ROMAN, E. S. Manejo e controle de plantas daninhas na cultura da soja. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 595-635.

GAZZIERO, D. Manejo das plantas daninhas. **Revista Rural**, ed. 91, setembro de 2005.

GAZZIERO, D. L. P.; VARGAS, L.; ROMAN, E. S. Manejo e controle de plantas daninhas em soja. In: VARGAS, L. & ROMAN, Ed(s). **Manual de Manejo e Controle de Plantas Daninhas**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. p.681-721.

GERWICK, B.C. et al. Mechanism of Action of the 1,2,4- Triazolo [ 1,5-a] pyrimidines. **Pestic. Sci.**, v. 29, n. 3, p.357-364, 1990.

GEYER, U.; SCHONHERR, J. The effect of the environment on the permeability and composition of Citrus leaf cuticles, I: water permeability of isolated cuticular membranes. **Planta**, v. 180, n.1, p.147–153.1990

GOUGLER, J. A.; GEIGER. D.R. Uptake and distribution of Nphosphonomethylglycine in sugar beet plants. **Plant Physiology** v.68, n.3, p.668–672.1979.

GRICHAR, W.J. et al. Cotton response to imazapic and imazethapyr residues following peanut. **The Texas J. Agr. Nat. Res.**, v.17, n.1, p.1-8, 2004.

HEAP, I. **International survey of resistant weeds**. Disponível em: <<http://www.weedscience.org>>. Acesso em: 30 nov. 2011.

HIXSON, A. C. **Soil Properties Affect Simazine and Saflufenacil Fate, Behavior, and Performance**. 2008. 242. Dissertation (Doctor) – North Carolina State University, Raleigh, North Carolina, 2008.

JAMES, C. 2012. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2012. ISAAA Brief n°. 44: ISAAA, Ithaca, NY.

JAWORSKI, E.G. Mode of action of N-phosphonomethylglycine: inhibition of aromatic amino acid biosynthesis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 20, p. 1195-1198, 1972.

JOHNSON, W. G. et al. Weed control with reduced rates of chlorimuron plus metribuzin and imazethapyr in no-till narrow-row soybean (*Glycine max*). **Weed Technol.**, v. 12, v. 32-36, 1998.

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

KAPUSTA, G.; KRAUZ, R. F.; MATTHEWS, J. L. Soybean tolerance and summer annual weed control with glufosinate and glyphosate in resistant soybean. **Weed Sci. Soc.**, v. 49, p. 120-124, 1994.

KERAMATI, S. et al. The Critical Period of Weed Control in Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) in North of Iran Conditions. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v. 11, p. 463, 2008.

KLEBA, J. B. Riscos e benefícios de plantas transgênicas resistentes a herbicidas: o caso da soja RR da Monsanto. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, Brasília, v. 15, n. 3, p. 9 – 42, set./dez. 1998.

KLESCHICK, W.A. et al. New Herbicidal Derivatives of 1,2,4 Triazolo [1,5-a] pyrimidine. **Pestic. Sci.**, v. 29, n. 3, p.341- 355, 1990.

KLINGAMAN, T. E. et al. Effect of application rate, weed species, and weed stage of growth on imazethapyr activity. **Weed Sci.**, v. 40, p. 227-232, 1992.

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

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

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

LAVORENTI, A. et al. Comportamento do diclosulam em amostras de um latossolo vermelho distroférico sob plantio direto e convencional. **Revista Brasileira Ciência do solo**, v.27, n.2, p.183-190, 2003.

MCALLISTER, R.; HADERLIE, L.L. Translocation of  $^{14}\text{C}$ -Glyphosate and  $^{14}\text{CO}_2$  – Labeled photoassimilates in Canada thistle (*Cirsium arvense*). **Weed Science**, v.33, n.1, p.153-159, 1985.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Sci.**, 2:176-177, 1962.

MARCHI, S. R. et al. Fitotoxicidade do diclosulam sobre culturas de segunda safra. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27, 2010, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: SBCPD, 2010. p. 2509 – 2513.

MARTINS, D. et al. SELETIVIDADE DO HERBICIDA DICLOSULAM, APLICADO EM PRÉ E PÓS-EMERGÊNCIA EM DIVERSAS CULTIVARES DE CANA-DEAÇÚCAR. **Revista brasileira de herbicidas**, v. 4, n. 2, 2005.

MESCHEDE, D. K. et al. Período crítico de interferência de *Euphorbia heterophylla* na cultura da soja sob baixa densidade de semeadura. **Planta Daninha**, v.20, p.381-387, 2002.

MESCHEDE, D. K. et al. Período anterior a interferência de plantas daninhas em soja: estudo de caso com baixo estande e testemunhas duplas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 2, p. 239 – 246, abr./jun. 2004.

MINOZZI, G. B.; PEREIRA, P.A.; MONQUERO, P.A. Diclosulam no manejo das plantas daninhas na cultura da soja rr. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. 28, 2012, Campo Grande. **Anais...**Campo Grande: SBCPD, 2012.

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. et al. Intervalo de dessecação de espécies de cobertura do solo antecedendo a semeadura da soja. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 561 – 573, 2010.

- MOREIRA, M. S. et al. Resistência de *Conyza canadensis* e *C. bonariensis* ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, v. 25, n. 1, p. 157-164, 2007.
- NEPOMUCENO, M. et al. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da soja nos sistemas de semeadura direta e convencional. **Planta Daninha**, v.25, p.43-50, 2007.
- PADGETTE, S.R. et al. New weed control opportunities: development of soybeans with a roundup ready gene. In: DUKE, S.O (Ed.). *Herbicide resistant crops: agricultural, economic, environmental, regulatory and technological aspects*. Boca Raton, FL.: CRC Press, 1996, p. 53-84.
- PETERSON, C. A. et al. A rationale for the ambimobile translocation of the nematicide oxyamyl in plants. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 8, p. 1-9, 1978.
- PITELLI, R.A.; DURIGAN, J.C. Terminologia para períodos de controle e de convivência das plantas daninhas em culturas anuais e bianuais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 15, 1984, Belo Horizonte. **Resumos...** Piracicaba: SBHED, 1984. p.37.
- PITELLI, R.A. Interferências de plantas daninhas em culturas agrícolas. In: Controle de Plantas Daninhas II. **Inf. Agropec.**, v.11, n.129, p.16-27, 1985.
- RALLY DA SAFRA. **Resultados finais do Rally da Safra 2010**. Disponível em: <<http://www.rallydasafra.com.br/rally2010/home/index.php>>. Acesso em: 01 de junho de 2011.
- RALLY DA SAFRA. **Resultados finais do Rally da Safra 2012**. Disponível em: <[http://www.rallydasafra.com.br/2012/arquivos/RallySafra2012\\_Encerramento\\_Ingles.pdf](http://www.rallydasafra.com.br/2012/arquivos/RallySafra2012_Encerramento_Ingles.pdf)>. Acesso em: 14 de janeiro de 2013.
- REDDY, K.N.; LOCKE, M.A. Sulfentrazone sorption, and mineralization in soil from two tillage systems. **Weed Science**, v. 46, p. 494-500, 1998.
- REDDY, K. N.; ZABLOTOWICZ, R. M. Glyphosate-resistant soybean response to various salts of glyphosate and glyphosate accumulation in soybean nodules. **Weed Sci.**, v. 51, p. 496-502, 2003.
- RODRIGUES, B.N., ALMEIDA, F.S. **Influência da cobertura morta no comportamento dos herbicidas atrazine e metolachlor no sistema de plantio direto**. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. Resultados de pesquisa da Área de Herbologia, safras 1984/85 e 1985/86. Londrina, 1986, (Mimeogr.).
- RODRIGUES, B.N. Influência da cobertura morta no comportamento dos herbicidas imazaquin e clomazone. **Planta Daninha**, v. 11, n. 1 e 2, p. 21-8, 1993.
- RODRIGUES, B. N. et al. Influência da cobertura morta no comportamento do herbicida trifluralin. **Planta Daninha**, v. 16, n. 2, 1998.
- RODRIGUES, N.B. et al. Retenção pela palhada, de herbicidas aplicados em pré emergência na cultura da soja, em plantio direto. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 1, n. 1, 2000.

- RODRIGUES, N.B.; ALMEIDA, F.S. **Guia de herbicidas**. 5.ed. Londrina, 2005. 592 p.
- SANTOS, I. C. et al. Eficiência de glyphosate no controle de *Commelina benghalensis* e *Commelina diffusa*. **Planta Daninha**, v. 19, p. 135-143, 2001.
- SANTOS, J. B. et al. Tolerance of *Bradyrhizobium* strains to glyphosate formulations. **Crop Protec.**, v. 24, p. 543-547, 2005.
- SHANER, D. L.; O'CONNOR, S.L. Influence of environmental factors on the biological activity of the imidazolinone herbicides. In: SHANER, D. L.; O'CONNOR, S.L (eds). **The Imidazolinone Herbicides**. Boca Raton, CRC. 1991.p. 103-127.
- SIDDIQUE, K. H. M. et al. Water use and water use efficiency of old and modern wheat cultivars in a mediterranean-type environment. **Australian Journal of Agricultura Research**, Melbourne, v.41, p.431-447, 1990.
- SILVA, A.A. et al. Efeito residual no solo dos herbicidas imazamox e imazethapyr para as culturas de milho e sorgo. **Planta Daninha**, v.17, n.3, p.345-354, 1999.
- SILVA, A.F. et al. Período anterior à interferência na cultura da soja-rr em condições de baixa, média e alta infestação, **Planta Daninha**, v. 27, p. 57-66, 2009.
- SIMONI, F. et al. Eficácia de imazapic e sulfentrazone sobre *Cyperus rotundus* em diferentes condições de chuva e palha de cana-de-açúcar. **Planta daninha**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 769 – 778, 2006.
- SPRANKLE, P.; MEGGIT, W.; PENNER, D. Adsorption, mobility and microbial degradation of glyphosate in soil. **Weed Science**, v.23, p.229-234, 1975.
- TOMLIN, C. **Pesticide manual**. 10.ed. Cambridge: British Crop Protection Council and The Royal Society of Chemistry, 1994. 1341 p.
- TREZZI, M. Inibidores da EPSPS. In: VIDAL, R.A.; MEROTTO JR., A. (Eds.). **Herbicidologia**. Porto Alegre: 2001. p. 37-45.
- ULBRICH, A.V. et al. Persistence and carryover effect of imazapic and imazapyr in Brazilian cropping systems. **Weed Technology**, v.19, n.4, p.986-991, 2005.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA. Disponível em: <[http://www.nass.usda.gov/Statistics\\_by\\_Subject/result.php?65B8972C-0E05-3633-9600-499D951156DD&sector=CROPS&group=FIELD%20CROPS&comm=SOYBEANS](http://www.nass.usda.gov/Statistics_by_Subject/result.php?65B8972C-0E05-3633-9600-499D951156DD&sector=CROPS&group=FIELD%20CROPS&comm=SOYBEANS)>. Acesso em: 05 de fevereiro de 2013.
- VAN ACKER, R. C.; SWANTON, C. J.; WEISE, S. F. The critical period of weed control in soybeans (*Glycine max* (L.) Merr.). **Weed Science**, v. 41, p. 194-200, 1993.
- VARGAS, L. et al. Alteração das características biológicas dos biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*) ocasionada pela resistência ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, v. 23, n. 1, p. 153-160, 2005.
- VARGAS, L.; ROMAN, E. S. Manejo e controle de plantas daninhas na cultura de soja. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 23 p. html. Publicação Online. (Embrapa Trigo).

Documentos Online, 62). **Disponível em:**

<<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPT-2010/40680/1/p-do62.pdf>>.

Acesso em: 20 de maio de 2013.

VARGAS, L. et al. Buva (*Conyza bonariensis*) resistente ao glyphosate na região Sul do Brasil. **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 573-578, 2007.

VELINI, E. D. et al. Disponibilidade no solo e eficácia do sulfentrazone no controle de plantas daninhas em área de produção de eucalipto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27., 2010. Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: SBCPD, 2010. p. 2734 – 2737.

VIDAL, R. A. et al. Desvendada a causa do prejuízo das infestantes nas culturas. **Revista Plantio Direto**, ed. 121, jan./fev. 2011.

WEBER, J. B. Mechanism of adsorption of s-triazines by clay colloids and factors affecting plant availability. **Residue Rev.**, v. 32, p. 93-130, 1970.

WEED SCIENCE. **Herbicide resistant weeds in Brazil**. Disponível em:

<<http://www.weedscience.com/summary/Country.aspx>>. Acesso em: 02 de fevereiro de 2013.

YAMADA, T. et al. Efeitos do glyphosate nas plantas: implicações fisiológicas e agronômicas: encarte técnico. **International plant nutrition institute**, Informações agronômicas, n° 119, 2007.

YODER, R.N. et al. Aerobic metabolism of diclosulam on U.S. and South American soils. **J. Agric. Food Chem.**, 48:4335-4340, 2000.

ZABLOTOWICZ, R. M. et al. Impact of glyphosate and Bradyrhizobium japonicum symbiosis; with glyphosate-resistant transgenic soybean: a minireview. **Journal of Environmental Quality**, v. 33, p. 825-831, 2004.