

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**SELETIVIDADE DOS HERBICIDAS AMICARBAZONE E  
SULFENTRAZONE PARA CANA SOCA SECA, UTILIZANDO-SE  
TESTEMUNHA PAREADA, E AÇÃO NA MICROBIOTA DO SOLO**

**Phelippe Sant'Anna Honório Ferreira**

Engenheiro Agrônomo

**2016**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**SELETIVIDADE DOS HERBICIDAS AMICARBAZONE E  
SULFENTRAZONE PARA CANA SOCA SECA, UTILIZANDO-SE  
TESTEMUNHA PAREADA, E AÇÃO NA MICROBIOTA DO SOLO**

**Phelippe Sant'Anna Honório Ferreira**

**Orientadora: Profa. Dra. Núbia Maria Correia**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção de título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

**2016**

F383s Ferreira, Phelippe Sant'Anna Honório  
Seletividade dos herbicidas Amicarbazone e Sulfentrazone para cana soca seca, utilizando-se testemunha pareada, e ação na microbiota do solo / Phelippe Sant'Anna Honório Ferreira. -- Jaboticabal, 2016  
vii, 63 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2016  
Orientadora: Núbia Maria Correia  
Banca examinadora: Roberto Estevão Bragion de Toledo, Mariluce Pascoina Nepomuceno  
Bibliografia

1. Cana-de-açúcar. 2. Fitointoxicação. 3. Microbiologia. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 633.61:632.954

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

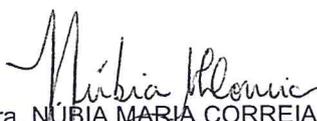
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: SELETIVIDADE DOS HERBICIDAS AMICARBAZONE E SULFENTRAZONE PARA CANA SOCA SECA, UTILIZANDO-SE TESTEMUNHA PAREADA, E AÇÃO NA MICROBIOTA DO SOLO

AUTOR: PHELIPPE SANTANNA HONÓRIO FERREIRA

ORIENTADORA: NÚBIA MARIA CORREIA

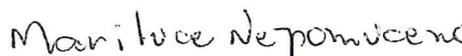
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:



Pesquisadora Dra. NUBIA MARIA CORREIA  
Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças / EMBRAPA - Brasília/DF



Pesquisador Dr. ROBERTO ESTÊVÃO BRAGION DE TOLEDO  
HRAC-BR / Piracicaba/SP



Pós-doutoranda MARILUCE PASCOINA NÉPOMUCENO  
Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 22 de julho de 2016

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

**PHELIPPE SANT'ANNA HONÓRIO FERREIRA** - Nascido em 13 de abril de 1989 na cidade de Porto Alegre, RS. Realizou o curso de Engenharia Agrônoma, na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV/UNESP), Jaboticabal, SP, concluindo-o em 2012. Em agosto de 2013 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, nível de mestrado, da FCAV/UNESP, sob a orientação da Profa. Dra. Núbia Maria Correia. Em maio de 2015, paralelamente ao curso de mestrado, trabalhou na Agrocerrado, em Patos de Minas – MG com parceria de Syngenta, Stoller e Inquima, onde trabalhou com desenvolvimento de produtos e tecnologia de aplicação. Atualmente é Assistente Técnico de pesquisa e desenvolvimento de mercado pela Adama, com a cultura do café, sediado na cidade de Franca – SP, e com atuação até o sul de Minas.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia (Produção Vegetal) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (FCAV/UNESP), pela oportunidade de realização do curso de Mestrado.

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Núbia Maria Correia, pela orientação, amizade, paciência, dedicação e profissionalismo.

Aos meus pais, Terezinha Aparecida Sant’Anna Honório Ferreira e Washington Honório Ferreira por todo amor, parceria, educação e dedicação, os quais me guiam até o hoje.

Aos meus irmãos, Thiago Sant’Anna Honório Ferreira e Washington Honório Ferreira Filho (*in memorium*), por toda proteção, amizade e companheirismo.

À minha noiva, Juliana Furtado Arrobas Martins, pela amizade, paciência, parceira e amor em todos os momentos.

A todos os funcionários das Usinas Colombo e Pitangueiras, pela ajuda no desenvolvimento final dos trabalhos.

Aos componentes da banca examinadora do Exame Geral de Qualificação, Prof. Dr. Silvano Bianco, Prof. Dr. Robson Luiz Machado Pitelli e Dr. Marcos Kuva, pelas correções, sugestões e conselhos.

Aos amigos Leonardo José Petean Gomes e Cássio Henrique Pereira Nogueira, por me ajudarem do início ao fim nesse trabalho.

Ao Gilson J. Leite, pelo auxílio sempre que necessário.

À todos aqueles que em algum momento contribuíram para a realização desse trabalho, em especial: Jurandir de Oliveira (Bizu), Guilherme Balieiro e Diego Henrique Mafra.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	vi
ABSTRACT .....	vii
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	3
2.1 A cultura da cana-de-açúcar .....	3
2.2 Plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar .....	4
2.3 Uso de herbicidas nos canaviais.....	6
2.3.1 Amicarbazone .....	8
2.3.2 Sulfentrazone.....	10
2.4 Seletividade dos herbicidas .....	11
2.5 Ação dos herbicidas na microbiota do solo.....	15
2.6 Testemunhas pareadas .....	17
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	19
3.1 Seletividade dos herbicidas amicarbazone e sulfentrazone para cana soca ...	19
3.1.1 Local e época .....	19
3.1.2 Delineamento experimental e tratamentos .....	19
3.1.3 Descrição dos produtos utilizados .....	20
3.1.4 Representação e dimensão das parcelas.....	20
3.1.5 Aplicação dos herbicidas .....	21
3.1.6 Avaliações .....	23
3.1.7 Análise estatística.....	23
3.2 Ação dos herbicidas amicarbazone e sulfentrazone na microbiota do solo cultivado com cana-de-açúcar .....	24
3.2.1 Local e época .....	24

3.2.2 Delineamento experimental e tratamentos .....	24
3.2.3 Representação e dimensão das parcelas.....	24
3.2.4 Aplicações dos herbicidas .....	24
3.2.5 Coleta de solo.....	25
3.2.6 Análises microbiológicas e químicas .....	25
3.2.6.1 Umidade (%)......	25
3.2.6.2 Atividade respiratória microbiana (mg C-CO <sub>2</sub> 100 g <sup>-1</sup> solo) .....	26
3.2.6.3 Carbono da biomassa microbiana (µg Cmic g <sup>-1</sup> de C no solo) .....	26
3.2.6.4 Carbono orgânico (g C Kg <sup>-1</sup> solo) .....	27
3.2.6.5 Matéria orgânica (g Kg <sup>-1</sup> ) .....	27
3.2.7 Análise estatística.....	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
4.1 Seletividade dos herbicidas amicarbazone e sulfentrazone para cana soca ...	29
4.2 Ação dos herbicidas amicarbazone e sulfentrazone na microbiota do solo cultivado com cana-de-açúcar .....	35
5. CONCLUSÕES .....	44
6. REFERÊNCIA .....	45
APÊNDICE .....	55

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Datas, horários e condições meteorológicas no momento das aplicações dos herbicidas nos experimentos.....	22
<b>Tabela 2.</b> Resultados do teste F da análise de variância para altura, diâmetro, estande e produtividade de colmos de cana-de-açúcar tratada com herbicida, além da testemunha pareada. Bebedouro, SP. 2014. ....	30
<b>Tabela 3.</b> Resultados do teste F da análise de variância para altura, diâmetro, estande e produtividade de colmos de cana-de-açúcar tratada com herbicida, além da testemunha pareada. Ariranha, SP. 2014. ....	30
<b>Tabela 4.</b> Resultados do teste F da análise de variância para sólidos solúveis (brix), teor de sacarose (POL), peso do bagaço úmido (PBU), pureza do caldo (PZA), açúcares redutores (AR) do caldo e da cana, fibra e açúcares redutores totais (ATR) de cana-de-açúcar tratada com herbicida, além da testemunha pareada. Bebedouro, SP. 2014.....	31
<b>Tabela 5.</b> Resultados do teste F da análise de variância para sólidos solúveis (brix), teor de sacarose (POL), peso do bagaço úmido (PBU), pureza do caldo (PZA), açúcares redutores (AR) do caldo e da cana, fibra e açúcares redutores totais (ATR) de cana-de-açúcar tratada com herbicida, além da testemunha pareada. Ariranha, SP. 2014.....	31
<b>Tabela 6.</b> Resultados do teste F da análise de variância para umidade, atividade respiratória microbiana (C-CO <sub>2</sub> ), carbono da biomassa microbiana (CBM), carbono orgânico (COrg) e matéria orgânica (MO) do solo mantido com a cultura de cana-de-açúcar, em função da aplicação de herbicida, do local e da época de coleta das amostras de solo cultivado com a cultura de cana-de-açúcar. Santa Adélia, SP. 2014. ....	36
<b>Tabela 7</b> Umidade (%) do solo cultivado com a cultura de cana-de-açúcar, em função da época de coleta (0, 15, 30, 60 e 90 dias após a aplicação - DAA) e do local de coleta (linha e entrelinha) das amostras de solo. Santa Adélia, SP. 2014. ...	36
<b>Tabela 8</b> Atividade respiratória microbiana (mg CO <sub>2</sub> 100 g <sup>-1</sup> solo) do solo cultivado com a cultura de cana-de-açúcar, em função da época de coleta (0, 15, 30, 60 e 90	

dias após a aplicação - DAA) e do local de coleta (linha e entrelinha) das amostras de solo. Santa Adélia, SP. 2014.....	38
<b>Tabela 9</b> Carbono da biomassa microbiana ( $\mu\text{g C}_{\text{mic}} \text{g}^{-1}$ de C no solo) do solo cultivado com a cultura de cana-de-açúcar, em função da aplicação de herbicidas/testemunha e da época de coleta das amostras de solo (0, 15, 30, 60 e 90 dias após a aplicação - DAA). Santa Adélia, SP. 2014. ....	40
<b>Tabela 1A</b> Valores diários e totais mensais de precipitação registrados durante os meses de agosto a dezembro de 2013 no experimento de Bebedouro, SP. ....	55
<b>Tabela 2A</b> Valores diários e totais mensais de precipitação registrados durante os meses de janeiro a julho de 2014 no experimento de Bebedouro, SP.....	56
<b>Tabela 3A</b> Valores diários e totais mensais de precipitação registrados durante os meses de agosto a dezembro de 2013 no experimento de Ariranha, SP. ....	57
<b>Tabela 4A</b> Valores diários e totais mensais de precipitação registrados durante os meses de janeiro a julho de 2014 no experimento de Ariranha, SP.....	58
<b>Tabela 5A</b> Valores diários e totais mensais de precipitação registrados durante os meses de novembro de 2013 a fevereiro de 2014 no experimento de Santa Adelia – SP. ....	59

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Representação da parcela experimental, em que está apresentada a subparcela pulverizada com herbicida, em azul, e a subparcela da testemunha pareada, em amarelo. ....21
- Figura 2.** Precipitação pluvial (total mensal) registrada para o experimento de Ariranha (a) e Bebedouro (b), no período de agosto de 2013 a julho de 2014. Dados obtidos na Estação Agroclimatológica da Usina Colombo, em Ariranha - SP, e Estação Experimental de Citricultura, em Bebedouro - SP. ....33
- Figura 3.** Umidade (%) e atividade respiratória microbiana ( $\text{mg CO}_2 \text{ 100 g}^{-1} \text{ solo}$ ) do solo cultivado com a cultura de cana-de-açúcar, em função da época de coleta (0, 15, 30, 60 e 90 dias após a aplicação - DAA) e do local de coleta (linha e entrelinha) das amostras de solo. Santa Adélia, SP. 2014. ....37
- Figura 4.** Carbono da biomassa microbiana do solo ( $\mu\text{g C}_{\text{mic}} \text{ g}^{-1} \text{ de C no solo}$ ) cultivado com a cultura de cana-de-açúcar, em função da aplicação de herbicidas/testemunha e da época de coleta as amostras de solo (0, 15, 30, 60 e 90 dias após a aplicação - DAA). Santa Adélia, SP. 2014. ....41
- Figura 5.** Carbono orgânico ( $\text{g C kg}^{-1} \text{ solo}$ ) e matéria orgânica ( $\text{g kg}^{-1}$ ) do solo cultivado com a cultura de cana-de-açúcar, em função da época de coleta das amostras de solo (0, 15, 30, 60 e 90 dias após a aplicação - DAA). Santa Adélia, SP. 2014. ....43

## SELETIVIDADE DOS HERBICIDAS AMICARBAZONE E SULFENTRAZONE PARA CANA SOCA SECA, UTILIZANDO-SE TESTEMUNHAS PAREADAS, E AÇÃO NA MICROBIOTA DO SOLO

**RESUMO** - A escolha do tratamento químico (herbicida, associações de produtos, dosagem ou época de aplicação) deve considerar a sua seletividade para a cultura de interesse econômico. Além disso, o tratamento escolhido pode afetar a microbiota do solo. Assim, objetivou-se estudar a ação fitotóxica dos herbicidas sulfentrazone e amicarbazone para a cultura da cana-de-açúcar, especificamente, cana soca, utilizando-se o método de testemunhas pareadas para aumentar a precisão experimental; e avaliar a ação dos herbicidas na microbiota do solo. O trabalho englobou a realização de três experimentos em área de produção comercial de cana-de-açúcar, dois relacionados à seletividade dos herbicidas amicarbazone e sulfentrazone para soqueira de cana (cvs. RB855453 e SP87-365); e um sobre a ação desses herbicidas na microbiota do solo cultivado com cana soca (cv. RB975944). Nos dois experimentos sobre seletividade, o delineamento experimental foi de blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. Cada parcela foi subdividida em duas, o herbicida foi aplicado em uma metade e a outra metade foi mantida como testemunha pareada. Oito tratamentos com herbicidas foram estudados: amicarbazone (700 e 1050 g ha<sup>-1</sup>) e sulfentrazone (600 e 800 g ha<sup>-1</sup>), pulverizados em pré-emergência e brotação inicial da cana-de-açúcar (plantas com 2 a 3 folhas, 60% brotada). Foram realizadas avaliações de fitointoxicação visual, altura, diâmetro, estande e produtividade de colmos, além de análises tecnológicas. O experimento de microbiologia foi instalado no delineamento de blocos ao acaso, em esquema de parcelas sub-subdividida, com cinco repetições. Nas parcelas, foram estudados cinco tratamentos com herbicidas (amicarbazone a 700 e 1050 g ha<sup>-1</sup>, sulfentrazone a 600 e 800 g ha<sup>-1</sup> e testemunha sem aplicação); nas subparcelas, dois locais de coleta de solo (linha e entrelinha da cana-de-açúcar) e, nas subsubparcelas, cinco épocas de coleta (antes da aplicação - zero, e aos 15, 30, 60 e 90 dias após a aplicação dos herbicidas). Foram analisados a umidade do solo, a taxa respiratória microbiana, o carbono da biomassa microbiana, o carbono orgânico e a matéria orgânica do solo. Os herbicidas amicarbazone e sulfentrazone, nas dosagens e nas épocas de aplicação estudadas, não ocasionaram fitointoxicação ou prejuízos na quantidade e na qualidade dos colmos de cana-de-açúcar (cvs. RB855453 e SP87 365). O amicarbazone e o sulfentrazone também não causaram efeito deletério à microbiota do solo cultivado com cana-de-açúcar (cv. RB975944).

**Palavras-chave:** cana-de-açúcar, fitointoxicação, microbiologia, *Saccharum officinarum*, tolerância.

**SELETIVIDADE DOS HERBICIDAS AMICARBAZONE E SULFENTRAZONE  
PARA CANA SOCA SECA, UTILIZANDO-SE TESTEMUNHAS PAREADAS, E  
AÇÃO NA MICROBIOTA DO SOLO**

**ABSTRACT** - The choice of chemical treatments (herbicide, product associations, dosage or time of application) should consider selectivity for the culture of economic interest. Moreover, the chosen treatment can affect the soil microbiota. The aim of this study was to evaluate the phytotoxicity of herbicides sulfentrazone and amicarbazone for ratoon sugarcane, using the method of additional checks to increase experimental precision and assess the effect of herbicides on soil microbiota. The work included the development of three experiments in commercial area of sugarcane, two related to the selectivity of herbicides amicarbazone and sulfentrazone to ratoon (cvs RB855453 and SP87-365) Other for the action of these herbicides in the soil microbiota, cultivate with ratoon (cv. RB975944). Both selectivity experiments used randomized blocks experimental design with subdivided plots, with four replications. Herbicides was sprayed on half and the other was kept with an additional check. Eight herbicides treatments were studied: Amicarbazone (700 and 1050 g ha<sup>-1</sup>) and sulfentrazone (600 and 800 g ha<sup>-1</sup>), sprayed in pre-emergence and initial sprouting of sugarcane (plants with 2-3 leaves, 60% sprouted). Were achievements reviews of visual phytotoxicity, height, stem diameter, stand, stem productivity and technological analysis. The soil microbiota experiment was in a randomized block design also with subdivided plot, with five replications. The plots were studied five treatments with herbicides (Amicarbaazone 700 and 1050 g ha<sup>-1</sup>, sulfentrazone at 600 and 800 g ha<sup>-1</sup>, and check); subplots, two soil sampling sites (row and interrow of sugarcane) and in subsubplots, five samplings (before application – zero, 15, 30, 60 and 90 days after application). The assessment consisted in soil moisture, microbial respiratory rate, microbial biomass carbono, organic carbono and soil organic matter. Amicarbazone herbicides and sulfentrazone, the dosages and the studied application times, did not cause plant injury or damage in the quantity and quality of the sugarcane stem (cvs. RB855453 and SP87 365). Amicarbazone and sulfentrazone also did not cause deleterious effects on soil microbiota cultivated with sugarcane (cv. RB975944).

**Key words:** sugarcane, phytointoxication, microbiology, *Saccharum officinarum*, tolerance.

## 1. INTRODUÇÃO

São diversos os fatores bióticos responsáveis pela depreciação na quantidade e qualidade dos colmos de cana-de-açúcar, entre eles a interferência das plantas daninhas. Os efeitos de matocompetição durante o ciclo da cana-de-açúcar podem acarretar perdas de até 83,1% na produtividade de colmos e até 83,6% no  $\text{pol ha}^{-1}$ , em relação à testemunha capinada (Graciano e Ramalho, 1983). A interferência no processo produtivo ocorre por meio da competição pelos recursos do meio, como água, luz e nutrientes; liberação de substâncias alelopáticas, hospedeira de pragas e doenças da cultura e interferência nos tratos culturais/colheita (PITELLI, 1985).

Como opção para o manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar, tem-se os herbicidas amicarbazone e o sulfentrazone. O amicarbazone é registrado para o controle de plantas daninhas mono e eudicotiledôneas nas culturas de milho e cana-de-açúcar, possui solubilidade em água elevada, de baixa a moderada capacidade de adsorção no solo, fotodegradação desprezível e é praticamente não volátil (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011). Por sua vez, o sulfentrazone é registrado para o controle de plantas daninhas mono e eudicotiledôneas nas culturas de eucalipto, citros, café, soja e cana-de-açúcar; possui solubilidade média em água; é medianamente lipofílico, fracamente adsorvido ao solo e não volátil (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011). As características físicas e químicas dos herbicidas são importantes, pois afetam a dinâmica da molécula tanto na planta como no solo.

Além da eficácia do controle químico, a escolha do tratamento (herbicida, associações de produtos, dosagem ou época de aplicação) também deve considerar a sua seletividade para a cultura de interesse econômico. Seletividade é a característica dos herbicidas que possibilita a sua aplicação para o controle de plantas daninhas sem causar danos às culturas (ALTERMAN; JONES, 2003). É muito dinâmica, pois depende de fatores, como dosagem, formulação, localização espacial do herbicida em relação à planta, retenção, idade das plantas, cultivar e metabolismo (OLIVEIRA JÚNIOR; NOUE, 2011).

Os herbicidas também podem influenciar na dinâmica da microbiota do solo, ocasionando efeitos maléficos, benéficos ou nulos (REIS et al., 2008). No entanto, a atividade dos microrganismos no solo é a principal responsável pela degradação dos herbicidas (CORK; KRUEGER, 1991). Os herbicidas podem atuar na microbiota do solo de duas formas, primeiro, servindo de substrato para o seu crescimento e, segundo, interferindo nos microrganismos responsáveis pela degradação da molécula, por meio de sistemas enzimáticos, que transformam o agroquímico em nutriente e fonte de energia. (CORK; KRUEGER, 1991).

Quanto ao delineamento dos experimentos de seletividade instalados em campo, a maioria é em delineamento em blocos casualizados (DBC), com os resultados submetidos à análise de variância, aplicação do teste F, seguido de um teste de comparação de médias (Tukey, teste t, Duncan etc.) quando necessário. No entanto, para cana-de-açúcar, o uso de uma única testemunha dentro de cada bloco dificulta a observação de algumas variáveis, principalmente, quando as plantas estão mais desenvolvidas (AZANIA et al., 2005). Com a finalidade de aumentar a precisão experimental tem-se o uso de testemunhas pareadas (AZANIA et al., 2005; PERECIN et al., 2015.).

Com a hipótese de que os herbicidas amicarbazone e sulfentrazone podem ocasionar impactos negativos em soqueiras de cana-de-açúcar e na microbiota do solo, foi realizado o presente trabalho. Assim, objetivou-se estudar a ação fitotóxica dos herbicidas sulfentrazone e amicarbazone na cultura da cana-de-açúcar, especificamente, cana soca, colhida mecanicamente sem queima prévia das plantas, utilizando-se o método de testemunhas pareadas; e avaliar o efeito na microbiota do solo.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A cultura da cana-de-açúcar

Os primeiros relatos do cultivo da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) provem da Nova Guiné, difundindo-se, progressivamente para a China e Índia e chegou ao Brasil na metade do século XVI (FALCONNIER, 1991). Do seu processo industrial, obtém-se o açúcar e suas derivações, como o álcool anidro e hidratado, o vinho, a levedura de cana, o bagaço, dentre outros (FIESP-CIESP, 2006).

No Brasil, a área cultivada com cana-de-açúcar colhida e destinada às atividades sucroalcooleiras, na safra 2015/2016, foi de aproximadamente 8.995,9 mil hectares, com decréscimo de 0,1% em relação à safra passada. São Paulo é o maior produtor nacional, com 52% da área plantada, seguido por Goiás (com 10,1%) e Minas Gerais (com 9%). A produção total de cana-de-açúcar moída na safra de 2015/2016 foi de 658,7 milhões de toneladas, 3,8% a mais que na safra 2014/2015 (CONAB, 2016).

Existem três períodos de instalação dos canaviais: de janeiro a abril, que constitui a cana de 18 meses ou ano e meio; de maio a agosto, conhecido como plantio de inverno; e de setembro a dezembro, que representa a cana de ano. O mais utilizado é o plantio de janeiro a abril, em função das condições climáticas favoráveis. No plantio de inverno ocorre maior acúmulo de açúcar na planta, devido às oscilações de temperaturas, e quando há um período de seca moderada o elevado controle de erosão (MARCHIORI, 2004). Existe grande influência da época de plantio e da cultivar de cana na brotação, perfilhamento, desenvolvimento e produção final da cultura, o que se deve a diferenças no tempo de desenvolvimento, na temperatura e umidade necessárias para a germinação, precipitação, fotoperíodo, etc. (ROSSI, 2012).

Após o primeiro corte da cana planta, esta passa a ser chamada de cana soca e as demais colheitas são anuais. Assim, durante todo o ano, há canaviais em processo de rebrota, seja em áreas colhidas para processamento nas indústrias ou para fornecimento de mudas. Conseqüentemente, o desenvolvimento inicial da

rebrotará ocorrerá em diferentes condições meteorológicas de temperatura, precipitação e umidade relativa. (KUVA, 2006).

No início da safra no estado de São Paulo (abril-junho) as precipitações começam a diminuir, mas o solo ainda contém quantidade de umidade proveniente das chuvas de verão, essa cana é denominada de “soca semi seca” (KUVA, 2006). Nos meses de junho a agosto, ocorre o período de estiagem e o solo encontra-se com a umidade muito baixa, a cana colhida nessa época é conhecida como “soca seca”. O período de chuva retornará em meados de setembro, repondo a umidade perdida do solo, a cana cortada nesse período é denominada de “soca semi úmida”. Com a concentração das chuvas no fim do ano, constitui-se a “soca úmida”, que irá até dezembro (KUVA, 2006).

O mesmo canavial pode ter de cinco a dez cortes, uma colheita por ano agrícola. Quando não se tem mais a produção esperada pela rebrota, é feita a destruição da soqueira e a renovação do canavial, com o plantio opcional de uma cultura em rotação, que pode ser crotalária, soja ou amendoim (KUVA, 2006).

## 2.2 Plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar

As plantas daninhas de maior ocorrência nos canaviais são: capim-colonião (*Panicum maximum*), capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea*), capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*), capim-colchão (*Digitaria* spp.), capim-camalote (*Rottboellia exaltata*), grama-seda (*Cynodon dactylon*), corda-de-viola (*Ipomoea* spp.), tiririca (*Cyperus rotundus*) e picão-preto (*Bidens pilosa*) (PROCÓPIO et al., 2003). Kuva et al. (2006) também cita as espécies: capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus*), capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*), capim-massambará (*Sorghum halepenses*), beldroega (*Portulaca oleracea*), carrapicho-carneiro (*Acanthospermum hispidum*), guaxuma (*Sida* spp.) e trapoeraba (*Commelina benghalensis*), como importantes plantas daninhas nos canaviais.

Têm-se observado nos canaviais aumento da infestação de espécies de trepadeiras, como as dos gêneros *Merremia* e *Ipomoea*, nas áreas (CORREIA; BRAZ; FUZITA, 2010). Possivelmente, a manutenção da palha de cana sobre o solo, após a colheita mecanizada sem queima prévia das plantas, cria ambiente mais

favorável à germinação das sementes e ao desenvolvimento das plantas, devido à menor amplitude térmica diária, maior conservação da umidade do solo e melhoria química e física deste. Além disso, houve facilidade na disseminação das sementes produzidas pelos “escapes” dessas plantas, seja dentro da área e ou de uma área para outra, pela própria colhedora, a qual passou pela área contaminada, no momento da colheita da cana de outro talhão não contaminado.

Outras espécies com destaque nas áreas de cana-de-açúcar são: mucuna-preta (*Stizolobium aterrimum*), mamona (*Ricinus comunis*), bucha (*Luffa aegyptiaca*) e melão-de-São-Caetano (*Momordica charantia*). Segundo Squassoni (2012) essas espécies apresentam grande adaptação ao sistema de “cana crua” - colheita mecanizada sem queima prévia das plantas, pois as sementes são eficientemente dispersadas pela colhedora e a palha não inibe a germinação e emergência das plantas.

Além das perdas de produção, devido à competição e possíveis efeitos alelopáticos, as plantas daninhas podem interferir na colheita mecanizada da cana, servirem como hospedeiras alternativas de pragas, doenças e nematoides. Nesse sentido, plantas de tiririca (*Cyperus* spp.) exsudam compostos químicos, que podem inibir a brotação e o perfilhamento de cultivares de cana mais sensíveis, como a RB835486 (ROLIM; GONÇALVES; CORBO, 2002).

O grau de interferência depende dos fatores ligados à própria cana-de-açúcar (cultivar, espaçamento e densidade de plantio), à comunidade infestante (composição específica, densidade e distribuição) e a época e extensão do período de convivência, podendo ainda ser influenciado pelas condições edafoclimáticas (PITELLI, 1985). A esse respeito, a interferência de *B. decumbens*, *C. rotundus* e *Rottboelia exaltata* em cana planta ocasionou perdas na produção de colmos de 82%, 20% e 100%, respectivamente (KUVA et al., 2001; KUVA et al., 2000; AZANIA et al., 2009). Em cana soca, a convivência com *I. hederifolia* resultou em redução na produtividade de 46% e de 80% com *Rottboelia exaltata* (SILVA et al., 2009; AZANIA et al., 2009).

No estudo sobre períodos de convivência de plantas daninhas em cana planta, Rolim e Christoffoleti (1982) mencionaram que a competição de *B. plantaginea* e *D. insularis*, passou a ser crítica a partir dos 30 dias do plantio, com

perdas de 86% na produção de colmos, quando estas não foram manejadas. De acordo com Azania, Rolim e Azania (2010), em termos gerais, para cana planta de ano e meio o período crítico de prevenção da interferência (PCPI) estende-se do segundo ao quarto mês após o plantio; para cana planta de ano ou soqueira, esse período ocorre do segundo ao terceiro mês após a o plantio ou corte. Silva et al. (2009) estimaram o período anterior a interferência (PAI) de 33 dias em cana soca úmida, ou seja, pode-se aguardar 33 dias antes da brotação, para realizar o controle da comunidade infestante, especialmente *Ipomoea hederifolia*. Em cana soca úmida infestada com *P. maximum*, *A. hispidium* e *A. tenella*, Meirelles, Alves e Nepomuceno (2009) obtiveram o PAI de 9 a 18 dias após a brotação (DAB) e o período total de prevenção da interferência de 137 a 200 DAB.

As plantas daninhas estão sempre presentes no canavial e o controle feito de forma inadequada ou deficiente é imediatamente visível, refletindo em maior ou menor dano na qualidade ou quantidade de colmos. Por outro lado, o manejo da comunidade infestante representa de 20% do custo total da implantação do canavial e de 30% do custo de tratos culturais nas soqueiras (ROLIM; PASTRE, 2000).

### **2.3 Uso de herbicidas nos canaviais**

O objetivo do controle químico de plantas daninhas é a obtenção de máxima eficácia de controle com alta seletividade para a cultura instalada, de forma econômica e com mínimo efeito ambiental (ARALDI, 2010). O método químico é o mais utilizado nos canaviais, em virtude do menor custo e da sua praticidade comparado a outros métodos (ROSSI, 2004). Há mais de 47 herbicidas (ingredientes ativos) registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para a cultura da cana-de-açúcar (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011; MAPA, 2015). Destes, de 15 a 20 são os mais usados (KUVA; SALGADO, 2014).

Na cana-de-açúcar, os herbicidas podem ser aplicados em pré-plantio com incorporação ao solo (PPI), em pré-emergência (PRÉ) ou pós-emergência (PÓS). Em PPI o herbicida é pulverizado antes do plantio da cana e incorporado ao solo a uma profundidade de até 10 cm no perfil. Essa prática é feita para proteger a molécula de perdas por volatilização e fotodegradação. Nas aplicações em PRÉ, o

herbicida é pulverizado após o plantio ou colheita da cana-de-açúcar, mas, antes da emergência das plantas daninhas. O solo deve ter umidade adequada e a sua superfície sem torrões (OBARA, 2014). Em PÓS, a aplicação dos herbicidas é feita após o plantio ou colheita e após a emergência das plantas daninhas. Em condições hídricas favoráveis e temperaturas entre 25°C a 35°C, as plantas estarão metabolicamente mais ativas, favorecendo a absorção e translocação dos herbicidas e, conseqüentemente, a sua eficácia (AZANIA; ROLIM e AZANIA, 2010).

Algumas características físicas e químicas dos herbicidas, como solubilidade em água, pressão de vapor e coeficiente de partição octanol-água (Kow), devem ser conhecidas, principalmente para aqueles pulverizados em PRÉ (FORNAROLLI et al., 1998). Segundo Christoffoleti et al. (2004) herbicidas de alta solubilidade, baixo coeficiente de partição octanol-água, pouco ou não voláteis e fraca adsorção ao solo, podem ser recomendados para a aplicação em cana-de-açúcar nas épocas mais secas do ano. Entre os herbicidas registrados para cana-de-açúcar apenas amicarbazone, imazapic, hexazinone, isoxaflutole, sulfentrazone e tebuthiuron são recomendados para uso na época seca, além das misturas comerciais clomazone + hexazinone e diuron + hexazinone + sulfometuron-methyl (PROCÓPIO et al., 2008; RODRIGUES; ALMEIDA, 2011; MAPA, 2015).

A aplicação de herbicidas em cana soca é feita principalmente em pré-emergência das plantas daninhas. Assim, em condições de colheita mecanizada sem queima prévia das plantas de cana, os produtos serão aplicados sobre a palha, que poderá estar em quantidades de até 20 t ha<sup>-1</sup> na superfície do solo (SILVA et al., 2011). No entanto, a palha pode comprometer a capacidade do herbicida residual em atingi-lo, devido a sua retenção pela mesma, não permitindo o seu contato com o solo. Dependendo das características físicas e químicas dos herbicidas, como solubilidade, volatilidade e polaridade, a palha terá maior ou menor influência na sua eficácia (CORREIA; DURIGAN; KLINK, 2007). A interceptação dos herbicidas pela palha expõe o herbicida a condições favoráveis à fotodegradação e volatilização, até que seja levado ao solo pela chuva (CARBONARI, 2007).

Cavenaghi et al. (2007), ao avaliar a dinâmica do herbicida amicarbazone (1400 g ha<sup>-1</sup>) pulverizado sobre diferentes quantidades de palha de cana-de-açúcar (5, 10, 15 e 20 t ha<sup>-1</sup>), associado a sete intensidades de chuva (2,5, 5, 10, 15, 20, 35

e 65 mm), um dia após a aplicação, verificaram que a quantidade de amicarbazone lixiviado pelas lâminas de água, variou conforme a quantidade de palha e a intensidade de chuva estudados. Para  $5 \text{ t ha}^{-1}$ , a lâmina de 2,5 mm lixiviou 40% do amicarbazone, enquanto para 10, 15 e  $20 \text{ t ha}^{-1}$  a mesma lâmina lixiviou 33%, 25% e 25% do produto aplicado.

No estudo sobre a aplicação de amicarbazone ( $1400 \text{ g ha}^{-1}$ ) em pré-emergência na ausência ou presença de palha de cana sobre o solo, com e sem chuva simulada na sequência; Negrisoli et al. (2007) relataram que o herbicida foi mais eficaz para *I. grandifolia*, *B. plantaginea* e *B. decumbens* quando o mesmo atingiu o solo, seja aplicado diretamente ou lixiviado da palha para o solo pela água da chuva. Para *C. rotundus*, as maiores porcentagens de controle foram obtidas quando o amicarbazone foi aplicado sobre a palha, com a simulação de chuva na sequência, evidenciando que a lixiviação é um processo fundamental para apropriada absorção e controle de plantas daninhas pelo herbicida (NEGRISOLI et al., 2007).

Para o herbicida sulfentrazone, Correia; Camilo; Santos (2013), relataram que 20 mm de chuva simulada após a sua aplicação ( $600 \text{ g ha}^{-1}$ ) sobre  $10 \text{ t ha}^{-1}$  de palha de cana, foram suficientes para removê-lo da palha para o solo e resultar no controle satisfatório de *I. hederifolia* e *I. quamoclit* por até 90 dias sem chuva. No entanto, Durigan; Timossi; Leite, (2004) relataram que a manutenção da palha de cana na superfície do solo prejudicou a ação do sulfentrazone para o controle de *C. rotundus*, comparado ao tratamento sem palha. O mesmo foi observado por Simoni et al. (2006), em que 10 mm de chuva não foram suficientes para lixiviar o sulfentrazone da palha para o solo, resultando em um controle insatisfatório de *C. rotundus*, porém, 20 mm de chuva removeram o sulfentrazone da palha mesmo na quantidade de  $20 \text{ t ha}^{-1}$ .

### 2.3.1 Amicarbazone

O herbicida amicarbazone é registrado para as culturas da cana-de-açúcar e milho, possui nome químico de [1 H-1,2,4-triazole-1-carboxamide, 4 amino-N-(1,1-dimethyl-ethyl)-4,5-dihydro-3-(1-methyl)-5-oxo], pertence ao grupo químico das

triazolinonas e controla eudicotiledôneas e algumas monocotiledôneas. O produto comercial é o Dinamic<sup>®</sup>, comercializado na formulação de grânulos dispersíveis em água (WG), na concentração de 700 g de ingrediente ativo por kg de produto comercial e possui classe toxicológica II (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011; TOLEDO et al., 2004). Quanto ao seu mecanismo de ação, o amicarbazone é inibidor do Fotossistema II, não permitindo a redução do NADPH, o qual é essencial para fixação de CO<sub>2</sub> (YAMAMOTO, 2001). A morte das plantas, entretanto, pode ocorrer devido a outros processos, como a peroxidação de lipídeos e proteínas, promovendo a destruição das membranas e clorofila (TOLEDO et al., 2004).

A aplicação de amicarbazone em cana-de-açúcar deve ser feita em pré ou pós-emergência precoce, quando as plantas daninhas estiverem no máximo com quatro folhas, nas dosagens de 1050 a 1400 g ha<sup>-1</sup> para o controle de *B. plantaginea*, *D. horizontales*, *P. maximum*, *B. pilosa*, *C. benghalensis*, *Amaranthus* spp. e *Ipomoea* spp. (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011).

Vários trabalhos relataram a eficácia de amicarbazone no controle de espécies do gênero *Ipomoea* e *Merremia*. Perim et al. (2009) mencionaram que o amicarbazone resultou em ótimo controle de *Ipomoea grandifolia*. De acordo Carvalho; Queiroz; Toledo (2011), o amicarbazone, nas dosagens de 1050, 1225 e 1400 g ha<sup>-1</sup>, foi altamente eficaz no controle de *I. grandifolia*, *I. hederifolia*, *I. nil*, *I. quamoclit* e *M. cissoides*. O mesmo foi observado por Toledo et al. (2009) para *I. grandifolia* e *M. cissoides*. Por outro lado, Campo et al. (2009) observaram resposta diferencial entre as espécies de corda-de-viola ao amicarbazone, em que *I. quamoclit* foi a mais sensível, *I. triloba* intermediária e *M. cissoides* a mais tolerante.

O amicarbazone possui solubilidade em água elevada (4600 mg L<sup>-1</sup> a temperatura de 25°C a pH = 4 a 9), de baixa a moderada capacidade de adsorção no solo (Koc = 23 a 37), fotodegradação desprezível e é praticamente não volátil (pressão de vapor de 0,975 x 10<sup>-8</sup> mm Hg à temperatura de 20°C). A sua degradação é principalmente microbiana, com meia vida de 3 a 6 meses, dependendo das condições de solo e clima, dosagem, tipo e textura do solo, teor de matéria orgânica e quantidade de chuva (CARBONARI et al., 2009; RODRIGUES; ALMEIDA, 2011).

A seletividade do amicarbazone para a cana-de-açúcar se dá pela metabolização do herbicida pelas plantas e pelo posicionamento no solo, relacionado à absorção (TOLEDO et al., 2004; DAYAN; TRINDADE; VELINI, 2009.).

### 2.3.2 Sulfentrazone

O sulfentrazone é registrado para as culturas da cana-de-açúcar, soja, citros, café e fumo, pertence ao grupo químico das triazolinonas, possui nome químico de 2',4' -dichloro-5'-(4-difluoromethyl-4,5-dihydro 3- methyl-5-oxo-1H-1,2,4-triazol-1-yl) methanesulfonilide e é sistêmico (translocação apoplástica). Têm-se os produtos comerciais Boral 500 SC<sup>®</sup>, Solara 500<sup>®</sup> e Explorer 500 SC<sup>®</sup>, disponíveis na formulação suspensão concentrada (500 g L<sup>-1</sup>), com classe toxicológica IV (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011).

Esse herbicida é recomendado para cana planta, soqueira semiúmida e seca, para aplicações em pré-emergência das plantas daninhas e da cultura, nas dosagens de 600 a 800 g ha<sup>-1</sup>. Essa variação se dá em função da textura do solo, espécie de planta daninha e densidade de infestação. As principais plantas daninhas controladas pelo herbicida são: *C. rotundus*, *B. decumbens*, *C. echinatus*, *Digitaria* spp., *P. maximum*, *B. plantaginea*, *E. indica*, *P. oleracea*, *A. viridis*, *Spermacoce latifolia* e *C. benghalensis* (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011).

Em relação ao controle de espécies convolvuláceas pelo sulfentrazone, Campo et al. (2009) mencionaram que a dosagem recomendada (600 g ha<sup>-1</sup>) do herbicida promoveu excelente controle de *quamoclit*, *I. triloba* e *M. cissoides*; porém, em dosagens mais baixas *I. triloba* foi considerada a mais tolerante e *I. quamoclit*, a mais suscetível. Negrisoni et al. (2004) também constataram elevada eficácia desse herbicida para *I. grandifolia*.

O sulfentrazone possui solubilidade média em água (110 mg L<sup>-1</sup> em pH 6,0), é não volátil (pressão de vapor de 1,07 x 10<sup>-7</sup> Pa a 25°C), medianamente lipofílico (Kow de 9,8 em pH 7,0) e fracamente adsorvido ao solo (Koc de 43 mL g<sup>-1</sup>). A sua degradação é principalmente microbiana e o valor da meia vida em solos brasileiros é em média de 180 dias (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011).

A aplicação de sulfentrazone em plantas de cana recém brotada pode ocasionar necrose nas folhas que interceptarem o jato de pulverização, mas, normalmente, ocorre a rápida recuperação das plantas, sem afetar o desenvolvimento e a produção de colmos do canavial (SCHIAVETTO et al., 2012).

## **2.4 Seletividade dos herbicidas**

Entende-se por herbicidas seletivos, aqueles capazes de eliminar as plantas daninhas que se encontram na cultura, sem reduzir a produtividade e a qualidade do produto final (VELINI et al., 2000). Esses herbicidas não prejudicam severamente a cultura, ao contrário dos herbicidas não seletivos que afetam tanto as plantas daninhas como a cultura (DEUBER, 2003; OLIVEIRA JR. et al., 2011).

A especificidade do herbicida é determinada pela tolerância diferenciada que as plantas apresentam à ação do composto, presença de obstáculos maiores ou menores que influenciam na absorção do herbicida pela planta, tempo de exposição das plantas ao herbicida e condição climática desfavorável (DEUBER, 2003). A seletividade não é absoluta, pois depende de uma série de fatores ligados ao produto (dosagem formulação, aplicação e as suas características físico-química), aos fatores de origem morfológica ligados às plantas (formato e orientação das folhas, natureza e espessura da cutícula foliar, localização das regiões meristemáticas, existência de órgãos de propagação vegetativa) ou da natureza metabólica (processos bioquímicos que ocorrem na planta, como hidrólise, hidroxilação, desalquilação, conjugações peptídicas e outros) e, finalmente, de fatores ligados às condições ambientais (temperatura do ar no momento e após a aplicação, precipitação e a textura do solo) (OLIVEIRA JR; REGITANO, 2009).

A tolerância da cultura ao herbicida ocorre até certo limite da dosagem. Quando esse limite é ultrapassado, a molécula também pode retardar o desenvolvimento ou até mesmo matar a cultura (AZANIA; AZANIA, 2014). Azania; Azania (2014) relataram que na dosagem recomendada de amicarbazone para a cultura da cana-de-açúcar, os sintomas de fitointoxicação foram leves, menores que 10%; entretanto, à medida que se aumentou a dosagem do herbicida, os sintomas se agravaram e se aproximaram de 50%.

De acordo com Galon et al. (2012), a intoxicação das plantas de cana (cultivar RB86-7515) aumentou com o aumento das dosagens dos herbicidas (diuron + hexazinone) + MSMA, em todas as épocas de avaliação. Os danos visuais foram mais pronunciados quando os herbicidas foram aplicados em plantas com seis a sete folhas completamente expandidas. No entanto, a cultura recuperou-se, obtendo-se maior produção de colmos com o uso dos produtos, em comparação à testemunha.

A combinação de fatores físicos, como o modo de aplicação que permite o contato do herbicida com as plantas daninhas e não com a cultura; e biológicos, absorção, translocação e metabolismo diferenciados dos herbicidas nas plantas daninhas e culturas; permitem que as moléculas sejam mais tóxicas às plantas daninhas do que às culturas (HARRISON; LOUX, 1995).

Ao avaliar a seletividade dos herbicidas diuron + hexazinone, azafenidin + hexazinone, metribuxin e isoxaflutole, aplicados em pós-emergência inicial e tardia, para cana-de-açúcar (cultivar RB8-35089), na época das chuvas, Azania et al. (2005) verificaram que, na aplicação em pós-emergência tardia, nos primeiros 15 DAA, os tratamentos com azafenidin + hexazinone, isoxaflutole e diuron + hexazinone, resultaram em sintomas de fitointoxicação mais acentuados; mas as plantas tiveram recuperação progressiva ao longo do tempo. Nessa época de aplicação, apenas o metribuzin não causou sintomas de fitointoxicação mais severos. Porém, todos os herbicidas testados prejudicaram a produção de colmos; diuron + hexazinone foi o único tratamento de herbicida que não afetou as características tecnológicas da matéria prima final e o rendimento de açúcar.

Em outro estudo, os herbicidas sulfentrazone ( $800 \text{ g ha}^{-1}$ ), clomazone ( $1000 \text{ g ha}^{-1}$ ), metribuzin ( $1440 \text{ g ha}^{-1}$ ) e diuron + hexazinone ( $1066 + 134 \text{ g ha}^{-1}$ ), quando pulverizados em pré-emergência, foram considerados seletivos para a cana-de-açúcar, pois, apesar de ocasionarem sintomas visuais de fitointoxicação, nenhum deles resultou em perdas significativas de produtividade e qualidade de colmos (BARELA; CHRISTOFFOLETI, 2006).

A absorção de herbicidas pelas plantas ocorre de forma diferenciada entre as espécies, além disso, as características morfológicas e fisiológicas é que determinarão a quantidade de substâncias que as plantas absorverão. Por exemplo,

a absorção de herbicidas pelas raízes é mais facilitada em virtude da ausência da cutina, que é o principal constituinte da cutícula (GALON et al., 2009).

A maioria das aplicações de herbicidas utiliza água como veículo, a qual possui alta tensão superficial, devido às suas características químicas; com isso as características morfológicas das plantas, como quantidade, estrutura física e tipo de ceras da cutícula; pilosidade (número de tricomas); características das folhas (ângulo de inserção, arquitetura da planta e área foliar) podem afetar a quantidade e a distribuição do herbicida sobre a superfície da planta (MONACO, WELLER e ASHTON, 2001). Geralmente, superfícies de folhas mais lisas, desprovidas de ceras epicuticulares, são relativamente mais fáceis de molhar do que folhas totalmente recoberta por ceras. Para se obter sucesso no controle das plantas daninhas, tem-se que preocupar com a quantidade de solução pulverizada na cultura, aderência das gotas, tensão superficial, para que ocorra a penetração do herbicida na cutícula (MONACO, WELLER e ASHTON, 2001).

Culturas como cana-de-açúcar, café, citros e frutíferas possuem sistema radicular mais profundo do que as plantas daninhas que convivem com elas. Assim, ao aplicar o herbicida, as raízes dessas culturas ficarão mais protegidas pela profundidade do solo, enquanto as plantas daninhas, normalmente, estarão com as raízes mais superficiais e em maior contato com o produto aplicado na superfície do solo (AZANIA; AZANIA, 2014).

Os herbicidas absorvidos pelas folhas podem ser imóveis (sem mobilidade pelo xilema ou floema da planta) ou translocados pelo floema ou xilema, aqueles absorvidos pelas raízes seguem o fluxo do xilema até as células das folhas, posteriormente, a translocação também pode ser pelo floema, o movimento do herbicida pelo apoplasto até atingir os vasos do xilema é rápido e típico de herbicidas absorvidos pelas raízes (AZANIA; AZANIA, 2014) Essa movimentação pode até mesmo cessar quando a planta deixa de transpirar. Geralmente, as moléculas dos herbicidas ficam retidas nos vacúolos das células, que ainda permanecem vivas, e expõem o herbicida aos processos de metabolização (GALON et al., 2009).

As culturas podem apresentar seletividade devido à rapidez que metabolizam os herbicidas por meio de reações oxidativas ou hidrolíticas, seguidas por

conjugação com açúcares ou peptídeos, e sequestro vacuolar dos produtos polares (CATANEO; CARVALHO, 2008). Assim, o mecanismo de tolerância de uma planta a determinado herbicida pode ser pela sua capacidade de alterar ou degradar a estrutura química do mesmo, resultando em compostos secundários sem a atividade herbicida ou com a sua atividade reduzida (ROMAN et al., 2007). Como exemplo, cita-se a seletividade dos herbicidas do grupo imidazolinonas e sulfoniúreas, que é atribuída à capacidade das espécies em metabolizar as moléculas (SILVA et al., 2007). Outro exemplo é a inativação da enzima p-hidroxifenilpiruvatodioxigenase pelo herbicida clomazone, que interrompe a síntese de pigmentos carotenóides e as plantas susceptíveis ficam albinas, plantas como cana-de-açúcar são tolerantes ao clomazone e rapidamente se recuperam das injúrias (SACHOTENE et al., 2010).

Em alguns casos, a seletividade é variável em função do material genético utilizado. Como as cultivares de cana-de-açúcar apresentam características morfológicas e fisiológicas distintas, provavelmente há diferença de resposta na tolerância de cada genótipo aos herbicidas (ROLIM; CHRISTOFFOLETI, 1982). O conhecimento da tolerância diferencial dos genótipos aos herbicidas é importante para evitar perdas de produção, pois mesmo os herbicidas seletivos podem causar prejuízos (AZANIA et al., 2004).

Ao estudar a sensibilidade de 11 cultivares (SP80-1842, SP70-1011, SP81-3250, SP80-1816, RB855113, RB835486, RB845210, RB867515, RB928064, RB722454, RB855536) e quatro clones (RB947643, RB855002, RB957712 e RB957689) de cana-de-açúcar a herbicidas, Ferreira et al. (2005) verificaram que as cultivares RB855113 e SP80-1842 foram as mais sensíveis à mistura de ametryn + trifloxysulfuron-sodium ( $731,5 \text{ g ha}^{-1} + 18,5 \text{ g ha}^{-1}$ ). Martins et al. (2010) também observaram níveis de tolerância diferencial entre as cultivares RB925345, RB855156, RB867515 e SP80-1816 à ação dos herbicidas topamezone ( $70 \text{ g ha}^{-1}$ ), topamezone + tebuthiuron ( $70 + 1000 \text{ g ha}^{-1}$ ), topamezone + tebuthiuron ( $100 + 1000 \text{ g ha}^{-1}$ ) e ametryn + tebuthiuron ( $1500 + 1000 \text{ g ha}^{-1}$ ).

O mesmo foi constatado no trabalho de Galon et al. (2008), no qual, entre as cultivares de cana-de-açúcar (RB72454, RB835486, RB855113, RB855156, RB867515, RB925211, RB925345, RB937570, RB947520 e SP80-1816) estudadas,

a RB855156 e a RB835486 foram as mais sensíveis ao herbicida trifloxysulfuron-sodium ( $22,5 \text{ g ha}^{-1}$ ); a RB85-5113 à mistura comercial ametryn + trifloxysulfuron-sodium ( $1463 + 37,0 \text{ g ha}^{-1}$ ); e nenhuma delas foi afetado pelo herbicida ametryn ( $2000 \text{ g ha}^{-1}$ ).

Ferreira et al. (2010) relataram que as cultivares de cana-de-açúcar do grupo SP (SP80-1842, SP80-3280, SP83-2847, SP87-344 SP87-396, SP89-1115 e SP90-3414) e CTC (CTC1, CTC2, CTC3, CTC4, CTC5 e CTC6) apresentaram tolerância diferencial aos herbicidas ametryn ( $2500 \text{ g ha}^{-1}$ ), ametryn + trifloxysulfuron-sodium ( $1.463,0 + 37 \text{ g ha}^{-1}$ ), clomazone ( $1100 \text{ g ha}^{-1}$ ), diuron + hexazinone ( $1170 + 330 \text{ g ha}^{-1}$ ), isoxaflutole ( $225 \text{ g ha}^{-1}$ ), imazapic ( $147 \text{ g ha}^{-1}$ ), 2,4-D ( $1005 \text{ g ha}^{-1}$ ), tebuthiuron ( $1200 \text{ g ha}^{-1}$ ), sulfentrazone ( $800 \text{ g ha}^{-1}$ ) e MSMA ( $1920 \text{ g ha}^{-1}$ ). A cultivar SP87-344 foi a mais sensível aos herbicidas, em especial ao clomazone; e as cultivares SP80-3280 e CTC2, as mais tolerantes. Em outro estudo, os herbicidas clomazone e sulfentrazone causaram maior fitointoxicação visual à cultura; e a cultivar RB86-7515, de forma geral, foi a mais tolerante, pois não teve o diâmetro do colmo e o número de folhas afetados pelos herbicidas testados (BARELA e CHRISTOFFOLETI, 2006).

Ao avaliar a tolerância de cultivares (IACSP91-2094, IACSP94-2101, IACSP93-3046, IACSP94-4004, IACSP86-2480 e RB72454) de cana-de-açúcar aos herbicidas sulfentrazone ( $800 \text{ g ha}^{-1}$ ), clomazone ( $800 \text{ g ha}^{-1}$ ), imazapic ( $147 \text{ g ha}^{-1}$ ), isoxaflutole ( $112,5 \text{ g ha}^{-1}$ ) e ametryn + trifloxysulfuron-sodium ( $1463 + 37 \text{ g ha}^{-1}$ ), Zera et al. (2011) constataram que houve diferença entre os genótipos para teor de clorofila, aos 15 dias após a aplicação, sendo a cultivar IACSP94-2101 apresentou o menor teor de clorofila total, independentemente do herbicida aplicado. No entanto, a produtividade e os atributos tecnológicos das cultivares não foram afetados pelos herbicidas, com diferenças apenas inerentes à genética de cada material.

## **2.5 Ação dos herbicidas na microbiota do solo**

O solo é o destino final dos produtos químicos usados na agricultura, sejam eles aplicados diretamente no solo ou na parte aérea das plantas. Ao entrarem em contato com o solo, os herbicidas estão sujeitos a processos físico-químicos que

regulam o seu destino no ambiente, como lixiviação, volatilização, fotodegradação, degradação química e microbiana, escoamento superficial e absorção pelas plantas (OLIVEIRA; BRIGHENTI, 2010).

Com relação à degradação biológica de herbicidas no sistema edáfico, os microrganismos do solo são de particular importância. Bactérias, fungos e actinomicetos no solo, capazes de degradar os diversos compostos orgânicos, também degradam as moléculas dos herbicidas. A atividade desses microrganismos no solo é influenciada por fatores ambientais, como teor de matéria orgânica, pH, nível de fertilidade, temperatura e umidade do solo, sendo os dois últimos os mais importantes. Em geral, o ambiente solo que favorece altos níveis de atividade microbiológica resulta em menor persistência do herbicida (OLIVEIRA; BRIGHENTI, 2010),

Dentre os indicadores microbiológicos de qualidade do solo, destacam-se a taxa respiratória, a biomassa microbiana e o quociente metabólico (REIS et al., 2008). A taxa respiratória do solo é a medida da produção de CO<sub>2</sub> resultante da atividade metabólica dos macro e microrganismos. A atividade desses organismos no solo é considerada um atributo positivo para a qualidade do solo e é usada como indicador por ser mais genérica e englobar a atividade de comunidade e consórcio de microrganismos presentes, apresentando melhor reprodutibilidade. Altas taxas respiratórias do solo podem indicar distúrbios ecológicos (exemplo, aplicação de herbicidas) ou alto nível de produtividade do ecossistema do solo (REIS et al., 2008).

A aplicação de produtos fitossanitários interfere positivamente na atividade dos organismos do solo, pois propicia a metabolização dos produtos pelos organismos; ou negativamente, devido à capacidade dos produtos de intoxicarem a biota do solo (REIS et al., 2008). Nesse sentido, ao estudar os efeitos dos herbicidas 2,4-D (1300 g ha<sup>-1</sup>), ametryn (1000 g ha<sup>-1</sup>), trifloxysulfuron-sodium (22,5 g ha<sup>-1</sup>) e a mistura ametryn + trifloxysulfuron-sodium (1463 + 37,5 g ha<sup>-1</sup>), aplicados em solos cultivados com cana-de-açúcar (plantas com três a quatro folhas expandidas), Reis et al. (2008) constataram que, aos 15 e 30 dias após a aplicação (DAA), não houve diferença entre os valores de quociente metabólico nos solos tratados com os herbicidas; no entanto, aos 45 e 60 DAA, o quociente metabólico no solo tratado

com ametryn, isolado e em mistura, aumentou, justificado pela redução da biomassa microbiana.

Em outro trabalho, Procópio et al., (2013), ao avaliar a ação de diferentes herbicidas, entre eles amicarbazone (1400 g ha<sup>-1</sup>) e sulfentrazone (800 g ha<sup>-1</sup>), no crescimento e na capacidade de fixação biológica de nitrogênio pela bactéria *Gluconacetobacter diazotrophicus*, mencionaram que o amicarbazone teve pequeno efeito bacteriostático, pois a ação inibitória no crescimento da bactéria foi momentânea, e acarretou pequena redução no tempo de geração da bactéria, indicando que esse herbicida promoveu pequenos incrementos na taxa de crescimento de *G. diazotrophicus*. O sulfentrazone não afetou o crescimento da bactéria ou a fixação biológica de nitrogênio.

## 2.6 Testemunhas pareadas

Os experimentos de seletividade são instalados em campo, geralmente, no delineamento em blocos casualizados (DBC), com os resultados submetidos à análise de variância, aplicação do teste F, seguido de um teste de comparação de médias (Tukey, teste t, Duncan, etc.), quando necessário. No entanto, para cana-de-açúcar, o uso de uma única testemunha dentro de cada bloco dificulta a observação de algumas variáveis, principalmente, quando as plantas estão mais desenvolvidas (AZANIA et al., 2005). Essa dificuldade prejudica a precisão do experimento, podendo resultar em análises com falsas interpretações. Como foi observado no estudo de Souza et al. (2009), em que o amicarbazone (1026 g ha<sup>-1</sup>) ocasionou perda de 17,8% na produção de colmos da cana IAC SP94-4004, comparado à testemunha sem herbicida, contudo, essa diferença não foi significativa.

Com a finalidade de aumentar a precisão experimental tem-se o uso de testemunhas pareadas (AZANIA et al., 2005; SCHIAVETTO et al., 2012; PERECIN et al., 2015.). Montório et al. (2000) relataram que o uso de testemunhas laterais, adjacentes aos tratamentos com herbicidas se ajustou melhor a realidade da área experimental comparado a uma única testemunha dentro do bloco.

Para a avaliação de experimentos com parcelas pareadas dois procedimentos mostraram desempenhos similares: I) um teste t para testa se, em cada tratamento,

a média de diferenças pareadas pode ser zero, ou II) uma análise de variância em que as parcelas tratadas e pareadas são consideradas em um modelo de parcelas subdivididas e é feito o desdobramento da interação por tratamento (PERECIN et al., 2015).

No primeiro procedimento, os atributos avaliados são analisados pela diferença entre a testemunha pareada e o tratamento herbicida (TP-TH). Inicialmente são feitas análises de variância, segundo o delineamento utilizado, que permitem verificar efeitos da igualdade dessas diferenças entre os tratamentos. Essa análise fornecem também o quadrado médio do resíduo (QMRes), que estima a variância ambiental associada as diferenças (TP-TH) e permite a construção de um teste t para verificar se as diferenças médias (TP-TH) pode ser zero, ou seja, usa-se  $t = (TP-TH)/((QMRes/n)^{1/2})$ , ou forma equivalente, e a diferença mínima significativa com zero,  $dms_0 (TP-TH) = [t/((QMRes/n)^{1/2})]$ , em que QMRes é o quadrado médio da análise da variância e n representa o número de repetições da respectiva média (SCHIAVETTO et al., 2012).

Para a análise em parcelas subdivididas, cada par de parcelas (tratada e pareada) passam a ser consideradas subparcelas experimentais. Nesse caso, uma estatística F está o efeito geral do pareamento, ou seja, se a média geral dos tratados é igual a média das testemunhas. Outra estatística F testa a interação (tratamentos x pareamentos), se esta for significativa, avalia-se o pareamento por tratamento, que é outro teste para a diferença zero em cada pareamento (PERECIN et al., 2015).

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi composto por três experimentos em área de produção comercial de cana-de-açúcar, dois relacionados à seletividade dos herbicidas amicarbazone e sulfentrazone para soqueira de cana; e um sobre a ação desses herbicidas na microbiota do solo.

#### **3.1 Seletividade dos herbicidas amicarbazone e sulfentrazone para cana soca**

##### **3.1.1 Local e época**

Os dois experimentos foram desenvolvidos no período de agosto de 2013 a julho de 2014. O primeiro foi instalado na fazenda São José, município de Bebedouro - SP, em uma área de 1º corte da cultivar RB855453; e o segundo na fazenda Santa Tereza 1, município de Ariranha - SP, em uma área de 3º corte da cultivar SP87-365. Nos experimentos, a colheita da cana foi mecanizada sem queima prévia das plantas, com a manutenção de 13,2 e 15,6 t ha<sup>-1</sup> de palha sobre o solo, respectivamente.

O solo das duas áreas experimentais é classificado como areia franca, com 300, 564, 76 e 60 g kg<sup>-1</sup> de areia grossa, areia fina, argila e silte, respectivamente, para o solo de Bebedouro; e 418, 403, 97 e 82 g kg<sup>-1</sup> de areia grossa, areia fina, argila e silte, respectivamente, para o de Ariranha; ambos com 14 g m<sup>-3</sup> de matéria orgânica. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw - tropical úmido, com inverso seco (CEPAGRI, 2016).

##### **3.1.2 Delineamento experimental e tratamentos**

Para os dois experimentos, o delineamento experimental foi de blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. Cada parcela foi subdividida em duas, o herbicida foi aplicado em uma metade e a outra metade foi mantida como testemunha pareada. Oito tratamentos com herbicidas foram

estudados: amicarbazone (700 e 1050 g ha<sup>-1</sup>) e sulfentrazone (600 e 800 g ha<sup>-1</sup>), pulverizados em pré-emergência e brotação inicial da cana (plantas com 2 a 3 folhas, 60% brotadas).

Todas as parcelas foram mantidas sem plantas daninhas até a colheita da cana, com a eliminação manual dos “escapes” do controle químico e a remoção manual de todas as plantas daninhas no tratamento sem herbicida e testemunha pareada.

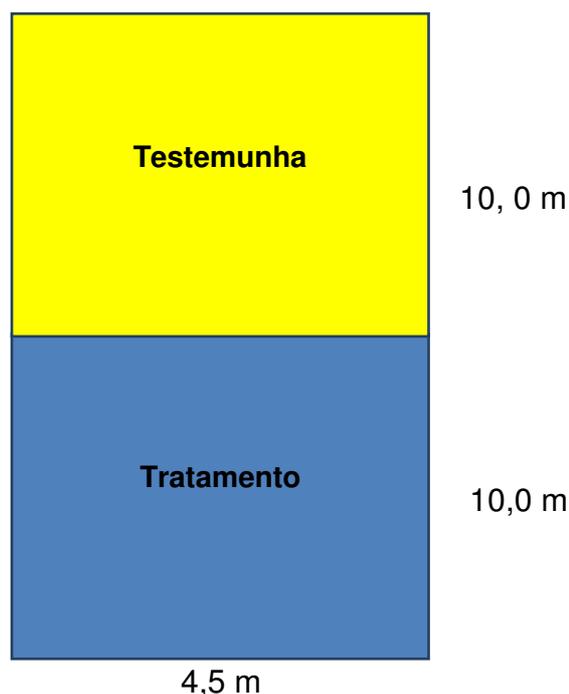
### **3.1.3 Descrição dos produtos utilizados**

O amicarbazone pertence ao grupo químico das triazolinonas e possui o nome químico [1 H- 1,2,4-triazole-1-carboxamide, 4 amino-N-(1,1-dimethyl-ethyl)-4,5-dihydro-3-(1-methyl)-5-oxo]. O produto comercial utilizado foi o Dinamic<sup>®</sup>, na concentração de 700 g de ingrediente ativo, na formulação de grânulos dispersíveis em água (WG) e classe toxicológica II (altamente tóxico), com faixa amarela no rotulo da embalagem (RODRIGUES e ALMEIDA, 2011).

O sulfentrazone pertence ao grupo químico das aril triazolinonas e possui o nome químico (N - [2,4-dicloro-5- [4-(difluorometil)-4,5- dihidro-3 metil -5-oxo-1H - 1,2,4-triazol - 1 - il] metanosulfonamida). O produto comercial utilizado foi o Boral<sup>®</sup> 500 SC, contendo 500 g de ingrediente ativo, em suspensão concentrada (SC) e classe toxicológica IV (pouco tóxico), com faixa verde no rotulo da embalagem (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011).

### **3.1.4 Representação e dimensão das parcelas**

As parcelas foram constituídas de 4,5 m de largura (três linhas de cana) e 20,0 m de comprimento (Figura 1). Dentro delas foram demarcadas as subparcelas (4,5 m de largura e 10 m de comprimento) com duas linhas e 8,0 m de comprimento, totalizando 24,0 m<sup>2</sup> de área útil.



**Figura 1.** Representação da parcela experimental, em que está apresentada a subparcela pulverizada com herbicida, em azul, e a subparcela da testemunha pareada, em amarelo.

### 3.1.5 Aplicação dos herbicidas

Os herbicidas foram aplicados em pré-emergência e brotação inicial da cana-de-açúcar (plantas com 2 a 3 folhas totalmente expandidas), em 14/08/2013 (experimento de Bebedouro) e 26/08/2013 (experimento de Ariranha). Utilizou-se pulverizador costal, à pressão constante (mantida por CO<sub>2</sub> comprimido) de 2,0 kgf cm<sup>-2</sup>, equipado de barra com seis pontas de pulverização de jato plano “leque” TT 11002, espaçados de 0,5 m, com consumo de calda equivalente a 200 L ha<sup>-1</sup>. As condições edafoclimáticas no momento das aplicações dos herbicidas podem ser observadas na Tabela 1.

As aplicações em pré e pós-emergência foram feitas no mesmo dia. Para tal, nas parcelas dos tratamentos de PRÉ, a brotação da cana-de-açúcar foi cortada manualmente com o auxílio de podão.

**Tabela 1.** Datas, horários e condições meteorológicas no momento das aplicações dos herbicidas nos experimentos.

Experimento	Data	Horário	Temperatura (°C)		Umidade do ar (%)	Vento (km h <sup>-1</sup> )	Nebulosidade (%)	Umidade do solo
			Ar	Solo				
Bebedouro	14/08/2013	9:50 - 10:40	24,0 - 23,3	21,1 - 22,4	59 - 63	9,6 - 12,0	80 - 30	Seco
Ariranha	26/08/2013	10:55 - 11:30	24,3 - 22,2	22,9 - 22,2	48 - 42	3,5 - 2,7	zero	Seco

### 3.1.6 Avaliações

Possíveis injúrias visuais nas plantas de cana foram avaliadas aos 15, 30, 60 e 90 dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas, por meio da escala de notas de 0 a 100%, em que zero representa a ausência de injúrias visuais e 100 a morte da planta (SBCPD, 1995).

Por ocasião da colheita, 304 DAA, foi avaliado o número de colmos de cana de cada subparcela (em 15,0 m<sup>2</sup>, duas linhas por cinco metros de comprimento). Também foi determinada a altura de dez plantas escolhidas aleatoriamente na área útil da subparcela, medindo-se a distância da base da planta até a lígula da primeira folha aberta. Além disso, foi feita a medição do diâmetro de dez colmos e a coleta de 20 colmos, escolhidos em linha na sequência, para quantificação da produção. Os colmos foram pesados com o auxílio de balança analógica com capacidade para 50 kg e precisão de 200 g (modelo Fort 50 kg, Plenna). Com base no número total de colmos em 15,0 m<sup>2</sup> e do peso de 20 colmos, foi estimado a produção em 15,0 m<sup>2</sup> e por hectare.

Dos 20 colmos coletados, dez foram encaminhados para o laboratório onde foi avaliada a qualidade tecnológica da cana. Foram analisados os teores de sólidos solúveis (brix), teor de sacarose (POL), peso do bagaço úmido (PBU), pureza do caldo (PZA), açúcares redutores (AR) do caldo e da cana, fibra e açúcares redutores totais (ATR) da cana-de-açúcar. As análises foram realizadas nos laboratórios da Usina Colombo, em Ariranha - SP; e Usina Pitangueiras, em Pitangueiras - SP.

### 3.1.7 Análise estatística

Os resultados obtidos em cada experimento foram submetidos ao teste F da análise de variância para testar o efeito geral do pareamento, ou seja, se a média geral dos tratamentos é igual à média das testemunhas; e também da interação (tratamentos x pareamento). Quando a interação foi significativa, o pareamento foi avaliado por tratamento, que é outro teste para a diferença zero em cada pareamento.

## **3.2 Ação dos herbicidas amicarbazone e sulfentrazone na microbiota do solo cultivado com cana-de-açúcar**

### **3.2.1 Local e época**

O experimento foi desenvolvido no período de novembro de 2013 a fevereiro de 2014, na fazenda Santa Rosa XXXVIII, município de Santa Adélia - SP, em uma área de 1º corte da cultivar RB975944, colhida mecanicamente sem queima prévia das plantas, com a manutenção de 14,1 t ha<sup>-1</sup> de palha no solo.

O solo da área experimental é classificado como franco arenoso, com 270, 490, 40 e 200 g kg<sup>-1</sup> de areia grossa, areia fina, argila e silte, respectivamente. Segundo Köeppen, o clima da região é do tipo Aw - tropical úmido, com inverso seco (CEPAGRI, 2016).

### **3.2.2 Delineamento experimental e tratamentos**

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, em esquema de parcelas sub-subdividida, com cinco repetições. Nas parcelas, foram estudados cinco tratamentos com herbicidas (amicarbazone a 700 e 1050 g ha<sup>-1</sup>, sulfentrazone a 600 e 800 g ha<sup>-1</sup> e testemunha sem aplicação); nas subparcelas, dois locais de coleta de solo (linha e entrelinha da cana-de-açúcar) e, nas subsubparcelas, cinco épocas de coleta (antes da aplicação - zero, e aos 15, 30, 60 e 90 dias após a aplicação dos herbicidas).

### **3.2.3 Representação e dimensão das parcelas**

As parcelas foram constituídas de 4,5 m de largura (três linhas de cana-de-açúcar) e 30,0 m de comprimento. Dentro delas foram realizadas as coletas de solo da linha e entrelinha da cana-de-açúcar, nas diferentes épocas de avaliação.

### **3.2.4 Aplicações dos herbicidas**

Os herbicidas foram aplicados em pré-emergência total, no dia 04/11/2013, com o auxílio de pulverizador costal, à pressão constante (mantida por CO<sub>2</sub> comprimido) de 2,0 kgf cm<sup>-2</sup>, equipado de barra com seis pontas de pulverização de jato plano “leque” TTI 110015, espaçados de 0,5 m, com consumo de calda equivalente a 150 L ha<sup>-1</sup>. No momento da aplicação, registrou-se de 59 a 63% de umidade relativa do ar; de 27,2 a 28,4°C de temperatura do ar; de 25,1 a 26,5°C de temperatura do solo (a 5 cm de profundidade); de 5,6 a 7,0 km h<sup>-1</sup> de velocidade do vento; de 95 a 100% de nebulosidade e o solo encontrava-se úmido.

### **3.2.5 Coleta de solo**

As amostras de solo, da linha ou entrelinha, foram coletadas manualmente, com auxílio de trado, na profundidade de 0-10 cm. Seis subamostras de cada local, escolhidas aleatoriamente na parcela, compuseram a amostra composta. Estas foram acondicionadas em sacos plásticos e encaminhadas ao Laboratório de Microbiologia do Solo, da UNESP, Câmpus de Jaboticabal - SP. No laboratório as amostras foram armazenadas em câmara fria, à temperatura de 5°C, até o momento do uso.

### **3.2.6 Análises microbiológicas e químicas**

#### **3.2.6.1 Umidade (%)**

Pesou-se 10 g de solo úmido, em um recipiente de peso conhecido e em balança analítica. O solo foi levado à estufa durante 24 horas a 105°C. Deixou-se esfriar em dessecador e pesou-se o recipiente com o solo seco. Assim, calculou-se a umidade através da fórmula:

$$U (\%) = \frac{W2 - W3}{W3 - W1} \times 100$$

Onde:

W1 = peso do recipiente;

W2 = peso do recipiente + solo;

W3 = peso do recipiente + solo seco.

A umidade foi expressa em percentagem correspondente à massa de solo. A umidade foi analisada para possíveis correções das amostras submetidas ao carbono da biomassa microbiana e a atividade respiratório microbiana.

### **3.2.6.2 Atividade respiratória microbiana (mg C-CO<sub>2</sub> 100 g<sup>-1</sup> solo)**

A atividade respiratória microbiana (carbono do CO<sub>2</sub> liberado) foi determinada segundo metodologia descrita por Rezende et al. (2004). Em frasco com tampa, com capacidade para 2,5 L, colocou-se 100 g de solo úmido. A capacidade de campo foi ajustada para 60%. Em seguida, foram dispostos no interior do frasco dois béquers, um contendo 10 mL de água destilada e outro contendo 20 mL de NaOH 0,5 M. Os frascos foram vedados com filme plástico seguido da tampa e foram mantidos à 28°C. Após o sétimo dia de incubação, foi retirado o béquer contendo NaOH, ao qual foram adicionados 2 mL de solução de cloreto de bário 30%, três gotas de solução de fenolftaleína 1%, titulando-se com solução de HCl 0,5 M, até a viragem da cor rosa escuro para incolor. Foram incluídos 5 frascos controle (sem solo), somente com os referidos béquers, cujo resultado final foi descontado.

### **3.2.6.3 Carbono da biomassa microbiana (µg Cmic g<sup>-1</sup> de C no solo)**

Para a determinação do carbono da biomassa microbiana, utilizou-se o método da irradiação-extração descrito por Ferreira et al. (1999).

Pesou-se 10 g de solo úmido em erlenmeyers, devidamente identificados, sempre duas amostras, uma para ser irradiado e outra para ser extraída de imediato, considerando o controle. A capacidade de campo foi ajustada para 60%. A irradiação foi calculada de acordo com a potência do microondas e o tempo de exposição. Para extração das amostras (irradiadas e não irradiadas) foi adicionando ao erlenmayer 40 mL de solução extratora de sulfato de potássio 0,5 M e agitadas por 30 minutos em agitador horizontal. As amostras foram deixadas em repouso por

30 minutos. Após esse período, a mistura foi filtrada em papel de filtro, sendo o filtrado armazenado em câmara fria (7 °C) até o momento da determinação.

Para a determinação, foram pipetados 10 mL do filtrado em erlenmeyer de 125 mL, 2 mL de solução de dicromato de potássio 0,066 M e 10 mL de ácido sulfúrico 98%. Após o resfriamento da solução, foi adicionado 50 ml de água destilado, esperou-se esfriar novamente e acrescentou-se quatro gotas do indicador ferroin. Titulou-se com solução de sulfato ferroso amoniacal 0,03 M em solução de ácido sulfúrico 0,4 M, até a mudança da cor verde para vermelho. Em cada avaliação foi feito um branco com 10 mL de sulfato de potássio 0,5 M em substituição ao extrato de solo.

#### **3.2.6.4 Carbono orgânico (g C Kg<sup>-1</sup> solo)**

O carbono orgânico foi determinado de acordo com a metodologia proposta por Sims e Haby (1971). Pesou-se 1 g da amostra de solo seco em erlenmeyer de 250 mL e adicionaram-se 10 mL de solução de dicromato de potássio 0,5 M e 20 mL de ácido sulfúrico concentrado, deixando-se a mistura em descanso, por trinta minutos, à temperatura ambiente. Após esse período, o volume foi ajustado para 100 mL com água destilada e a mistura foi filtrada em papel de filtro, fazendo-se a leitura do filtrado em espectrofotômetro no comprimento de onda correspondente a 600 nm. Em cada avaliação, fez-se um branco omitindo-se o solo. O teor de carbono orgânico foi calculado com base numa curva padrão determinada com solução de sacarose 7%, seca a 105 °C, por duas horas.

#### **3.2.6.5 Matéria orgânica (g Kg<sup>-1</sup>)**

O teor de matéria orgânica do solo (%) foi determinado de acordo com o método proposto por De Bôer et al. (1988), onde 10 g de amostra de solo seco foram colocados na mufla a 550 °C por 24 horas. Após o resfriamento, até aproximadamente 100 °C, as amostras foram retiradas da mufla e colocadas em um dessecador com sílica indicadora. Pesou-se o cadinho mais a amostra seca novamente. A matéria orgânica foi determinada pela diferença de peso obtido, ou

seja, amostra seca, menos amostra após combustão, igual % de matéria orgânica do solo.

### **3.2.7 Análise estatística**

Os dados obtidos foram submetidos ao teste F na análise de variância. Os efeitos dos tratamentos com herbicidas e dos locais de coleta, quando significativo ( $p < 0,01$  ou  $p < 0,05$ ), foram comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As épocas de coleta foram submetidas à análise de regressão, escolhendo-se o modelo de ajuste dos dados pelo maior coeficiente de determinação e, principalmente, pela sua significância ( $p < 0,01$  ou  $p < 0,05$ ) no teste F.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Seletividade dos herbicidas amicarbazone e sulfentrazone para cana soca

Os herbicidas amicarbazone e sulfentrazone, pulverizados em pré-emergência ou brotação inicial da cana-de-açúcar nas duas dosagens testadas, não causaram sintomas visuais de fitointoxicação às cultivares RB855453 e SP87-365. No entanto, o mesmo não ocorreu em outros trabalhos. Nesse sentido, Soares et al. (2011), ao estudarem a seletividade do amicarbazone (1400 g ha<sup>-1</sup>) e sulfentrazone (800 g ha<sup>-1</sup>) para as cultivares de cana-de-açúcar IAC91-5155, IACSP93-3046 e IACSP94-2094, pulverizados na brotação inicial das plantas, relataram que os herbicidas ocasionaram danos visuais severos às plantas até os 33 DAA, que não foram mais visíveis aos 70 DAA. O mesmo foi observado por Ferreira et al. (2012), com a aplicação de sulfentrazone (700 g ha<sup>-1</sup>) nas cultivares RB925345, RB867515, RB855146 e SP80-1816. Souza et al. (2009) constataram que o amicarbazone ocasionou injúrias visuais leves às plantas de todas as cultivares testadas (IACSP94-2094, IACSP94-2101, IACSP93-3046, IACSP94-4004, RB72-454 e IAC86-2480). Zera et al. (2011) também mencionaram que o sulfentrazone (800 g ha<sup>-1</sup>) foi fitotóxico para as cultivares de cana-de-açúcar IACSP94-2094, IACSP94-2101, IACSP93-3046, IACSP94-4004, IAC86-2480 até os 30 DAA, porém, estas se recuperam e não tiveram a produtividade de colmos afetada pelo herbicida.

Todos os trabalhos mencionados anteriormente foram desenvolvidos em condições de solo úmido, sem restrição hídrica. A umidade do solo no momento e após a aplicação interferem diretamente na dinâmica do herbicida no solo e na planta. Somado a isto, a variabilidade de resposta entre as cultivares de cana-de-açúcar aos herbicidas sulfentrazone e amicarbazone também podem justificar a ausência de fitointoxicação nas cultivares RB855453 e SP87-365, que podem ser mais tolerantes a esses herbicidas do que outros materiais genéticos. Estudos anteriores já comprovaram a tolerância diferencial de genótipos de cana-de-açúcar a herbicidas (ARALDI et al., 2011; FERREIRA et al., 2010; FERREIRA et al., 2012; GALON et al., 2009).

Os fatores isolados (herbicidas e testemunhas pareadas), assim como a interação dos mesmos, não afetaram significativamente nenhuma característica avaliada nas plantas de cana-de-açúcar, independentemente do local do experimento (Tabelas 2, 3, 4 e 5). Portanto, os herbicidas amicarbazone e sulfentrazone, nas duas dosagens testadas, pulverizados em pré-emergência ou brotação inicial das plantas, não ocasionaram prejuízos à altura, diâmetro, número e produtividade de colmos e à qualidade tecnologia da cana-de-açúcar das cultivares RB855453 e SP87-365.

**Tabela 2.** Resultados do teste F da análise de variância para altura, diâmetro, estande e produtividade de colmos de cana-de-açúcar tratada com herbicida, além da testemunha pareada. Bebedouro, SP. 2014.

Fontes de variação	Colmos			
	Altura	Diâmetro	Estande	Produtividade
Herbicida	1,52 <sup>ns</sup>	1,16 <sup>ns</sup>	1,12 <sup>ns</sup>	1,14 <sup>ns</sup>
Testemunha pareada	4,15 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,42 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>
Herb. x pareada	0,72 <sup>ns</sup>	0,97 <sup>ns</sup>	0,83 <sup>ns</sup>	0,39 <sup>ns</sup>
CV 1 (%)	4,65	14,02	7,17	11,09
CV 2 (%)	3,40	11,15	10,32	13,46
Média geral	(m)	(cm)	(mil uni. ha <sup>-1</sup> )	(t ha <sup>-1</sup> )
	3,35	2,68	72,38	129,58

<sup>ns</sup> Não significativo pelo teste F da análise de variância.

**Tabela 3.** Resultados do teste F da análise de variância para altura, diâmetro, estande e produtividade de colmos de cana-de-açúcar tratada com herbicida, além da testemunha pareada. Ariranha, SP. 2014.

Fontes de variação	Colmos			
	Altura	Diâmetro	Estande	Produtividade
Herbicida	1,00 <sup>ns</sup>	0,54 <sup>ns</sup>	0,73 <sup>ns</sup>	1,22 <sup>ns</sup>
Testemunha pareada	1,19 <sup>ns</sup>	2,09 <sup>ns</sup>	2,66 <sup>ns</sup>	0,66 <sup>ns</sup>
Herb. x pareada	0,86 <sup>ns</sup>	0,86 <sup>ns</sup>	2,03 <sup>ns</sup>	0,67 <sup>ns</sup>
CV 1 (%)	13,17	22,75	10,76	21,54
CV 2 (%)	14,56	19,80	8,73	21,76
Média geral	(m)	(cm)	(mil uni. ha <sup>-1</sup> )	(t ha <sup>-1</sup> )
	2,58	2,71	76,91	105,24

<sup>ns</sup> Não significativo pelo teste F da análise de variância.

**Tabela 4.** Resultados do teste F da análise de variância para sólidos solúveis (brix), teor de sacarose (POL), peso do bagaço úmido (PBU), pureza do caldo (PZA), açúcares redutores (AR) do caldo e da cana, fibra e açúcares redutores totais (ATR) de cana-de-açúcar tratada com herbicida, além da testemunha pareada. Bebedouro, SP. 2014.

Fontes de variação	Brix	Pol	PBU	POL	PZA	AR caldo	AR cana	Fibra	ATR
Herbicida	0,61 <sup>ns</sup>	1,09 <sup>ns</sup>	0,57 <sup>ns</sup>	1,12 <sup>ns</sup>	1,26 <sup>ns</sup>	1,20 <sup>ns</sup>	1,33 <sup>ns</sup>	0,57 <sup>ns</sup>	1,16 <sup>ns</sup>
Testemunha pareada	0,70 <sup>ns</sup>	0,19 <sup>ns</sup>	0,48 <sup>ns</sup>	0,28 <sup>ns</sup>	2,66 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	0,48 <sup>ns</sup>	0,48 <sup>ns</sup>
Herb. x pareada	1,23 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>ns</sup>	1,39 <sup>ns</sup>	0,67 <sup>ns</sup>	1,20 <sup>ns</sup>	0,92 <sup>ns</sup>	0,82 <sup>ns</sup>	1,41 <sup>ns</sup>	0,66 <sup>ns</sup>
CV 1 (%)	2,51	3,10	3,00	2,89	1,58	10,17	10,52	2,75	2,64
CV 2 (%)	1,69	1,87	2,89	1,75	1,41	9,07	9,12	2,66	1,64
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(kg t <sup>-1</sup> )
Média geral	21,76	81,25	126,04	19,53	89,75	0,56	0,48	11,12	166,16

<sup>ns</sup> Não significativo pelo teste F da análise de variância

**Tabela 5.** Resultados do teste F da análise de variância para sólidos solúveis (brix), teor de sacarose (POL), peso do bagaço úmido (PBU), pureza do caldo (PZA), açúcares redutores (AR) do caldo e da cana, fibra e açúcares redutores totais (ATR) de cana-de-açúcar tratada com herbicida, além da testemunha pareada. Ariranha, SP. 2014.

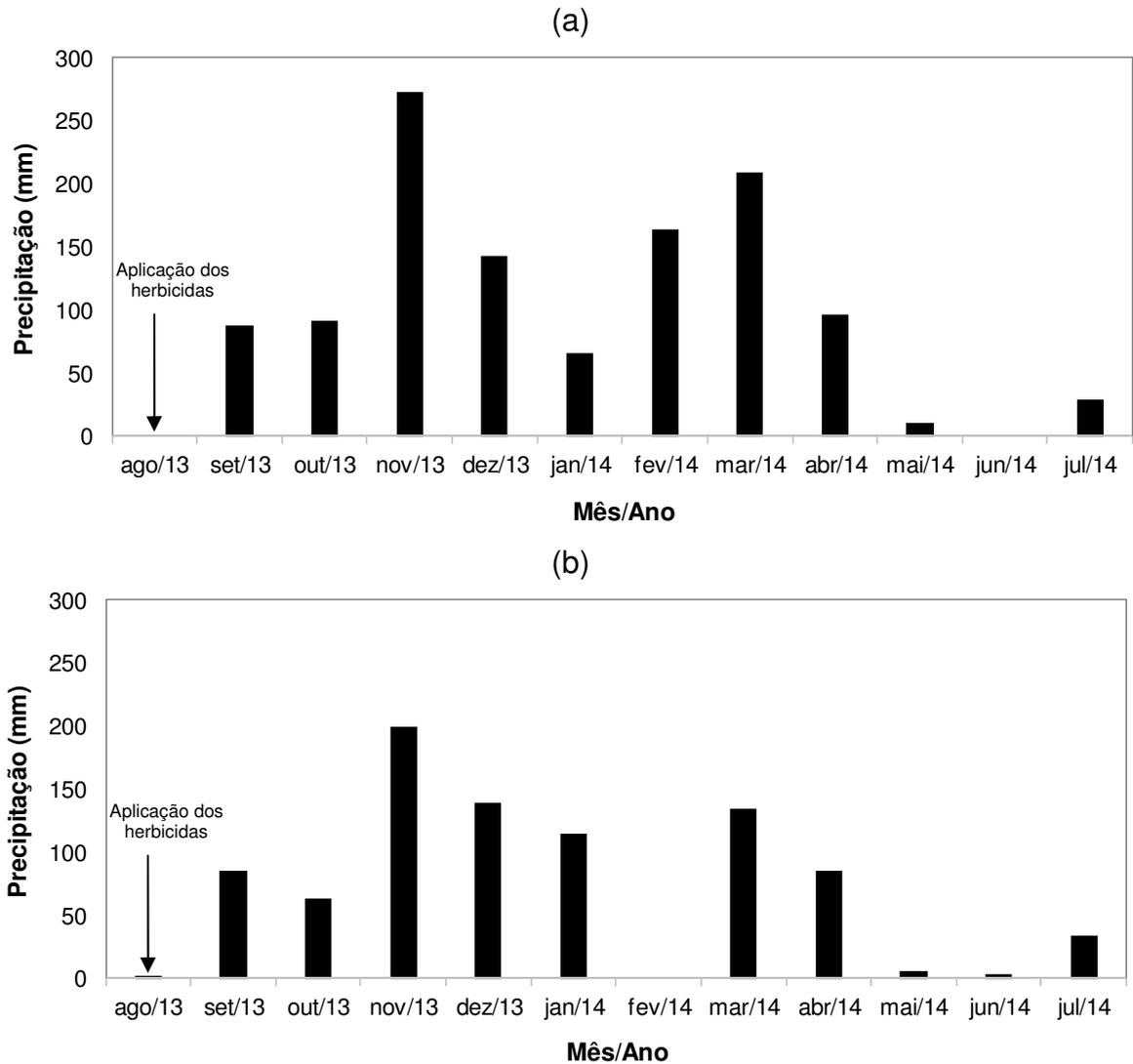
Fontes de variação	Brix	Pol	PBU	POL	PZA	AR caldo	AR cana	Fibra	ATR
Herbicida	1,06 <sup>ns</sup>	1,80 <sup>ns</sup>	1,08 <sup>ns</sup>	1,84 <sup>ns</sup>	1,86 <sup>ns</sup>	1,97 <sup>ns</sup>	1,15 <sup>ns</sup>	1,08 <sup>ns</sup>	1,71 <sup>ns</sup>
Testemunha pareada	0,29 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	2,63 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	1,37 <sup>ns</sup>	3,35 <sup>ns</sup>	1,91 <sup>ns</sup>	2,61 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>
Herb. x pareada	1,05 <sup>ns</sup>	0,59 <sup>ns</sup>	0,83 <sup>ns</sup>	0,58 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	1,04 <sup>ns</sup>	1,14 <sup>ns</sup>	0,83 <sup>ns</sup>	0,60 <sup>ns</sup>
CV 1 (%)	5,18	6,37	3,55	6,01	2,15	13,92	1,23	3,28	5,53
CV 2 (%)	3,21	5,10	4,44	4,86	1,99	14,51	0,80	4,09	4,45
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(kg t <sup>-1</sup> )
Média geral	18,65	66,60	128,42	16,23	89,75	0,86	72,82	11,14	139,51

<sup>ns</sup> Não significativo pelo teste F da análise de variância.

Sobre o regime hídrico do solo após a aplicação dos herbicidas, no experimento de Bebedouro, a primeira chuva registrada após a aplicação dos herbicidas, ocorreu aos 20 dias, na quantidade de apenas 0,5 mm; em 30 dias o acumulado foi de 3,6 mm. Na área experimental de Ariranha, o volume de chuvas foi um pouco maior, nos primeiros 30 dias houve precipitação de 35,3 mm, mas, que ocorreu em um único dia, aos 22 dias após a aplicação. O período de estiagem prolongado entre a aplicação e o reestabelecimento da umidade do solo (novembro de 2013) pode ter contribuído para a ausência de intoxicação visual nas plantas, pois, devido à condição de estresse, a absorção dos herbicidas pelas plantas, principalmente pelas raízes, foi muito pequena. Esse fato refletiu no desenvolvimento das plantas e, conseqüentemente, na produtividade e qualidade da cana-de-açúcar.

A precipitação pluvial (total mensal) registrada próxima às áreas experimentais, no período de agosto de 2013 a julho de 2014, pode ser observada na Figura 2, e os valores diários durante o mesmo período nas Tabelas A1, A2, A3 e A4.

A taxa de absorção pelas raízes depende da concentração dos herbicidas na solução do solo, da capacidade das raízes em interceptar os produtos na solução, da taxa específica de difusão e da taxa de transporte em massa (fluxo de massa) (MONQUERO; HIRATA, 2014). Os herbicidas se movem por fluxo de massa na solução do solo em resposta à transpiração, sendo dependente do teor de água do solo. Se o solo estiver seco, eles serão pouco efetivos, pois a saída da dissolução, na solução do solo será pequena, podendo não ser absorvidos pelas plantas (SILVA et al., 2013). A diferença no consumo de água entre as cultivares de cana-de-açúcar também pode influenciar na seletividade do herbicida. A esse respeito, Araldi et al. (2011) verificaram que o consumo de água foi decrescente para as cultivares de cana-de-açúcar PO8862, SP80-3280 e RB835486 e que os menores teores de amicarbazone foram detectados na RB835486, indicando menor absorção do herbicida. Assim, a seletividade do amicarbazone pode estar associada ao menor consumo de água pelas plantas (ARALDI et al., 2011).



**Figura 2.** Precipitação pluvial (total mensal) registrada para o experimento de Ariranha (a) e Bebedouro (b), no período de agosto de 2013 a julho de 2014. Dados obtidos na Estação Agroclimatológica da Usina Colombo, em Ariranha - SP, e Estação Experimental de Citricultura, em Bebedouro - SP.

Outros estudos indicaram que, mesmo nas situações que o amicarbazone ou sulfentrazone causaram injúrias visuais às plantas de cana-de-açúcar, estas se recuperam, e os herbicidas não depreciaram a produtividade ou a qualidade dos colmos. Como foi observado por Souza et al. (2009) que, embora o amicarbazone ( $1260 \text{ g ha}^{-1}$ ), aplicado na fase de esporão, tenha ocasionado baixa na eficiência fotoquímica máxima do FS II ( $F_v/F_m$ ) nas cultivares de cana-de-açúcar IACSP94-2094, IACSP94-2101, IACSP93-3046, IACSP94-4004, RB72454 e IAC86-2480; a

altura, o estande, a produtividade e a qualidade tecnológica das cultivares não foram prejudicados. O efeito tóxico inicial foi atribuído à água da chuva que interferiu na solubilidade do herbicida no solo e possibilitou maior absorção pelas plantas. A seletividade do amicarbazone para a cana-de-açúcar se dá pela metabolização do herbicida pelas plantas e pelo posicionamento no solo, relacionado à absorção (TOLEDO et al., 2004).

O amicarbazone a 525, 1050 e 2100 g ha<sup>-1</sup>, quando pulverizado em pré-emergência em solo com alta umidade inicial, também ocasionou fitointoxicação inicial à cana-de-açúcar (cv. SP89-1115), mas, não afetou a produtividade de colmos, mostrando-se altamente seletivo para as plantas (CHIOVATTO, 2009). Por outro lado, Chiovatto (2009) relataram ainda que, quando pulverizado em pós-emergência inicial da cana-de-açúcar (cv. SP89-1115), o amicarbazone a 2100 g ha<sup>-1</sup> promoveu perda de 9,2 t ha<sup>-1</sup> na produtividade de colmos.

Zera et al. (2011) mencionaram que, apesar do efeito fitotóxico inicial nas plantas de cana-de-açúcar das cultivares IACSP94-2094, IACSP94-2101, IACSP93-3046, IACSP94-4004, IAC86-2480 e RB722454, o sulfentrazone (800 g ha<sup>-1</sup>) não interferiu na produtividade e nos atributos tecnológicos das cultivares. A aplicação de sulfentrazone em plantas de cana recém brotada pode ocasionar necrose nas folhas que interceptarem o jato de pulverização, mas, normalmente, ocorre a rápida recuperação das plantas, sem afetar o desenvolvimento e a produção de colmos do canavial (SCHIAVETTO et al., 2012).

O sulfentrazone (600 g ha<sup>-1</sup>), aplicado em pós-emergência na cultivar RB925345, ocasionou fitointoxicação visual dos 7 aos 54 DAA; porém, o diâmetro, a altura e a matéria seca da parte aérea das plantas não foram afetadas pelo herbicida (Faria et al., 2014)). Soares et al. (2011) também constataram que o sulfentrazone (800 g ha<sup>-1</sup>), aplicado em pós-emergência das cultivares IACSP91-5155, IACSP93-3046 e IACSP94-2094, não prejudicou o perfilhamento das plantas e o acúmulo de matéria seca da parte aérea e raiz. Contudo, Ferreira et al. (2012) relataram que esse herbicida, na dosagem de 700 g ha<sup>-1</sup>, reduziu em cerca de 20% a matéria seca das plantas da cultivar RB925345, comparado à testemunha. Os três estudos mencionados anteriormente foram realizados em condições de casa de vegetação.

Os resultados obtidos no presente estudo indicaram que as cultivares testadas (RB855453 e SP87-365) foram tolerantes ao amicarbazone e sulfentrazone, por isso a ausência de efeitos dos herbicidas, mesmo em plantas com 2 a 3 folhas no momento da aplicação. Logicamente, além do material genético, as condições edafoclimáticas durante o período experimental também contribuíram para a seletividade dos herbicidas.

#### **4.2 Ação dos herbicidas amicarbazone e sulfentrazone na microbiota do solo cultivado com cana-de-açúcar**

Os herbicidas amicarbazone (700 e 1050 g ha<sup>-1</sup>) e sulfentrazone (600 e 800 g ha<sup>-1</sup>) não afetaram significativamente nenhuma característica avaliada (Tabela 6). Houve efeito significativo dos locais de coleta apenas para atividade respiratória microbiana. Contrário à época de coleta do solo, que foi significativa para todas as variáveis estudadas. A interação herbicida x local foi significativa para umidade do solo; herbicida x época, para carbono da biomassa microbiana; local x época, para umidade e atividade respiratória microbiana; e local x herbicida x época não foi significativa para nenhuma característica avaliada. Quando o fator isolado e a sua interação foram significativos para a mesma variável, optou-se pelo desdobramento da interação.

Ao desdobrar a interação época x local, constatou-se que, apenas aos 15 DAA os locais de coleta diferiram entre si para umidade do solo, com maior porcentagem na linha da cana-de-açúcar (Tabela 7). Além disso, a umidade do solo, na linha e na entrelinha, diminui de forma polinomial com o decorrer das épocas de amostragem do solo, com maior média aos 15 DAA (Figura 3). O regime hídrico do solo foi reflexo do volume de chuvas no período experimental (Tabela A5). Com a colheita da cana-de-açúcar sem a queima prévia do canavial, sistema de cana crua; há a manutenção de resíduos vegetais sobre o solo, tanto na linha como na entrelinha da cultura, que mantêm a umidade do solo e evita perdas por evaporação. Esse fato justificaria a ausência de diferenças na umidade do solo entre os locais de coleta ao longo das épocas de amostragens.

**Tabela 6.** Resultados do teste F da análise de variância para umidade, atividade respiratória microbiana (C-CO<sub>2</sub>), carbono da biomassa microbiana (CBM), carbono orgânico (COrg) e matéria orgânica (MO) do solo mantido com a cultura de cana-de-açúcar, em função da aplicação de herbicida, do local e da época de coleta das amostras de solo cultivado com a cultura de cana-de-açúcar. Santa Adélia, SP. 2014.

Fontes de variação	Umidade	C-CO <sub>2</sub>	CBM	CO	MO
Herbicida	0,54 <sup>ns</sup>	1,83 <sup>ns</sup>	2,22 <sup>ns</sup>	0,72 <sup>ns</sup>	0,71 <sup>ns</sup>
Local	0,27 <sup>ns</sup>	13,86 <sup>**</sup>	3,13 <sup>ns</sup>	1,51 <sup>ns</sup>	1,51 <sup>ns</sup>
Época	415,99 <sup>**</sup>	9,59 <sup>**</sup>	26,18 <sup>**</sup>	5,94 <sup>**</sup>	5,94 <sup>**</sup>
Herbicida x local	3,79 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>	0,85 <sup>ns</sup>	0,58 <sup>ns</sup>	0,58 <sup>ns</sup>
Herbicida x época	1,27 <sup>ns</sup>	0,56 <sup>ns</sup>	2,80 <sup>**</sup>	1,65 <sup>ns</sup>	1,64 <sup>ns</sup>
Local x época	3,95 <sup>**</sup>	7,51 <sup>**</sup>	0,94 <sup>ns</sup>	1,57 <sup>ns</sup>	1,57 <sup>ns</sup>
Herb.xlocalx época	1,19 <sup>ns</sup>	1,61 <sup>ns</sup>	1,37 <sup>ns</sup>	1,54 <sup>ns</sup>	1,54 <sup>ns</sup>
CV 1 (%)	21,11	50,31	33,73	47,87	47,88
CV 2 (%)	13,77	47,22	37,20	32,96	32,97
CV 3 (%)	14,95	52,16	40,85	25,55	25,55
	%	mg C-CO <sub>2</sub> 100 g <sup>-1</sup> solo	µg C <sub>mic</sub> g <sup>-1</sup> de C no solo	g C kg <sup>-1</sup> solo	g kg <sup>-1</sup>
Média geral	6,91	23,77	45,48	8,28	14,28

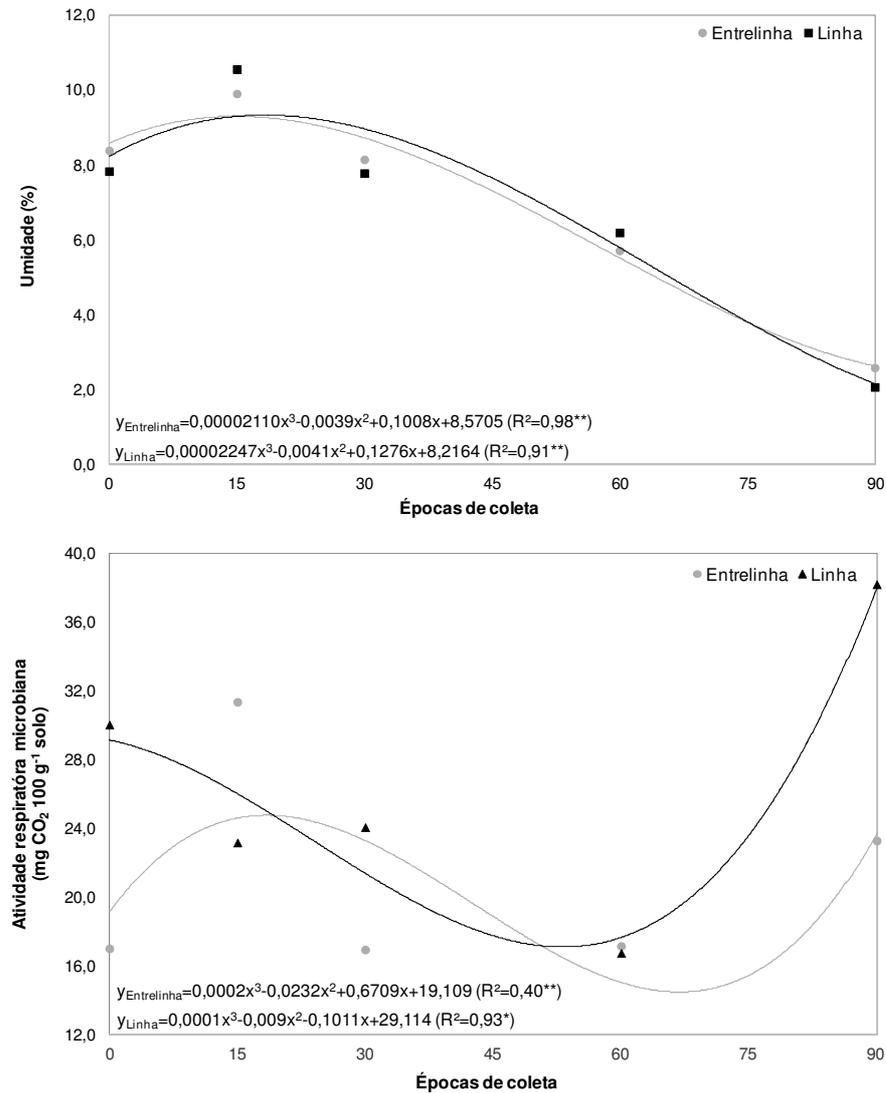
\*\* Significativo aos níveis de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F da análise de variância.

<sup>ns</sup> Não significativo pelo teste F da análise de variância.

**Tabela 7** Umidade (%) do solo cultivado com a cultura de cana-de-açúcar, em função da época de coleta (0, 15, 30, 60 e 90 dias após a aplicação - DAA) e do local de coleta (linha e entrelinha) das amostras de solo. Santa Adélia, SP. 2014.

Local	Umidade do solo (%)				
	Épocas de coleta - DAA				
	0	15	30	60	90
Linha	7,82 a <sup>(1)</sup>	10,55 a	7,77 a	6,18 a	2,06 a
Entrelinha	8,38 a	9,89 b	8,14 a	5,70 a	2,57 a
DMS	0,567				

<sup>(1)</sup> Com base no teste de Tukey a 5% de probabilidade, médias seguidas de letras minúsculas, nas colunas, comparam os locais de coleta dentro de cada época.



**Figura 3.** Umidade (%) e atividade respiratória microbiana ( $\text{mg CO}_2 \text{ 100 g}^{-1} \text{ solo}$ ) do solo cultivado com a cultura de cana-de-açúcar, em função da época de coleta (0, 15, 30, 60 e 90 dias após a aplicação - DAA) e do local de coleta (linha e entrelinha) das amostras de solo. Santa Adélia, SP. 2014.

Para atividade respiratória microbiana, a evolução C-CO<sub>2</sub> do solo, na linha e na entrelinha da cana-de-açúcar oscilou com o decorrer das épocas de coleta, com ajuste polinomial dos dados, obtendo-se maior média aos 90 DAA (Figura 3). Ao comparar os locais de coleta dentro de cada época de avaliação (Tabela 8), verificou-se que, no dia da aplicação dos herbicidas (época zero) e aos 30 e 90 DAA, a evolução C-CO<sub>2</sub> foi maior na linha da cana-de-açúcar do que na entrelinha. Isso, provavelmente, ocorreu devido à presença das raízes das plantas de cana-de-açúcar, que liberam exsudados no solo, utilizados como fonte de carbono pelos microrganismos. Por isso, a ação e o número de microrganismos são maiores na linha, tornando o processo de liberação de CO<sub>2</sub>, mais rápido. Já aos 15 DAA, a emissão de C-CO<sub>2</sub> na entrelinha foi maior comparado à linha. Aos 60 DAA, não houve diferença entre os locais de coleta de solo para atividade respiratória microbiana.

**Tabela 8** Atividade respiratória microbiana (mg CO<sub>2</sub> 100 g<sup>-1</sup> solo) do solo cultivado com a cultura de cana-de-açúcar, em função da época de coleta (0, 15, 30, 60 e 90 dias após a aplicação - DAA) e do local de coleta (linha e entrelinha) das amostras de solo. Santa Adélia, SP. 2014.

Local	Atividade respiratória microbiana (mg CO <sub>2</sub> 100 g <sup>-1</sup> solo)				
	Época de coleta - DAA				
	0	15	30	60	90
Linha	30,00 a <sup>(1)</sup>	23,15 b	24,04 a	16,72 a	38,17 a
Entrelinha	16,99 b	31,33 a	16,92 b	17,13 a	23,26 b
DMS	6,797				

<sup>(1)</sup> Com base no teste de Tukey a 5% de probabilidade, médias seguidas de letras minúsculas, nas colunas, comparam os locais de coleta dentro de cada época

A taxa respiratória é a medida da produção de CO<sub>2</sub> resultante da atividade metabólica dos macro e microrganismos. A atividade desses organismos no solo é considerada um atributo positivo para a qualidade do solo e é usada como indicador por ser mais genérica e englobar a atividade de comunidade e consórcio de microrganismos presentes, apresentando melhor reprodutibilidade (REIS et al., 2008).

Faria et al. (2014), ao avaliar a ação dos herbicidas tembotrione (84 g ha<sup>-1</sup>), MSMA (2370 g ha<sup>-1</sup>), diuron + hexazinone (936 + 264 g ha<sup>-1</sup>), sulfentrazone (600 g ha<sup>-1</sup>), trifloxysulfuron-sodium (22,5 g ha<sup>-1</sup>), tebuthiuron (1000 g ha<sup>-1</sup>) e clomazone

(1080 g ha<sup>-1</sup>) na atividade respiratória microbiana, quando pulverizados na cultura da cana-de-açúcar cv. RB925345, relataram que o sulfentrazone resultou em menor evolução C-CO<sub>2</sub> do solo. Esse herbicida pode ter causado impacto positivo na atividade microbiana do solo, tornando-o mais equilibrado, reduzindo a liberação de CO<sub>2</sub> para o meio, que pode ser sinal de melhor eficiência de uso dos recursos do solo (FARIA et al., 2014). Por outro lado, Vivian et al. (2006) constataram efeito negativo do sulfentrazone (a 900 g ha<sup>-1</sup>) na evolução do C-CO<sub>2</sub> do solo cultivado com cana-de-açúcar (cv. SP80-1816). Contudo, no presente estudo, os herbicidas testados não influenciaram na atividade respiratória microbiana.

A interação herbicida x época de coleta foi significativa para carbono da biomassa microbiana, ao desdobrá-la verificou-se que, nas épocas 0, 60 e 90 DAA, os tratamentos com herbicida e a testemunha não diferiram entre si (Tabela 9). Porém, aos 15 DAA, o solo tratado com sulfentrazone, na menor dosagem, apresentou maior carbono da biomassa microbiana, diferindo da testemunha e dos demais tratamentos com herbicidas. O mesmo foi observado para amicarbazone, aos 30 DAA, que diferiu apenas de sulfentrazone (a 600 g ha<sup>-1</sup>).

Tironi et al. (2009) relataram que o solo rizosférico da cultivar RB867515 tratado com o herbicida sulfentrazone (a 750 g ha<sup>-1</sup>) também apresentou maior carbono da biomassa microbiana. Possivelmente, esse resultado está relacionado aos efeitos fitotóxicos causados pelo herbicida à cana-de-açúcar que, pode aumentar a exsudação radicular e, conseqüentemente, beneficiar a microbiota presente na rizosfera. A maior síntese e exsudação radicular de aminoácidos e açúcares, normalmente, são provocadas pelo herbicida, o que ajuda no aumento da biomassa microbiana (TIRONI et al., 2009). Em outro trabalho, o sulfentrazone (600 g ha<sup>-1</sup>) não interferiu no carbono da biomassa microbiana e resultou em menor carbono da matéria orgânica; porém, esse resultado tem um impacto positivo na atividade microbiana do solo, tornando-a mais equilibrada, reduzindo a liberação de CO<sub>2</sub> para o meio, o que pode ser um indicativo de melhor eficiência no uso dos recursos do solo (Faria et al., 2014).

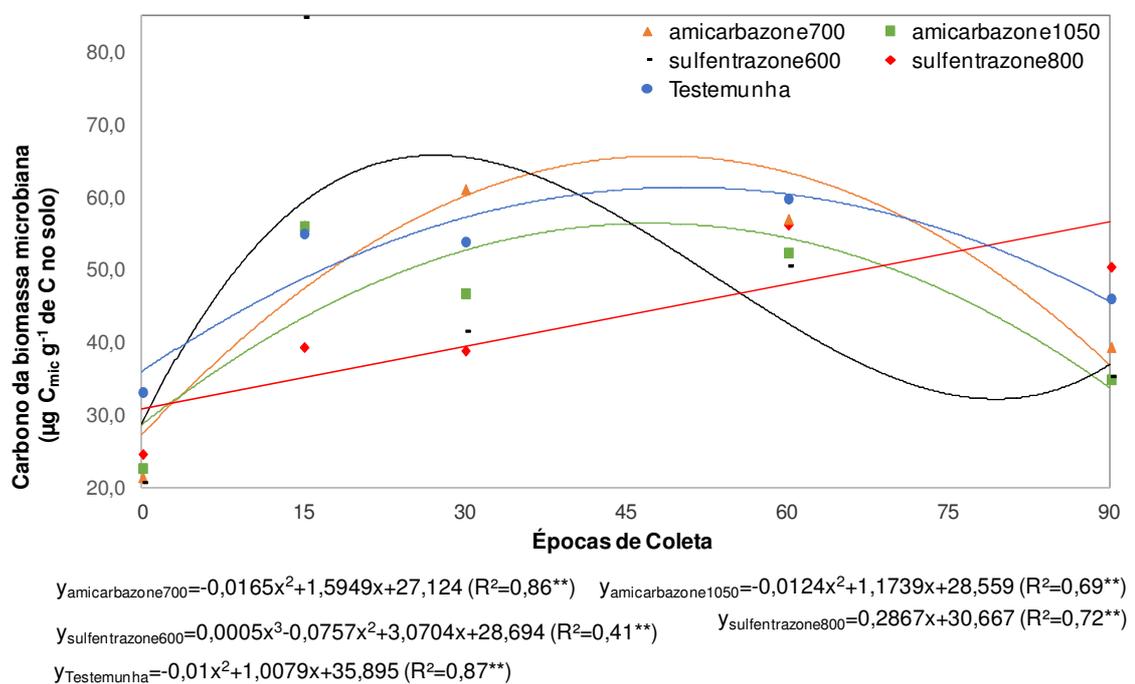
**Tabela 9** Carbono da biomassa microbiana ( $\mu\text{g C}_{\text{mic}} \text{g}^{-1}$  de C no solo) do solo cultivado com a cultura de cana-de-açúcar, em função da aplicação de herbicidas/testemunha e da época de coleta das amostras de solo (0, 15, 30, 60 e 90 dias após a aplicação - DAA). Santa Adélia, SP. 2014.

Herbicidas/Testemunha	Dosagem (g i.a ha <sup>-1</sup> )	Carbono da biomassa microbiana ( $\mu\text{g C}_{\text{mic}} \text{g}^{-1}$ de C no solo)				
		Épocas de coleta - DAA				
		0	15	30	60	90
Amicarbazone	700	21,37 a <sup>(1)</sup>	56,03 b	61,05 a	56,95 a	39,32 a
Amicarbazone	1050	22,64 a	55,99 b	46,72 ab	52,31 a	34,86 a
Sulfentrazone	600	20,73 a	84,79 a	41,54 ab	50,55 a	35,30 a
Sulfentrazone	800	24,58 a	39,30 b	38,83 b	56,17 a	50,37 a
Testemunha	-	33,12 a	54,95 b	53,84 ab	59,73 a	46,01 a
DMS (Coluna)		22,17				

<sup>(1)</sup> Com base no teste de Tukey a 5% de probabilidade, médias seguidas de letras minúsculas, nas colunas, comparam os tratamentos com herbicidas e testemunha dentro da época de coleta do solo.

Ao avaliar o impacto da aplicação de sulfentrazone (600 g ha<sup>-1</sup>) sobre a colonização micorrízica, biomassa e atividade microbiana, em solos florestais cultivados com eucalipto, Silva et al. (2014) verificaram que o sulfentrazone, aplicado em solo franco-arenoso, foi prejudicial à biomassa microbiana e à colonização micorrízica e aos microrganismos solubilizadores de fosfato orgânico; já no solo argiloso, não afetou nenhuma dessas características. Além disso, o herbicida provocou o aumento do número de esporos não viáveis de fungos micorrízicos no solo.

O carbono da biomassa microbiana do solo tratado com sulfentrazone, na maior dosagem, aumentou linearmente com o decorrer das épocas de coleta (Figura 4). Para os demais tratamentos com herbicida e testemunha, os dados foram ajustados em modelos não lineares, com maiores médias aos 30 e 60 DAA para testemunha e amicarbazone (nas duas dosagens) e 15 DAA para sulfentrazone (menor dosagem), decrescendo aos 90 DAA para ambos. As curvas de ajuste dos dados de amicarbazone foram similares ao da testemunha sem aplicação.



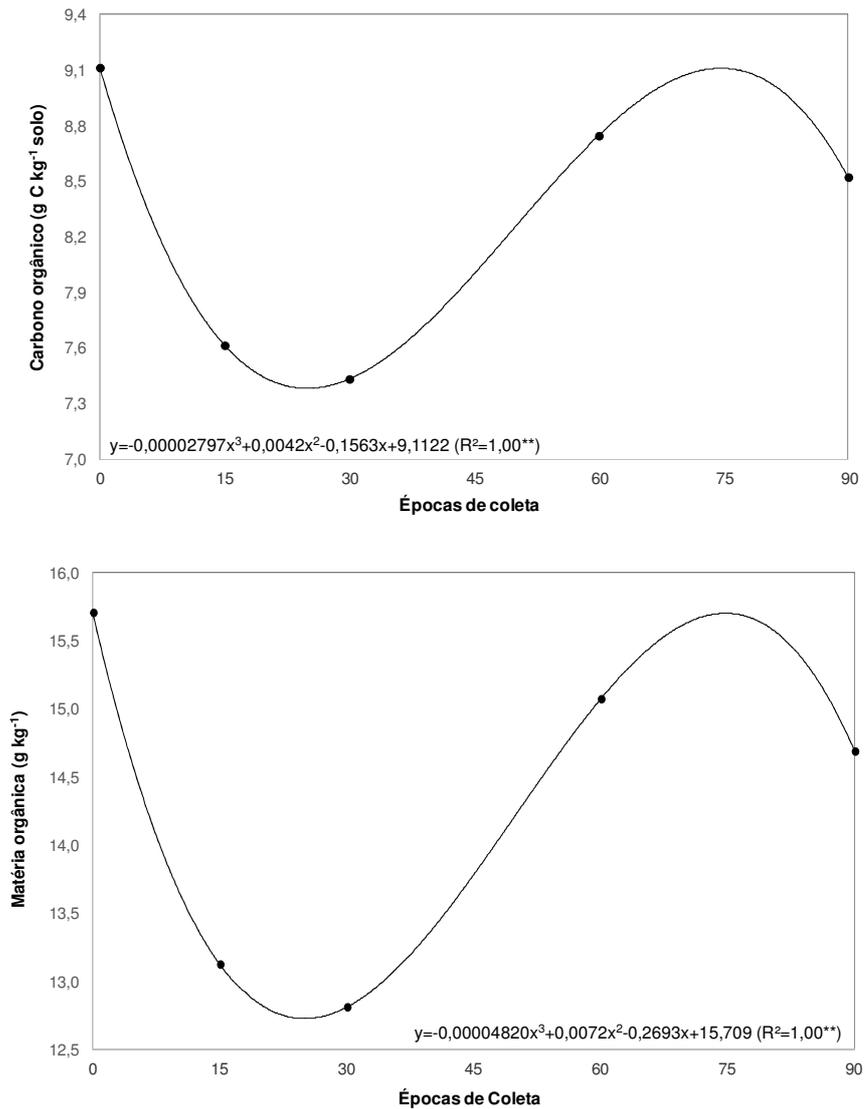
**Figura 4.** Carbono da biomassa microbiana do solo ( $\mu\text{g C}_{\text{mic}} \text{g}^{-1}$  de C no solo) cultivado com a cultura de cana-de-açúcar, em função da aplicação de herbicidas/testemunha e da época de coleta as amostras de solo (0, 15, 30, 60 e 90 dias após a aplicação - DAA). Santa Adélia, SP. 2014.

De forma geral, os herbicidas amicarbazone e sulfentrazone, nas duas dosagens testadas, não afetaram negativamente o carbono da biomassa microbiana comparado à testemunha sem aplicação.

Os teores de matéria orgânica e o carbono orgânico do solo oscilaram com o decorrer das épocas de amostragens, com ajuste dos dados em modelos não lineares (Figura 5). Mas, isto ocorreu para todos os tratamentos com herbicidas e testemunha sem aplicação, visto que a interação herbicida x época não foi significativa para essas características. Assim, o efeito observado pode ser atribuído a fatores edafoclimáticos e não aos xenobióticos testados.

A interação entre fatores climáticos (temperatura, precipitação) e o acúmulo de resíduos vegetais na superfície do solo resulta em melhoria para a biomassa microbiana, aumentando a sua atividade. Nessas condições, a dinâmica do carbono orgânico e, conseqüentemente, da matéria orgânica é alterada. Assim, a presença de palha sobre o solo tem sido um dos principais fatores a proporcionar incremento da matéria orgânica e melhoria das condições edáficas do solo (CASTRO FILHO; MUZILLI; PODANOSCHI, 1998). Os diferentes sistemas de manejo do solo alteram a concentração do carbono orgânico no solo, que é um dos indicadores da qualidade do solo mais importantes, por alterar a dinâmica de nutrientes e características biológicas do solo (GOMAR et al., 2002). Variações de temperatura, atributos físicos do solo, o não revolvimento, retenção de água, o próprio sistema radicular das plantas, podem influenciar nos teores de matéria orgânica, assim como o do carbono orgânico do solo, aumentando e diminuindo com o decorrer do tempo (GOMAR et al., 2002).

Os resultados obtidos indicaram que os herbicidas amicarbazone e sulfentrazone não causaram efeito deletério à microbiota do solo com soqueira de cana-de-açúcar (cv. RB975944), contrariando a hipótese apresentada.



**Figura 5.** Carbono orgânico (g C kg<sup>-1</sup> solo) e matéria orgânica (g kg<sup>-1</sup>) do solo cultivado com a cultura de cana-de-açúcar, em função da época de coleta das amostras de solo (0, 15, 30, 60 e 90 dias após a aplicação - DAA). Santa Adélia, SP. 2014.

## 5. CONCLUSÕES

1. Os herbicidas amicarbazone (700 e 1050 g ha<sup>-1</sup>) e sulfentrazone (600 e 800 g ha<sup>-1</sup>) não ocasionaram fitointoxicação ou prejuízos na quantidade e na qualidade dos colmos de cana-de-açúcar (cultivares RB855453 e SP87-365), quando aplicados em pré e pós-emergência (plantas com 2 a 3 folhas) na época seca.

2. Os herbicidas amicarbazone (a 700 e 1050 g ha<sup>-1</sup>) e sulfentrazone (a 600 e 800 g ha<sup>-1</sup>) não causaram efeito deletério à microbiota do solo cultivado com soqueira de cana-de-açúcar (cv. RB975944).

## 6. REFERÊNCIA

ALTERMAN, M. K.; JONES, A. P. **Herbicidas**: Fundamentos fisiológicos y bioquímicos de acción. Santiago do Chile: Universidad Católica de Chile, 2003. p. 333.

ARALDI, R. **Avaliação da absorção do amicarbazone e intoxicação em cana-de-açúcar e plantas daninhas**. 2010. 91 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2010.

ARALDI, R.; VELINI, E. D.; GIROTTO, M.; CARBONARI, C. A.; GOMES, G. L. G. C.; TRINDADE, M. L. B. Avaliação da intoxicação de cultivares de cana-de-açúcar e *I. grandifolia* ao amicarbazone. **Planta Daninha**, Viçosa – MG, v. 29, n. 4, p. 869-875, 2011.

AZANIA, A. M.; ROLIM, J. C.; AZANIA, A. P. M. Plantas Daninhas. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C.; LANDELL, M. G. A. Ed(s). Cana-de-açúcar. Campinas: IAC, 2010, p. 465-490.

AZANIA, C. A. M.; AZANIA, A. A. P. M. Seletividade de Herbicidas. In: MONQUERO, P. A. Org. **Aspectos da Biologia e Manejo das Plantas Daninhas**. São Carlos: Rima, 2014, p. 217-232.

AZANIA, C. A. M.; AZANIA, A. A. P. M.; CENTURION, M. A. P. C.; ALVES, P. L. C. A. seletividade de imazapic para dois cultivares de amendoim (*Arachis hypogaea*) cultivado na ausência e na presença de palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa – MG, v. 22, n.1, p. 145-250, 2004.

AZANIA, C. A. M.; AZANIA, A. A. P. M.; PIZZO, I. V.; SCHIAVETTO, A. R.; ZERA, F. S.; MARCARI, M. A.; SANTOS, J. L. Manejo químico de convolvulacea e euforbiacea em cana-de-açúcar em período de estiagem. **Planta Daninha**, Viçosa – MG, v. 27, n. 4, p. 841-848, 2009.

AZANIA, C. A. M.; ROLIM, J. C.; CASAGRANDE, A. A.; LAVORENTI, N. A.; AZANIA, A. A. P. M. Seletividade de herbicidas I – Utilização do método de testemunhas pareadas em experimento com cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa – MG, v. 23, n. 4, p. 661-667, 2005.

BARELA, F. F.; CRHISTOFFOLETI, P. J. Seletividade de herbicidas aplicados em pré-emergência da cultura da cana-de-açúcar (RB867515) tratada com nematicida. **Planta Daninha**, Viçosa – MG, v. 24, n. 2, p. 371-378, 2006.

CAMPOS, L. H. F.; FRANCISCO, M. O.; CARVALHO, S. J. P.; NICOLAI, M.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Suscetibilidade de *Ipomoea quamoclit*, *I. triloba* e *Merremia cissoides* aos herbicidas sulfentrazone e amicarbazone. **Planta Daninha**, Viçosa – MG, v. 27, n. 4, p. 831-840, 2009.

CARBONARI, C. A. **Eficácia do herbicida amicarbazone em aplicação conjunta com a colheita de cana-de-açúcar no controle das principais plantas daninhas da cultura**. 2007, 119 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2007.

CARBONARI, C. A.; TOLEDO, R. E. B.; VELINI, E. D.; NEGRISOLI, E.; CORRÊA, M. R.; ROSSI, C. V. S. Efeitos de diferentes condições de umidade do solo e profundidade de germinação de *Brachiaria plantaginea* e *Digitaria spp.* Sobre a eficácia do herbicida amicarbazone. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina – PR, v. 8, n. 3, p. 68-74, 2009.

CARVALHO, F. T.; QUEIROZ, J. R. G.; TOLEDO, R. E. B. Eficácia do herbicida amicarbazone no controle de cordas-de-viola na cultura da cana-de-açúcar (*saccharum spp.*). **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina – PR, v. 10, n. 3, p. 183-189, 2011.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num latossolo roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotação de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa – MG, v. 22, p. 527-538, 1998.

CATANEO, A. C.; CARVALHO, J. C. Desintoxicação de herbicidas pelas plantas: transformação química e compartimentalização vacuolar. In: VARGAS, I.; ROMAN, E. S. (Eds). Manual de manejo e controle de plantas daninhas. Passo Fundo: EMBRAPA Trigo, 2008. p. 78.

CAVENAGHI, A. L.; ROSSI, C. V. S.; NEGRISOLI, E.; COST, E. A. D.; VELINI, E. D.; TOLEDO, R. E. B. Dinâmica do herbicida amicarbazone (Dinamic) aplicado sobre palha de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*). **Planta Daninha**, Viçosa – MG, v. 25, n. 4, p. 831-837, 2007.

CEPAGRI. **Clima dos municípios paulistas**. Disponível em: <[http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima\\_muni\\_279.html](http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_279.html)> Acesso em 03 de abr. 2016.

CHIOVATTO, M. G. **Controle de plantas daninhas em cana-de-açúcar com herbicidas aplicados na época seca**. [Dissertação]. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2009.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; LOPEZ-OVEJERO, R. F.; NICOLAI, M. CARVALHO, S. J. P. Manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. In: II SIMPÓSIO DE TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR, 2., 2004, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba. ESALQ/POTAFOS, 2004

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. v.2 - Safra 2015/16, n. 3 - Terceiro levantamento, Brasília, p. 1-70, dezembro 2015. Disponível em <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 15 mai. 2016

CORK, D. J.; KRUEGER, J. P. Microbial transformation of herbicides and pesticides. **Advances in applied microbiology**, New York, v. 36, p. 1-6, 1991.

CORREIA, N. M.; BRAZ, B. A.; FRUZITA, W. E. Eficácia de herbicidas aplicados nas épocas seca e úmida para controle de *Merremia aegyptia* na cultura da cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa – MG, v. 28, n. 3, p. 631-642, 2010.

CORREIA, N. M.; CAMILO, E. H.; SANTOS, E. A. Sulfentrazone efficiency on *ipomoea hederifolia* and *ipomoea quamoclit* as influenced y rain and sugar cane. **Planta Daninha**, Viçosa – MG, v. 31, n. 1, p. 165-174, 2013.

CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C.; KLINK, U. P. Influência do tipo e da quantidade de resíduos vegetais na eficácia de herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura da soja. **Bragantia**, Campinas – SP, v. 66, n.1, p. 111-120, 2007.

DAYAN, F. E.; TRINDADE, M. L. B.; VELINI, E. D. Amicarabazone, a new photosystem II inhibitor. **Weed Science**, v. 57, p. 579-583, 2009.

DE BOER, W.; DUYTS, H.; LAANBROEK, H.J. Autotrophic nitrification in a fertilized acid heath soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 20, n. 6, p. 845-850, 1988.

DEUBER, R. **Ciência das Plantas Daninhas infestantes: Fundamento**. Jaboticabal, SP, FUNEP, p. 452, 2003.

DURIGAN, J. C.; TIMOSSI, P. C.; LEITE, G. J. Controle químico da tiririca (*Cyperus rotundus*), com e sem cobertura do solo pela palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa – MG, v. 22, n. 1, p. 127-135, 2004.

FALCONNIER, R. **La canne à sucre**. Paris: Maisonneuve et Iarose, p.165, 1991.

FARIA, A. T.; SARAIVA, D. T.; PEREIRA, M. A., ROCHA, P. R. R.; SILVA, A. A., SILVA, D. V., FERREIRA, E. A.; SILVA, G. S. Efeitos de herbicidas na atividade da microbiota rizosférica e no crescimento da cana-de-açúcar. **Bioscience Journal**, Uberlândia – MG, v. 30, n. 4, p. 1024-1032, 2014.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – CENTRO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Ampliação de oferta de energia através da biomassa**. Disponível em: <[www.fiesp.com.br](http://www.fiesp.com.br)> Acesso em: 20 de marc 2015.

FERREIRA, A. S.; CAMARGO, F. A. O.; VIDOR, C. Utilização de micro-ondas na avaliação da biomassa microbiana do solo. **Revista Brasileira Ciência Solo**, Viçosa – MG, v. 23, p. 991-996, 1999.

FERREIRA, E. A.; SANTOS, J. B.; SILVA, A. A.; VENTERELLA, M. C.; BARBOSA, M. H. P.; PROCÓPIO, S. O.; REBELLO, V. P. A. Sensibilidade de cultivares de cana-de-açúcar à mistura trifloxysulfuron-sodium + ametryn. **Planta Daninha**, Viçosa – MG, v. 23, n. 1, p. 93-99, 2005.

FERREIRA, E. A.; SILVA, A. F.; SILVA, A. A.; SILVA, D. V.; GALON, L. L. SANTOS, J. B. Toxicidade de herbicidas a genótipos de cana-de-açúcar. **Revista Trópica – Ciência Agrárias e Biológicas**, v. 6, n. 1, p. 84, 2012.

FERREIRA, R. R.; OLIVEIRA, F. T. R.; DELITE, F. S.; AZEVEDO, R. A.; NICOLAI, M. CARVALHO, S. J. P.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; FIGUEIRA, A. V. O. tolerância diferencial de variedades de cana-de-açúcar a estresse por herbicida. **Bragantia**, Campinas – SP, v. 69, n. 2, p. 305-404, 2010.

FILHO, C. C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregado e sua relação com o teor de carbono orgânico num latossolo roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos e preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, p. 527-538, 1998.

FORNAROLLI, D. A.; RODRIGUES, B. N.; LIMA, J.; VALÉRIO, M. A. Influência da cobertura morta no comportamento do herbicida atrazine. **Planta Daninha**, Viçosa – MG, v. 16, n. 2, p. 97-107, 1998.

GALON, L.; FERREIRA, E. A.; CONCENÇO, G.; SILVA, A. A.; VARGAS, L. Tolerância de culturas e plantas daninhas a herbicidas. In: AGOSTINETO, D.; VARGAS, L. (org). Resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil. Passo Fundo. **Berthier**, p. 37-74, 2009.

GALON, L.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, E. A.; SILVA, A. A.; SILVA, A. F.; ASPIAZÚ, L.; CONCENÇO, G.; FIALHO, C. M. T.; SANTOS, E. A.; TIRONI, S. P.; BARBOSA, M. H. P. Seletividade de herbicidas a genótipos de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa – MG, v. 27, n. especial, p. 1083-1093, 2008.

GALON, L.; TIRONI, S. P.; SILVA, A. A.; CONCENÇO, G.; ROCHA, P. R. R.; KUNZ, V. L.; FERREIRA, E. A.; FERREIRA, F.A. Eficiência de controle de *Brachiaria brizantha* e seletividade dos herbicidas {(Diuron + Hexazinone) + MSMA} aplicados à cultura da cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa – MG, v. 30, n. 2, p. 367-376, 2012.

GOMAR, E. P.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; GARCIA, F. Atributos do solo e biomassa radicular após quatro anos de semeadura direta de forrageiras de estação fria em campo natural dessecado com herbicidas. **Revista Brasileira Ciência Solo**, Viçosa – MG, v. 26, p. 211-223, 2002.

GRACIANO, P. A.; RAMALHO, J. F. G. P. Efeito de matocompetição na cultura da cana-de-açúcar. **STAB**. Piracicaba – SP, v. 5, p. 22-24, 1983.

HARRISON, S. K.; LOUX, M. M: Chemical weed management. In: Smith, A. E (org). **Handbook of weed management** system. EUA: MRCEL DEKKER, inc., 1995, p. 101-153.

KUVA, A. M.; SALGADO, T. P. Manejo de plantas daninhas da cultura da cana-de-açúcar. In: MONQUERO, P. A. (Org). **Manejo de plantas daninhas nas culturas agrícolas**. São Carlos: Rima, 2014.p. 82-113.

KUVA, M. A. **Banco de sementes, fluxo de emergência e fitossociologia de comunidade de plantas daninhas em agroecossistema de cana-cura**. 2006.118f. Tese (Dissertação em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2006.

KUVA, M. A.; GRAVENA, R.; PITELLI, R. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; ALVES, P. L. C. A. Período de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. II – Capim braquiária (*Brachiaria decumbens*). **Planta Daninha**, Viçosa – MG, v. 19, n. 3, p. 323-330, 2001.

KUVA, M. A.; PITELLI, R. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; ALVES, P. L. C. A. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana. I – tiririca. **Planta daninha**, v. 18, n. 2, p. 241-251, 2000

MAPA: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Sistema de agrotóxicos fitossanitários**. Disponível em [http://www.extranet.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_const.com.br](http://www.extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_const.com.br). Acesso em: 11 out. 2015.

MARCHIORI, L. F. S. **Influência da época de plantio e corte na produtividade da cana-de-açúcar**. 2004. 284 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Aricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

MARTINS, D.; COSTA, N, V.; CARDOSO, L. A.; RODRIGUES, A. C. P.; SILVA, J. I. C. Seletividade de herbicidas em variedades de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa- MG, v. 28, p. 1125-1134, 2010.

MEIRELLES, G. L. S.; ALVES, P. L. C. A.; NEPOMUCENO, M. P. Determinação dos períodos de convivência da cana-soca com plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa – MG, v.27, n. 1, p. 67-73, 2009.

MONACO, J. T.; WLLER, S.; ASHTON, F. M. **Weed Sceince, principles and practices**. John Wiley & Sons, Inc, New York, 2001. p. 98-125.

MONQUERO, P. A.; HIRATA, A. C. S. Comportamento de herbicidas nas plantas. In: MONQUERO, P. A. Org. **Aspectos da Biologia e Manejo das Plantas Daninhas**. São Carlos: Rima, 2014. p. 145-165.

MONTÓRIO, G. A.; CONSTANTIN, J.; VELINI, E. D.; MONTÓRIO, T. Seletividade de herbicidas sobre as características de produção da cana-de-açúcar utilizando-se

duas testemunhas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina – PR, v. 4, n. 1, 146-155.

NEGRISOLI, E.; ROSSI, C. V. S.; VELINI, E. D.; CAVENAGHI, A. L.; COSTA, E. A. D.; TOLEDO, R. E. B. Controle de plantas daninhas pelo amicarbazone aplicado na presença de palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa – MG, v. 25, n. 3, p. 603-611, 2007.

NEGRISOLI, E.; VELINI, E. D.; ROSSI, C. V. S.; CORRÊA, M. R.; CAVENAGHI, A. L. Eficácia do sulfentrazone em diferentes doses associado à palha de cana-de-açúcar com ou sem chuva após a aplicação no controle de plantas daninhas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 24., 2004, São Pedro. **Anais**. São Pedro: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2004.p. 150.

OBARA, F. E. B. **Atributos do solo, presença de palha e estágio de desenvolvimento da cana-de-açúcar a aplicação, afetando a eficácia e seletividade dos herbicidas imazapic e imazapyr**. 2014. 108 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2014.

OLIVEIRA JR, R. S.; INOUE, M. H. Seletividade de herbicidas para culturas e plantas daninhas, In: OLIVEIRA JR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. Ed(s). **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011, p. 243-262.

OLIVEIRA JR.; REGITANO, J. B. **Dinâmica de pesticidas no solo**. In: MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. (Eds). Química e mineralogia do solo: parte II, aplicações. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. p. 187-248.

OLIVEIRA, M. F.; BRIGHENTI, A. M. Comportamento dos herbicidas no ambiente. In: OLIVEIRA JR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. (Ed). **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. p. 263-304.

PERECIN, D.; FERRAUDO, G. M.; AZANIA, C. A. M.; SCHIAVETTO, A. N. Statical analysis for correlated paired-plot designs. **American Journal of Experimental Agriculture**, ajea, n, 9, v. 6, p. 1-7, 2015.

PERIM, L.; TOLEDO, R. E. B.; NEGRISOLI, E.; CORRÊA, M. R.; CARBONARI, C. A.; ROSSI, C. V. S.; VELINI, E. D. Eficácia do herbicida amicarbazone no controle em pós-emergência de espécies de corda-de-viola (*Ipomoea grandifolia* e *Merremia cissoids*). **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina – PR, v. 8, n. 1, p; 19-26, 2009.

PITELLI, R. A. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informativo Agropecuário**. V. 11, n. 129, p. 16-27, 1985.

PRATA, F.; LAVORENTE, A. Comportamento de herbicidas no solo: influência da matéria orgânica. **Revista Biociência**, Taubaté – SP, v. 6, n 2, p. 17-22, 2000.

PROCÓPIO, S. O.; FERNANDES, M. F.; TELES, D. A.; SENA FILHO, J. G.; CARGNELUTTI FILHO, A.; VARGAS, L. Tolerância da bactéria diazotrófica *Gluconacetobacter diazotrophicus* a herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife – PE, v. 8, n. 4, p. 610-617, 2013.

PROCÓPIO, S. O.; SILVA, A. A.; VARGAS, L.; FERREIRA, F. A. **Manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. p. 150, 2003.

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

REIS, M. R.; SILVA, A. A.; COSTA, M. D.; GIMARÃES, A. A.; FERREIRA, E. A.; SANTOS, J. B.; CECON, P. R. Atividade microbiana em solo cultivado com cana-de-açúcar após aplicação de herbicidas. **Planta Daninha**, Viçosa – MG, v. 26, n. 2, p. 232-331, 2008.

REZENDE, L. A.; ASSIS, L. C.; NAHAS, E. Carbon, nitrogen and phosphorus mineralization in two soils amended with distillery yeast. **Bioresource Technology**, v. 94, n. 2, p. 159-167, 2004.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 6. Ed. Londrina – PR: IAPAR, p. 641, 2011.

ROLIM, J. C.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Período crítico de competição de plantas daninhas com cana-planta de ano. **Saccharum**, n. 22, p. 21-26, 1982.

ROLIM, J. C.; GONÇALVES, C. P.; CORBO, E. interferência da tiririca (*Cyperus rotundus* L.) na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23. Gramado. **Anais**. Gramado: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, p. 60, 2002.

ROLIM, J. C.; PASTRE, W. Eficiência agrônômica de s-metolachlor na cultura da cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22. Foz do Iguaçu. **Anais**, Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, p. 310, 2000.

ROMAN, E. S.; BECKIE, H.; VARGAS, L.; HALL, L.; RIZZARDI, M. A.; WOLF, T. M. **Como funcionam os herbicidas: da biologia à aplicação**. Passo Fundo: EMBRAPA Trigo, 2007. p. 158.

ROSSI, A. R. **Estudo do decaimento de produtividade entre sucessivos cortes de cana-de-açúcar para diferentes ambientes de produção**. 2012. 25 f. (TCC em

Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

ROSSI, C. V. S. **Dinâmica e eficácia no controle de plantas daninhas pelo herbicida metribuzin aplicado sobre palha de cana-de-açúcar**. 2004. 95 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2004.

SACHOTONE, D. M.; KRUSE, N. D.; AVILA, L. A.; MACHADO, S. L. O.; NICOLODI, G. A.; DORNELLES, S. H. B. Efeito protetor dietholate na seletividade de clomazone em cultivares de arroz irrigado. **Planta Daninha**, Viçosa – MG, v. 28, n. 2, p. 339-346, 2010.

SANTOS, J. B.; JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A.; VIVIAN, R.; COSTA, M. D.; SILVA, A. F.; Atividade microbiana do solo após aplicação de herbicidas em sistema de plantio direto e convencional. **Planta Daninha**, Viçosa – MG, v. 23, n. 4, p. 683-691, 2005.

SCHIAVETTO, A. R.; PERECIN, D.; AZANIA, C. A. M.; ZERA, F. S.; AZANIA, A. A. P. M.; LORENZATO, C. M. Tolerância de cana-de-açúcar a herbicidas avaliada pela diferença de tratamentos. **Planta Daninha**, Viçosa – MG, v. 30, n. 1, p. 173-184, 2012.

SILVA, F. M. L.; CAVALIERI, S. D.; VELINI, E. D.; CORDEIRO, J. G. F.; JOSÉ, A. R. S. Controle de *Urochloa decumbens* e *Ipomoea triloba* pela associação de herbicidas com palha de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina – PR, v. 10, n. 3, p. 200-209, 2011.

SILVA, G. S.; MELO, C. A. D.; FIALHO, C. M. T.; SANTOS, L. D. T.; COSTA, M. D.; SILVA, A. A. Impacto de sulfentrazone, isoxaflutol e oxyfluorfem sobre a microbiota de dois solos florestais. **Bragantia**, Campinas – SP, v. 73, n. 3, p. 292-299, 2014.

SILVA, I. A. B.; KUVA, M. A.; ALVES, P. L. C. A.; SALGADO, T. P. Interferência de uma comunidade de plantas daninhas com predominância de *Ipomoea hederifolia* na cana-soca. **Planta Daninha**, Viçosa – MG, v. 27, n. 2, p. 265-272, 2009.

SILVA, I. P. F. E.; JUNIOR, J. F.S.; PUTTI, F. F.; LATORRE, D. O.; SCHIMIDT, A. P.; LUDWIG, R. Herbicidas inibidores do fotossistema II – parte I. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, p. 1-10, 2013.

SILVA, J. F.; SILVA, J. F.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F. A. Herbicidas: Absorção, translocação, metabolismo, formulações e misturas. In: **Tópicos de manejo de plantas daninhas**. SILVA, a. a.; SILVA, F. J. (Ed). Editor UFV, 2007. p. 217-233.

SIMONI, F.; VICTORIA FILHO, R.; SAN MARTIN, H. A. M.; SALVADOR, F. L.; ALVES, A. S. R.; BREMER NETO, H. Eficácia de imzapic e sulfentrazone sobre *Cyperus rotundus* em diferentes condições de chuva e palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa – MG, v. 24, n. 4, p. 769-778, 2006.

SIMS, J. R.; HABY, V. A. Simplified colorimetric determination of soil organic matter. **Soil Science**, v. 112, n. 2, p. 137 - 141, 1971.

SOARES, R. A. B.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; LOPEZ, OVEJERO LOPEZ, R. F.; NICOLAI, M.; CARVALHO, S. J. P.; DIAS, A. C. R. Manejo integrado de plantas daninhas em cana-de-açúcar em grandes unidades de produção – visão prática. In: Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 26, Sete Lagoas – MG, **Anais**. Sete Lagoas: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, p. 361, 2008.

SOARES, R. O.; AZANIA, C. A. M.; LORENZATO, C. M.; SCHIAVETTO, A. R.; ZERA, F. S.; AZANIA, A. A. P. M. Herbicidas de diferentes mecanismo de ação e a seletividade a cultivares de cana-de-açúcar. **Nucleus**, v. 8, n. 1, p. 337-350, 2011.

SOUZA, A. P.; LOURES, E. G.; RUIZ, H. A. Efeito do oxyfluorfen, 2,4-d e glyphosate na atividade microbiana de solos com diferentes texturas e conteúdo de matéria orgânica. **Planta Daninha**, Viçosa – MG, v. 14, n.1, p. 55-64, 1996.

SOUZA, J. R.; PERECIN, D.; AZANIA, C. A. M.; SCHIAVETTO, A. R.; PIZZO, I. V.; CANDIDO, L. S. Tolerância de cultivares de cana-de-açúcar a herbicidas aplicados em pós-emergência. **Bragantia**, Campinas – SP, v. 68, n. 4, p. 941-951, 2009.

SQUASSONI, V. L. **Monitoramento da comunidade de plantas daninhas na cana-de-açúcar e da eficiência de controle químico por meio de técnicas de análise multivariada de dados**. 2012. 110 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2006.

TIRONI, S. P.; REIS, M. R.; SILVA, A. F.; FERREIRA, E. A.; BARBOSA, M. H. P.; COSTA, M. D.; SILVA, A. A.; GALON, L. Impacto de herbicidas na biomassa microbiana e nos microrganismos solubilizadores de ortofosfato do solo rizosférico de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa – MG, v. 27, n. especial, p. 1053-1062, 2009.

TOLEDO, R. E. B.; KOBAYASHI, E. K.; HONDA, T.; MYASAKI, J. M.; PERETTO, A. J. Dinamic (Amicarbazone), novo herbicida seletivo para o controle de plantas daninhas em pré e pós emergência na cultura da cana-de-açúcar. In: Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 24, 2004, São Pedro. **Resumos**. São Pedro: p. 245, 2004.

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 19, n. 6, p. 703 – 707, 1987.

VELINI, E. D.; MARTINS, D.; MANOEL, L. A.; MATSUOKA, S.; TRAVAINI, J. C.; CARVALHO, J. C. Avaliação da seletividade da mistura de oxyfluorfen e ametryne,

aplicada em pré ou pós-emergência, a dez cultivares de cana-de-açúcar (cana-planta). **Planta Daninha**, Viçosa – MG, v. 18, n. 1, p. 123-134, 2000.

VIVIAN, R.; REIS, M. R.; JAKELAITIS, A.; SILVA, A. F.; GUIMARÃES, A. A.; SANTOS, J. B.; SILVA, A. A. Persistência de sulfentrazone em argissolo vermelho-amarelo cultivado com cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa – MG, v. 24, n. 4, p. 741-750, 2006.

YAMAMOTO, Y. Quality control of photosystem II. **Plant Cell Physiology**. v. 42, n. 2, p. 313-316, 2001.

ZERA, F. S.; AZANIA, C. A. M.; SCHIAVETTO, A. R.; LORENZATO, C. M.; AZANIA, A. A. P. M. Tolerância de diferentes cultivares de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) a herbicidas. **Planta Daninha**, Viçosa – MG, v. 29, n. 3, p. 591-599, 2011.

## APÊNDICE

**Tabela 1A.** Valores diários e totais mensais de precipitação registrados no período de agosto a dezembro de 2013 no experimento de Bebedouro, SP.

Dia	Mês/ano				
	ago/13	set/13	out/13	nov/13	dez/13
01	0,0	0,0	4,8	0,0	2,2
02	0,0	0,0	6,6	0,0	7,9
03	0,0	0,5	0,3	0,0	0,1
04	0,0	1,5	15,5	12,8	0,0
05	0,0	0,0	0,1	9,7	0,8
06	0,0	0,0	0,0	20,8	0,0
07	0,0	0,0	0,0	2,5	29,1
08	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0
09	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	44,0
11	0,0	0,0	0,0	3,1	27,5
12	0,0	0,0	0,0	0,8	0,1
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	1,6 <sup>(1)</sup>	0,0	0,0	0,0	3,4
15	0,0	0,0	0,3	0,0	4,0
16	0,0	5,3	9,8	50,7	0,4
17	0,0	30,1	16,7	3,6	0,0
18	0,0	0,4	18,0	4,3	0,0
19	0,0	0,0	0,3	8,3	9,8
20	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2
21	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6
22	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0
23	0,0	0,0	15,5	15,4	3,8
24	0,0	0,0	0,0	6,0	13,8
25	0,0	0,0	0,0	23,2	0,3
26	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0
28	0,0	2,4	0,0	0,0	0,0
29	0,0	44,8	0,0	0,5	38,4
30	0,0	9,0	0,0	20,9	23,5
31	0,0	-	0,0	-	74,8
<b>TOTAL</b>	<b>1,6</b>	<b>94,0</b>	<b>88,1</b>	<b>187,6</b>	<b>294,7</b>

<sup>(1)</sup> Data de aplicação dos herbicidas no experimento.

**Tabela 2A.** Valores diários e totais mensais de precipitação registrados no período de janeiro a julho de 2014 no experimento de Bebedouro, SP.

Dia	Mês/ano						
	jan/14	fev/14	mar/14	abr/14	mai/14	jun/14	jul/14
01	13,6	0,0	15,4	0,0	0,0	2,4	0,0
02	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0
03	0,0	0,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0
04	0,0	0,0	6,2	0,0	0,0	0,0	0,0
05	0,0	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0
06	0,0	0,0	15,6	0,0	0,0	0,0	0,0
07	0,0	0,0	29,4	0,0	0,0	0,0	0,0
08	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
09	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0
10	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	1,3	0,0	24,2	0,0	0,0	0,0	0,0
13	4,4	0,0	0,0	8,9	0,0	0,0	0,0
14	0,0	2,1	0,0	32,0	0,0	0,0	0,0
15	1,0	11,2	0,0	33,4	0,0	0,0	0,0
16	3,9	4,6	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0
17	0,4	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0
20	0,0	0,0	5,4	0,0	0,0	0,0	0,0
21	4,2	0,0	16,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22	1,0	20,2	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0
23	7,3	8,1	0,0	6,1	4,3	0,0	0,0
24	1,7	5,9	1,0	0,9	0,6	0,0	13,3
25	0,0	8,1	0,0	3,3	0,0	0,0	1,6
26	1,1	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	1,2
27	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0
28	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
29	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30	0,0	-	4,1	0,0	0,0	0,0	0,0
31	0,0	-	0,0	-	0,0	-	0,0
TOTAL	41,1	64,9	134,7	85,6	5,4	2,8	20,2

**Tabela 3A.** Valores diários e totais mensais de precipitação registrados no período de agosto a dezembro de 2013 no experimento de Ariranha, SP.

Dia	Mês/ano				
	ago/13	set/13	out/13	nov/13	dez/13
01	0,0	0,0	6,2	29,8	8,4
02	0,0	0,0	20,2	0,0	6,2
03	0,0	0,0	23,0	45,3	0,0
04	0,0	0,0	20,8	13,7	0,0
05	0,0	0,0	0,0	10,8	6,7
06	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
07	0,0	0,0	0,0	0,0	18,7
08	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
09	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	12,6
11	0,0	0,0	0,0	27,9	0,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,0	0,0	0,0	16,0	0,0
16	0,0 <sup>(1)</sup>	0,0	18,2	6,4	0,0
17	0,0	35,3	6,1	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	41,3	0,0
19	0,0	0,0	0,0	12,5	0,0
20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21	0,0	0,0	0,0	4,1	0,0
22	0,0	0,0	0,0	8,3	0,0
23	0,0	0,0	0,0	18,7	2,0
24	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
28	0,0	2,1	0,0	0,0	0,0
29	0,0	30,6	0,0	0,0	32,7
30	0,0	20,2	0,0	37,8	0,0
31	0,0	-	0,0	-	0,0
<b>TOTAL</b>	<b>0,0</b>	<b>88,2</b>	<b>94,5</b>	<b>272,6</b>	<b>87,3</b>

<sup>(1)</sup> Data de aplicação dos herbicidas no experimento.

**Tabela 4A.** Valores diários e totais mensais de precipitação registrados no período de janeiro a julho de 2014 no experimento de Ariranha, SP.

Dia	Mês/ano						
	jan/14	fev/14	mar/14	abr/14	mai/14	jun/14	jul/14
01	21,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
02	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
03	0,0	3,1	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0
04	0,0	0,0	8,2	0,0	0,0	0,0	0,0
05	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
06	0,0	0,0	30,0	0,0	0,0	0,0	0,0
07	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
08	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
09	0,0	0,0	0,0	5,4	0,0	0,0	6,0
10	0,0	0,0	10,5	76,0	0,0	0,0	0,0
11	0,0	0,0	19,5	0,0	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	3,5	5,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	7,5	54,0	0,0	8,7	0,0	0,0	0,0
15	0,0	17,0	0,0	6,5	0,0	0,0	0,0
16	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	0,0	0,0	48,5	0,0	3,4	0,0	0,0
21	0,0	44,2	5,0	0,0	8,3	0,0/	0,0
22	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23	28,2	7,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,4
25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,4
27	6,4	5,3	25,0	0,0	0,0	0,0	0,0
28	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
29	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30	0,0	-	17,3	0,0	0,0	0,0	0,0
31	0,0	-	0,0	-	0,0	-	0,0
<b>TOTAL</b>	<b>68,1</b>	<b>152,4</b>	<b>167,0</b>	<b>96,6</b>	<b>11,7</b>	<b>0,0</b>	<b>28,8</b>

**Tabela 5A.** Valores diários e totais mensais de precipitação registrados no período de novembro de 2013 a fevereiro de 2014 no experimento de Santa Adélia, SP.

Dia	Mês/ano			
	nov/13	dez/13	jan/14	fev/14
01	29,8	8,4	21,5	0,0
02	0,0	6,2	0,0	0,0
03	45,3	0,0	0,0	3,1
04	13,7 <sup>(1)</sup>	0,0	0,0	0,0
05	10,8	6,7	0,0	0,0
06	0,0	0,0	0,0	0,0
07	0,0	18,7	0,0	0,0
08	0,0	0,0	0,0	0,0
09	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	12,6	0,0	0,0
11	27,9	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0
13	0,0	0,0	3,5	5,3
14	0,0	0,0	7,5	54,0
15	16,0	0,0	0,0	17,2
16	6,4	0,0	0,0	10,0
17	0,0	0,0	0,0	0,0
18	41,3	0,0	0,0	0,0
19	12,5	0,0	0,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	0,0
21	4,1	0,0	0,0	44,2
22	8,3	0,0	0,0	4,0
23	18,7	2,0	28,2	7,5
24	0,0	0,0	0,0	2,0
25	0,0	0,0	0,0	0,0
26	0,0	0,0	1,0	0,0
27	0,0	0,0	6,4	5,3
28	0,0	0,0	0,0	0,0
29	0,0	32,7	0,0	-
30	37,8	0,0	0,0	-
31	-	0,0	0,0	-
<b>TOTAL</b>	<b>272,6</b>	<b>87,3</b>	<b>68,1</b>	<b>152,6</b>

<sup>(1)</sup> Data de aplicação dos herbicidas no experimento.