

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**DINÂMICA, EFICÁCIA E SELETIVIDADE DO DICLOSULAM EM
CONDIÇÕES DE CANA CRUA**

LUCAS PERIM

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de
Botucatu, para obtenção do Título de
Doutor em Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU – SP
Novembro – 2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**DINÂMICA, EFICÁCIA E SELETIVIDADE DO DICLOSULAM EM
CONDIÇÕES DE CANA CRUA**

LUCAS PERIM

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. Edivaldo Domingues Velini

Co-Orientador: Engº. Agrº. Dr. Gustavo Radomile Tofoli

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU – SP
Novembro-2014

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO
DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA
- LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Perim, Lucas, 1980-
P444d Dinâmica, eficácia e seletividade do diclosulam em con-
dições de cana crua / Lucas Perim. - Botucatu : [s.n.], 2014
v, 74 f. : ils. color., grafs., tabs., fots. color.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Fa-
culdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2014

Orientador: Edivaldo Domingues Velini

Coorientador: Gustavo Radomile Tofoli

Inclui bibliografia

1. Cana-de-açúcar - Erva daninha - Controle. 2. Lixi-
viação. 3. Herbicidas. 4. Solos - Movimento de herbicidas.
I. Velini, Edivaldo Domingues. II. Tofoli, Gustavo Rado-
mile. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mes-
quita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências
Agrônômicas. IV. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "DINÂMICA, EFICÁCIA E SELETIVIDADE DO DICLOSULAM EM
CONDIÇÕES DE CANA CRUA"

ALUNO: LUCAS PERIM

ORIENTADOR: PROF. DR. EDIVALDO DOMINGUES VELINI

Aprovado pela Comissão Examinadora



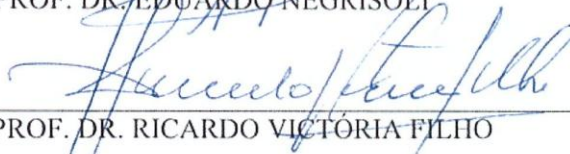
PROF. DR. EDIVALDO DOMINGUES VELINI



PROF^a DR^a ELZA ALVES CORRÊA



PROF. DR. EDUARDO NEGRISON



PROF. DR. RICARDO VICTÓRIA FILHO



PROF. DR. CAIO VITAGLIANO SANTI ROSSI

Data da Realização: 07 de novembro de 2.014.

DEDICO

*Ao meu pai Antonio Roberto Perim,
À minha mãe Rosangela de Fátima Cella Perim,
Aos meus irmãos Felipe Perim e Natália Perim,
pela confiança e batalha para que meus sonhos
se tornassem realidade e por sempre acreditarem em mim.*

OFEREÇO ESPECIALMENTE

À minha esposa CAROLINE CAUM PERIM,

*Pelo amor e por fazer parte da minha vida
sempre acreditando nos meus sonhos.*

“Juntos somos um só”

AMO Você!

AGRADECIMENTOS

Agradeço, à DEUS pelo dom da vida e por mais essa conquista tão sonhada.

A minha querida esposa Caroline, pelo incentivo, força, companherismo e atenção nas horas de decisões tomada em minha vida.

Ao Professor Dr. Edivaldo Domingues Velini pela orientação, amizade, aprendizado e confiança em mim depositada e principalmente pelos incentivos e conhecimentos transmitidos.

Ao amigo e co-orientador Eng^o. Agr^o. Dr Gustavo Radomile Tofoli por todo incentivo e confiança no meu trabalho e suporte durante a condução dos experimentos.

Aos amigos do NUPAM - José Roberto Marques Silva, Marcelo Siono, Plínio Saulo Simões e em especial a Rosilaine Araldi e José Guilherme Ferreira Cordeiro pela amizade e pela ajuda indispensável em todos os experimentos e etapas dessa conquista. Esses resultados foram os esforços somados dessa equipe.

Pelas ajudas indispensáveis de Eduardo Negrisoni, Marcelo Rocha Correa e Caio Antônio Carbonari durante as etapas dos experimentos, agradeço.

Aos amigos de sempre: Jayme Ferrari Neto, Gustavo Spadotti Amaral Castro, Mauricio Antonio Cuzato Mancuzo, Bruno Aires, Claudio Hideo, Andre Giorgetti e Gabriel Lopes e a todos meus amigos, os quais dispensam ser nomeados, pois amigo não tem nome e sim presença de espírito com pensamentos positivos.

A todos os docentes da FCA pelo apoio, convivência e pelos valiosos ensinamentos.

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia/Agricultura e à Faculdade de Ciências Agrônomicas, pela oportunidade e formação.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES), pela bolsa de estudos concedida

À Dow Agrosience, pelo suporte, oportunidade e contribuições para a realização deste trabalho.

A todas as pessoas que direta e indiretamente, contribuíram na realização deste trabalho.

A todos meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

	Página
1 RESUMO	1
2 SUMMARY	3
3 INTRODUÇÃO	5
4 REVISÃO DE LITERATURA	7
5 MATERIAL E MÉTODOS	21
5.1 Estudo da dinâmica do diclosulam aplicado em palha de cana-de-açúcar	21
5.1.1 Efeito da dose de diclosulam em diferentes períodos sem chuva após a aplicação sobre a palha	21
5.1.2 Efeito da umidade da palha na dinâmica do herbicida diclosulam	25
5.1.3 Procedimento de análise das amostras e dos dados da dinâmica do diclosulam	25
5.2 Disponibilidade do diclosulam na solução do solo em áreas cultivadas com cana-de-açúcar	28
5.3 Efeito da palha de cana-de-açúcar na eficácia do diclosulam	33
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
6.1 Estudo da dinâmica do diclosulam aplicado em palha de cana-de-açúcar	34
6.1.1 Efeito da dose de diclosulam em diferentes períodos sem chuva após a aplicação sobre a palha	34
6.1.2 Efeito da umidade da palha na dinâmica do herbicida diclosulam	48
6.2 Disponibilidade do diclosulam na solução do solo em áreas cultivadas com cana-de-açúcar	52
6.3 Efeito da palha de cana-de-açúcar na eficácia do diclosulam	57
7 CONCLUSÕES	62
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64

1 RESUMO

Devido a utilização crescente do herbicida diclosulam no controle de plantas daninhas na cultura de cana-de-açúcar e a necessidade de dados mais aprofundados sobre a dinâmica e eficiência desse herbicida, este trabalho teve como objetivos avaliar a dinâmica do diclosulam aplicado na presença da palha de cana-de-açúcar, assim como o efeito da umidade na palha na dinâmica deste, sua disponibilidade na solução do solo e a seletividade e eficácia do herbicida diclosulam no controle de plantas daninhas importante na cultura da cana-de-açúcar. No primeiro estudo avaliou-se o efeito de quatro doses do herbicida diclosulam (Produto Comercial - Coact*): 70,5 ; 88,3 ; 105,8 e 126 g i.a ha⁻¹ em diferentes períodos de permanência (0; 1; 7 e 14 DAA) em 10 t.ha⁻¹ de palha de cana-de-açúcar em função das precipitações simuladas de 5; 10; 25; 50 e 100 mm. No segundo estudo avaliou-se o efeito da umidade na palha da cana-de-açúcar, utilizando a dose de 105,8 g i.a ha⁻¹. A palha que recebeu o herbicida, foi previamente submetida a uma chuva de 20mm e na sequência após a aplicação, foram realizadas as lâminas de chuvas no momento da aplicação. No terceiro estudo quantificou-se a disponibilidade do diclosulam na solução do solo, o qual foi instalado em áreas de cana crua no município de Barra Bonita, em solo arenoso com a aplicação realizada em área com palha e área sem palha. Foram realizadas amostragens de solo nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-40 cm aos 40, 95 e 140DAA. Nessa mesma área foi realizada o quarto estudo no qual avaliou a seletividade e

a eficácia do diclosulam no controle de *Cyperus rotundus*, *Ipomoea grandifolia* e *Brachiaria plantaginea*. Para a realização das análises dos estudos de dinâmica e quantificação do diclosulam no solo foi utilizado um sistema LC-MS/MS, composto por um Cromatógrafo Líquido de Alta Eficiência (HPLC). Perante aos resultados obtidos conclui-se que os primeiros 20mm de precipitação, são fundamentais para a lixiviação do herbicida diclosulam da palha de cana-de-açúcar para o solo. A remoção do diclosulam da palhada é reduzida com o aumento do intervalo entre a aplicação e a primeira chuva, independentemente da dose utilizada. A aplicação sobre a palha previamente umedecida quando comparada a palha seca, não alterou o potencial de remoção do diclosulam pela água de chuva. A disponibilidade de diclosulam em solução de solo foi decrescente com a profundidade e com o intervalo após a aplicação. Na primeira coleta a presença de palha reduziu a disponibilidade em solução de solo. As concentrações de diclosulam presentes na solução de solo foram suficientes para o controle da maioria das espécies de plantas daninhas presentes na área. O diclosulam é intensamente transportado da palha ao solo pela água de chuva, e apresenta disponibilidade em solução de solo suficiente para controlar as espécies estudadas, sem injúrias para a cultura da cana-de-açúcar.

Palavras-Chave: lixiviação, Coact*, controle, palha, solo.

2 SUMMARY

EFFECTS OF SUGARCANE STRAW IN DICLOSULAM DYNAMIC AND EFFECTIVENESS

Botucatu, 2014, 74p. Tese (Doutorado em Agronomia / Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: LUCAS PERIM

Adviser: EDIVALDO DOMINGUES VELINI

Co-Adviser: GUSTAVO RADOMILE TOFOLI

Due to increasing use of herbicide diclosulam in sugarcane weed control and the need for further data on the dynamics and efficiency of this herbicide, the objective of this study was to evaluate the dynamics of diclosulam applied in sugarcane straw, as well the effect of straw moisture on the dynamics, the availability of diclosulam in the soil solution and the selectivity and efficacy of weed control. The first study evaluated the effect of four doses of the herbicide diclosulam (Trade name: Coact*): 70,5; 88,3; 105,8 and 126 g a.i. ha⁻¹ in different periods (0, 1, 7, 14 Days After Application) at 10 t ha⁻¹ straw of cane sugar on the rain simulated of 5, 10, 25, 50 and 100 mm. The second study evaluated the effect of straw moisture on the dynamics; the dose used was 105.8 g a.i. ha⁻¹ of diclosulam. The

straw that received the herbicide was previously subjected to a rain of 20 mm. And following after application, the rainfall simulation were made at the time of application. The third study was evaluated the diclosulam availability in the soil solution was carried out in a green area in Barra Bonita/SP, in sandy soil with held in area with straw and area without straw. Soil samples were collected at 0-10, 10-20 and 20-40 cm at 40, 95 and 140 DAA. In the same area in which the fourth study evaluated the efficacy and selectivity of diclosulam at the control of *Cyperus rotundus*, *Ipomoea grandifolia* and *Brachiaria plantaginea*. To carry out the analysis of dynamic studies and quantification of diclosulam in soil was used an LC-MS / MS system consisting of a Liquid Chromatography High Performance (HPLC). The results concluded that the first 20 mm of rainfall, are critical to leaching diclosulam of sugarcane straw to the soil. The removal of diclosulam in straw is reduced by increasing the interval between the application and the first rain, regardless of the dose used. The application on the previously moistened straw when compared to dry straw did not change the potential of diclosulam removal by rain. The availability of diclosulam in soil solution was decreasing with the depth and the time after application. In the first collection the presence of straw reduced the availability in soil solution. The concentrations of diclosulam present in soil solution were enough to control most species of weeds present in the study area. The herbicide diclosulam is intensely transported of straw to the soil by rain water and has sufficient availability in soil solution to control these weeds species without injury in sugarcane.

Keywords: leaching, Coact*, straw, control, soil.

3 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma cultura de grande expressão no cenário do agronegócio brasileiro, que responde por 16% da matriz energética do País, uma das mais limpas e renováveis do mundo. É uma planta versátil do ponto de vista agrônomo e industrial, permitindo diversas formas de aproveitamento com largo espectro de benefícios sociais. No Brasil plantam-se mais de 9 milhões de hectares de cana resultando em matéria-prima que permite a fabricação de energia natural, limpa e renovável (CONAB 2014).

É conhecido que a interferência negativa ocasionada pela presença das plantas daninhas no sistema de produção de cana-de-açúcar é de grande relevância e evidencia um ponto crítico na formação do canavial. Essas plantas daninhas competem diretamente por nutrientes, espaço, luz, infestam a cultura com hospedeiros de doenças e pragas, fatores esses somados refletem diretamente na produção final da cultura da cana-de-açúcar.

Segundo Tofoli et al, (2009) nos últimos anos, com a proibição da queima na colheita da cana-de-açúcar e com o advento da colheita mecanizada, empregada em 70% da área produtora do Brasil, os resíduos da colheita que ficam sobre o solo, formando uma camada entre 5 a 10 toneladas por hectare, dando origem a um novo sistema de produção denominado de cana crua. Essa nova realidade influencia diretamente o

controle mecânico e químico de plantas daninhas infestantes na cultura da cana-de-açúcar.

Devido a essa presença da palha de cana-de-açúcar sobre o solo e o uso de herbicidas na cultura afim de controlar a infestação de plantas daninhas, um fator considerado a ser atribuído a esse tipo de herbicidas é o poder residual que cada molécula apresenta nesse novo sistema de cultivo. Dentre desse fator destaca-se, na presença da palha, a capacidade do herbicida em atingir o solo, que pode estar diretamente relacionada à ocorrência de precipitações após a aplicação do produto. No Brasil existem vários herbicidas registrados para a cultura da cana-de-açúcar, entre eles o diclosulam, registrado com o nome comercial Coact*, é um herbicida do grupo químico triazol pirimidina sulfonilidas recomendado para aplicação em pré-emergência da planta daninha, e/ou pré ou pós da cana-de-açúcar, apresentado na formulação de grânulo dispersivo e com classe toxicologia II, com dose recomendada entre 70,5 a 126 g i.a. ha⁻¹.

Um dos pontos mais importantes de conhecimento com o novo sistema de cana crua é a adoção de um herbicida no qual sua dinâmica de lixiviação da palha de cana-de-açúcar pela água das chuvas seja conhecido e quantificado, com o objetivo de monitorar essas quantidades lixiviadas e retidas por essa camada física na qual às vezes impede a ação do herbicida no controle de plantas daninhas. Ainda sabe-se que o transporte de herbicidas da palha para o solo é dependente das características físico químicas dos mesmos, bem como do período em que a área permanece sem chuva após a aplicação.

Devido a utilização crescente do herbicida diclosulam no controle de plantas daninhas na cultura de cana-de-açúcar e a necessidade de dados mais aprofundados sobre a dinâmica e eficiência desse herbicida aplicados no sistema de cana crua, é de fundamental importância avaliar e estudar tal comportamento assim como sua disponibilidade no solo.

Assim, os objetivos desse trabalho foram avaliar a dinâmica do diclosulam aplicado em palha de cana-de-açúcar em diferentes períodos sem chuva após a aplicação, o efeito da umidade na palha de cana-de-açúcar na dinâmica, a disponibilidade do diclosulam na solução do solo e a sua seletividade e eficácia no controle de plantas daninhas.

4 REVISÃO DE LITERATURA

A cana-de-açúcar teve sua origem provavelmente na Nova Guiné, sendo levada para a Índia, de onde se tem o mais antigo registro de sua existência (MACHADO, 2004). A cultura da cana-de-açúcar foi introduzida no Brasil em 1553, estabelecendo-se de forma definitiva nas regiões Centro Sul e Nordeste (PROCÓPIO et al., 2003).

A cana-de-açúcar, descrita por Linneu, em 1753, como *Saccharum officinarum* e *Saccharum spicatum*, apresenta cultivo intimamente ligado à própria história e ao desenvolvimento do Brasil. Primeiramente transformada em açúcar, seguido pelo álcool carburante, ocupa papel de destaque na economia mundial, sendo o Brasil líder na produção desses derivados (CESNIK e MIOCQUE, 2004).

Segundo Barbosa e Silveira (2006), o cultivo da cana-de-açúcar é considerado uma das primeiras atividades de importância nacional, ocupando posição de destaque na economia brasileira. Considerando a produção de açúcar, álcool e aguardente, essa atividade transpõe com grande relevância na geração de divisas.

Ao longo de quase cinco séculos de exploração, a cana-de-açúcar desempenhou sucessivos papéis na economia brasileira: fortaleceu o período colonial e, baseado no trabalho escravo, sustentou o Império. Deu origem a indústrias e destacou a nação como exportadora de açúcar; alavancou o desenvolvimento de áreas do Nordeste brasileiro e, mais tarde, também do Centro-Sul. Ainda, forneceu uma fonte alternativa ao

petróleo na geração de energia. Foi nesse contexto que a cana-de-açúcar se estabeleceu no Brasil (PIMENTA e SPADOTTO, 1999)

A importância da cana-de-açúcar pode ser atribuída à sua elevada capacidade de adaptação aos mais diversos ambientes edafoclimáticos e, principalmente, à sua múltipla utilização. Dentre as diversas formas de emprego, ela pode ser usada in natura, como forragem para a alimentação animal ou humana, ou como matéria-prima para a fabricação de alimentos, fármacos, bebidas alcoólicas e combustíveis. Com relação a esse último item, a sua importância vem se tornando crescente em todo o mundo em decorrência da constante demanda por fontes alternativas de energia, e pela possibilidade de redução da oferta, da elevação dos custos de extração e de processamento e, até mesmo, do esgotamento de recursos naturais não-renováveis como o petróleo e o carvão mineral. Associada a essa exigência de novas fontes de energia para suprir a demanda está a necessidade de se produzir combustíveis que tragam menores problemas ambientais. Esses fatores têm estimulado a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias alternativas para a composição de um novo modelo de matriz energética. Nesse contexto, a conversão da biomassa da cana-de-açúcar em vetor energético (etanol) tem-se mostrado uma alternativa importante para a substituição de combustíveis não-renováveis como o petróleo (VASCONCELLOS e VIDAL, 1998).

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (2014), para a temporada 2013/14, a cultura da cana-de-açúcar continua em expansão. A previsão é que o Brasil tenha um acréscimo na área de cerca de 325,8 mil hectares, equivalendo a 3,8% em relação à safra 2012/13. O acréscimo é reflexo do aumento de área da região Centro-Sul. A região Norte/Nordeste praticamente se mantém com a mesma área para a próxima safra. São Paulo, Goiás, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais deverão ser os estados com maior acréscimo de áreas com 132,6 mil hectares, 92,5 mil hectares, 81,4 mil hectares e 58,0 mil hectares, respectivamente. Este crescimento se deve à expansão de novas áreas de plantio das principalmente das novas usinas em funcionamento que estão consolidando suas áreas. A área cultivada com cana-de-açúcar que será colhida e destinada à atividade sucroalcooleira na safra 2013/14 está estimada em 8.810,79 mil hectares, distribuídas em todos estados produtores conforme suas características. O estado de São Paulo permanece como o maior produtor com 51,66% da área plantada, seguido por Goiás com 9,29%, Minas Gerais com 8,85%, Paraná com 6,66%, Mato Grosso do Sul com 7,08%, Alagoas com 5,02% e Pernambuco com 3,25%. Além disso, a produtividade obtida

na atual temporada da safra 2013/14 apresentou uma considerável melhora em relação à safra passada, com um crescimento de 7,9% na média geral passado de 69.407 kg ha⁻¹ para 74.891 kg ha⁻¹. Esse incremento ocorreu, principalmente na região Centro-Sul. As boas condições climáticas neste ano safra em relação a passada, além do maior investimento em manutenção dos canaviais e aumento de área de renovação e expansão deve proporcionar esse crescimento no volume de cana-de-açúcar colhida para a safra em curso. (CONAB, 2014).

Segundo Carvalho (2008) no Brasil, a agroindústria da cana-de-açúcar tem adotado políticas de preservação ambiental que são exemplos mundiais na agricultura, embora nessas políticas não estejam contemplados os problemas decorrentes da expansão acelerada sobre vastas regiões e o prejuízo decorrente da substituição da agricultura variada de pequenas propriedades pela monocultura. Já existem diversas usinas brasileiras que comercializam crédito de carbono, dada a eficiência ambiental. Diga-se também que as plantações de cana, principalmente no estado de São Paulo, obedecem a rigorosos padrões de preservação do solo com uso das práticas conservacionistas mais modernas. Ainda segundo o autor, em época de renovação do cultivo, a cada quatro ou cinco anos, são efetuados plantios de leguminosas (soja, amendoim e crotalária) que recuperam o solo pela fixação de nitrogênio (CARVALHO, 2008).

Quanto aos problemas advindos da queima controlada na época do corte, a adoção de sistemas de produção onde as culturas são implantadas sobre algum tipo de palhada ou cobertura vegetal morta, tem aumentado em diversas regiões em função de inúmeros benefícios atribuídos à cobertura morta (VELINI e NEGRISOLI, 2000; TOFOLI, 2004). Entre exemplos típicos pode-se mencionar o cultivo mínimo em áreas de reflorestamento com manutenção da serrapilheira sobre o solo, o sistema de produção de cana crua e, com maior adoção, o plantio direto de culturas anuais (VELINI e NEGRISOLI, 2000).

O desenvolvimento de estudos e projetos de máquinas para colheita de cana-de-açúcar ocorreu basicamente por dois fatores: o primeiro, à crescente dificuldade e altos custos da mão-de-obra para o corte manual e, o segundo, ao interesse na obtenção de aumento nos desempenhos das operações de colheita, com seu esperado barateamento. Segundo Carbonari (2009), houve uma redução na partição dos custos desta operação em relação ao custo total da produção de cana, de 50% para 30 a 40%.

A cultura da cana-de-açúcar ocupa uma área de aproximadamente 5 milhões de hectare somente no Estado de São Paulo (UNICA, 2014). Dentre os problemas existentes no setor canavieiro, e que oneram a produção, destaca-se a presença de plantas daninhas, responsável por até 80% das perdas na produção (AZANIA, 2004). A interferência negativa resultante da ocorrência das plantas daninhas nas áreas agrícolas produtoras de cana-de-açúcar pode causar reduções na quantidade e qualidade do produto colhido, diminuir o número de cortes viáveis, dificultando na colheita e transporte resultando em aumento dos custos de produção. As plantas daninhas competem com a cultura por água, nutrientes e radiação solar, podendo também liberar substâncias com efeitos alelopáticos (FAY e DUKE, 1977), afetando direta ou indiretamente a germinação, crescimento e desenvolvimento das plantas cultivadas, além de atuar como hospedeira de pragas e doenças (PITELLI, 1985; VICTORIA FILHO e CHRISTOFFOLETI, 2004).

A intensidade de interferência da comunidade infestante sobre uma cultura agrícola depende de (i) fatores ligados à própria cultura, como a variedade, espaçamento e densidade de plantio, (ii) fatores ligados à comunidade infestante, como composição específica, densidade e distribuição dos indivíduos na lavoura e (iii) da época e extensão do período em que a cultura e a comunidade infestante estiveram em convivência. Além disso, a interação lavoura e comunidade infestante podem ser influenciadas por condições edafo-climáticas locais e pelas práticas culturais empregadas no preparo e manejo do solo e da cultura em si (PITELLI, 1985). De maneira geral, pode-se dizer que, quanto maior for o período de convivência múltipla, comunidade infestante e cultura, maior será o grau de interferência (HERNANDEZ et al., 2001).

Segundo Procópio et al. (2003), a cana-de-açúcar apesar de ser altamente eficiente na utilização de recursos disponíveis para o seu crescimento e desenvolvimento, é afetada, nas fases iniciais de crescimento, pelas plantas daninhas, que em muitos casos utilizam os mesmos recursos, de forma eficiente, por apresentarem mesma rota metabólica de fixação de carbono (C4).

Na cultura da cana-de-açúcar, as plantas daninhas interferem tanto no plantio, quanto na soqueira. Pelo fato do plantio da cana-de-açúcar ocorrer em períodos bem distintos, dependendo da região, as condições climáticas ocorrentes neste período é que determinam as espécies de plantas daninhas predominantes e o período de interferência com a cultura (VICTORIA FILHO e CHRISTOFFOLETI, 2004).

Diversos trabalhos de pesquisa indicam períodos do ciclo da cultura em que a competição acarreta perdas na produção da cana-de-açúcar. No entanto, não se pode extrapolar esses resultados para todas as condições, pois tais períodos são influenciados por diversos fatores, como época de plantio e de brotação da cana soca (condições climáticas), variedades, qualidade da muda, plantas daninhas, adubação, profundidade de plantio, espaçamento, ou seja, fatores que aceleram ou retardam o desenvolvimento da cana-de-açúcar (PROCÓPIO et al., 2003).

Segundo Rossi (2004), as características de velocidade de brotação, desenvolvimento inicial, velocidade e intensidade de perfilhamento, desenvolvimento de área foliar e arquitetura das plantas, são fatores importantes na capacidade competitiva das diferentes variedades da cana-de-açúcar. Geralmente, cultivares de rápido crescimento inicial e alta capacidade de sombreamento do solo são menos afetadas pela interferência das plantas daninhas. Estes efeitos negativos proporcionados pela presença das plantas daninhas podem ser minimizados por práticas de controle ao alcance dos produtores, como métodos mecânicos, culturais e químico. Ainda segundo o autor, na condição de produção atual no Brasil, o método químico é o mais utilizado em razão da extensão das áreas cultivadas, escassez de mão-de-obra, facilidade de aplicação, custo e eficácia do tratamento.

A dinâmica do banco de sementes e o desenvolvimento das plantas daninhas podem ser alterados com o sistema de preparo do solo. Segundo Gazziero et al. (2001), o conhecimento das espécies e seu comportamento no ambiente, sob diferentes condições de cultivo, são fundamentais para o estabelecimento de um programa de manejo.

Segundo Velini e Negrisoni (2000), a adoção deste sistema de colheita na cultura da cana-de-açúcar, resulta em importantes modificações nas técnicas de cultivo, como o aumento do espaçamento nas entrelinhas e deposição de palhada sobre o solo, influenciando diretamente na ocorrência e manejo de plantas daninhas. A cobertura morta pode atuar como um valioso instrumento no controle de plantas daninhas, uma vez que o terreno coberto por resíduos vegetais apresenta infestação bastante inferior àquela que se desenvolveria com o solo descoberto (ALMEIDA, 1992).

De acordo com Gazziero (1990), o resíduo vegetal que permanece na superfície, por ser uma barreira física, reduz a incidência de luz. Neste caso, o banco de sementes é alterado e a dinâmica das plantas daninhas pode ser completamente diferente quando comparado ao sistema convencional.

Segundo Paranhos (1974), o desenvolvimento de estudos e projetos de máquinas para colheita de cana-de-açúcar deveu-se basicamente, a dois fatores: o primeiro, à crescente dificuldade e altos custos da mão-de-obra para o corte manual e, o segundo, ao interesse na obtenção de aumento nos desempenhos das operações de colheita, com seu esperado barateamento. O exemplo mais marcante disso é a situação encontrada na Austrália, onde a colheita é processada mecanicamente em 100% das áreas de cana e cuja região não possui limitações de relevo (LEFFINGWELL, 1973). Segundo Ripoli e Ripoli (2004) houve uma redução na partição dos custos desta operação em relação ao custo total da produção de cana, de 50% para 30 a 40%.

Procópio et al. (2003), concluíram que com a tendência de aumento das áreas de cana-de-açúcar colhidas sem a tradicional queima, seja por imposições por parte da legislação ou por conscientização ambiental, o manejo de plantas daninhas nessas áreas irá apresentar significativas mudanças. A implantação do sistema de colheita da cana-de-açúcar (sem queima ou cana-crua) ocasiona alguns fatores agronomicamente benéficos, como: diminuição de processos erosivos; melhor conservação da umidade do solo; aumento da matéria orgânica do solo; aumento da atividade microbiana do solo; melhoria das propriedades físicas e químicas do solo; evita-se o acamamento dos colmos, ocasionado pela queimada; diminuição da infestação de plantas daninhas; evita-se a perda de açúcares via exsudação dos colmos durante e/ou logo após a queima.

Neste sistema de colheita, a camada de palha deixada pelas colhedoras funciona como barreira física para plântulas em emergência, altera o balanço hídrico, modifica a quantidade e qualidade de luz que atinge a superfície do solo e interfere na amplitude térmica do solo, além de proporcionar a liberação de compostos alelopáticos (CHRISTOFFOLETI et al., 2007). As coberturas podem provocar efeito indutor ou redutor na germinação das sementes e emergência de plântulas, dependendo da espécie constituinte da palha e da densidade de cobertura (CORREIA; REZENDE, 2002).

Diversos trabalhos têm comprovado a eficiência da cobertura morta na supressão de algumas espécies de plantas daninhas. Velini et al. (2000), observaram que plantas daninhas normalmente consideradas importantes nessa cultura, como *Brachiaria decumbens*, *Bidens pilosa*, *Panicum maximum* e *Digitaria horizontalis*, podem ser eficientemente controladas pela presença de uma camada de palha acima de 15 t ha⁻¹, corroborando com informação relatada por Arévalo (1998).

Entretanto, Martins et al. (1999) demonstraram que em algumas espécies, como *Ipomoea grandifolia* e *Euphorbia heterophylla*, o controle promovido pela palha é considerado deficiente. É importante ressaltar que as espécies menos afetadas pela presença da palhada podem ser selecionadas com o tempo, tornando-se importantes problemas futuros nos canaviais (GRAVENA et al., 2004).

Segundo Correia e Durigan (2004), o sistema de cana crua deve promover uma redução na densidade populacional de *Brachiaria decumbens*, *Sida spinosa* e *Digitaria horizontalis*, em quantidades de palha iguais ou superiores a 10 t ha⁻¹. No entanto as espécies *Ipomoea grandifolia* e *Ipomoea hederifolia* tendem a manter-se como plantas problema, enquanto *Ipomoea quamoclit* deverá aumentar a sua densidade populacional.

Rossi et al. (2006a) avaliando a germinação de plantas daninhas semeadas em áreas de cana-crua, com duas densidades de palha em época seca, observaram que a presença de palha de cana-de-açúcar inibiu completamente a germinação de *Brachiaria plantaginea* e *Digitaria* spp, na quantidade de 7,5 t ha⁻¹ e *Brachiaria decumbens*, *Bidens pilosa*, *Panicum maximum* e *Commelina benghalensis*, na quantidade de 15 t ha⁻¹. Já as espécies *Euphorbia heterophylla*, *Ipomoea nil*, *Ipomoea grandifolia* e *Ipomoea quamoclit* apresentaram pouca sensibilidade às quantidades de palha estudadas. Em época úmida Rossi (2006b), observaram resultados semelhantes, no entanto, a germinação de *Ipomoea quamoclit* foi inibida quando da presença de 15 t ha⁻¹ de palha na superfície do solo.

Diferentes autores demonstraram que algumas espécies de plantas daninhas, predominantes na cultura de cana-de-açúcar, possuem comportamento diferenciado em função da quantidade de palha depositada sobre o solo (MELENDEZ, 1990; MARTINS et al., 1999; VELINI; NEGRISOLI, 2000). Algumas plantas daninhas estão sendo selecionadas em áreas de colheita de cana crua, como *Ipomoea grandifolia*, *I. quamoclit*, *I. nil*, *Merremia cissoides*, *Euphorbia heterophylla*, *Bidens pilosa*, dentre outras, devido ao fato de não terem sua germinação inibida pelas quantidades de palha de cana-de-açúcar que normalmente são encontradas em campo (MARTINS, 2008; MARTINS et al., 1999; VELINI; NEGRISOLI, 2000; CORREIA; DURIGAN, 2004).

Além disso, a palha é apenas uma das barreiras para o uso de herbicidas com ação preferencial ou exclusiva no solo. O acréscimo do teor de matéria orgânica no solo, tende a exercer forte sorção dos herbicidas limitando a sua eficiência

(TOFOLI, 2004). Embora o solo esteja coberto por uma camada de palha, sabe-se que determinadas espécies de plantas daninhas, ao germinarem, superam essa barreira física e se estabelecem no canavial, exercendo sua interferência. Isto ocorre em razão de alguns herbicidas serem mais fortemente retidos pela cobertura morta e outros menos (ROSSI, 2004).

De acordo com Procópio et al. (2003) o controle químico é o método mais utilizado na cultura da cana-de-açúcar, em razão de haver um grande número de produtos eficientes registrados para esta cultura no Brasil. Além disso, é um método econômico e de alto rendimento, em comparação com os outros. Em consequência disso à cultura da cana-de-açúcar é tradicionalmente plantada em grandes áreas, assimilou muito rápido essa tecnologia, sendo hoje a segunda cultura em consumo de herbicidas no Brasil (ROSSI, 2004).

Em cada fase de crescimento inicial, a cana-de-açúcar pode responder diferentemente a um herbicida em particular, ou mesmo tolerar a competição com eventuais plantas daninhas presentes na área. Isso foi comprovado nos estudos de Oliveira et al. (2004) e Ferreira et al. (2005), e é bem conhecido em outras culturas, como por exemplo, cereais, que em diferentes estádios fenológicos, as plantas são mais sensíveis à aplicação destes produtos.

Dentre os vários fatores que podem influenciar a eficiência dos herbicidas residuais, destaca-se, na presença da palha, a capacidade do herbicida em atingir o solo, que pode estar diretamente relacionada à ocorrência de precipitações após a aplicação do produto. Sendo que a capacidade de um herbicida residual em atingir o solo em sistemas com cobertura morta não depende apenas da solubilidade e volatilidade do produto. Assim, a quantidade e tipo de cobertura morta, intensidade e época da primeira chuva após a aplicação, bem como irrigações subsequentes e as condições climáticas prevalecentes durante e após a aplicação, como o período sem chuva, também influenciam no comportamento desses herbicidas no solo (RODRIGUES, 1993).

Segundo Azânia (2004), o uso de herbicidas em pré ou pós-emergência, quando corretamente aplicados, é eficaz no controle das plantas daninhas. Os herbicidas, na sua maioria, utilizados para a cultura da cana-de-açúcar, são seletivos, devido a aspectos de absorção foliar e à degradação do herbicida absorvido pela planta cultivada, com controle das plantas daninhas sem comprometer o desenvolvimento e produtividade da cultura. Para controlar as plantas daninhas e evitar os possíveis prejuízos

à cultura da cana-de-açúcar, muitos herbicidas com diferentes ativos e formulações estão registrados para uso no Brasil.

Durante a estação chuvosa o controle químico de plantas daninhas é mais eficaz, pois a água disponível no solo e o intenso desenvolvimento das plantas daninhas favorecem a absorção dos herbicidas. No entanto, como nas regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil a colheita de cana-de-açúcar inicia-se entre abril/maio estendendo-se até novembro/dezembro do ano agrícola, os produtores têm dificuldade em concentrar as aplicações de herbicidas somente na estação chuvosa, o que os leva a aplicá-los também no período de estiagem, a fim de que persistam no solo até o início da estação chuvosa (AZANIA et al., 2009).

Segundo Correia e Kronka Jr. (2010), os herbicidas utilizados na época seca devem apresentar alta solubilidade em água e fraca ou moderada adsorção ao solo. Assim, mesmo numa condição de baixa umidade no solo, parte do produto será desorvida para a solução e estará disponível para absorção pela radícula e/ou caulículo das plântulas. Entre os herbicidas registrados para a cultura de cana-de-açúcar, apenas amicarbazone, imazapic, hexazinone, isoxaflutole, sulfentrazone e tebuthiuron são recomendados para o uso na época seca, além da mistura comercial de clomazone + hexazinone (PROCÓPIO et al., 2008; AGROFIT, 2014).

O diclosulam (N-[2,6-diclorofenil]-5-etoxi-7-fluoro(1,2,4) triazolo-[1,5c] pirimidina-2-sulfonamida) é um herbicida do grupo químico triazol pirimidina sulfonanilidas recomendado para aplicação em pré-emergência da planta daninha, e/ou pré ou pós da cana-de-açúcar, apresentado na formulação de grânulo dispersivo em água e com classe toxicologia II, altamente tóxico (Yoder et al., 2000). (Figura 1).

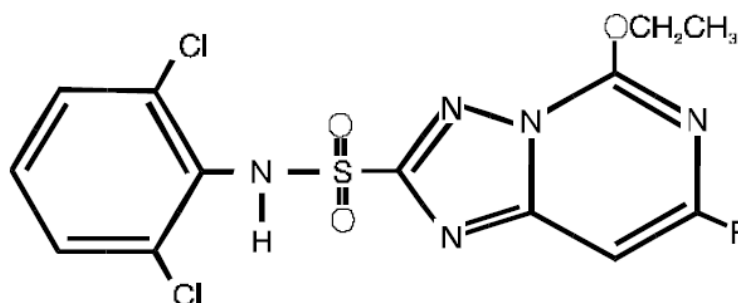


Figura 1. Fórmula estrutural do diclosulam. (ANVISA, 2014)

O diclosulam é absorvido principalmente pelas raízes e caules, possui ação sistêmica e tem metabolismo rápido inibindo a acetolactato sintase (ALS), essa enzima está localizada no cloroplasto, onde catalisa a condensação de duas moléculas de piruvato em acetolactato, o qual é convertido em valina e leucina. Uma reação similar, que produz a acetoidroxibutirato, responsável pela biossíntese da isoleucina, também é catalisada pela ALS, quando o α -ketobutirato e o piruvato são usados como substrato (SINGH e SHANER, 1995). Os sintomas, que se tornam evidentes uma a duas semanas após a aplicação, incluem paralisação do crescimento, amarelecimento dos meristemas e redução do sistema radicular, com as raízes secundárias apresentando-se uniformemente curtas e engrossadas.

A meia-vida do diclosulam é de 60 a 90 dias, dependendo das condições de clima e solo (LAVORENTI et al., 2003). Apresenta amplo espectro de controle como latifolicida, sendo que também pode promover a supressão do crescimento de algumas gramíneas, como *Cenchrus echinatus*, *Brachiaria plantaginea*, *Brachiaria decumbens*, *Digitaria horizontalis* e *Cyperus rotundus* (RODRIGUES E ALMEIDA, 2011).

Sabe-se que maioria dos herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar é recomendada para aplicação em pré-emergência e/ou pós-emergência inicial da cultura e das plantas daninhas e, portanto, o solo é o principal destino desses produtos. Quando um herbicida é aplicado no ambiente e atinge o solo, suas moléculas podem seguir diferentes rotas. Elas podem ser sorvidas aos colóides minerais e orgânicos e, dependendo da energia de ligação, podem-se tornar indisponíveis às plantas (fração resíduo ligado) ou ser novamente desorvidas à solução do solo (HORNSBY et al., 1995, LAVORENTI, 1997). Assim, a eficácia sobre as plantas daninhas na cultura não depende, somente, das características físico-químicas do herbicida. Os atributos do solo, os fatores ambientais e as práticas adotadas nos sistemas de produção da cana-de-açúcar afetam o comportamento dos herbicidas e, como consequência, sua eficácia agrônômica e impacto ao meio ambiente (CHRISTOFFOLETI e OVEJERO, 2005).

Segundo Procópio et al. (2003), os herbicidas apresentam algumas características físico-químicas que, juntamente com as condições ambientais e atributos físicos, químicos e biológicos do solo, regem seu comportamento. Estas características são específicas para cada herbicida, sendo variáveis entre moléculas pertencentes ao mesmo

grupo químico. O conhecimento destas características é de fundamental importância para o sucesso na utilização de herbicidas (PROCÓPIO et al., 2003).

Embora Yoder et al. (2000) tenham observado rápida metabolização do diclosulam em solos argentinos, brasileiros e norte-americanos ($t_{1/2} < 30$ dias), esse herbicida e seus metabólitos apresentam valores de coeficiente de partição (K_d) bastante baixos, o que mostra um potencial de movimentação vertical, facilitada pela solubilidade em água, pK_a , e coeficiente de partição octanol/água (K_{ow}). A solubilidade do diclosulam em água é dependente do pH e varia de $\sim 100 \text{ mg kg}^{-1}$ em pH entre 5 e 7 e $> 4.000 \text{ mg kg}^{-1}$ em pH 9. O pK_a da molécula é de 4,09 a 20 °C, indicando sua predominância na forma aniônica em valores de pH característicos de solos agricultáveis. Seus valores de log K_{ow} variam de -0,448, em pH 9, a 1,42, em pH 5, indicando também baixa hidrofobicidade (YODER et al., 2000).

A solubilidade em água exerce um importante papel na dinâmica de herbicidas pré-emergentes aplicados sobre a palha de cana de açúcar, pois esse fator indica a quantidade de herbicida que é disponibilizado na solução podendo ser absorvido pelas plantas (CHRISTOFFOLETI e OVEJERO 2009) e influência na mobilidade dos herbicidas através da camada de palha. Segundo Oliveira e Brighenti (2011), quanto mais polar for o herbicida, maior será sua afinidade pela água, logo, maior sua solubilidade. Herbicidas com alta solubilidade possuem facilidade de se dissiparem no ambiente por fluxo de água e apresentam coeficientes de sorção relativamente baixos na palha (KOGAN e PÉREZ, 2003).

Segundo Hartzler (2013), a dinâmica dos herbicidas no solo é influenciada além das características físico-químicas das moléculas e do solo, pela umidade. A quantidade de herbicida na solução do solo é diretamente proporcional ao conteúdo de água no solo. A quantidade de espaços livres para o herbicida na solução diminui em solos secos, e assim menor quantidade de herbicida fica livre na solução do solo (maior sorção). Em condições de seca, as plantas são expostas a menor quantidade de herbicida e assim menor quantidade é absorvida pelas plantas daninhas. Quando a umidade no solo é restabelecida ocorre a dessorção do herbicida voltando a solução do solo.

O movimento descendente dos herbicidas através do perfil do solo, através do movimento da água é chamado de lixiviação e está relacionada principalmente com moléculas de alta solubilidade e baixo K_{ow} . Desta forma, a sorção é o processo que mais influi na lixiviação. O ideal para um herbicida de solo sob o ponto de vista

agronômico é que sua lixiviação no perfil do solo seja suficientemente profunda para atingir o banco de sementes de plantas daninhas, onde ocorre a germinação e emergência dessas plantas (normalmente nos 5 cm superficiais do perfil do solo). Segundo Velini (1992), a ocorrência da lixiviação é fundamental para a incorporação superficial da maioria dos herbicidas, atingindo sementes ou plantas em germinação, mas quando excessiva, pode carregá-los para camadas mais profundas do solo, limitando sua ação e podendo, inclusive, promover contaminação do lençol freático.

A interceptação de herbicidas pela palha de cana-de-açúcar é influenciada pelo período em que o produto permanece sobre a palha até que ocorram as primeiras precipitações, afetando a sua mobilidade e a eficácia no controle químico de plantas daninhas no sistema de cana crua. Rossi et al. (2013) constataram que a aplicação de metribuzin na presença de 5 t ha⁻¹ de palha resultou em uma retenção superior a 90%, ao passo que, a partir da presença de 7,5 t ha⁻¹ de palha sobre o solo a interceptação do produto foi próxima a 100%. Outra observação relevante no trabalho foi que quanto maior o período de permanência do metribuzin sobre a palha de cana-de-açúcar, maiores são as quantidades de chuva necessárias para que ocorresse a transposição deste herbicida. Além disso, após 28 dias de permanência do metribuzin sobre a palha foi necessária uma simulação de chuva de 100 mm para a transposição de 98,39% do produto, em contraposição, aos 0 dias de permanência, valores superiores a 99% de transposição foram obtidos mediante a uma precipitação de 22,5 mm de chuva. Esses resultados demonstram que quanto maior o tempo de permanência do herbicida metribuizn sobre a palha de cana-de-açúcar maior é a sua retenção.

Negrisola et al. (2007) observaram que a aplicação de tebuthiuron sobre a palha de cana-de-açúcar resultou em excelente controle de *I. grandifolia*, quando ocorreu precipitação de 20mm 24 horas após a pulverização do herbicida. Já Cavenaghi et al. (2007), constataram que a interceptação quase que total do herbicida amicarbazone pela palha de cana-de-açúcar em quantidades de palha iguais ou superiores a 5 t ha⁻¹, demonstrando que o herbicida precisa de chuva após a sua aplicação para transpor a camada de palha e atingir o solo. Na quantidade de 5 t ha⁻¹ de palha de cana-de-açúcar, a lâmina de 2,5 mm lixiviou 40% do produto aplicado, enquanto para 10, 15 e 20 t ha⁻¹ de palha, a mesma lâmina lixiviou 33, 25 e 25%, respectivamente, demonstrando que o incremento de palha sobre o solo resultou em diminuição da transposição do produto.

Cavenaghi et al. (2006a) e Cavenaghi et al. (2006b) avaliando a transposição dos herbicidas amicarbazone e imazapic, pela palha de cana-de-açúcar, observaram que quantidades superiores a 5 t.ha⁻¹ de palha de cana foram suficientes para interceptar todo o produto aplicado. Segundo Cavenaghi et al. (2006a), o herbicida amicarbazone apresentou lixiviação da palha para o solo a partir de pequenas quantidades de chuva (2,5mm), sendo os 20 mm iniciais de chuva os mais importantes no carregamento deste herbicida que foram reduzidos em função de maiores quantidades de palha.

Também para o herbicida imazapic, Cavenaghi et al. (2006b), observaram reduções importantes na lixiviação do produto para o solo em quantidades maiores de palha, sendo esta de 90, 84 e 72%, para as quantidades de palha de 5, 10 e 20 t ha⁻¹, respectivamente.

Avaliando a eficácia agrônômica dos herbicidas utilizados em áreas de cana-de-açúcar com colheita mecanizada visando o controle de *Euphorbia heterophylla* e *Ipomoea grandifolia*, Monquero et al. (2008) utilizaram os herbicidas trifloxysulfuron-sodium + ametryn, mesotrione, mesotrione + ametryn, mesotrione + (trifloxysulfuron-sodium + ametryn), (trifloxysulfuron-sodium + ametryn) + (diuron + hexazinone) e metribuzin, aplicados em pré-emergência das plantas daninhas, sobre a palha de cana-de-açúcar, sobre o solo, sendo em seguida coberto com palha e em pós-emergência em jato dirigido nas entrelinhas da cana-de-açúcar e observaram que a aplicação dos herbicidas sobre a palha de cana-de-açúcar em pré-emergência afetou a eficácia do mesotrione (0,25 L ha⁻¹) e das misturas mesotrione + ametryn e mesotrione + (trifloxysulfuron sodium + ametryn). Os herbicidas aplicados em jato dirigido na entrelinha da cana-de-açúcar, em pós-emergência, foram seletivos para a cultura e os tratamentos com herbicidas metribuzin e (trifloxysulfuron sodium + ametryn) + (diuron + hexazinone) foram eficazes no controle das espécies daninhas, independente da forma de aplicação.

A cobertura com palha, portanto, afeta a persistência dos herbicidas aplicados ao solo. A adsorção dos herbicidas aos resíduos das plantas pode reduzir sua liberação para o solo e, em função disso, afetar a atividade e a persistência destes compostos no solo (REDDY et al., 1997). Além disso, a retenção dos herbicidas pelos resíduos das plantas pode minimizar as perdas por erosão hídrica e lixiviação (REDDY et al., 1995). Ao estudar o efeito da palha sobre a atividade dos herbicidas acetochlor, alachlor e metolachlor, Banks e Robinson (1986) obtiveram que a atividade e a persistência

destes herbicidas variaram com o incremento do conteúdo de palha sobre a superfície do solo.

Portanto sabe-se que o processo da dinâmica de um herbicida sobre a palha ou diretamente sobre o solo, depende de diversos processos e etapas na qual estão envolvidos desde a característica do produto químico aplicado, da cobertura do solo e do próprio solo. Com isso, o conhecimento da quantidade retida ou transposta de um produto na palha da cana-de-açúcar é de extrema importância para o conhecimento do manejo de plantas daninhas assim como o conhecimento da quantidade de produtos existentes na solução do solo.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Estudo da dinâmica do diclosulam aplicado em palha de cana-de-açúcar.

5.1.1 Efeito da dose de diclosulam em diferentes períodos sem chuva após a aplicação sobre a palha.

O presente estudo foi realizado no Núcleo de Pesquisas Avançadas em Matologia (NUPAM), pertencentes ao Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal da Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA) – Universidade Estadual Paulista (UNESP) – Campus de Botucatu/SP.

Para esse estudo foram utilizados estruturas/arcos de cano de PVC e telas para suportar o equivalente a 10 toneladas/ha de palha de cana-de-açúcar. Como o raio do arco é de 12,5 cm, através do calculado da área detectou uma quantidade de 0,49 g por arco equivalente as 10 t ha⁻¹ definida. Essa metodologia foi desenvolvida por Maciel e Velini (2005) para coleta da água lixiviada da palha da cana-de-açúcar quando submetidas a várias lâminas de chuva (Figura 2).



Figura 2. Unidades experimentais utilizadas para a lavagem da palha.

O material vegetal utilizado foi coletado na usina da Barra pertencente ao grupo Raizen no município de Barra Bonita/SP, sendo da variedade de cana-de-açúcar SP83 2847 a palha usada no ensaio. As mesmas foram fragmentadas em torno de 10 cm de comprimento e preenchidas no arco. No total, foram montadas 64 unidades experimentais/arcos, sendo quatro tratamentos, quatro repetições e quatro períodos de simulação de chuva após a aplicação. As lâminas de chuvas foram simuladas de forma acumulada permitindo o uso das mesmas parcelas na obtenção de amostras e resultados para as lâminas de chuva de 5, 10, 25, 50 e 100 mm.

A pulverização do herbicida e a simulação de chuva foi realizada através de um equipamento instalado no NUPAM (Figura 3) e constituído de uma estrutura metálica, com dimensões de 3m de altura e 2m de largura, permitindo o acoplamento de uma estrutura móvel que se desloca por uma área total de 12 m², no sentido do comprimento do equipamento. A essa estrutura estão instaladas duas barras: uma barra de pulverização, responsável pelo sistema de aplicação de defensivos agrícolas e, outra, responsável pelo sistema de simulação de chuva. Vale ressaltar que, apesar de compartilharem o mesmo equipamento e funções de controle, os sistemas de pulverização e simulação de precipitação apresentam funcionamentos independentes. O tracionamento do sistema móvel do equipamento é realizado com o auxílio de um motor elétrico, pela movimentação de correntes e engrenagens, proporcionando controle de velocidades

constantes e previamente determinadas, de acordo com ajuste de um modulador de frequência.

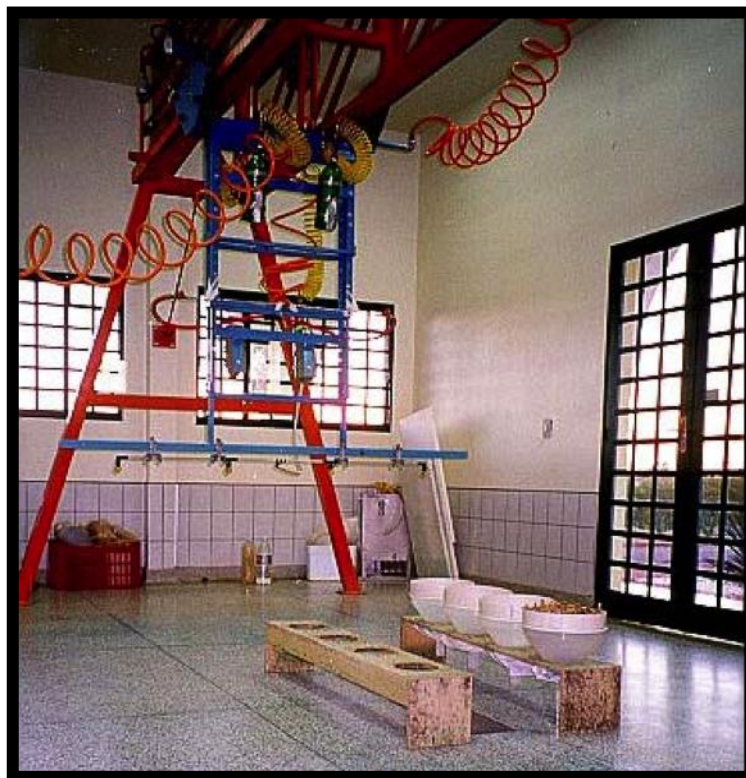


Figura 3. Sistema de simulação de chuva e de pulverização.

Neste equipamento, a barra de pulverização é constituída por quatro bicos contendo quatro pontas de pulverização modelo XR 110.02VS, com espaçamento de 0,5m entre pontas e posicionadas a 0,5m de altura em relação ao alvo (superfície das unidades experimentais). Para a aplicação do herbicida, o sistema foi operado com deslocamento de $1,0 \text{ m s}^{-1}$ ($3,6 \text{ km h}^{-1}$), correspondendo a 45,0 Hertz no modulador de frequência, com aplicação de ar comprimido a uma pressão constante, mantendo-se o consumo de calda correspondente a 200 L ha^{-1} . Para a realização do procedimento de simulação de precipitação, utilizou-se a barra constituída por três pontas de pulverização modelo TK-SS-20 de alta vazão, espaçados 0,5 m entre si e situada a 1,45 m de altura em relação à superfície das unidades experimentais. Este posicionamento possibilitou uma melhor uniformidade da precipitação simulada na área aplicada. Este sistema é abastecido por uma bomba hidráulica de pressão constante e acionamento automático, a qual bombeia água armazenada de um reservatório até a barra e pontas responsáveis pela formação de gotas de chuva.

Neste caso, a velocidade de deslocamento do sistema foi de 3,156 m min⁻¹ (equivalente a 2,5 Hertz no modulador de frequência) e pressão de trabalho de 0,81 kgf s⁻². Tais especificações proporcionam a formação de gotas artificiais de chuva de diâmetro mediano volumétrico (DMV) de 1140µm, conforme informações fornecidas pelo fabricante das pontas de pulverização. A cada deslocamento do sistema móvel, ocorria a formação de uma lâmina aplicada correspondente a aproximadamente 2,5 mm de chuva.

Diante disto, foi realizado a pulverização na palha com aplicação de quatro tratamentos, sendo o herbicida e as doses especificados na Tabela 1. E na sequência foram aplicadas as lâminas de chuvas especificadas para o intervalo de 0 dias após a aplicação. A mesma operação de simulação de chuva foi realizada com 1, 7, 14 dias após a aplicação.

Tabela 1. Tratamentos utilizados no estudo da dinâmica do herbicida diclosulam em palha de cana-de-açúcar.

Tratamentos	Nome Comercial	Ingrediente ativo	Dose (g p.c. ha ⁻¹)	Dose (g i.a. ha ⁻¹)
1	Coact*	Diclosulam	84	70,5
2	Coact*	Diclosulam	105	88,3
3	Coact*	Diclosulam	126	105,8
4	Coact*	Diclosulam	150	126
5	Testemunha	-	-	-

Coact*= Registro - Dow Agroscience

A água que transpôs cada parcela foi coletada, medida e congelada para posterior análise e quantificação das concentrações do diclosulam. As quantidades do herbicida foram acumuladas para determinação das curvas de saída do produto em função das lâminas acumuladas de água. Após cada aplicação os arcos com as palhas foram mantidas em casa de vegetação.

5.1.2 Efeito da umidade da palha na dinâmica do herbicida diclosulam.

O presente estudo foi realizado no Núcleo de Pesquisas Avançadas em Matologia (NUPAM), pertencentes ao Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal da Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA) – Universidade Estadual Paulista (UNESP) – Campus de Botucatu/SP.

Para esse estudo foram utilizados as estruturas/arcos de cano de PVC e telas para suportar o equivalente a 10 t ha^{-1} de palha de cana-de-açúcar. Como o raio do arco é de 12,5 cm, através do calculado da área detectou uma quantidade de 0,49 g por arco equivalente as 10 t ha^{-1} definida citado acima no item 5.1.1.

O material vegetal utilizado foi adquirido na usina da Barra em Barra Bonita/SP, sendo da variedade de cana-de-açúcar SP83 2847 a palha usada no ensaio. As mesmas foram fragmentadas em pedaços em torno de 10 cm de comprimento e preenchidas no arco.

Nesse estudo foi utilizado apenas uma dose do herbicida diclosulam, a saber de $105,8 \text{ g i.a ha}^{-1}$, como a dose de resposta eficaz para controle de plantas daninhas em cana-de-açúcar.

Antes da aplicação do tratamento, a palha na qual iria receber o herbicida, foi anteriormente submetida a uma pré-simulação de chuva de 20mm, com o objetivo de umedecer a mesma. E 30 minutos após a aplicação do herbicida, foram realizadas as lâminas de chuvas especificadas de chuvas de 5, 10, 25, 50 e 100 mm.

A pulverização do herbicida e a simulação de chuva foi realizada através de um equipamento instalado no NUPAM (Figura 2) como citado no item 5.1.1.

5.1.3 Procedimento de análise das amostras e dos dados da dinâmica do diclosulam

As amostras da água lixiviadas da simulação de chuva nos estudos de diferentes períodos sem chuva após a aplicação e do estudo da umidade da palha na dinâmica do herbicida diclosulam, foram coletadas com 0, 1, 7 e 14 dias após a aplicação e congeladas. Essas amostras foram filtradas e acondicionadas em tubos “vials” para análise cromatográfica, para quantificação do herbicida lixiviado na palha de cana-de-açúcar.

Para garantir que um novo método analítico seja capaz de gerar informações confiáveis e interpretáveis, ele deve ser submetido a uma série de estudos experimentais denominados validação. Os parâmetros geralmente envolvidos no procedimento de validação de um método analítico são: curva analítica, linearidade, limite de detecção e quantificação, precisão e exatidão (Ribani et al., 2007). O método analítico desenvolvido no Laboratório de Cromatografia do NUPAM mostrou-se eficiente para quantificação do composto diclosulam. O padrão analítico do composto testado apresentou grau de pureza superior a 98%.

Para a realização das análises foi utilizado um sistema LC-MS/MS (Figura 4), composto por um Cromatógrafo Líquido de Alta Eficiência (HPLC), Shimadzu, modelo Proeminence UFLC, que combina análise ultrarrápida e excelente desempenho de separação, com alta confiabilidade de resultados; equipado com duas bombas LC-20AD, auto-injetor SIL-20AC, degazeificador DGU-20A5, sistema controlador CBM-20A (permite a operação totalmente automatizada) e forno CTO-20AC (para controle da temperatura da coluna). Acoplado ao HPLC está o espectrômetro de massas 3200 Q TRAP (Applied Biosystems), híbrido triplo quadrupolo, onde Q1 e Q3 são utilizados como filtros de massa e Q2 é uma célula de colisão onde as moléculas intactas e fragmentos de Q1 são quebrados em fragmentos de massas menores (GOMES, 2011).



Figura 4. Cromatógrafo Líquido (Proeminence UFLC) acoplado ao espectrômetro de massas (3200 Q TRAP) – LC-MS/MS.

Para aperfeiçoar as condições do espectrômetro de massas foram realizadas infusões, ou seja, injeções diretas no espectrômetro de massas, com solução analítica padrão de 1 mg L^{-1} do diclosulam. A partir das infusões, foi escolhido o modo de ionização da fonte (ESI – Ionização por eletrospray), que produz íons do analítico na fase líquida antes de entrarem no espectrômetro de massas

Os dados originais de volumes, obtidos nas lâminas de água retidas na palha de cana-de-açúcar foram convertidos para milímetros de chuva (mm). A concentração do herbicida retido nos alvos plásticos, no funil, na palha e na água de lavagem, foi transformada para g ha^{-1} de diclosulam, em função da quantidade de água de lavagem e da lâmina de chuva simulada sobre as quantidades de palha (t ha^{-1}). Em seguida os dados obtidos foram ajustados segundo modelo de Mitscherlich e submetidos à análise de regressão, com auxílio do programa Sigma Plot.

No estudo inicial de transposição da calda de aplicação, ajustou-se o modelo de Mitscherlich a partir dos dados obtidos. Utilizou-se o modelo de modo simplificado pela fixação dos valores de duas das constantes “a” e “b” do modelo completo, uma vez que “a” representa a quantidade máxima de transposição do herbicida na palha (100%) e o valor da constante “b” foi determinado experimentalmente, correspondendo à quantidade de diclosulam (g ha^{-1}) que transpôs a palha na aplicação. Para determinar os valores da constante b, os suportes instalados abaixo dos anéis contendo a palha de cana-de-açúcar foram lavados e a água de lavagem foi utilizada para quantificar o diclosulam. Os resultados foram expressos em g ha^{-1} . O valor de “c” do modelo de Mitscherlich foi estimado pela equação de regressão e representa a taxa em g ha^{-1} , do herbicida que transpôs a palha a cada incremento de chuva simulada, em mm.

Nos estudos, o modelo utilizado de Mitscherlich com todas as suas constantes sendo estimadas e que será designado como o modelo completo é representado a seguir:

$$Y = a * (1 - 10^{-c * (b + x)}), \text{ onde:}$$

a, b e c = constantes da equação;

a = assíntota máxima da curva; Para os dados simulados que representam as quantidades máximas de diclosulam, em g ha^{-1} , que poderia se extrair da palha apenas com o advento da simulação de chuva.

b = deslocamento lateral da curva.

c = constante indicativa da taxa de extração do herbicida pelo incremento de chuva simulada (mm) e que determina a concavidade da curva;

x = lâmina de chuva aplicada (mm);

Y = quantidade de herbicida recuperado na água de chuva (g ha^{-1}).

5.2 Disponibilidade do diclosulam na solução do solo em áreas cultivadas com cana-de-açúcar

O trabalho foi realizado em área de produção de cana-de-açúcar, pertencente a Usina da Barra - Grupo Raizen, no município de Barra Bonita/SP (Latitude 22° 56' 30,04", Longitude 48° 48' 98,30"). Assim como no Laboratório de Matologia e no Núcleo de Pesquisas Avançadas em Matologia (NUPAM), pertencentes ao Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal da Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA) – Universidade Estadual Paulista (UNESP) – Campus de Botucatu/SP, onde foram realizadas as análises das quantidades disponíveis do herbicida diclosulam na solução do solo.

O estudo foi instalado em áreas de cana crua, sendo da variedade de cana-de-açúcar SP83 2847 em seu 2º corte, em solo arenoso (Tabela 2 e 3), e a aplicação realizada em área com palha e área sem palha de cana-de-açúcar. Nos tratamentos sem a presença de palha, esta foi removida utilizando-se um enleirador tratorizado, seguido de limpeza manual com uso de rastelos.

Tabela 2. Características químicas iniciais do solo avaliadas de 0 a 40cm de profundidade da área experimental.

Profund.	pH	M.O	P resina	Al ³⁺	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
(cm)	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	Mmol _c dm ⁻³							
0 – 10	4,7	16	8	4	40	2,08	30	12	44	80	55
10 – 20	4,4	15	7	6	69	1,12	21	9	31	100	31
20 - 40	4	8	2	5	123	1,1	11	6	18	141	13

Segundo Raij et al., (2001).

Tabela 3. Caracterização física do solo da área experimental.

Profundidade (cm)	Granulometria (g kg ⁻¹)			Textura do Solo
	Areia	Argila	Silte	
0 – 10	675	95	93	Arenosa
10 – 20	650	91	103	Arenosa
20 – 40	627	94	106	Arenosa

Segundo Raij et al., (2001).

As aplicações foram realizadas com pulverizador tratorizado convencional no dia 01/11/2011. A dose do herbicida diclosulam aplicado para o estudo em solo arenoso foi de 105,8 g i.a. ha⁻¹ com volume de aplicação de 200 L ha⁻¹ realizado em pré-emergência das plantas daninhas e pós-emergência da cultura. As condições atmosféricas no momento das aplicações foram as seguintes: horário de aplicação as 8:40h, temperatura de 20°C, umidade relativa do ar de 62%, e ventos com intensidade de 4,4 a 5,2 km h⁻¹.

A aplicação de diclosulam (Coact*), quando comparada com a de outros herbicidas, ocorre em doses muito baixas (RODRIGUES E ALMEIDA, 2011). No caso para cana-de-açúcar o recomendado para a aplicação segundo a Dow Agrosience Industrial Ltda, detentora do registro, varia entre 84 a 126 g p.c. ha⁻¹.

Na área experimental, as parcelas foram constituídas de cinco linhas de cana-de-açúcar espaçadas em 1,5 m, por 20 metros de comprimento, dispostas em faixas para permitir o preparo das parcelas e aplicação tratorizada, todos com quatro repetições.

Nas áreas dos experimentos foram realizadas amostragens de solo nas camadas de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm de profundidade em diferentes períodos após a aplicação para avaliação das concentrações de diclosulam disponível na solução do solo. Com auxílio de trados tipo sonda (Figura 5), com 8 cm de diâmetro, foram realizadas amostragens de solo em um total de 10 amostras de solo em cada uma das camadas estudadas, para cada parcela dos experimentos (repetições). Essas amostras foram acondicionadas em sacos plásticos sem que perdessem a umidade e assim levadas ao laboratório, onde permaneceram congeladas até serem processadas.

Para cada área dos experimentos foram realizadas coletas de solo em diferentes períodos após a aplicação dos herbicidas, sendo a 40, 95 e 140 dias após a aplicação (DAA). As épocas de coletas foram selecionado devido a influencia do período chuvoso na disponibilidade do herbicida no solo.



Figura 5. Coleta de solo com trado tipo sonda.

Os dados pluviométricos (mm) e as temperaturas médias (°C) durante todo o período de instalação e condução do experimento na cidade de Barra Bonita/SP, assim como as épocas de coleta das amostras de solo e estão apresentados na Figura 6.

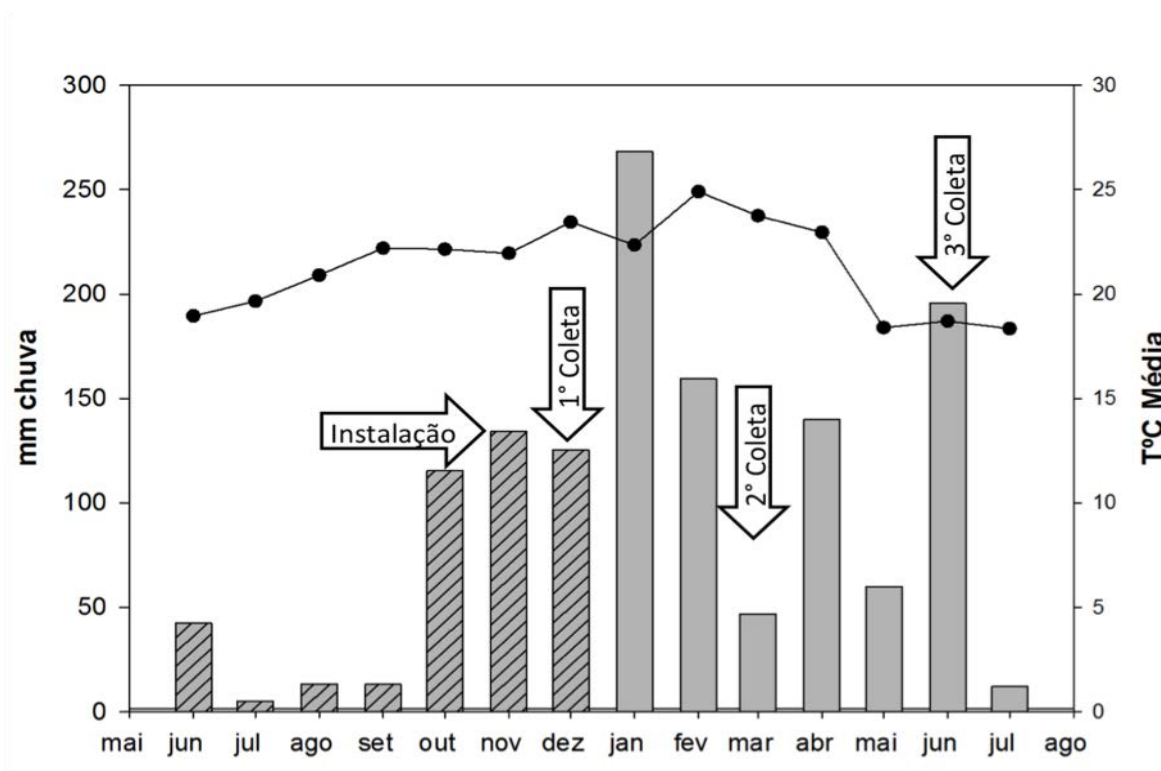


Figura 6. Dados pluviométricos (mm) e as temperaturas médias (°C) durante todo o período de instalação e condução do experimento.

No laboratório de Matologia da FCA/UNESP, para todas as amostras de solo coletadas foram determinados os teores de umidade do solo, por meio da pesagem de uma alíquota de solo antes e posteriormente à secagem em estufa de circulação forçada de ar por 48 horas a 60°C.

Para a quantificação do diclosulam na solução do solo, foi utilizada a metodologia descrita por Carbonari (2009), onde as amostras de solo coletadas das áreas dos experimentos nas diferentes épocas de coleta, foram processadas no laboratório de cromatografia do Núcleo de Pesquisas Avançadas em Matologia da Faculdade de Ciências Agrônômicas, em Botucatu/SP. Após o descongelamento das amostras de solo, foi retirada

uma amostra composta para cada profundidade de cada parcela. Após serem secas, foi pesado 7 g de solo por amostra, que foram acondicionados em cartuchos plásticos, com volume total de 10 mL, com um filtro poroso e um compartimento para coleta da solução do solo (Figura 7).

Após esse procedimento saturou-se o solo com água destilada em cada um dos cartuchos com solo. Logo após a adição de água, os cartuchos foram centrifugados a 8000 rpm, a 25° C por 5 minutos, retirando-se e coletando-se toda a solução presente no solo. Após a retirada da solução do compartimento do cartucho de extração, a mesma foi filtrada em seringas plásticas de 3 ml equipadas com filtro e posteriormente transferidas para frascos do tipo “vials” com o volume de 2 mL, os quais foram lacrados e armazenados em geladeira a $(8 \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C})$ até o momento da quantificação do por cromatografia (CARBONARI, 2009).



Figura 7. Procedimentos laboratoriais realizado para a quantificação do herbicida diclosulam na solução do solo.

Para a realização das análises cromatográficas foram utilizadas as mesmas metodologias descritas anteriormente no item 5.1.3.

A quantificação do diclosulam na solução do solo coletado nas diferentes situações (com palha e sem palha) e nas diferentes épocas permitiu a determinação das concentrações desse herbicida nas diferentes camadas do solo avaliadas e elaboração de gráficos do total do produto disponível na solução do solo, nas diferentes profundidades e nos diferentes períodos de coleta.

Para os resultados das concentrações do diclosulam no solo ($\mu\text{g kg}^{-1}$) nos diferentes períodos foi calculado o desvio padrão médio dos valores encontrados e posteriormente o intervalo de confiança a 10% de probabilidade.

5.3 Efeito da palha de cana-de-açúcar na eficácia do diclosulam.

O trabalho foi realizado em área comercial pertencente a Usina da Barra - Grupo Raizen, no município de Barra Bonita/SP, sendo esta área a mesma na qual citada acima, no item 5.2, utilizada para o estudo e quantificação da disponibilidade do diclosulam na solução do solo.

Foram avaliadas a eficácia da mesma dose aplicada de 105,8 g i.a. ha^{-1} , com volume de aplicação de 200 L ha^{-1} no controle de plantas daninhas em pré-emergência. Esse estudo ocorreu devido ao histórico da área experimental da usina que demonstrou uma alta infestação de plantas daninhas com grande importância na cultura da cana-de-açúcar como *Cyperus rotundus*, *Ipomoea grandifolia* e *Brachiaria plantaginea*.

Para a avaliação de controle das plantas daninhas pelo herbicida diclosulam, baseou-se em critérios de observação visual dos efeitos, através de escala porcentual segundo proposto por SBPCPD (1995), variando entre zero e 100, na qual “zero” representou ausência de controle e “100”, a morte total da planta daninha. Esta mesma escala foi utilizada para avaliar os efeitos de possíveis sintomas de fitotoxicidade sobre a cultura, considerando-se “zero” a ausência de injúria e “100”, a morte das plantas de cana-de-açúcar.

Foram realizadas 4 avaliações visuais da eficácia dos herbicidas no controle das espécies de plantas daninhas, assim como os sintomas de fitotoxicidade que poderiam ser provocados por esses produtos. As avaliações ocorreram aos 40, 95, 140 e 172 dias após a aplicação do diclosulam e a seletividade do mesmo à cultura da cana-de-açúcar.

Para os resultados de controle de plantas daninhas nos diferentes períodos de avaliação, foi calculado o desvio padrão médio dos valores encontrados e posteriormente o intervalo de confiança a 10% de probabilidade.

6 RESULTADO E DISCUSSÃO

6.1 Estudo da dinâmica do diclosulam aplicado em palha de cana-de-açúcar.

6.1.1 Efeito da dose de diclosulam em diferentes períodos sem chuva após a aplicação sobre a palha.

A confiabilidade dos resultados se dá pela precisão do método analítico desenvolvido para determinação do ingrediente ativo presente na composição do herbicida Coact* (diclosulam) em água por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência.

Os métodos desenvolvidos para o diclosulam mostraram-se altamente eficientes na detecção e quantificação do composto nas amostras analisadas, apesar de algumas amostras apresentarem concentrações extremamente baixas devido a dose do diclosulam utilizada.

Os cromatogramas obtidos para uma injeção de 12,5 µg/L do padrão analítico de diclosulam e amostra de calda aleatória, na faixa de concentração de validação do método e sob condições cromatográficas detalhadas, são apresentados na Figura 8. Nestas, podem ser verificadas as respostas dos picos de diclosulam. Observam-se boas

respostas do detector utilizado para este herbicida, com integração de base e um tempo de retenção de 3 a 4 minutos.

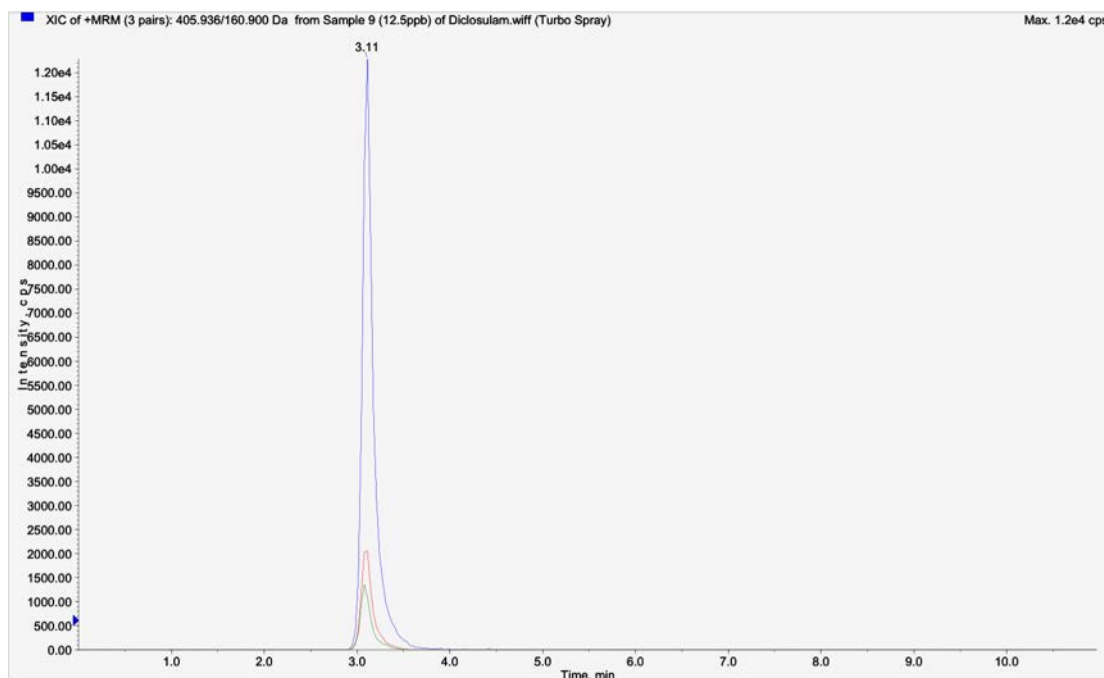


Figura 8. Cromatogramas obtidos para uma injeção de 12,5 $\mu\text{g/L}$ do padrão analítico de diclosulam.

Nas Figuras de 9 a 12, estão apresentados os resultados de um modo geral, das quantidades totais de ingredientes ativos de diclosulam extraídas com simulações de precipitações acumuladas de 100 mm, nos quais os mesmos foram dependentes do período de permanência dos ingredientes ativos na palha, sem chuva. A partir de um dia de permanência dos produtos na palha de cana-de-açúcar, ocorreu menor extração do produto do que no período anterior.

As Tabelas de 4 a 7, apresentam os parâmetros do modelo utilizado na regressão das análises de acordo com os tratamentos utilizados.

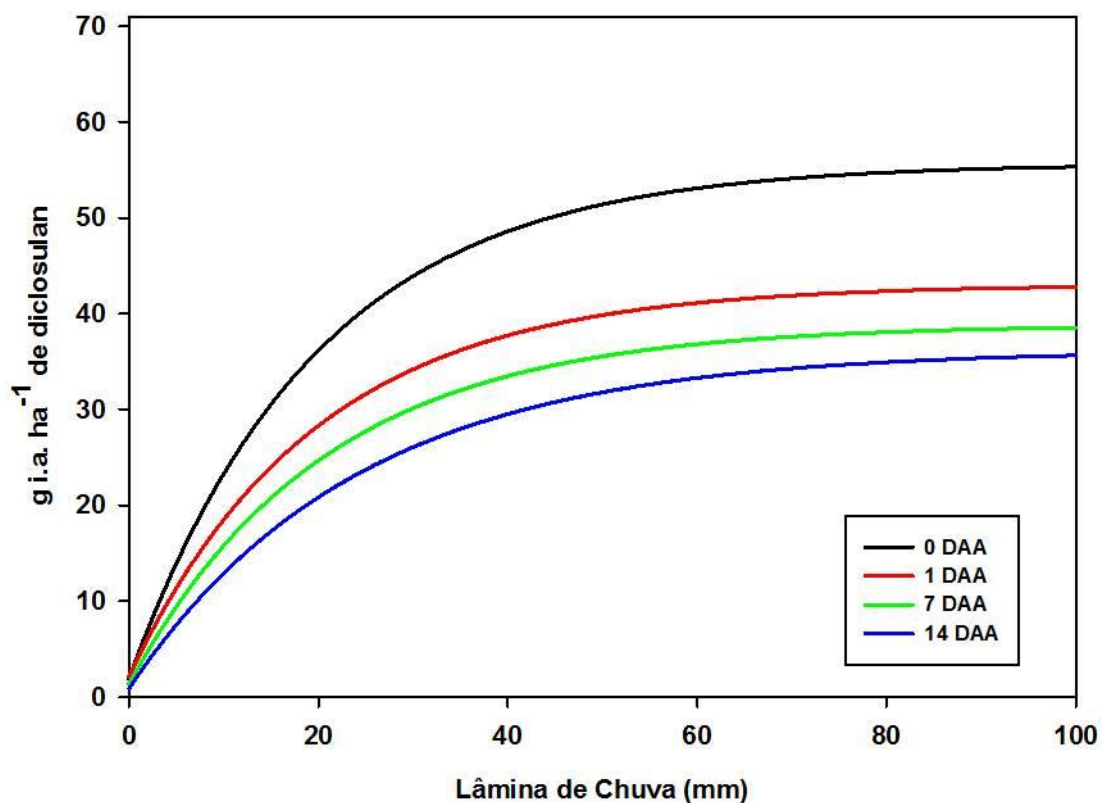


Figura 9. Dados ajustados pelo modelo de Mitschelich para a dose de 70,5 g i.a. ha⁻¹ de diclosulam lixiviado da palha de cana-de-açúcar nos diferentes períodos após aplicação.

Tabela 4. Descrição da estimativa das equações de regressão obtidas pela aplicação do modelo simplificado de Mitscherlich do diclosulam na dose de 70,5 g i.a. ha⁻¹ extraído após diferentes períodos de permanência na palha.

Coact (70,5 g i.a. ha ⁻¹)	R ²	Parâmetros do Modelo de Mitscherslich			Valor F
		a	B	c	
0 DAA	0,98	53,80	50,25	22,01	84,38
1 DAA	0,96	40,91	52,11	22,23	46,79
7 DAA	0,96	37,53	34,80	21,10	46,75
14 DAA	0,98	35,33	24,60	18,14	94,36

Analisando a Figura 9, na qual são apresentados os dados da aplicação do Tratamento 1 ($70,5 \text{ g i.a. ha}^{-1}$), verifica-se que a transposição de diclosulam em camada de palha de 10 t ha^{-1} , ocorreu aos 20mm iniciais de chuva simulada sendo constante até a simulação de 50mm. Ainda, o período de aplicação de 0DAA apresentou uma maior quantidade de diclosulam lixiviada da palha em comparação aos outros períodos posteriores de aplicação. O mesmo foi observado por Negrisoli et al. (2002), concluindo que a ocorrência de uma chuva simulada de 50mm após a aplicação, promoveu lixiviação praticamente máxima do herbicida aplicado sobre a palha de cana-de-açúcar, alcançando 65% de transposição.

Ao se analisar os coeficientes de determinação obtidos pelas equações de regressão, pode ser verificado um preciso ajuste dos dados pelo modelo utilizado, tendo em vista que para todos os tratamentos, o valor obtido foi próximo ou superior a 0,96.

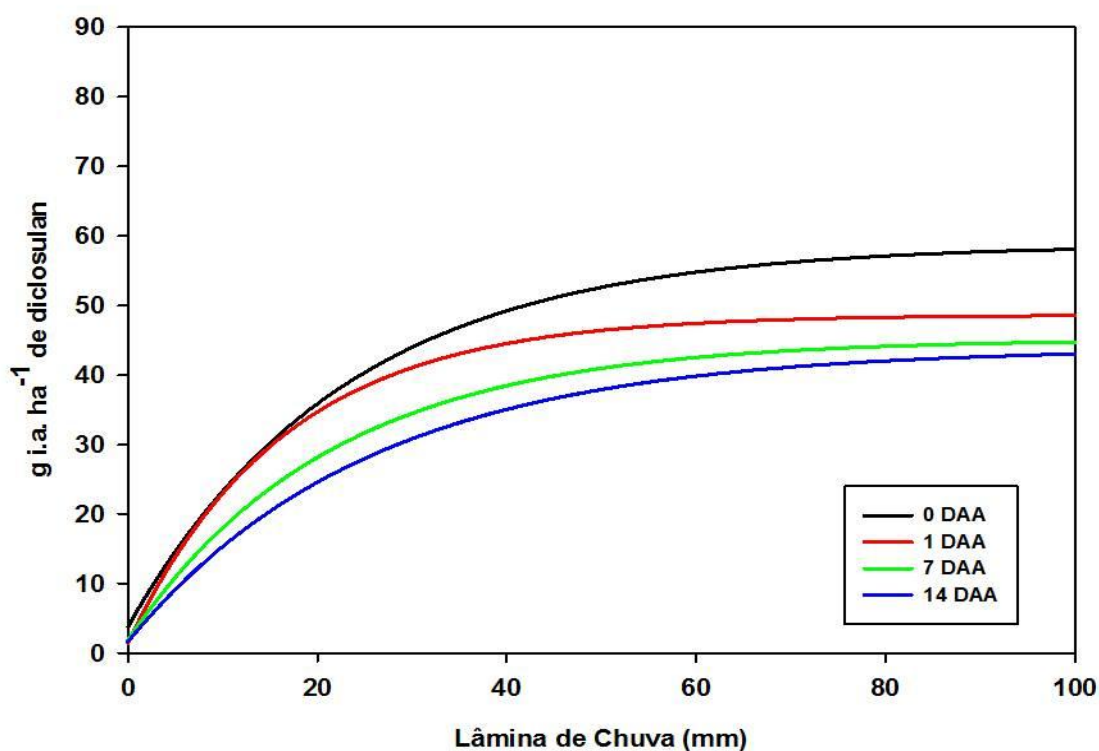


Figura 10. Dados ajustados pelo modelo de Mitschelich para a dose de $88,3 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ de diclosulam lixiviado da palha de cana-de-açúcar nos diferentes períodos após aplicação.

Tabela 5. Descrição da estimativa das equações de regressão obtidas pela aplicação do modelo simplificado de Mitscherlich do diclosulam na dose de 88,3 g i.a. ha⁻¹ extraído após diferentes períodos de permanência na palha.

Coact (88,3 g i.a. ha ⁻¹)	R ²	Parâmetros do Modelo de Mitscherslich			Valor F
		a	B	c	
0 DAA	0,96	54,96	69,00	19,05	42,62
1 DAA	0,99	47,21	30,10	26,53	174,82
7 DAA	0,98	43,24	43,81	20,31	96,00
14 DAA	0,98	42,21	38,70	17,08	109,86

Na Figura 10 são apresentados os resultados que representam a dinâmica do diclosulam na palha, referentes ao Tratamento 2 (88,3 g i.a. ha⁻¹). Observa-se que a transposição de diclosulam em camada de palha de 10 t ha⁻¹, nos períodos de 0 e 1DAA com chuva simulada de 20mm, apresentaram valores semelhantes da retirada do produto da palha de cana-de-açúcar, no qual esse comportamento foi alterado após 40mm de simulação de chuva e analisando os coeficientes de determinação obtidos pelas equações de regressão, pode ser verificado um preciso ajuste dos dados com valores superior a 96%. A retenção de herbicidas pela palha de cana-de-açúcar é influenciada pelo período que o produto permanece sobre a mesma até que ocorram as primeiras precipitações, afetando a sua mobilidade e a eficácia no controle químico de plantas daninhas no sistema de cana crua (SILVA, et al. 2013).

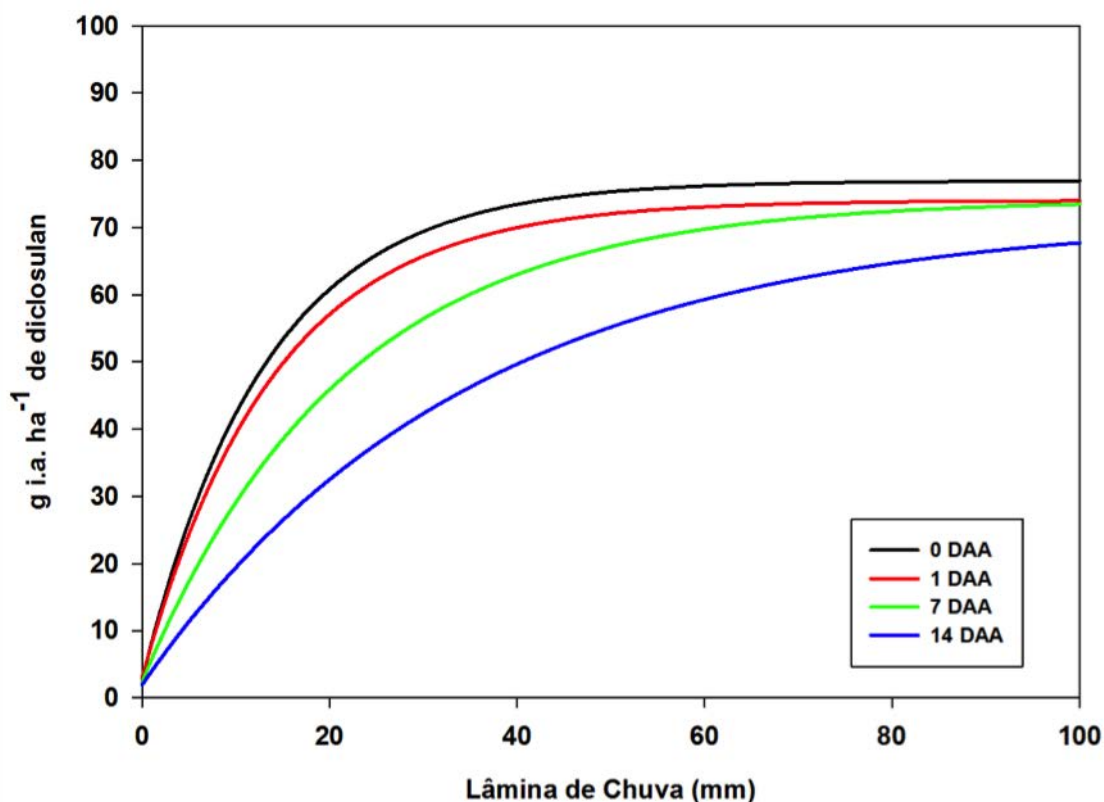


Figura 11. Dados ajustados pelo modelo de Mitschelich para a dose de 105,8 g i.a. ha⁻¹ de diclosulam lixiviado da palha de cana-de-açúcar nos diferentes períodos após aplicação.

Tabela 6. Descrição da estimativa das equações de regressão obtidas pela aplicação do modelo simplificado de Mitscherlich do diclosulam na dose de 105,8 g i.a. ha⁻¹ extraído após diferentes períodos de permanência na palha.

Coact (105,8 g i.a. ha ⁻¹)	R ²	Parâmetros do Modelo de Mitscherslich			Valor F
		a	B	c	
0 DAA	0,97	74,35	34,60	33,21	67,57
1 DAA	0,96	71,13	40,41	31,11	44,65
7 DAA	0,98	71,78	32,70	20,02	91,34
14 DAA	0,98	69,68	27,50	12,52	102,96

O mesmo comportamento da dinâmica do herbicida diclosulam foi observado na Figura 11, na qual vem apresentado os dados da aplicação do Tratamento 3 (105,8 g i.a. ha⁻¹). Nota-se que a transposição de diclosulam nas primeiras chuvas acumuladas de 20mm e nos primeiros períodos sem chuva (0 e 1DAA) são mais acentuadas e com isso ocorreu uma maior retirada do produto da palha. Ainda, foi observado que para o período de 14 DAA, a lixiviação do diclosulam foi mais constante de acordo com a quantidade de chuva simulada.

Em estudo realizado por Tofoli et al. (2002), utilizando o ingrediente ativo atrazine sobre camada de palha de cana-de-açúcar de 10 t.ha⁻¹ e simulação de precipitação entre 2,5 e 65 mm, observaram que 92% de atrazine transpôs a palha com chuva simulada de 65mm. Ao estudar a dinâmica de tebuthiuron em palhada de cana-de-açúcar, Tofoli (2004) verificou que com 20 mm de chuva simulada, valores médios de saída do produto foram semelhantes e seguiram um mesmo padrão, para quantidades de palha variando de 5 a 15 t ha⁻¹. Resultados observados pelo autor demonstraram que quando se envolve a lixiviação de herbicidas em palha de cana-de-açúcar, a simulação de 20 mm de chuva, é suficiente para comparar as principais diferenças dos herbicidas em diferentes quantidades de palha.

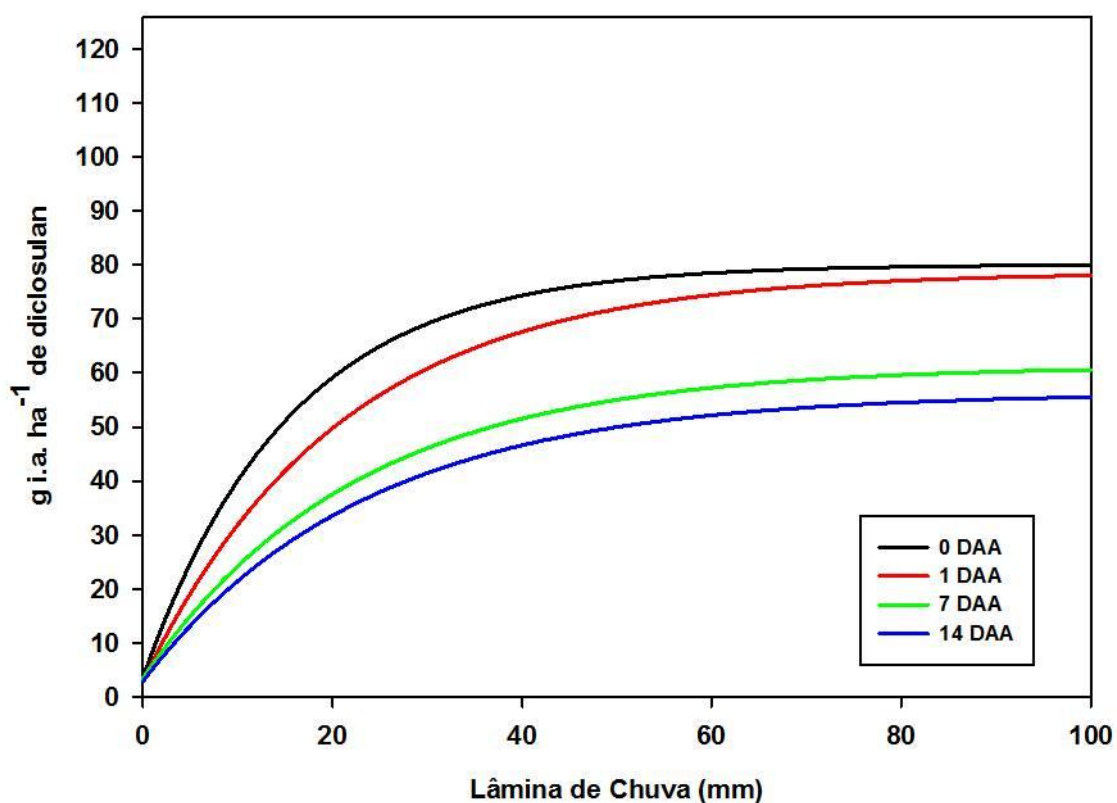


Figura 12. Dados ajustados pelo modelo de Mitscherlich para a dose de 126 g i.a. ha⁻¹ de diclosulam lixiviado da palha de cana-de-açúcar nos diferentes períodos após aplicação.

Tabela 7. Descrição da estimativa das equações de regressão obtidas pela aplicação do modelo simplificado de Mitscherlich do diclosulam na dose de 126 g i.a. ha⁻¹ extraído após diferentes períodos de permanência na palha.

Coact (126 g i.a. ha ⁻¹)	R ²	Parâmetros do Modelo de Mitscherslich			Valor F
		a	B	c	
0 DAA	0,97	76,58	45,70	28,20	58,14
1 DAA	0,98	75,79	38,30	20,97	107,03
7 DAA	0,96	57,88	58,40	19,41	41,48
14 DAA	0,96	53,39	53,90	18,62	40,01

Conforme pode ser observado na Figura 12, de um modo geral, foram maiores as quantidades totais de ingrediente ativo de diclosulam retiradas da palha nos períodos de 0 e 1DAA em comparação aos outros períodos estudados. Esse comportamento foi bastante significativo na maior dose do produto (126 g i.a. ha⁻¹). Verifica-se que há uma relação inversamente proporcional entre a quantidade do herbicida lixiviada e o tempo de envelhecimento independentemente da dose utilizada do herbicida diclosulam, ou seja, quanto maior o tempo que o herbicida fica em contato com a palha menor será sua transposição independente da quantidade de chuva simulada.

Rossi (2004), verificou uma maior lixiviação do metribuzin, quando simulou chuva imediatamente após a aplicação do herbicida na palha, em relação com os demais tratamentos utilizados. Além disso, observou que ocorreu menor transposição no período de 1 DAA e uma queda nos tratamentos de 7, 14 e 28 DAA com a mesma quantidade de 10 t.ha⁻¹ palha de cana-de-açúcar e com simulação de chuvas de até 100mm. O comportamento das curvas dos diferentes períodos de permanência do metribuzin e do tebuthiuron realizado por Tofoli (2004) também foram semelhantes, corroborando com os dados do comportamento das curvas de lixiviação do diclosulam nos diferentes períodos de envelhecimento, citados acima.

As Figuras de 13 a 16, estão apresentados as porcentagens do herbicida diclosulam lixiviado da palha da cana de açúcar, de acordo com o período de permanência do produto na palha.

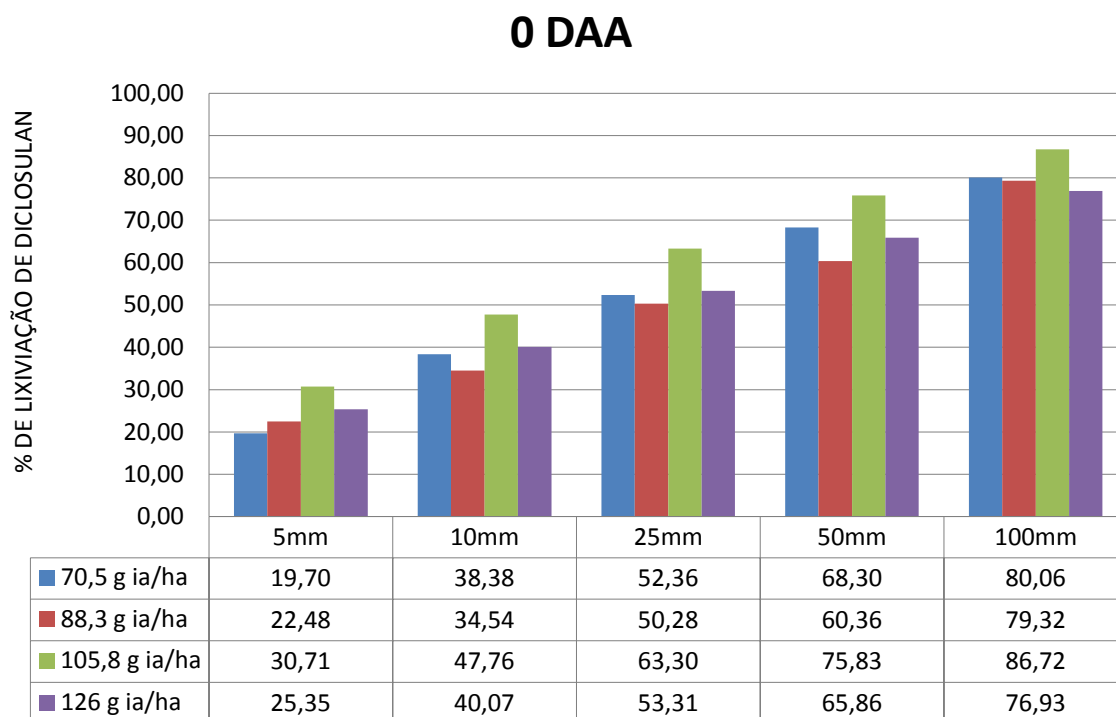


Figura 13. Porcentagens de diclosulam extraído da palha após diferentes lâminas de precipitação simulada aos 0 DAA.

A Figura 13, apresenta das porcentagem de diclosulam no momento da aplicação do herbicida na presença das lâminas de chuva simulada estudadas, com isso observa-se que para 10 t.ha⁻¹ de palha, as precipitações iniciais acumuladas de 5mm, já foram capazes de retirar acima de 20% de diclosulam da palha de cana-de-açúcar, com isso ao decorrer do experimento, com a simulação de 100 mm aos 0DAA foram suficientes para retirar acima de 76% do diclosulam aplicado. Ainda, nota-se que o tratamento dom 105,8 g i.a. ha⁻¹, apresentou os maiores valores de porcentagem de retirada do produto da palha em comparação as outras doses estudadas.

Isso demonstra que a ocorrência de chuvas com laminas acima de 25mm logo após a aplicação de diclosulam em áreas de cultivo de cana crua, é capaz de retirar mais de 50% do produto da palha disponibilizado-o para o controle de plantas daninhas em pré-emergência.

Um estudo realizado por Corrêa (2006), onde estudando a dinâmica do diuron e hexazinone (468 + 132 g kg⁻¹ respectivamente), foi aplicado na dose de 2,5 kg p.c. ha⁻¹, verificou-se que houve uma maior transposição do hexazinone aos 0 DAA de

permanência do produto na palhada, sem a ocorrência de chuvas, quando comparada aos demais tratamentos. Uma menor transposição foi observada no tratamento de 28 DAA e mais acentuado aos 14 DAA, em quantidades de 10 t.ha⁻¹ de palha de cana-de-açúcar.

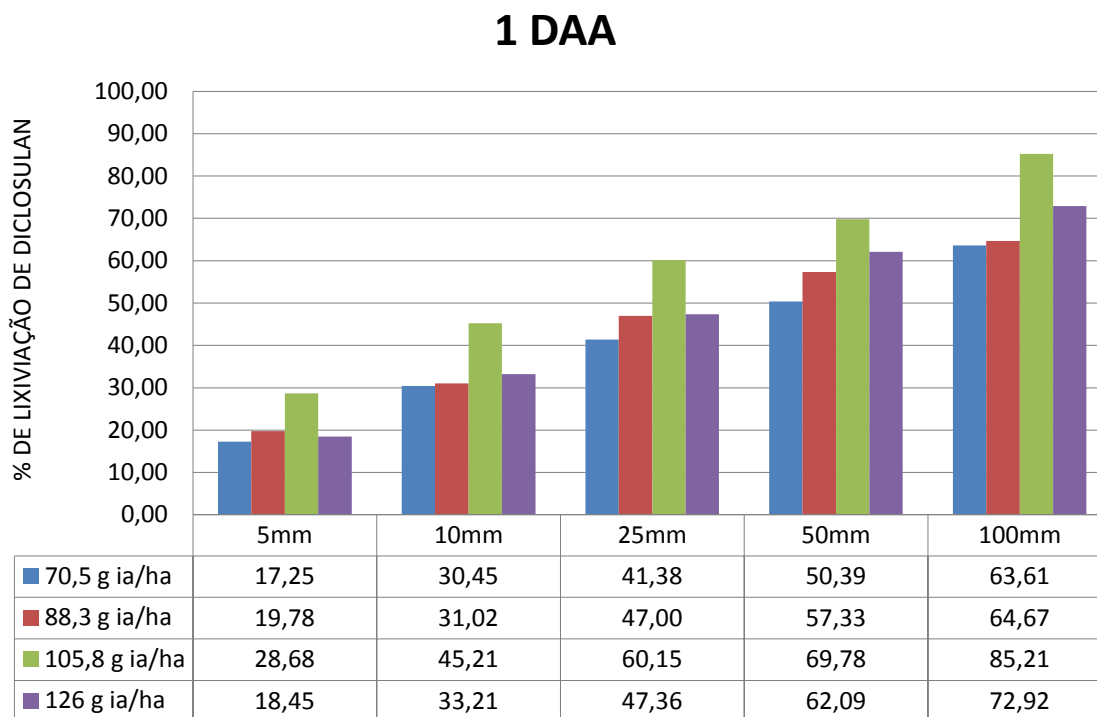


Figura 14. Porcentagens de diclosulam extraído da palha após diferentes lâminas de precipitação simulada aos 1 DAA.

De acordo com os dados das porcentagens de lixiviação do diclosulam da palha de cana-de-açúcar aos 1DAA (Figura 14), observa-se o mesmo comportamento da situação da aplicação anterior, no qual os mesmos 100 mm foram suficientes para retirar acima de 64% do diclosulam aplicado, assim como a lamina de 25mm foi capaz de retirar mais de 41% do produto da palha.

Cavenaghi et al. (2002), avaliando o efeito de diferentes quantidades de chuva, um dia após a aplicação de sulfentrazone, sobre quantidades de 6 t.ha⁻¹ de palha de aveia e 10 t.ha⁻¹ de palha de cana-de-açúcar, relataram que a lixiviação do sulfentrazone da palhada de aveia atingiu 94%, enquanto que para cana-de-açúcar foi de apenas 67%, para a quantidade de chuva simulada de 65 mm.

Simoni et al. (2006), avaliando o controle de *Cyperus rotundus* pelos herbicidas imazapic e sulfentrazone, aplicados sobre a palha de cana-de-açúcar e simulando diferentes intensidades de chuva (10 e 20 mm), observaram que o herbicida imazapic apresentou um bom desempenho independente da presença da palha e da intensidade de chuva. Para o herbicida sulfentrazone, verificou-se que uma chuva de 10 mm não foi suficiente para lixiviar todo o produto da palha, porém, chuvas de 20 mm retiraram o produto da palha mesmo na quantidade de 20 t ha⁻¹.

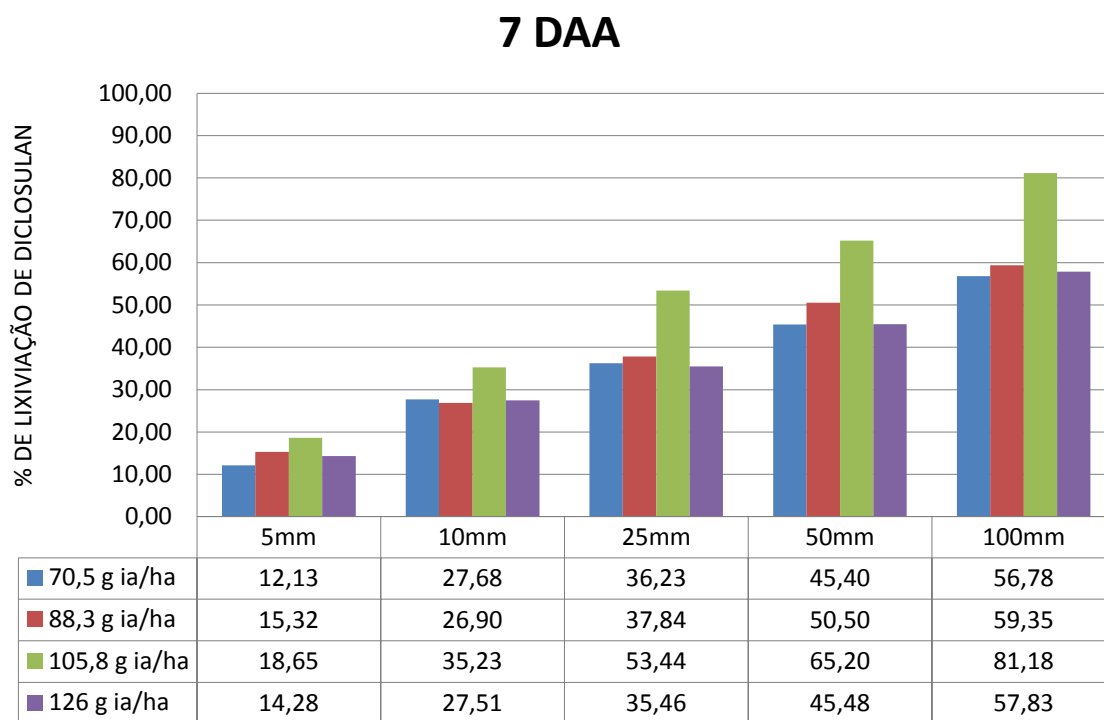


Figura 15. Porcentagens de diclosulam extraído da palha após diferentes lâminas de precipitação simulada aos 7 DAA.

A Figura 15, apresenta das porcentagem de lixiviação do diclosulam submetido a lâminas de chuva simulada após 7 dias da aplicação do herbicida.

Considerando apenas a interceptação no momento da aplicação, Rossi et al. (2013) constataram que a aplicação de metribuzin na presença de 5 t ha⁻¹ de

palha resultou em uma interceptação superior a 90%, ao passo que, a partir da presença de $7,5 \text{ t ha}^{-1}$ de palha sobre o solo a interceptação do produto foi próxima a 100%. Outra observação relevante no trabalho foi que quanto maior o período de permanência do metribuzin sobre a palha de cana-de-açúcar, maiores são as quantidades de chuva necessárias para que ocorresse a transposição deste herbicida. Além disso, após 28 dias de permanência do metribuzin sobre a palha foi necessária uma simulação de chuva de 100 mm para a transposição de 98,39% do produto, em contraposição, aos 0 dias de permanência, valores superiores a 99% de transposição foram obtidos mediante a uma precipitação de 22,5 mm de chuva.

14 DAA

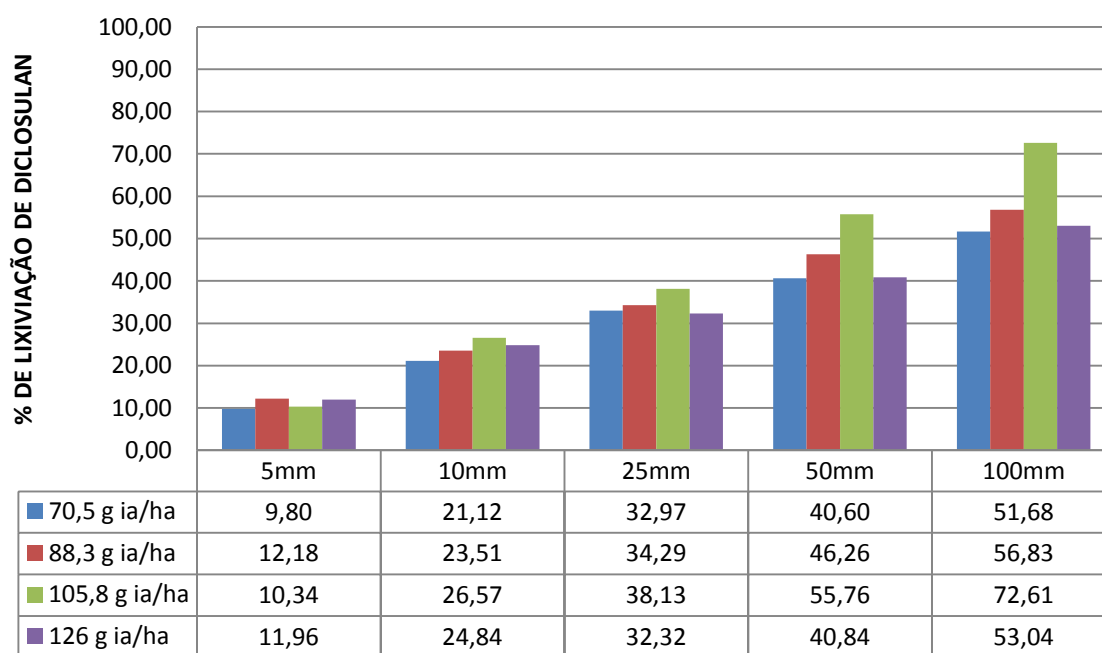


Figura 16. Porcentagens de diclosulam extraído da palha após diferentes lâminas de precipitação simulada aos 14 DAA.

Na Figura 16, nota-se que com o aumento do período de permanência do herbicida diclosulam em contato com a palha de cana-de-açúcar e sem a ocorrência de chuvas, reduz-se a remoção do mesmo pela água das chuvas simuladas, indicando menor transporte para o solo, com a permanência sobre a palha por 14 dias, exceto quando se observa o tratamento com $105,8 \text{ g i.a. ha}^{-1}$, no qual apresentou tanto para

o período de 7 e 14DAA, valores superiores a 55% de lixiviação em laminas a partir de 50mm de chuva. Tendo ainda o comportamento de liberação de 81% aos 7DAA e 72% aos 14DAA após a simulação de 100mm de chuva.

Velini e Negrisoni (2000), concluíram que a palha pode atuar retendo os herbicidas aplicados, liberando-os lentamente ao solo. Medeiros et al. (2004), estudando a eficácia do herbicida imazapic quando aplicado sobre a palha de cana-de-açúcar e com a ocorrência de chuvas após a aplicação, concluíram que o imazapic aplicado sobre a palha promoveu ótimo controle de tiririca, mesmo com chuvas equivalentes a 10 e 20 mm, ocorrendo somente após 60 dias da aplicação do produto. Rossi et al. (2006c) observaram para o herbicida isoxaflutole que mesmo o período de 90 dias sem ocorrência de chuvas após a aplicação do produto sobre a palha de cana-de-açúcar, promoveu excelentes resultados de controle de *Panicum maximum* e *Digitaria sp.*

Segundo Timossi e Durigan (2006) estudando o manejo de convulváceas em dois cultivares de soja semeada diretamente sob palha residual de cana crua, concluíram que o diclosulam demonstrou evidências de ter boa solubilidade e baixa retenção, lixiviando através da camada de palha de cana-de-açúcar deixada sobre o solo e agindo eficazmente no controle das plantas daninhas em estudo, com boa ação residual.

Avaliando em condições de laboratório o período de permanência do herbicida amicarbazone sobre palha de cana-de-açúcar, antes da ocorrência de chuvas, Cavenaghi et al. (2006a) verificaram que, quanto maiores os períodos de estiagem, menor a quantidade de amicarbazone lixiviada da palha para o solo. Sendo os intervalos sem chuva de 1, 7, 15, 30 e 45 dias após a aplicação, observaram a lixiviação de 85, 81, 66, 65 e 55% respectivamente para uma lâmina de chuva de 65 mm e 81, 74, 61, 57 e 51 % , para uma lâmina de 20 mm de chuva.

Tofoli (2009), observou para o herbicida tebuthiuron aplicado sobre 10 t.ha⁻¹ de palha de cana-de-açúcar, que quantidade total do produto lixiviada da palha com simulação acumulada de 65 mm de chuva nos diferentes períodos de permanência sem ocorrência de chuvas foram: 77,55; 62,15; 48,08; 31,82 e 26,78% para os períodos de 0, 1, 7, 14 e 28 DAA, respectivamente. Negrisoni et al. (2007) observaram que a aplicação de tebuthiuron sobre a palha de cana-de-açúcar resultou em excelente controle de *I. grandifolia*, quando ocorreu precipitação de 20mm 24 horas após a pulverização do herbicida.

Corrêa (2006) estudando os períodos de 0, 1, 7, 14 e 28 dias sem chuvas, observou respectivamente a lixiviação de 79, 68, 60, 68 e 45 % para hexazinone, e 74, 57, 60, 75 e 52% para diuron. Isso também demonstrou que a mistura formulada dos herbicidas hexazinone e diuron, forma dependentes do período de permanência sobre a palha de cana-de-açúcar antes da ocorrência das primeiras chuvas.

Toledo et al. (2012), estudando a transposição do herbicida diuron + hexazinone + sulfometuron ($1,5 \text{ kg p.c. ha}^{-1}$) em diferentes quantidades de palha (ausência; 1; 2,5; 5; 7,5; 10; 15 e 20 t ha^{-1}) verificaram que esse herbicida é interceptado em quantidades mínimas de palha, sendo que na presença de 1 t ha^{-1} ocorreu interceptação de 70% a 72% do produto aplicado. Em quantidades superiores a $2,5 \text{ t ha}^{-1}$, a interceptação foi superior a 93%. Os resultados obtidos, demonstram que a eficácia de controle do herbicida diuron + hexazinone + sulfometuron pode ser afetada pela presença de palha na superfície do solo e consequentemente, pelo sistema de colheita mecanizado.

Negrisoni et al. (2011), avaliando os efeitos da cobertura de palha e da simulação de chuva sobre a eficácia de clomazone + hexazinone ($880 + 220 \text{ g ha}^{-1}$) no controle das plantas daninhas *B. decumbens*, *I. grandifolia*, *I. hederifolia* e *E. heterophylla*, constataram que para *B. decumbens*, os melhores tratamentos foram aqueles em que o herbicida foi aplicado diretamente no solo, recebendo ou não uma camada de palha após a sua aplicação, ou quando a aplicação sobre a camada de palha foi acompanhada por uma simulação de chuva. Para a espécie *E. heterophylla*, foram obtidos níveis de controle superiores a 98%, quando ocorreram precipitações posteriores à aplicação do herbicida. De modo geral, os tratamentos com a aplicação do herbicida, na ausência ou presença de palha, e posterior chuva apresentaram controle total da espécie *I. hederifolia* aos 35 DAA.

6.1.2 Efeito da umidade da palha na dinâmica do herbicida diclosulam.

Os resultados do efeito da umidade da palha de cana-de-açúcar na dinâmica do herbicida diclosulam estão apresentados na Figura 17. Na Tabela 8 estão apresentados os parâmetros do modelo utilizado na regressão das análises de acordo com os tratamentos utilizados.

Tabela 8. Descrição da estimativa das equações de regressão obtidas pela aplicação do modelo simplificado de Mitscherlich.

Tratamentos		R ²	Parâmetros do Modelo de Mitscherlich			Valor F
			a	B	c	
0 DAA	Palha Seca	0,97	74,35	65,28	33,21	67,57
	Palha Úmida	0,95	74,84	63,21	33,22	35,81

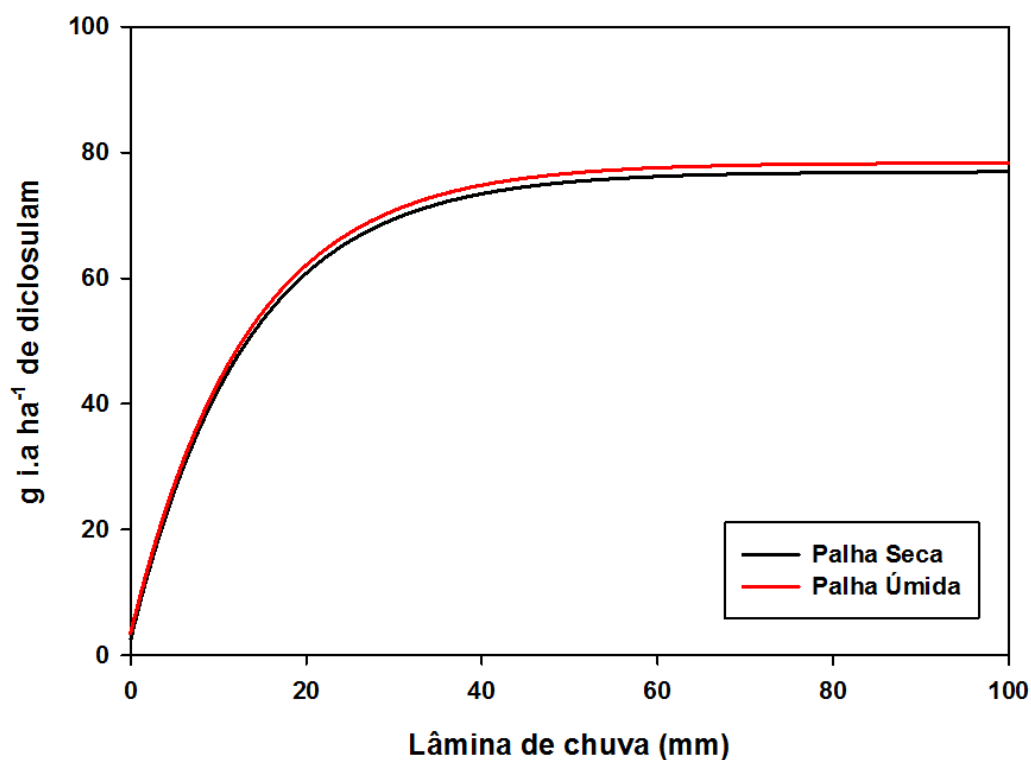


Figura 17. Dados ajustados pelo modelo de Mitscherlich para o herbicida diclosulam, lixiviado da palha seca e palha úmida de cana-de-açúcar no momento da aplicação.

Nesse estudo foi utilizada apenas a dose de 105,8 g i.a ha⁻¹ do herbicida diclosulam, devido ser a dose de resposta eficaz para controle de plantas daninhas em cana-de-açúcar. De acordo com os resultados apresentados na Figura 17, na

qual está apresentado os dados da aplicação do herbicida diclosulam, verifica-se que a transposição em camada de palha de 10 t ha^{-1} , inicia-se nos primeiros milímetros de chuva simulada independente da aplicação em palha seca ou úmida.

Observa-se que não houve nenhuma diferença na lixiviação do diclosulam no posicionamento da aplicação em palha úmida ou palha seca. Esse mesmo comportamento também foi observado no estudo anterior de dinâmica no qual demonstrou a importância dos primeiros 20mm de chuva na liberação do diclosulam da palha de cana-de-açúcar e que a situação de palha úmida não interfere na sua saída da palha para o solo.

Diante dos resultados sabe-se que durante a estação chuvosa o controle químico de plantas daninhas é mais eficaz, pois a água disponível no solo e o intenso desenvolvimento das plantas daninhas favorecem a absorção dos herbicidas. E segundo Azania et al., (2009), como nas regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil a colheita de cana-de-açúcar inicia-se nos meses de abril/maio, estendendo-se até novembro/dezembro do ano agrícola, os produtores têm dificuldade em concentrar as aplicações de herbicidas somente na estação chuvosa, o que os leva a aplicá-los também no período de estiagem, a fim de que persistam no solo até o início da estação chuvosa.

Segundo os autores Locke (1997), Tofoli et al., (2009) e Alletto (2009) quando um herbicida é aplicado sobre a palha, é interceptado pela superfície desta, podendo ser volatilizado, ficar retido na mesma ou ainda ser lixiviado para o solo. Assim, o transporte de herbicidas da palha para o solo é dependente das características físico-químicas de cada herbicida e do tempo entre a aplicação do herbicida e a ocorrência da primeira chuva na área, bem como a sua intensidade. E ainda pode dificultar o desempenho dos herbicidas. Todos esses fatores estão relacionados à transposição do herbicida pela palha, à dinâmica de molhamento e lavagem da palha pela água das chuvas (MACIEL e VELINI, 2005).

Os herbicidas diuron, metribuzin e tebuthiuron inibem o Fotossistema II, mas possuem características físicas e químicas distintas que podem fazer com que sua dinâmica e eficácia para as plantas daninhas sejam diferentes quando aplicados sobre palha de cana-de-açúcar. Os herbicidas apresentam comportamentos diferentes com relação à eficácia de controle sobre as plantas daninhas, sendo que diuron por apresentar menor solubilidade em água (42 mg L^{-1} a 25°C) necessita de maior umidade para ser removido da palha e assim atingir seu efeito de controle sobre as plantas daninhas, diferentemente de metribuzin e tebuthiuron cuja solubilidade em água é 1.100 mg L^{-1} a

20°C e 2.570 mg L⁻¹ a 20°C. (PRADO et al 2013).

Carbonari et al. (2009) observaram que a aplicação sobre a palha seca ou úmida e sem ocorrência de chuvas na sequência, promoveu controle insatisfatório de *Ipomoea grandifolia* e *Sida rhombifolia*, demonstrando a dependência de chuvas para que ocorra a lixiviação e absorção do diclosulam pelas plantas. Godoy et al. (2007) observaram resultados semelhantes em estudo no qual a ocorrência de chuva após aplicação do herbicida metribuzin sob a palha foi determinante para o sucesso do controle das infestantes estudadas.

Na Figura 18, estão apresentados as porcentagens do herbicida diclosulam aplicado na dose de 105,8 g i.a. ha⁻¹ transpostas pela aplicação na da palha da cana-de-açúcar seca ou úmida, de acordo com o período de permanência do produto na palha.

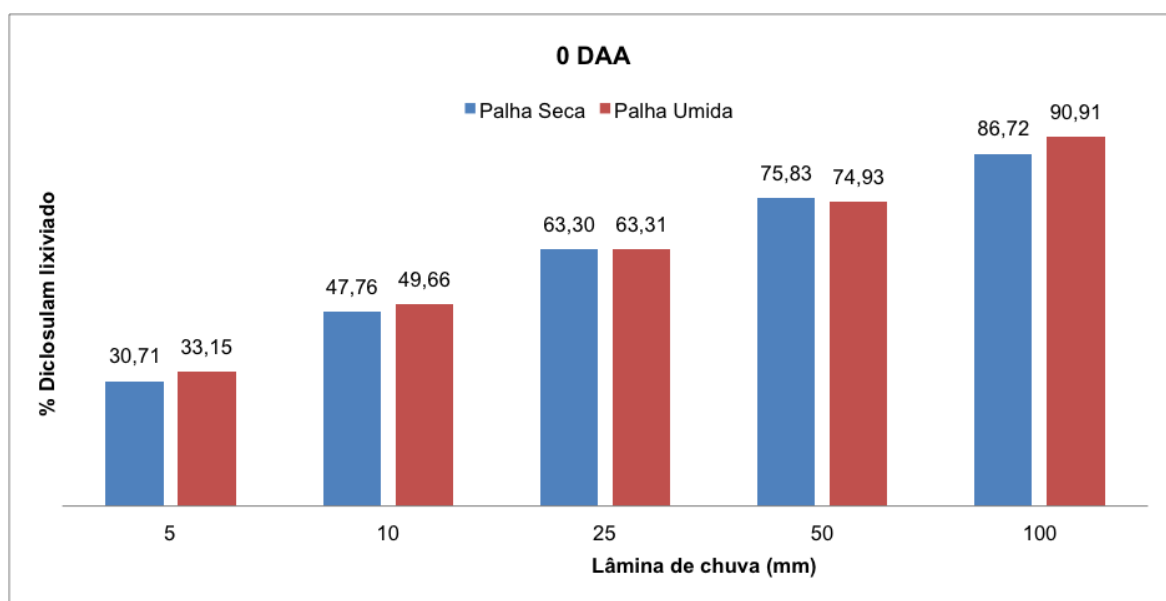


Figura 18. Porcentagens de diclosulam lixiviado da palha de cana-de-açúcar após diferentes lâminas de precipitação e simulada e posicionamento de aplicação aos 0 DAA.

Analisando a Figura de 18, observa-se que as porcentagens de lixiviação do herbicida diclosulam, na condição de aplicação em palha úmida foi meramente maior do que quando a aplicação ocorreu sobre palha seca. Contudo, os aumentos de lixiviação, quando ocorreram, foram pouco expressivos. Não foi identificada

uma justificativa para este o possível aumento de transporte para o solo. Destaca-se que a maior disponibilidade de água na palha não é uma justificativa para este comportamento.

6.2 Disponibilidade do diclosulam na solução do solo em áreas cultivadas com cana-de-açúcar

Nas Figuras de 19 a 22 estão apresentados os resultados das análises de diclosulam no solo (μg de diclosulam kg de solo⁻¹) nas diferentes modalidades de aplicação de acordo com as profundidades amostradas.

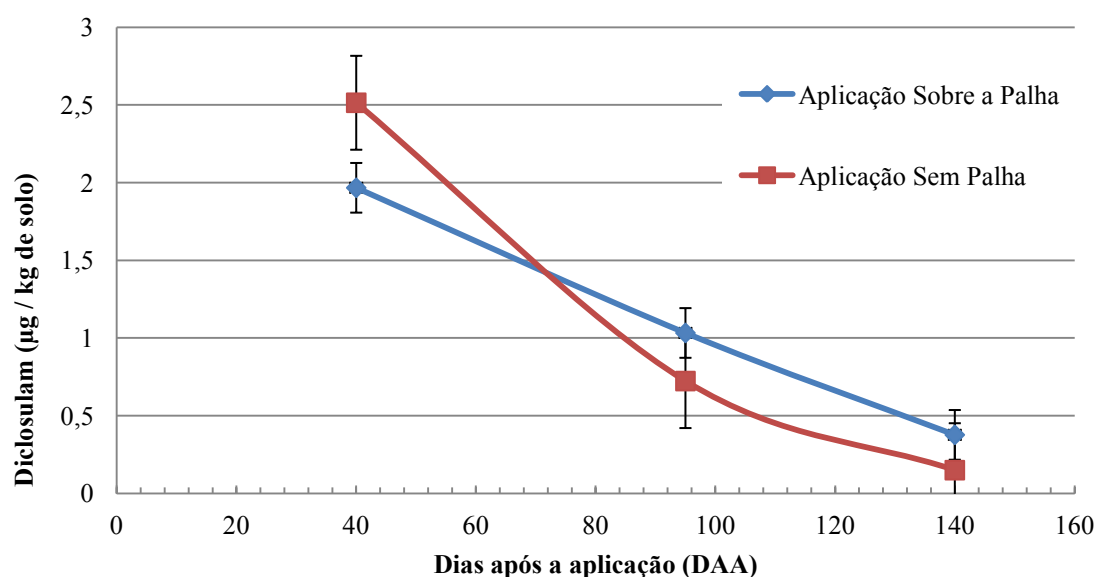


Figura 19. Concentrações de diclosulam na solução do solo (μg kg de solo⁻¹) na camada de 0 a 10 cm de profundidade para as diferentes modalidades de aplicação e épocas de coletas.

Os resultados com os resultados da Figura 19, a primeira coleta realizada aos 40DAA, apresentou a maior concentração do diclosulam no solo na modalidade de aplicação em área sem a presença de palha. Porém aos 95DAA, a presença da palha sobre o solo proporcionou uma liberação mais gradativa do diclosulam e

demonstrando sua elevada concentração na solução do solo, corroborando com a sua lixiviação realizada na mesma área e apresentada nos resultados acima demonstrados. A presença da palha é de tamanha importância para a proteção do solo e para a capacidade do poder residual do diclosulam com essa dinâmica mais gradativa do produto da palha para o solo. Ainda nota-se que a concentração do herbicida manteve um comportamento decrescente de acordo com a profundidade de amostragem.

Segundo Lavorenti et al. (2003) estudando o comportamento do diclosulam em amostras de um Latossolo Vermelho Distroférrico sob plantio direto e convencional, concluiu que o sistema de manejo interferiu na dissipação do diclosulam, fazendo com que fosse maior no plantio direto do que no convencional, que a presença do diclosulam não afetou a atividade microbiana do solo em amostras provenientes de qualquer sistema de manejo e ainda que o diclosulam apresentou baixa taxa de sorção ao solo nos dois sistemas de manejo.

Carbonari (2009) estudando a disponibilidade do amicarbazone aplicado em época úmida em áreas de cultivo de cana de açúcar, observou que com o início das chuvas intensas ocorreu toda a liberação do produto da palha para o solo no qual foi encontrado as maiores concentrações do amicarbazone por um período de tempo maior na camada superficial. O mesmo autor ainda observou para aplicação em época seca que o tratamento com aplicação sobre a palha apresentou níveis de amicarbazone no solo bastante inferiores aos demais tratamentos estudados

Segundo Correia et al. (2007), quando a quantidade de água da chuva excede a capacidade de infiltração do solo, começam as perdas por escoamento superficial. Essas perdas por também podem ser intensificadas no sistema plantio convencional, quando a água que penetra no solo encontra uma camada mais adensada e com menor capacidade de infiltração. Ainda os mesmos autores ao avaliarem a lixiviação e o potencial de contaminação de lençóis de água com atrazina, em Latossolo sob manejo de plantio direto e convencional, observaram que o sistema de plantio direto apresenta menor perda de atrazina por lixiviação comparado ao preparo convencional do solo.

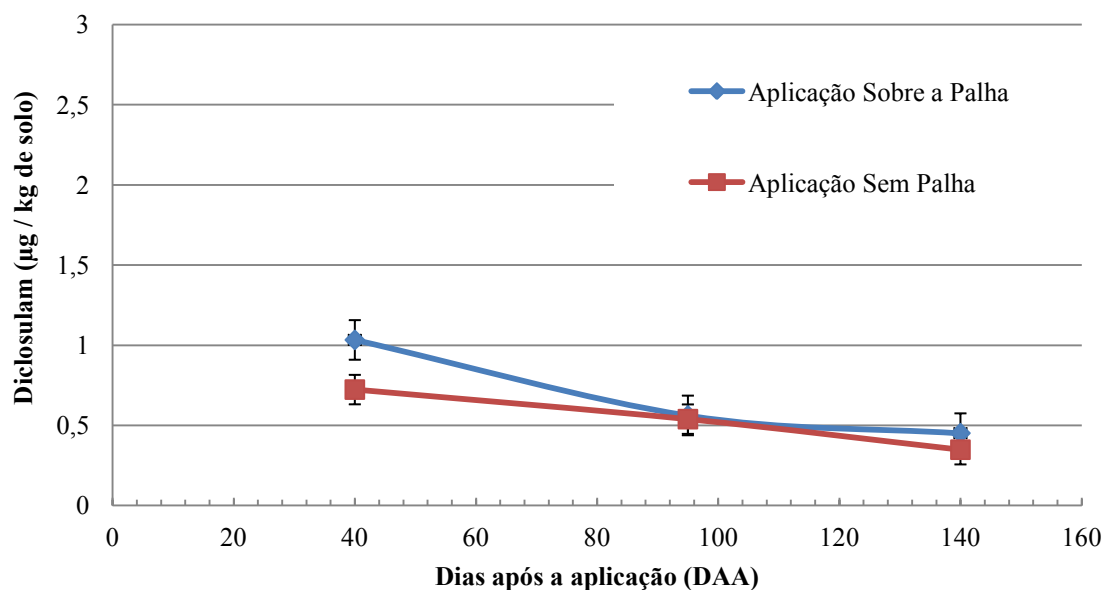


Figura 20. Concentrações de diclosulam na solução do solo ($\mu\text{g kg de solo}^{-1}$) na camada de 10 a 20 cm de profundidade para as diferentes modalidades de aplicação e épocas de coletas.

Na Figura 20, observa-se para a profundidade de 10 a 20 cm que a aplicação com palha apresentou as maiores concentrações de diclosulam na solução do solo, o que demonstra que mesmo com a ocorrência das chuvas a aplicação sobre a palha apresenta menor potencial de lixiviação do diclosulam para o perfil do solo, tornando-se uma alta capacidade de ação no controle das plantas daninhas.

De acordo com Ogg e Dowler (1988) e citado por Christoffolletti et al. (2008), a quantidade de água, proveniente de chuva ou irrigação, aplicada na área após pulverização do herbicida pode afetar a distribuição, movimento, persistência e eficácia do produto, assim como a tolerância da cultura ao herbicida. Se quantidades de água forem aplicadas ao solo, acima de sua capacidade de armazenamento, o herbicida pode infiltrar mais profundamente no solo. Isso demonstra a grande importância da palha na cobertura do solo e na disponibilidade do herbicida no solo.

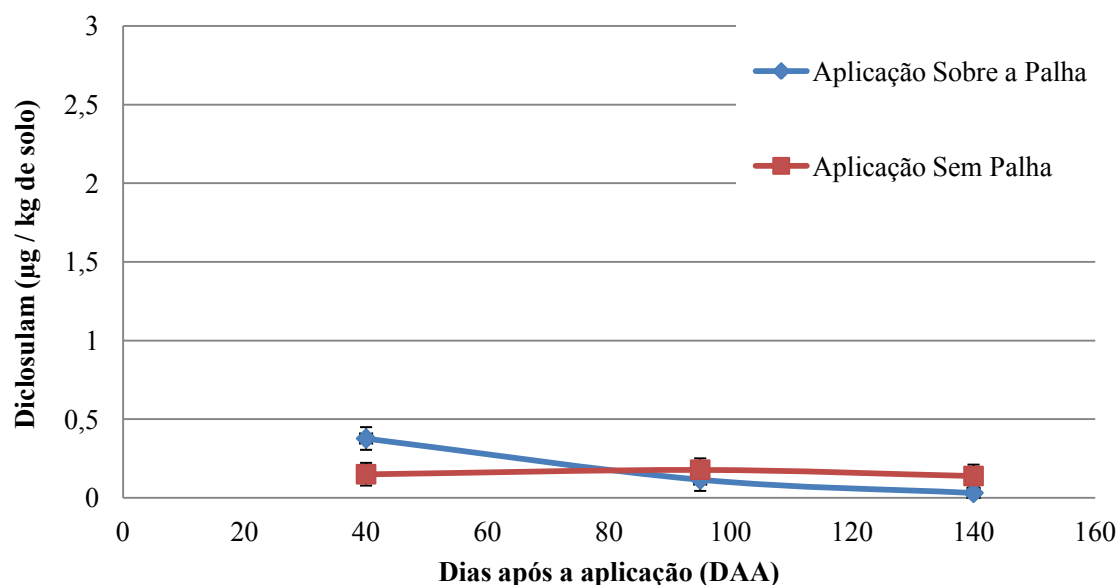


Figura 21. Concentrações de diclosulam na solução do solo ($\mu\text{g kg de solo}^{-1}$) na camada de 20 a 40 cm de profundidade para as diferentes modalidades de aplicação e épocas de coletas.

Na Figura 21, são apresentadas as concentrações totais de diclosulam para todas as coletas realizadas no estudo em áreas com a presença da palha de cana-de-açúcar, em função da profundidade de amostragem de 20 a 40 cm. Os valores da concentração de diclosulam encontrados na solução do solo foram superiores na área com a presença da palha apenas na primeira coleta aos 40DAA. Porém nas coletas seguintes, as concentrações de diclosulam encontradas permaneceram inalteradas não diferenciando estatisticamente até a ultima coleta aos 142DAA.

Segundo Christofolletti et al. (2008), o ideal para um herbicida de solo, sob o ponto de vista agrônomo, é que a lixiviação seja suficientemente profunda para atingir o banco de sementes de plantas daninhas, onde ocorre a germinação-emergência (normalmente nos 5 cm superficiais do perfil do solo). Ainda, Oliveira e Briguenti (2011) relataram que alguns herbicidas são degradados por meio de reações químicas (oxidação, redução, hidrólise) ou por processos físicos (fotodecomposição), e que a hidrólise química é responsável, em geral, pelo início de uma série de atividades degradativas que ocorrem no solo.

Na Figura 22 são apresentadas as concentrações totais de diclosulam

na camada de solo de 0 a 40 cm.

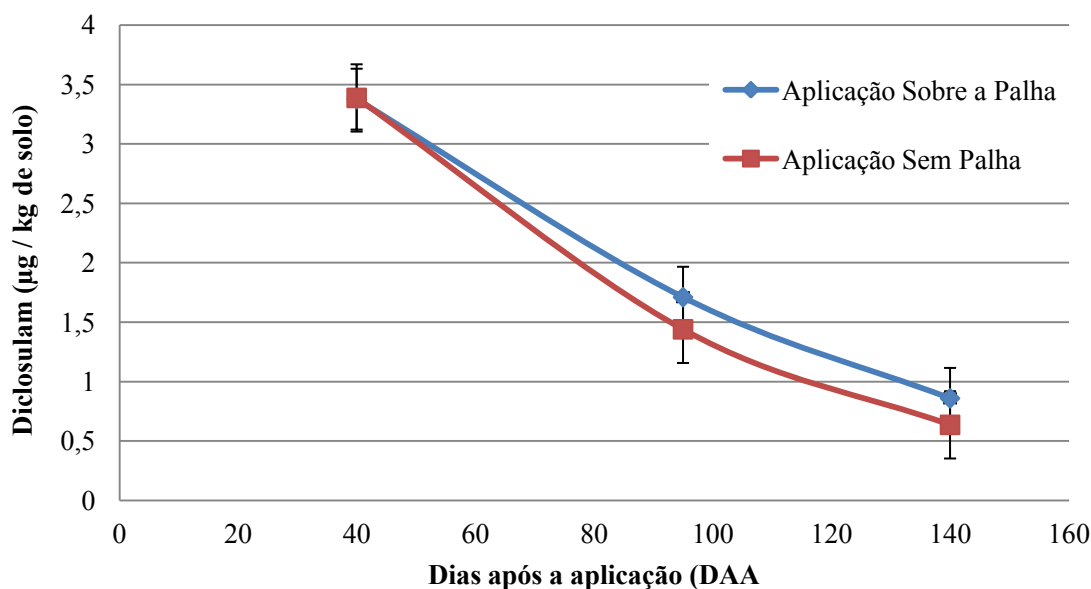


Figura 22. Concentrações totais de diclosulam na solução do solo ($\mu\text{g kg de solo}^{-1}$) na camada de 0 a 40 cm de profundidade para as diferentes modalidades de aplicação e épocas de coletas.

De acordo com os resultado da concentração total do herbicida na solução do solo (Figura 22), observou-se que as maiores concentrações do diclosulam na solução do solo independeu da presença ou ausência da palha de cana-de-açúcar, demonstrando seu potencial para a aplicação em áreas de plantio ou de soqueira com ou sem a presença da palha de cana-de-açúcar. Ao longo das avaliações ainda esse comportamento é mantido demonstrando a importância e a dinâmica do diclosulam em palha. Isso provavelmente ocorre pela maior lixiviação com início da ocorrência de chuvas, comprovando a retenção pela palha em época com menor disponibilidade de chuva e liberação gradativa ao período avaliado.

O diclosulam se enquadra perfeitamente às propriedades necessárias atualmente para um pesticida. Segundo Monteiro (2001), essas propriedades incluem a sua pronta degradabilidade, eficiência em doses baixas, especificidade e baixa toxicidade para os organismos não alvo. Gupta (2007) relata a baixa toxidez do diclosulam. Segundo Zabik et al. (2001), a degradação do diclosulam em solos americanos (Mississipi, North Carolina, Illinois e Georgia) foi rápida: a meia-vida variou de 13 a 43 dias, em função das localidades estudadas.

6.3 Efeito da palha de cana-de-açúcar na eficácia do diclosulam.

Nas Figuras 23 e 24, estão apresentados os dados das porcentagens de controle das espécies infestantes que por incidência natural se apresentaram na área experimental e tornando-se alvo das avaliações e observações descritas abaixo.

As avaliações ocorreram simultaneamente a coleta dos solos, e as espécies presentes na áreas eram *Cyperus rotundus* (CYPRO), *Ipomoea grandifolia* (IAQGR) e *Brachiaria plantaginea* (BRAPL).

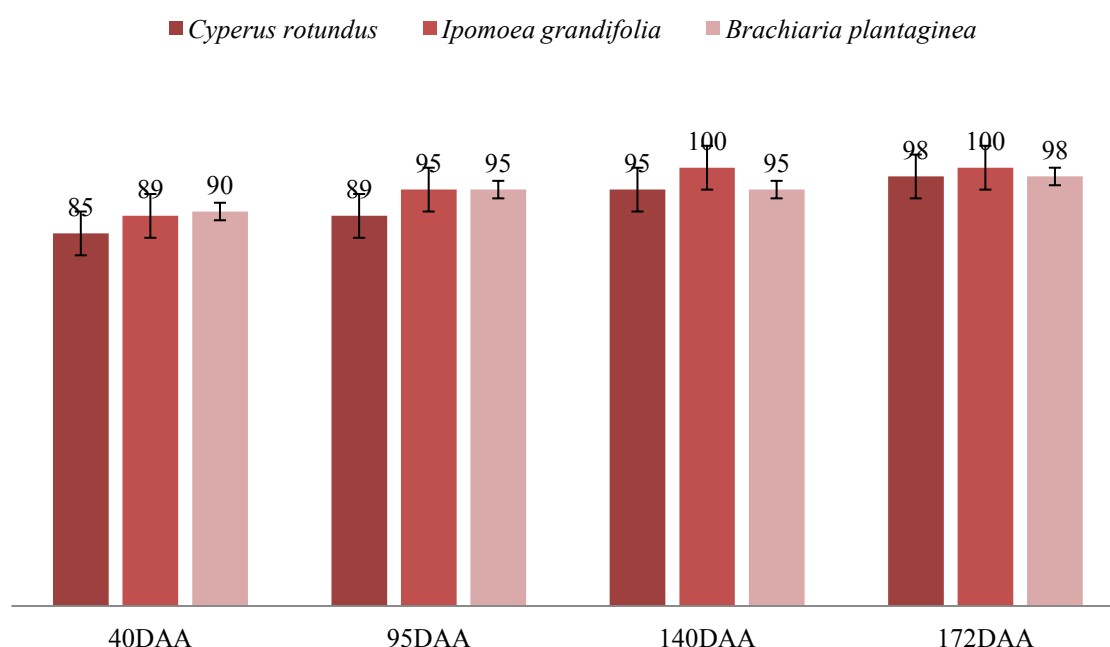


Figura 23. Porcentagem de controle das espécies infestantes presentes na área experimental sem a presença de palha de cana-de-açúcar.

Analisando a Figura 23, observa-se que o controle das espécies avaliadas pelo diclosulam foi excelente até o final das avaliações.

Para a espécie *C. rotundus*, com maior incidência na área aos 40DAA apresentou um nível de controle acima de 80%. Contudo, nas avaliações posteriores o controle atingiu médias de 98%. Isso demonstra a grande eficiência do diclosulam no controle da espécie. Martins et al. (2009) avaliou a mortalidade de

tubérculos de *C. rotundus* e concluiu que as doses de diclosulam de 100 e 150 g ha⁻¹ aumentaram a mortalidade de tubérculos em 38% e 63%, respectivamente e consequentemente as doses intermediárias de diclosulam (150 g ha⁻¹) propiciaram alta mortalidade de tubérculos.

O mesmo comportamento de controle foi observado para a espécie *I. grandifolia*, que com 140DAA apresentou controle total perante a aplicação de diclosulam. Observa-se ainda que para a espécie *B. plantaginea*, médias acima de 90% de controle já foram constatadas aos 40DAA e ao final do período experimental esse controle passou a apresentar 98% demonstrando assim a alta segurança do uso do diclosulam para o controle dessas plantas daninhas estudadas.

Medeiros e Christoffoleti (2002), avaliando a eficiência da mistura formulada de diuron e hexazinone, no controle de *I. grandifolia*, *I. hederifolia*, *E. heterophylla* e *D. horizontalis* e do herbicida sulfentrazone no controle de *Cyperus rotundus*, em vasos com cobertura de palha de cana-de-açúcar em quantidade de 0, 5, 10 e 15t.ha⁻¹, com chuvas 24 horas após a aplicação, observaram que a lixiviação dos herbicidas estudados é aumentada com a ocorrência de precipitação a partir de 10mm.

Toledo et al. (2009) verificaram a eficácia do amicarbazone no controle de plantas daninhas em diferentes situações de aplicação sobre o solo, com e sem palha, observando uma excelente eficácia do herbicida no controle de *Ipomoea grandifolia*, *Brachiaria decumbens*, *Merremia cissoides* e *Euphorbia heterophylla*, não ocorrendo interferência pela presença ou não da palha sobre o solo e, desta forma demonstrando ser, o uso deste herbicida, uma excelente alternativa para o controle de plantas daninhas da cultura da cana-de-açúcar.

Perim et al. (2007a) avaliaram a eficácia do amicarbazone no controle de plantas daninhas em diferentes situações de aplicação sobre o solo, com e sem palha, observando um excelente controle do herbicida em *I. grandifolia*, *B. decumbens*, *M. cissoides* e *E. heterophylla*, não ocorrendo diferenças de controle pela presença ou não da palha sobre o solo.

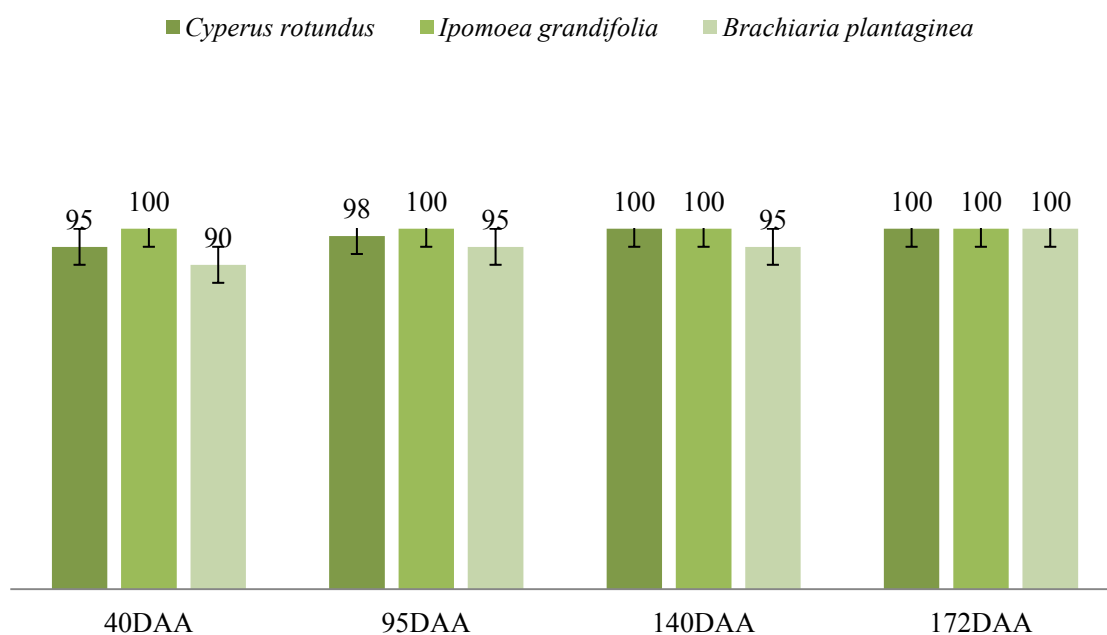


Figura 24. Porcentagem de controle das espécies infestantes presentes na área experimental com a presença de palha de cana-de-açúcar.

Nas áreas onde foram realizadas as aplicações sobre a palha de cana-de-açúcar (Figura 24), observou-se níveis satisfatórios no controle de *C. rotundus* aos 40DAA atingido médias superiores de 95% de controle. A partir das avaliações de 140DAA em diante, o controle de *C. rotundus* foi de 100%.

Para *I. grandifolia*, a aplicação do diclosulam na dose utilizada (105,8 g i.a. ha⁻¹) sobre a palha de cana-de-açúcar, proporcionou o controle total da espécie durante todo o período de avaliações, no qual conota a grande viabilidade da recomendação do diclosulam para espécies de cordas-de-viola. Para a espécie *B. plantaginea* os níveis de controle foram satisfatórios já aos 40DAA, apenas na ultima avaliação aos 172DAA o controle foi total da espécie em área com a presença da palha.

Godoy et al. (2006), avaliando a eficácia do herbicida metribuzim, aplicado sobre a palha de milho (6 t.ha⁻¹) e submetidos a diferentes períodos sem ocorrência de chuvas, verificaram um bom nível de controle de *Ipomoea grandifolia* e *Sida rhombifolia* até aos 14 dias sem ocorrência de chuvas após a aplicação. Quando as chuvas ocorreram aos 21 e 28 dias após a aplicação observou-se uma baixa eficácia do herbicida no controle destas espécies.

Simoni et al. (2006), avaliando o controle de *Cyperus rotundus* pelos herbicidas imazapic e sulfentrazone, aplicados sobre a palha de cana-de-açúcar e simulando diferentes intensidades de chuva, observaram que o herbicida imazapic apresentou um bom desempenho independente da presença da palha e da intensidade de chuva.

Perim et al. (2007b) avaliaram o efeito do contato de fragmentos de palha de cana-de-açúcar impregnadas com amicarbazone, sobre as espécies *I. grandifolia*, *B. decumbens* e *M. cissoides*. Os fragmentos de palha foram fixados na posição horizontal forçando o contato com as plântulas durante o processo de crescimento. Como resultado, observaram controle das plantas estudadas, sendo que nos tratamentos onde o amicarbazone foi aplicado na palha úmida e na qual havia simulação diária de orvalho, ocorreu uma melhor liberação do produto.

Estudando a eficácia de herbicidas aplicados em pré-emergência sobre a palha de cana-de-açúcar, Monquero et al. (2009a) observaram que o herbicida mesotrione teve a eficácia alterada pela presença da palha, sendo positiva no controle de *B. pilosa* e negativa no controle de *Ipomoea quamoclit*. Em outro experimento, Monquero et al. (2009b) concluíram que a aplicação do mesotrione sobre a palha de cana-de-açúcar em pré-emergência afetou negativamente a eficácia do herbicida no controle de *Euphorbia heterophylla* e *Ipomoea grandifolia*.

Negrisoni et al. (2009) conclui que a palha pode alterar a dinâmica do herbicida oxyfluorfen no controle de plantas daninhas no sistema de cana crua, podendo ser observado no estudo em que foram avaliadas as espécies de *B. decumbens*, *I. grandifolia*, *I. quamoclit* e *M. cissoides* em diferentes posicionamentos do herbicida e condições antes e após a aplicação. Como resultado, observaram que este ocorreu quando se aplicou oxyfluorfen em tratamentos com a presença de palha em cobertura. Negrisoni et al. (2007) também observaram que o herbicida tebuthiuron quando atingiu o solo através de uma simulação de precipitação após a aplicação, apresentou índices elevados de controle de *I. grandifolia*, *B. plantaginea* e *B. decumbens*, quando comparado à aplicação do tebuthiuron diretamente sobre a palha da cana-de-açúcar sem simulação de precipitação.

O herbicida diclosulam não proporcionou injúrias visíveis à cultura da cana-de-açúcar, variedade SP832847, até o final das avaliações ocorridas aos 172 dias após as aplicações, demonstrando assim a sua seletividade e segurança para a aplicação na cultivar de cana-de-açúcar utilizada.

Contudo, verificou-se que o herbicida diclosulam aplicado diretamente ao solo ou sobre a palha de cana-de-açúcar apresentou altos níveis de controle ficando evidente a viabilidade do seu uso no controle das espécies de plantas daninhas estudadas e do seu poder residual apresentado nas situações descritas sendo uma ferramenta importante no controle de plantas daninhas da cultura da cana-de-açúcar.

7 CONCLUSÕES

Nas condições em que foram realizados os experimentos pôde-se concluir que:

Os primeiros 20mm de precipitação, são fundamentais para a lixiviação do herbicida diclosulam da palha de cana-de-açúcar para o solo.

A remoção do diclosulam da palhada é reduzida com o aumento do intervalo entre a aplicação e a primeira chuva, independentemente da dose utilizada.

A aplicação sobre a palha previamente umedecida quando comparada a palha seca, não alterou o potencial de remoção do diclosulam pela água de chuva.

A disponibilidade de diclosulam em solução de solo foi decrescente com a profundidade e com o intervalo após a aplicação.

Na primeira coleta a presença de palha reduziu a disponibilidade em solução de solo. As concentrações de diclosulam presentes na solução de solo foram suficientes para o controle da maioria das espécies de plantas daninhas presentes na área.

Com base nos resultados apresentados de eficácia em aplicação no solo ou sobre a palha, fica evidente a viabilidade do uso do herbicida diclosulam no controle das espécies *Cyperus rotundus*, *Ipomoea grandifolia* e *Brachiaria plantaginea*.

O herbicida diclosulam não proporcionou injúrias visíveis à cultura da cana-de-açúcar, variedade SP832847, até o final das avaliações ocorridas aos 172 dias após as aplicações.

O diclosulam é intensamente transportado da palha ao solo pela água de chuva, e apresenta disponibilidade em solução de solo suficiente para controlar as espécies estudadas, sem injúrias para a cultura da cana-de-açúcar.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROFIT. SISTEMA DE AGROTÓXICOS FITOSSANITÁRIOS. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons> Acesso em 03 jun. 2014.

ALLETO, L. et al. Tillage management effects on pesticides fate in soil. A review. **Agronomy for Sustainable Development**. Paris, v.30, p. 367-400, 2009.

ALMEIDA, F.S. Herbicidas residuais em diferentes sistemas de preparo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, n.4, p.596-601, 1992.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/38a2b2804745906a991ddd3fbc4c6735/d43.pdf?MOD=AJPERES>>. Acesso em 03 jun. 2014.

ARÉVALO, R. A. Manejo de plantas daninhas em áreas de colheita de cana crua. **STAB, Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 16, n. 4, p. 26-28, 1998.

AZANIA C. A. M. et al. Manejo químico de convolvulaceae e euphorbiaceae em cana de açúcar em período de estiagem. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 841-848, 2009.

AZANIA, C. A. M. **Comparação de métodos para determinar a seletividade de**

herbicidas na cultura na cultura da cana-de-açúcar. 2004. 116 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – FCAV, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2004.

BANKS, A.P.; ROBINSON, E.L. Soil reception and activity of acetochlor, alachlor, and metolachlor as affected by wheat (*Triticum aestivum*) straw and irrigation. **Weed Science**, Champaign, v.34, n.3, p.607-611, 1986.

BARBOSA, M. H. P.; SILVEIRA, L. C. I. Cana-de-açúcar: variedades, estabelecimento e manejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DE PASTAGEM. Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2006. p. 245-276.

CARBONARI, C.A. **Efeito da palha na disponibilidade do herbicida Amicarbazone na solução do solo em áreas cultivadas com cana-de-açúcar.** 2009. 102f. Tese (Doutorado em Agronomia / Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

CARVALHO, L. C. C. Cenário sucro-alcooleiro após a transição. **STAB, Açúcar, Álcool e Subprodutos**. Piracicaba, v.17, n.3, p. 12-13, 2008.

CAVENAGHI, A. L. et al. Dinâmica do herbicida amicarbazone (Dinamic) aplicado sobre palha de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*). **Planta Daninha**, v. 25, n. 4, p. 831-837, 2007.

CAVENAGHI, A. L. et al. Dinâmica do herbicida imazapic aplicado sobre a palha de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 25., 2006a. **Resumos...** Brasília: SBCPD/ UNB/ Embrapa Cerrados, 2006. p. 360.

CAVENAGHI, A. L. et al. Performance do herbicida amicarbazone aplicado sobre a palha de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 25., 2006b. **Resumos...** Brasília: SBCPD; UNB; Embrapa Cerrados, 2006. p. 330.

CAVENAGHI, A.L. et al. Dinâmica de sulfentrazone em palha de aveia e cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23, 2002, Gramado. **Anais...** Gramado: SBCPD, 2002. p.162.

CESNIK, R.; MIOCQUE, J. **Melhoramento da Cana-de-açúcar.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004, 307p.

CHRISTOFFOLETI, P.J. et al. Interações dos fatores ambientais com os herbicidas

aplicados ao solo e as consequências agronômicas. In: **Comportamento dos herbicidas aplicados ao solo na cultura da cana-de-açúcar**. Piracicaba: Editora CP 2, cap. 4, p. 33-60, 2009.

CHRISTOFFOLETI, P.J. et al. **Comportamento dos herbicidas aplicados ao solo na cultura da cana-de-açúcar**. Piracicaba: ESALQ, 2008. 85 p.

CHRISTOFFOLETI, P.J. et al. Manejo de plantas daninhas na cultura do algodão. In: FREIRE, E.C. **Algodão no cerrado do Brasil**. Brasília: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão, 2007. p. 523-550.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; OVEJERO, R.F.L. **Dinâmica dos herbicidas aplicados ao solo na cultura da cana-de-açúcar**. Piracicaba: ESALQ, SP.. 2005, 49 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Cana-de-Açúcar**: Terceiro Levantamento. Brasília, p. 1-15. 2013

CORRÊA, M.R. **Dinâmica e eficácia da mistura formulada de diuron e hexazinane no sistema de produção de cana crua**. 2006. 150f. Tese (Doutorado em Agronomia / Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas. Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

CORREIA, N.M.; DURIGAN, J.C. Emergência de plantas daninhas em solo coberto com palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa, v.22, n.1, p.11-17, 2004.

CORREIA, N.M and KRONKA JR, B. **Eficácia de herbicidas aplicados nas épocas seca e úmida para o controle de *Euphorbia heterophylla* na cultura da cana-de-açúcar**. *Planta daninha*, vol.28, n.4, pp. 853-863, 2010.

CORREIA, N. M.; REZENDE, P. M. **Manejo integrado de plantas daninhas na cultura da soja**. Lavras: UFLA, (Boletim Agropecuário, 51), 2002, 55 p.

CORREIA, F.V. et al. Infiltração de atrazina em latossolo submetido aos sistemas de plantio direto e convencional. **Pesquisa agropecuaria brasileira**. v.42, n.11, pp. 1617 - 1625, 2007.

FAY, P.K.; DUKE, W.B. An assesement of allelopathic potencial in *Avena* germoplasm. **Weed Science**. v.25, p.224, 1977.

FERREIRA, E. A. et al. Sensibilidade de cultivares de canade-açúcar à mistura

trifloxysulfuron-sodim + ametryn. **Planta Daninha**, v. 23, n. 1, p. 93-99, 2005.

FORNAROLLI, D.A. et al. Influência da cobertura morta no comportamento do herbicida atrazina. **Planta Daninha**, v.16, n.2, p.97-107, 1998.

GAZZIERO, D. L. P. et al. **As plantas daninhas e a semeadura direta**. Londrina: Embrapa Soja (Circular Técnica 33), 2001. 59 p.

GAZZIERO, D. L. P. Controle de plantas daninhas: aspectos ecológicos e tecnológicos. In: PRIMEIRAS JORNADAS BINACIONALES DE CERO LABRANZA, 1990, Chequén. **Anais...** Concepción: Sociedad de Conservación de Suelos de Chile, 1990. P.132-150.

GRAVENA, R. et al. Controle de plantas daninhas através da palha de cana-de-açúcar associada à mistura dos herbicidas trifloxysulfuron sodium+ametrina. **Planta Daninha**, v.22, n.3, p.419-427, 2004.

GODOY, M.C. et al. Efeito da cobertura morta de milheto (*Pennisetum americanum*) sobre a eficácia do herbicida metribuzin no controle de *Ipomoea grandifolia* e *Sida rhombifolia*. **Planta Daninha**. v. 25, n. 1, p. 79-86. 2007.

GODOY, M.C. et al. Eficácia do herbicida metribuzin aplicado em palha de milheto com diferentes períodos sem chuva após a aplicação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 25, 2006, Brasília. **Resumos...** Brasília: SBCPD, 2006. p.154.

GOMES, G. L. G. C. **Alterações metabólicas de plantas de milho submetidas à aplicação de glyphosate e fosfito**. 2011. 97f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

GUPTA, P. K. Toxicity of herbicides. In: GUPTA, R. C. **Veterinary toxicology**. USA, KY: Murray State University, 2007. p. 567-586.

HARTZLER, B. **Absorption of Soil-Applied Herbicides**. Disponível em: <<http://www.weeds.iastate.edu/mgmt/2002/soilabsorption.htm>>. Acesso em: 04 jun. 2013.

HERNANDEZ, D.D. et al. Influência do resíduo de colheita de cana-de-açúcar sem queima sobre a eficiência dos herbicidas imazapic e imazapic+pendimethalin. **Planta Daninha**, v.19, n.3, p.419-426, 2001.

HORNSBY, A. G., et al. **Pesticide properties in the environment**. New York: Springer Verlag, 1995. 227 p.

KOGAN, M. A.; PÉREZ, J. A. Dinámica de los herbicidas aplicados al follaje y factores determinantes de su actividad. In: KOGAN, M. A.; PÉREZ, J. A. (Ed.) **Herbicidas: fundamentos fisiológicos y bioquímicos del modo de acción**. Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile, 2003. p. 88-136.

KUVA, M. A. et al. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. I – Tiririca. **Planta Daninha**, v. 18, n. 2, p. 241-251, 2000.

KUVA, M. A. et al. Fitossociologia de comunidades de plantas daninhas em agroecossistema cana-crua. **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 501-511, 2007.

LAVORENTI, A. et al. Comparação entre hidróxido de sódio e pirofosfato de sódio na extração e distribuição do resíduo ligado de ¹⁴C-atrazina, nas frações húmicas de dois solos. **Pesticidas Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v.7, p.77-88, 1997.

LAVORENTI, A. et al. **Comportamento do diclosulam em amostras de um latossolo vermelho distroférico sob plantio direto e convencional**. Revista Brasileira de Ciência do Solo. vol.27, n.1, pp. 183-190, 2003.

LAVORENTI, A.; PRATA, F.; REGITANO, J. B. Comportamento de pesticidas em solos: fundamentos. In: CURI, N., et al. (Org.). **Tópicos especiais em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 3, p. 335-400. 2003

LEFFINGWELL, R. J. **Experimental station committee: update report on mechanical harvester now in production**, p.447-451, 1973.

LOCKE, M.A.; BRYSON, C.T. Herbicide-soil interactions in reduced tillage and plant residue management systems. **Weed Science**, Champaign, v. 45, n. 2, p. 307-320, 1997.

MACIEL, C. D. G.; VELINI, E. D. Simulação do caminhamento da água da chuva e herbicidas em palhadas utilizadas em sistemas de plantio direto. **Planta Daninha**, v.23, n.3, p.471-481, 2005.

MACHADO, F. B. P. **Brasil, a doce terra**. Disponível em:
<www.canaweb.com.br/conteudo/historiadosetor.htm>. Acesso em 15 nov. 2004.

MARTINS, D. et al. Emergência em campo de dicotiledôneas infestantes em solo coberto com palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Botucatu, v.17, n.1, p.151-161, 1999.

MARTINS, B.A.B. **Biologia e manejo da planta daninha *Borreira densiflora* DC.** 2008. 169f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

MARTINS, D. et al. Controle de tiririca com sulfentrazone e diclosulam e viabilidade de tubérculos em diferentes profundidades de solo. **Bragantia**, v. 68, n. 2, p. 357-366, 2009.

MEDEIROS, D.; CHRISTOFOLLETI, P.J. Efeito da intensidade de chuva e da quantidade de palha de cana-de-açúcar sobre a eficácia de herbicidas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23, 2002, Gramado. **Anais...** Gramado: SBCPD, 2002, p.175.

MEDEIROS, D. et al. Eficácia do herbicida imazapic no controle de tiririca (*Cyperus rotundus*) em presença de palha de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 24, 2004, São Pedro. **Anais...** São Pedro: SBCPD, 2004, p.158.

MELLENDEZ, J. A. M. **Efeito da cobertura do solo no controle de plantas daninhas na cultura do pepino (*Cucumis sativus* L.).** 1990. 104f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1990.
MONQUERO, P. A. et al. Mobilidade e persistência de herbicidas aplicados em préemergência em diferentes tipos de solo. **Planta Daninha**, v. 26, p. 411-417, 2008.

MONQUERO, P. A. et al. Eficácia de herbicidas aplicados em diferentes épocas e espécies daninhas em área de cana-de-açúcar colhida mecanicamente. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 27, n. 2, p. 309-317, 2009a.

MONQUERO, P. A. et al. Eficácia de herbicidas aplicados em diferentes épocas sobre *B. pilosa* e *I. quamoclit* em área de cana-de-açúcar colhida mecanicamente. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 27, n. 3, p. 563-570, 2009b.

MONTEIRO, R. T. R. Biodegradação de pesticidas em solos brasileiros. In: MELO, I. S. et al. **Biodegradação**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2001. p. 1-28.

NEGRISOLI, E. et al. Dinâmica de diuron em palha de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23, 2002, Gramado.

Resumos... Gramado: SBCPD, 2002, p.157.

NEGRISOLI, E. et al. Controle de plantas daninhas pelo amicarbazone aplicado na presença de palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 603-611, 2007.

NEGRISOLI, E. et al. Eficácia do herbicida oxyfluorfen com a cobertura de palha no controle de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v.27, n.1, p.197-203, 2009.

NEGRISOLI, E. et al. Influência da palha e da simulação de chuva sobre a eficácia da mistura formulada clomazone+hexazinone no controle de plantas daninhas em área de cana-crua. **Planta Daninha**, v.29, n.169-177, 2011.

OLIVEIRA, M.F.; BRIGHENTI, A.M. Comportamento dos herbicidas no ambiente In: OLIVEIRA JR.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. Curitiba-PR: Omnipax, 2011. p.263-304.

PARANHOS, S.B. Colheita mecânica de cana-de-açúcar. In: SEMINÁRIO AGRONÔMICO DE PINHAL, 4., 1974, Espírito Santo do Pinhal. **Anais...** Espírito Santo do Pinhal: Fundação Pinhalense de Ensino, 1974. p.10.

PERIM, L. et al. Absorção foliar do herbicida dinamic (amicarbazone), por espécies de plantas daninhas, através do contato direto com a palha de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 26 / CONGRESO DE LA ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE MALEZAS, 18., 2007, Vina del Mar. **Anais...Vina del Mar**, 2007a, p.39.

PERIM, L. et al. Eficácia do herbicida dinamic (amicarbazone) no controle de plantas daninhas quando aplicado sobre a palha de cana-de-açúcar ou no solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 26 / CONGRESO DE LA ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE MALEZAS, 18., 2007, Vina del Mar. **Anais...Vina del Mar**, 2007b, p.71.

PIMENTA, S. C.; SPADOTTO, A. J. A experiência em uma unidade produtora de cana orgânica. **SACCHARUM: Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil**, Piracicaba, p. 30, 1999.

PITELLI, R.A. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.11, n.23, p.16-27, 1985.

PRADO, A. B. C. A. **Dinâmica de herbicidas residuais na palha de cana-de-açúcar e correlação com a eficácia de manejo de plantas daninhas**. 2013, 85f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2013.

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

PROCÓPIO, S. O.; SILVA, A. A.; VARGAS, L. Manejo e controle de plantas daninhas em cana-de-açúcar. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. 2.ed. Passo Fundo: EMBRAPA Trigo, 2008. 780 p.

RAIJ, B. et al.; **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 285p.

REDDY, K.N.; ZABLOTOWICZ, R.M.; LOCKE, M.A. Chlormuron adsorption, desorption and degradation in soils from conventional tillage and no-tillage systems. **Journal of Environmental Quality**, v.24, p.760-767, 1995.

REDDY, K.N.; LOCKE, M.A.; GASTON, L.A. Tillage and cover crop effects on cyanazine adsorption and desorption kinetics. **Soil Science**, Madison, v.150, n.7, p.501-509, 1997.

RIBANI, M. et al. Validation of chromatographic methods: Evaluation of detection and quantification limits in the determination of impurities in omeprazole. **Journal of Chromatography**, Amsterdam, v. 1156, p. 201-205, 2007.

RIPOLI, T.C.C., RIPOLI, M.L.C. **Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente**. Piracicaba: Barros&Marques, 2004. 302p.

RODRIGUES, B.N. Influência da cobertura morta no comportamento dos herbicidas imazaquin e clomazone. **Planta Daninha**, v.11, n.1 e 2, p.21-28, 1993.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 6.ed. Londrina: Grafmarke, 2011. 697 p.

ROSSI, C.V.S. **Dinâmica e eficácia no controle de plantas daninhas pelo herbicida metribuzin aplicado sobre palha de cana-de-açúcar**. 2004, 95f. Dissertação (Mestrado

em Agronomia / Proteção de Plantas) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

ROSSI, C.V.S. et al. Efeito da presença de palha de cana crua na germinação de plantas daninhas em época seca. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 25., 2006. Brasília, **Resumos...** Brasília: SBCPD; UNB; Embrapa Cerrados,. p. 326. 2006a

ROSSI, C.V.S. et al. Efeito da presença de palha de cana crua sobre a germinação de plantas daninhas em época úmida. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 25., 2006. Brasília, **Resumos...** Brasília: SBCPD; UNB; Embrapa Cerrados, p. 346. 2006b.

ROSSI, C.V.S. et al. Efeito do isoxaflutole sobre *Panicum maximum* e *Digitaria* spp. aplicado na presença de palha de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) com intervalos sem chuva após a aplicação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 25, 2006, Brasília. **Resumos...** Brasília: SBCPD, p.355. 2006c.

ROSSI, C.V.S. et al. Dinâmica do herbicida metribuzin aplicado sobre palha de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*). **Planta Daninha**, v.31, n.1, p.223-230, 2013.

SILVA et al. Influência da palha no controle químico de plantas daninhas no sistema de cana crua. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.12, n.1, p.94-103, 2013.

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**, v.24, n.4, p.769-778, 2006.

SINGH, G.K.; SHANER, D.L. Biosynthesis of branched chain amino acids: From test tube to field. **Plant Cell**, v.7; p. 935-944, 1995.

SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS – SBCPD. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: 1995. 42 p.

TIMOSSI, P. C.; DURIGAN, J. C. Manejo de convolvuláceas em dois cultivares de soja semeada diretamente sob palha residual de cana crua. **Planta Daninha**, v. 24, n. 1, p. 91-98, 2006.

TOFOLI, G. R. et al. Dinâmica de atrazine em palha de aveia e cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23, 2002, Gramado. **Anais...** Gramado: SBCPD, 2002, p.158.

TOFOLI, G. R. **Deposição e lixiviação do herbicida tebuthiuron em palha de cana-de-açúcar**. 2004, 55f. Tese (Doutorado em Agronomia / Proteção de Plantas). Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

TOFOLI, G. R. et al. Dinâmica do tebuthiuron em palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 27, n. 4, p. 815-821, 2009.

TOLEDO, R.E.B. et al. Eficácia do herbicida amicarbazone aplicado sobre a palha ou no solo no controle de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 27, n. 2, p. 319-326, 2009.

TOLEDO, R.E.B et al. Efeitos de diferentes períodos de permanência do herbicida Front® na palha de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 28, 2012, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBCPD, 2012, p.275-280.

UNICA DATA, **Moagem de cana-de-açúcar e produção de açúcar e etanol – Safra 2012/2013**. <http://www.unicadata.com.br/historico-de-producao-e-moagem> Acesso em 10 jul. 2014.

VASCONCELLOS, G. F.; VIDAL, J. W. B. **Poder dos trópicos: meditação sobre a alienação energética na cultura brasileira**. São Paulo: Casa Amarela, 1998. 303 p.

VELINI, E. D. Comportamento de herbicidas no solo. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE MANEJO DE PLANTAS DANINHAS EM HORTALIÇAS, 1992, Botucatu. **Resumos...** Botucatu: 1992. p. 44-64.

VELINI, E. D. et al. Avaliação da seletividade da mistura de oxyfluorfen e ametryne, aplicada em pré ou pós-emergência, a dez variedades de cana-de-açúcar (cana planta). **Planta Daninha**, v. 18, p. 123-134, 2000.

VELINI, E. D.; NEGRISOLI, E. Controle de plantas daninhas em cana-crua. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22, Foz do Iguaçu, 2000. **Palestras...** Londrina: SBCPD, 2000, p.148-164.

VICTORIA FILHO, R.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Manejo de plantas daninhas e produtividade da cana. **Visão Agrícola**, n.1, p.32-37, 2004.

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

ZABIK J. M.; et al. Terrestrial field dissipation of diclosulam at four sites in the United States. **Journal of Agriculture Food Chemistry**, v. 49, n. 7, p. 3284-3290, 2001.