

**Universidade de São Paulo  
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Seletividade de herbicidas para a cultura da cana-de-açúcar  
(*Saccharum* spp.) afetada pela interação com nematicidas aplicados  
no plantio**

**Juliano Francisco Barela**

**Dissertação apresentada para obtenção do título  
de Mestre em Agronomia. Área de concentração:  
Fitotecnia**

**Piracicaba  
2005**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**Juliano Francisco Barela  
Engenheiro Agrônomo**

**Seletividade de herbicidas para a cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.)  
afetada pela interação com nematicidas aplicados no plantio**

**Orientador:  
Prof. Dr. PEDRO JACOB CHRISTOFFOLETI**

**Dissertação apresentada para obtenção do título de  
Mestre em Agronomia. Área de concentração:  
Fitotecnia**

**Piracicaba  
2005**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Barela, Juliano Francisco

Seletividade de herbicidas para a cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) afetada pela interação com nematicidas aplicados no plantio / Juliano Francisco Barela. - - Piracicaba, 2005.

82 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2005.

1. Cana-de-açúcar 2. Herbicida 3. Interação 4. Nematicida I. Título

CDD 633.61

**“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”**

## **DEDICO**

A minha querida família, pelo apoio e companheirismo durante todas as etapas de meu trabalho, contribuindo assim, de forma direta e indireta, para o meu sucesso profissional.

## Agradecimentos

- Agradeço a Deus por iluminar e guiar meu caminho.
- Aos meus pais Cláudio e Maria Aparecida, que me proporcionaram a oportunidade de estudar e possuir uma carreira profissional.
- Ao meu irmão Cláudio (*in memoriam*), à minha irmã Cíntia e a minha noiva Lilian que sempre estiveram ao meu lado durante todo o trabalho realizado.
- Ao Prof. Dr. Pedro Jacob Christoffoleti que me orientou e coordenou toda a pesquisa.
- Ao Prof. Dr. José Eduardo Corrente (Unesp-Botucatu) pela amizade, paciência e ajuda nas análises estatísticas.
- Aos Professores Dr. Ricardo Victória Filho, Dr. Edgar Ferreira Gomes de Beaulair e Dr. João Aléxio Scapare Filho pelos conselhos e convivência durante todo o curso.
- Aos amigos e companheiros Eng. Agr. MSc. Marcelo Nicolai e Eng. Agr. Saul Jorge Pinto de Carvalho pela ajuda e companheirismo.
- Aos colegas Eng. Agr. MSc. Ramiro Fernando Lopes-Ovejero, acadêmicos Rafael Silva (Ajato), Fernando Martins (Sucgo), Francisco de Souza Dias Gutierrez (Xicão) e Marcus Rogério Del Bel Pereira (Maranguape) pela convivência e participação nos trabalhos.
- Aos antigos e atuais integrantes do Grupo de Estágio em Biologia de Plantas Daninhas por todo auxílio prestado nas instalações e condução dos experimentos.

- Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de estudos concedida.
- À Usina Alto Alegre, nas pessoas dos Srs. Edson Francisco Girondi, Carlos Cavalleri e Francisco Gomes Leite Sobrinho pelo apoio pessoal e profissional no transcorrer das pesquisas realizadas.
- À Usina Santa Helena (COSAN) e aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal da ESALQ/USP, principalmente Luciane A. Lopes, pelo apoio estrutural, humano e mão-de-obra para a realização dos experimentos.
- Aos funcionários da Biblioteca Central da ESALQ/USP, principalmente às Bibliotecárias Eliana e Silvia.
- Á todos que de forma direta e indireta contribuíram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES .....	8
LISTA DE TABELAS .....	9
RESUMO .....	11
SUMMARY .....	13
1 INTRODUÇÃO .....	14
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	16
2.1 A cana-de-açúcar .....	16
2.2 A variedade RB 867515 .....	19
2.3 Controle químico de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar .....	21
2.4 Características dos herbicidas pré-emergentes utilizados na cultura da cana-de-açúcar: comportamento no solo, absorção, seletividade e mecanismo de ação .....	24
2.5 Controle de nematóides na cultura da cana-de-açúcar .....	32
2.6 Interação de herbicidas e inseticidas aplicados simultaneamente .....	35
2.7 Interação de herbicidas e inseticidas na cultura do milho e da soja .....	37
2.8 Interação de herbicidas e inseticidas na cultura da cana-de-açúcar .....	39
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	41
3.1 Experimento de campo .....	41
3.1.1 Características da área experimental .....	41
3.1.2 Plantio e instalação do experimento .....	44
3.1.3 Tratamentos e delineamento experimental .....	46
3.1.4 Condução e características avaliadas .....	46
3.2 Experimento conduzido em vasos .....	47
3.2.1 Características da área experimental, dos vasos e das condições edafoclimáticas .....	47
3.2.2 Plantio e instalação do experimento .....	48
3.2.3 Tratamentos e delineamento experimental .....	49
3.2.4 Condução e características avaliadas .....	50
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	50

4.1 Experimento de campo .....	50
4.2 Experimento conduzido em vasos .....	62
5 CONCLUSÕES .....	68
REFERÊNCIAS .....	70

**LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

	Página
Figura 1 - Sintoma de fitotoxicidade, aos 15 DAB, causado pela aplicação de terbufós (3 kg.ha <sup>-1</sup> ) no sulco de plantio e clomazone (1 kg.ha <sup>-1</sup> ) em condições de pré-emergência da cultura da cana-de-açúcar .....	51
Figura 2 - Plantas de cana-de-açúcar, aos 90 DAB, sem sintomas de fitotoxicidade (testemunha) .....	52
Figura 3 - Danos fitotóxicos causados pela aplicação de terbufós (3,0 kg.ha <sup>-1</sup> ) seguido de clomazone (1,0 kg.ha <sup>-1</sup> ) aos 15 DAB .....	63

## LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 - Produção de colmos industrializáveis de cana-de-açúcar no Brasil (em toneladas) .....	18
Tabela 2 - Produção total de açúcar no Brasil (em sacas de 50 kg) .....	18
Tabela 3 - Produção total de álcool combustível no Brasil (em m <sup>3</sup> ) .....	19
Tabela 4 - Características agroindustriais da variedade RB 867515 .....	20
Tabela 5 - Sensibilidade da variedade RB 867515 às doenças e pragas .....	20
Tabela 6 - Força de adsorção dos herbicidas em relação ao valor de K <sub>oc</sub> .....	26
Tabela 7 - Principais mecanismos de ação, local de aplicação, movimentação nas plantas e espécies controladas dos herbicidas .....	31
Tabela 8 - Herbicidas pré-emergentes e seus respectivos mecanismos de ação .....	32
Tabela 9 - Características dos nematicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar .....	34
Tabela 10 - Análise química do solo da área experimental, Piracicaba-SP .....	41
Tabela 11 - Dados climáticos do período de realização do experimento, Piracicaba-SP .....	42
Tabela 12 - Análise nematológica do experimento realizada aos 150 DAP .....	43
Tabela 13 - Análise nematológica do experimento realizada aos 210 DAP .....	43
Tabela 14 - Nematicidas utilizados no experimento, Piracicaba-SP .....	44
Tabela 15 - Herbicidas usados no experimento, Piracicaba-SP .....	45
Tabela 16 - Análise química da terra utilizada no experimento em vasos, Piracicaba-SP .....	47
Tabela 17 - Dados climáticos do período de realização do experimento, Piracicaba-SP .....	48

Tabela 18 - Nematicidas utilizados no experimento conduzido em vasos, Piracicaba-SP .....	49
Tabela 19 - Herbicidas usados no experimento conduzido em vasos, Piracicaba-SP .....	49
Tabela 20 - Parâmetros estatísticos do experimento de campo, Piracicaba-SP .....	53
Tabela 21 - Avaliação visual dos sintomas de fitotoxicidade apresentada pelas plantas no campo aos 15 DAB .....	54
Tabela 22 - Avaliação visual dos sintomas de fitotoxicidade apresentada pelas plantas no campo aos 30 DAB .....	55
Tabela 23 - Avaliação visual dos sintomas de fitotoxicidade apresentada pelas plantas no campo aos 45 DAB .....	56
Tabela 24 - Avaliação visual dos sintomas de fitotoxicidade apresentada pelas plantas no campo aos 60 DAB .....	57
Tabela 25 - Avaliação visual dos sintomas de fitotoxicidade apresentada pelas plantas no campo aos 90 DAB .....	59
Tabela 26 - Produção de colmos industrializáveis de cana-de-açúcar (TCH) e qualidade tecnológica do caldo: Brix, Pol %, açúcares redutores totais (ART), fibra % e açúcares totais recuperáveis (ATR) .....	60
Tabela 27 - Parâmetros estatísticos do experimento de vasos, Piracicaba-SP	62
Tabela 28 - Avaliação visual dos sintomas de fitotoxicidade apresentada pelas plantas nos vasos aos 15 DAB .....	63
Tabela 29 - Avaliação visual dos sintomas de fitotoxicidade apresentada pelas plantas nos vasos aos 30 DAB .....	64
Tabela 30 - Avaliação visual dos sintomas de fitotoxicidade apresentada pelas plantas nos vasos aos 45 DAB .....	65
Tabela 31 - Avaliação visual dos sintomas de fitotoxicidade apresentada pelas plantas nos vasos aos 60 DAB .....	66
Tabela 32 - Avaliação visual dos sintomas de fitotoxicidade apresentada pelas plantas nos vasos aos 90 DAB .....	66

Tabela 33 - Avaliação da biomassa fresca, em gramas, das plantas nos vasos aos 90 DAB .....	66
---	----

## RESUMO

### **Seletividade de herbicidas para a cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) afetada pela interação com nematicidas aplicados no plantio**

Foram instalados dois experimentos com o objetivo de avaliar a interação sobre a tolerância da cultura da cana-de-açúcar pelo uso simultâneo de herbicidas em pré-emergência e nematicidas aplicados no sulco de plantio. Um experimento foi instalado em área de produção comercial da Usina Santa Helena e o outro em vasos do Departamento de Produção Vegetal da ESALQ - USP. O delineamento experimental utilizado no experimento de campo foi de blocos casualizados com parcelas subdivididas sendo as parcelas constituídas pelos herbicidas, em  $\text{kg.ha}^{-1}$ : sulfentrazone (0,8), tebuthiuron (0,9), metribuzin (1,44), ametrina (2,5), diuron (2,0), clomazone (1,0), pendimethalin (1,75) e diuron+hexazinona (1,066+0,134) aplicados em condições de pré-emergência, além da testemunha. As sub-parcelas foram constituídas pelos nematicidas aplicados no sulco de plantio, em  $\text{kg.ha}^{-1}$ : carbofuran (2,975), terbufós (3,0), aldicarb (1,5) e uma testemunha. Foram coletados os dados de fitotoxicidade aos 15, 30, 45, 60 e 90 dias após o início da brotação (DAB) e também o peso e qualidade tecnológica dos colmos industrializáveis no final do ciclo da cultura. Para a comparação de médias foi utilizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade. No experimento em vasos os herbicidas utilizados, em  $\text{kg.ha}^{-1}$ , foram: metribuzin (1,44), clomazone (1,0), pendimethalin (1,75) e uma testemunha. Já os nematicidas utilizados, em  $\text{kg.ha}^{-1}$ , foram: carbofuran (3,0), terbufós (3,0), aldicarb (1,5) e uma testemunha. O delineamento experimental utilizado foi completamente casualizado, com todas as combinações de herbicidas e nematicidas, totalizando 16 tratamentos, 4 repetições. Os dados coletados aos 15, 30, 45, 60, e 90 DAB referem-se a fitotoxicidade. Foi coletada também a biomassa fresca aos 90 DAB. A comparação de médias foi feita através do teste de Tukey a 5% de probabilidade. Nas condições em que se realizaram os experimentos pode-se concluir que a interação nematicida x herbicida potencializou a ação fitotóxica dos herbicidas na cana-de-açúcar. A intensificação dos sintomas foi maior nas fases iniciais de crescimento da cultura, tanto para as plantas no campo quanto para as dos vasos, reduzindo assim a seletividade dos herbicidas à cana-de-açúcar. Os herbicidas metribuzin, diuron + hexazinona e diuron foram os que apresentaram menores interações com os nematicidas no experimento de campo, sendo que, o nematicida terbufós foi o que mais prolongou a persistência dos sintomas de fitotoxicidade resultante da interação, especialmente quando em associação com clomazone. Os resultados em vasos confirmaram a não interação do metribuzin com nematicidas e a interação do pendimethalin com aldicarb e terbufós, além do clomazone e terbufós. Mesmo com as interações nas fases iniciais do desenvolvimento da cultura, os danos fitotóxicos não refletiram em perdas de qualidade e produtividade no final do ciclo da cultura no experimento de campo, porém com relação às plantas dos vasos houve perdas de biomassa fresca quando essas foram pesadas aos 90 dias após início da brotação. Isso implica que a variedade de cana-de-açúcar RB 867515 tem uma boa capacidade de recuperação de injúrias, porém, para que isso ocorra as plantas de cana-de-açúcar necessitam completar todo seu ciclo.

Palavras-chave: Cana-de-açúcar; Nematicidas; Herbicidas; Interações

## ABSTRACT

### **Herbicide selectivity for sugarcane (*Saccharum* spp.) crop affected by the interactions with nematicides applied at planting**

Two experiments were installed with the objective of evaluating the interaction on the tolerance of sugarcane crop to herbicides by the simultaneous application of pre-emergence herbicides and nematicides applied in the furrow at sugarcane planting. One experiment in field conditions and one in pots installed in the experimental area at University of Sao Paulo, in Piracicaba-SP. The experimental design used was split plots and the herbicides sprayed in the field experiment were, in  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ : sulfentrazone (0.8), tebuthiuron (0.9), metribuzin (1.44), ametryne (2.5), diuron (2.0), clomazone (1.0), pendimethalin (1.75) and diuron + hexazinone (1.066+0.134), and an un-weeded check. The nematicides used, in  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , were: carbofuran (2.975), terbufos (3.0), aldicarb (1.5) and a check plot without nematicides. The phytotoxicity data were collected at 15, 30, 45, 60 and 90 days after the crop emergence (DAE) and also the yield and technological data in the end of the cycle. It was used Tukey test at 5% of probability for mean comparison. In the experiment in pots the herbicides used, in  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , were: metribuzin (1.44), clomazone (1.0), pendimethalin (1.75) and a check. The nematicides used, in  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , were: carbofuran (3.0), terbufos (3.0), aldicarb (1.5) and a check plot without nematicides in a total of 16 treatments, with four replicates. The data collected at 15, 30, 45, 60, and 90 DAE refer to the phytotoxicity and fresh biomass weight at 90 DAB. It was used a randomized complete block design, and Tukey test at 5% of probability for mean comparison. It can be concluded from the experiment that the interaction caused by nematicide x herbicide enhanced the phytotoxic effect of the herbicides to sugarcane. The symptoms were intense in the beginning in both field and pot experiments reducing the herbicide selectivity to sugarcane in the initial phases of the plants development. The herbicides metribuzin, diuron + hexazinone and diuron were the ones that presented lower interactions with the nematicidas in the field experiment, being the nematicide terbufos that extended more the phytotoxic symptoms as a result of the interaction, specially when in association with clomazone. The results in pots confirmed the non-interaction of metribuzin with the nematicidas and the interaction of pendimethalin with aldicarb and terbufos, plus the interaction of clomazone and terbufos. Even with the interactions in the initial phases of the development of sugarcane plants no reduction was observed in the technological quality and yield at the end of the cycle of the plants in the field experiment, however, in pots there were losses of fresh weight biomass in the treatments with heavy phytotoxic effects up to 90 days after the plant emergence. Therefore, it can be concluded that the sugarcane variety RB 867515 has a good capacity of recovery of phytotoxic effects, however for that, sugarcane plants cycle must be completed up to harvest timing.

Keywords: Sugarcane; Nematicides; Herbicides; Interactions

## 1 INTRODUÇÃO

A importância da cana-de-açúcar no Brasil está fundamentada de um lado, na produção açucareira, responsável por divisas em termos de exportação, e de outro, na produção de álcool etílico, que com o crescente problema energético e de poluição nas grandes cidades, principalmente a elevada demanda de combustíveis, passou a constituir importante alternativa à substituição de determinados derivados do petróleo.

A cultura da cana-de-açúcar ocupa no Brasil uma área superior a 5,0 milhões de hectares e produtividade média em torno de 73,7 t.ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2005). Essa média poderia ser maior se o desenvolvimento da cultura não fosse tão prejudicado por fatores biológicos, climáticos e edáficos. Dentre os fatores biológicos, a incidência de plantas daninhas e a ocorrência de nematóides contribuem como fatores de redução da produção. Em áreas altamente infestadas com nematóides, as perdas de produção podem chegar a mais de 50 % no caso das espécies *Meloidogyne incognita* e *Pratylenchus zeae* (NOVARETTI, 1981; DINARDO-MIRANDA; FERRAZ, 1991). Com relação às plantas daninhas as perdas de produtividade podem chegar até a 86% na produção de colmos industrializáveis em cana-planta com alta infestação (CHRISTOFFOLETI, 1997).

Na cultura da cana-de-açúcar o uso do controle químico (nematicidas e herbicidas) tem contribuído para manutenção da produtividade potencial agrícola, mesmo em áreas problemáticas. A aplicação sistemática de nematicidas no sulco de plantio e logo em seguida, a pulverização de herbicidas em condições de pré-emergência, tanto das plantas daninhas quanto da cultura, ocorrem de forma rotineira nas áreas produtoras. Individualmente esses compostos químicos não são prejudiciais, quando seguidas as recomendações de aplicação. Entretanto, a tolerância das plantas a um determinado defensivo pode ser alterada pela presença de outro. Por exemplo, uma cultura tolerante a um herbicida pode ter essa capacidade reduzida devido a interação entre o herbicida e um outro produto químico como um nematicida (DINARDO-MIRANDA et al., 2001a).

A bibliografia cita vários casos de interações nas culturas do milho e da soja, que levam a redução de comprimento de radículas, diminuição da respiração de plântulas, redução da capacidade de tolerância de certos herbicidas, redução da fotossíntese

líquida, diminuição da efetividade de enzimas vitais, entre outros (AHRENS, 1990; OVEJERO-LOPEZ et al., 2003). Diversos pesquisadores, como Blanco et al. (1980) observaram, na cultura da cana-de-açúcar, problemas de fitotoxicidade devido a aplicação seqüencial de um nematicida e um herbicida. Os principais sintomas verificados foram: acentuada clorose ao longo do limbo foliar acompanhada de secamento das folhas a partir do ápice e da margem do limbo, atingindo inclusive o grau de paralisação do crescimento das plantas, diminuição da altura das plantas, perda de rendimento de sacarose com a diminuição da espessura de colmos, menor número de plantas por metro de plantio, entre outros.

Tendo em vista todas essas observações, associado a escassez de informações conclusivas na literatura, e que englobe os atuais produtos padrões de mercado, foi desenvolvido o presente trabalho de pesquisa com o objetivo de avaliar a interação dos nematicidas padrões de mercado aplicados no sulco de plantio da cana-de-açúcar, seguido da aplicação de herbicidas em condições de pré-emergência, sobre o desenvolvimento inicial e produtividade de colmos, em função da alteração da seletividade do herbicida.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A cana-de-açúcar

A origem presumível da cana-de-açúcar é o norte da Índia. Colombo em sua segunda viagem trouxe para a América, começando o seu plantio em São Domingos em 1494. No Brasil, o plantio iniciou-se em São Vicente em 1522, com cana-de-açúcar trazida da Ilha da Madeira por Martin Afonso de Sousa. Dessa mesma ilha, em 1533, Duarte Coelho Pereira trouxe a cana-de-açúcar para Pernambuco (BASTOS, 1987).

Pertence à família botânica Poaceae, da classe Liliopsida e da ordem Ciperales, a qual se caracteriza por apresentar flores pequenas, praticamente destituídas de perianto e protegidas por brácteas e bractéolas secas, reunidas em típicas inflorescências. O fruto é seco, do tipo cariopse, e com semente de endosperma abundante. As folhas são simples, alternas, estreito-lanceoladas de ápice longamente acuminado, com os bordos serrados por pelos simples. A planta é ereta, perene, rizomatosa, formando touceiras, que podem ser classificados em “densa”, “média” ou “frouxa” em função da arquitetura e perfilhamento (ARANHA; YAHN, 1987).

A brotação é ótima na temperatura de 32°C, e paralisa quando a temperatura é inferior a 21°C (BARBIERI, 1981). Com relação ao crescimento da cana-de-açúcar, segundo Falconnier e Bassereau (1975), nas temperaturas abaixo de 25°C é lento, entre 30°C e 34°C é máximo, e acima de 35°C torna-se também lento, sendo praticamente nulo nas temperaturas superiores a 38°C. Bacchi e Souza (1978) destacam que, em condições de cultura tanto irrigada quanto não irrigada o crescimento torna-se praticamente nulo nas temperaturas inferiores a 18°C e 19°C, respectivamente.

A cana-de-açúcar é uma planta com metabolismo do tipo C<sub>4</sub>, tendo alta eficiência fotossintética e ponto de saturação luminosa elevado. Portanto, quanto maior for a intensidade luminosa, maior o seu desenvolvimento e acúmulo de açúcares (BARBIERI, 1981).

Alfonsi et al. (1987) afirmaram que as precipitações pluviárias anuais ideais para o cultivo da cana-de-açúcar devem ser de aproximadamente 1100 a 1500 mm, porém, mais concentrado nas fases de crescimento da cana. Segundo Lucchesi (1985), os solos ideais para o desenvolvimento e crescimento da cana-de-açúcar são aqueles de

boa fertilidade, profundos, argilosos, com boa capacidade de retenção de água e com pH entre 6,0 e 6,5.

No Estado de São Paulo o cultivo da cana-de-açúcar pode ser separado em três grupos, segundo a época de plantio e número de cortes. A cana-de-açúcar plantada no final de cada ano se desenvolverá inicialmente sob condições de boa umidade e temperatura, e será colhida após um ano, sendo denominada de “cana planta de ano”. Já a cana-de-açúcar plantada no início de cada ano se desenvolverá inicialmente sob condições de baixa umidade e baixas temperaturas, será colhida após dezoito meses, sendo denominada “cana planta de ano e meio”. Após, o primeiro corte (primeira colheita), todas serão colhidas, aproximadamente, um ano após e são denominadas “cana soca” (KUVA, 1999).

O surgimento de várias doenças, e de uma tecnologia mais avançada exigiu a criação de novas variedades, as quais inicialmente foram obtidas pelo cruzamento da *S. officinarum* com as outras quatro espécies do gênero *Saccharum* e, posteriormente, através de re-cruzamentos com as ascendentes (JUNHO; SANCHEZ, 1997).

A cultura da cana-de-açúcar tornou-se mais importante no Brasil a partir da década de 1970. Esta expansão se deu à medida que o setor da agroindústria canavieira foi solicitado a contribuir para a solução da emergente crise energética, face a sua potencialidade de produção de energia a partir de fonte renovável. A importância da cana-de-açúcar pode ser atribuída a sua múltipla utilização, podendo ser empregada *in natura*, sob a forma de forragem, para alimentação animal, ou como matéria-prima para fabricação de rapadura, melado, aguardente, açúcar e álcool. A grande importância que lhe é atribuída não deriva somente do seu significado quanto ao volume de produção e ao emprego de mão de obra, mas também porque constitui componente relevante na dieta da população brasileira (NOVARETTI, 1981). O consumo *per capita* de açúcar no Brasil está em torno de  $50 \text{ kg.ano}^{-1}$ , enquanto a média de consumo mundial é de aproximadamente  $20 \text{ kg.ano}^{-1}$  (CARVALHO, 1998).

O álcool, como combustível, é um produto renovável e limpo que contribui para a redução do efeito estufa, e diminui substancialmente a poluição do ar, minimizando os seus impactos na saúde pública. No Brasil, o uso intenso do álcool restringe a emissão de poluentes da crescente frota de veículos, principalmente de monóxido de carbono,

óxidos de enxofre, compostos orgânicos tóxicos como o benzeno e compostos de chumbo (NOVARETTI, 1997).

Atualmente a cana-de-açúcar ocupa uma área plantada de 5.582.780 ha e um rendimento médio de 73,767 kg.ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2005). A produção total de cana-de-açúcar, açúcar e álcool estão expressas nas Tabelas 1, 2 e 3, respectivamente. A agroindústria da cana-de-açúcar gera ao Brasil cerca de 1 milhão de empregos diretos e de 3 a 5 milhões de empregos indiretos. Somente no Estado de São Paulo a “cadeia canavieira” responde por 40% do emprego rural e 35% da renda agrícola (CARVALHO, 1999).

Tabela 1 - Produção de colmos industrializáveis de cana-de-açúcar no Brasil (em toneladas)

<b>Safra</b>	<b>São Paulo</b>	<b>Centro-Sul</b>	<b>Norte-Nordeste</b>	<b>Brasil</b>
½	176.574.250	244.218.084	48.832.459	293.050.543
02/03	192.486.643	270.406.693	50.243.383	320.650.076
¾	207.810.964	299.120.591	60.194.968 <sup>1</sup>	359.315.559

Fonte: Adaptado de [http://www.unica.com.br/pages/acucar\\_tipos.asp](http://www.unica.com.br/pages/acucar_tipos.asp), (2005). <sup>1</sup>Dados do Norte-Nordeste até 01/04/2004.

Tabela 2 - Produção total de açúcar no Brasil (em sacas de 50 kg)

<b>Safra</b>	<b>São Paulo</b>	<b>Centro-Sul</b>	<b>Norte-Nordeste</b>	<b>Brasil</b>
½	247.005.060	319.443.240	64.916.980	384.260.320
02/03	286.958.160	375.561.100	75.784.100	451.345.200
¾	303.437.080	408.409.540	90.106.320 <sup>1</sup>	498.515.860

Fonte: Adaptado de [http://www.unica.com.br/pages/acucar\\_tipos.asp](http://www.unica.com.br/pages/acucar_tipos.asp), (2005). <sup>1</sup>Dados do Norte-Nordeste até 01/04/2004.

Tabela 3 - Produção total de álcool combustível no Brasil (em m<sup>3</sup>)

Safra	São Paulo	Centro-Sul	Norte-Nordeste	Brasil
½	7.134.529	10.176.290	1.359.744	11.536.034
02/03	7.690.689	11.152.084	1.471.141	12.623.225
¾	8.828.535	13.068.637	1.740.068 <sup>1</sup>	14.808.705

Fonte: Adaptado de [http://www.unica.com.br/pages/alcool\\_combustivel.asp](http://www.unica.com.br/pages/alcool_combustivel.asp), (2005). <sup>1</sup>Dados do Norte-Nordeste até 01/04/2004.

## 2.2 A variedade RB 867515

A variedade RB 867515 foi lançada pela Universidade Federal de Viçosa e surgiu do cruzamento da variedade RB 72454 com outra variedade até então indefinida (PMGCA, 2005). As suas principais características agroindustriais estão descritas na Tabela 4. Com relação às doenças e pragas, suas respectivas sensibilidades estão expressas na Tabela 5.

Como recomendações de manejo dessa variedade, têm-se as seguintes características: solos de baixa e média fertilidade para corte em meados até o final da safra, sendo que, neste último caso se deve observar a intensidade de chochamento; apresenta porte ereto, sendo, ótima opção em espaçamento reduzido, pois apresenta bom diâmetro de colmos e médio perfilhamento; ótima opção de manejo em áreas com aplicação de vinhaça utilizando-se maturadores; apresenta ótima brotação sob palha; em função do rápido crescimento é boa opção para corte no final de safra (cana de ano) nas regiões onde tem apresentado pouco florescimento e; os aspectos negativos são o chochamento e estrias vermelhas (PMGCA, 2005).

A escolha dessa variedade para o desenvolvimento da pesquisa deve-se ao fato de que ela é a segunda variedade mais plantada nas áreas produtoras de cana-de-açúcar do Brasil, com um potencial de expansão muito grande e que provavelmente ultrapassará em área plantada a variedade RB 72454.

Tabela 4 - Características agroindustriais da variedade RB 867515

<b>Características</b>	<b>Desempenho</b>
Produtividade em cana-planta	Alta
Produtividade em cana-soca	Alta
Exigência em fertilidade do solo	Baixa
Germinação	Ótima
Crescimento	Rápido
Hábito de crescimento	Ereto
Fechamento nas entrelinhas	Bom
Brotação de soqueira	Ótima
Sensibilidade a herbicidas	Média
Perfilhamento	Médio
Tombamento	Médio
Florescimento	Médio
Chochamento	Médio
Teor de sacarose	Médio
Maturação	Média
Teor de fibra	Médio

Fonte: PMGCA, 2005.

Tabela 5 - Sensibilidade da variedade RB 867515 às doenças e pragas

<b>Doenças e pragas</b>	<b>Suscetibilidade</b>
Carvão	Tolerante
Ferrugem	Tolerante
Mosaico	Intermediária
Estrias vermelhas	Sensível
Falsas estrias vermelhas	Sensível
Escaldadura-das-folhas	Intermediária
Podridão vermelha	Intermediária
Broca	Intermediária

Fonte: PMGCA, 2005.

### 2.3 Controle químico de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar

Segundo Lorenzi (2000), planta daninha é qualquer ser vegetal que cresce em local e momento que ele não é desejado, e compete com as culturas, interferindo em seu desenvolvimento e produção final. Dentre os fatores bióticos, as plantas daninhas são um dos principais componentes do agroecossistema da cana-de-açúcar, que interferem no desenvolvimento e na produtividade desta cultura. Estima-se que cerca de 1000 espécies de plantas daninhas habitem o agroecossistema da cana-de-açúcar, nas distintas regiões produtoras do mundo (AREVÁLO, 1979).

Victória Filho e Christoffoleti (2004) citam que as principais plantas daninhas que interferem com a cana-de-açúcar são: capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea*), capim-colchão (*Digitaria horizontalis*), capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus*), capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*), grama-seda (*Cynodon dactylon*), capim-colonião (*Panicum maximum*), capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*), capim-fino (*Brachiaria mutica*), capim-massambará (*Sorghum halepense*), capim-gengibre (*Paspalum maritimum*), corda-de-viola (*Ipomoea* sp.), caruru (*Amaranthus* sp.), beldroega (*Portulaca oleraceae*), picão-preto (*Bidens pilosa*), carrapicho-de-carneiro (*Acanthospermum hispidum*), amendoim-bravo (*Euphorbia heterophylla*), serralha-mirim (*Emilia sonchifolia*), trapoeraba (*Commelina* sp.), serralha (*Sonchus oleraceus*), mentrasto (*Ageratum conyzoides*), poaia-branca (*Richardia brasiliensis*), erva-de-rola (*Cróton lobatus*), burra-leiteira (*Chamaesyce hirta*), guanxuma (*Sida* sp.) e tiririca (*Cyperus rotundus*).

A presença dessas plantas pode interferir no processo produtivo da cana-de-açúcar, competindo pelos recursos do meio, principalmente água, luz e nutrientes, liberando substâncias alelopáticas, atuando como hospedeiro de pragas, doenças e nematóides comuns à cultura e interferindo nas práticas de colheita (PITELLI, 1985).

Kuva (1999) tem a mesma opinião, citando que na cana-de-açúcar, as plantas daninhas concorrem no mesmo espaço, por água, luz e nutrientes com a cultura, podendo liberar substâncias alelopáticas, e assim inibir a brotação da cana-de-açúcar, e ainda, interferir na produtividade final. Causam, ainda, reduções no número de cortes economicamente viáveis do canavial. Com relação a competição por nutrientes, as

plantas daninhas interferem na nutrição da cana-de-açúcar, diminuindo a absorção dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, Fe e Zn, desde que essa competição seja permanente (BLANCO et al., 1981).

A ocorrência de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar, de acordo com Victória Filho e Christoffoleti (2004), provoca sérias perdas na produtividade quando não controladas adequadamente. Explicam ainda que a cana-de-açúcar, apesar de usar de maneira altamente eficiente (fisiologia C<sub>4</sub>), os recursos disponíveis para o seu crescimento, é afetada nas fases iniciais de crescimento pelas plantas daninhas, que também utilizam recursos disponíveis de forma eficiente, por muitas delas também apresentarem fisiologia C<sub>4</sub>.

As plantas daninhas causam, em média, reduções de 15% na produção de colmos no estado de São Paulo, e os gastos para controle do mato correspondem a 30% do custo total da produção da cana-soca e a 20% da produção da cana-planta (LORENZI, 1988). Já para Christoffoleti (1997) e Blanco et al. (1981) essas perdas de rendimento da cultura da cana-de-açúcar podem ser bem maiores. Em função do tipo e da densidade de infestação e do período de convivência com a cultura, essas perdas podem chegar a 86%.

De acordo com Junho e Sanchez (1997), o período crítico da cultura, devido à concorrência com plantas daninhas, vai da emergência aos 90 dias de idade. Victória Filho e Christoffoleti (2004) explicam que o período anterior a interferência (PAI), o período total de prevenção a interferência (PTPI) e o período crítico de prevenção da interferência (PCPI) variam em função da modalidade de cultivo e do período de corte.

Existem vários métodos de controle das plantas daninhas. Deuber (1997) cita os principais: controle preventivo, controle cultural, controle manual, controle mecânico e controle químico. Todos esses métodos de controle possuem alguns problemas de uso, ou podem causar algum prejuízo à cultura. Dario et al. (1997) salientam que o cultivo mecânico apresenta alguns inconvenientes, por danificar as plantas de cana-de-açúcar, pelo baixo rendimento, e por não eliminar devidamente as plantas daninhas próximas às linhas da cultura.

Devido à ineficiência de outros métodos, e da grande quantidade de perdas, o controle de plantas daninhas na lavoura canavieira reveste-se de importância em face

das extensas áreas cultivadas. Por esse fator territorial e pela eficácia dos herbicidas, o controle químico, é amplamente utilizado na canavicultura (PEDRINHO; DURIGAN, 2001). De acordo com Procópio et al. (2003), a cultura da cana-de-açúcar é a segunda em consumo de herbicidas no Brasil, atrás apenas da cultura da soja. Além disso, citam que o controle químico é o método mais utilizado por ser econômico e de alto rendimento, em comparação com os outros, e também por existir inúmeros produtos eficientes registrados para esta cultura no Brasil. Mas para seu sucesso, Victória Filho e Christoffoleti (2004), dizem que é necessário o conhecimento profundo da fisiologia dos herbicidas na planta, dos fatores envolvidos na seletividade e do comportamento dos herbicidas no solo (no caso do uso de herbicidas em condições de pré-emergência).

A aplicação de herbicidas na cultura da cana-de-açúcar pode ser realizada com aplicador costal, aplicação tratorizada e aplicação aérea. Com relação à época de emergência das plantas daninhas e da cultura existem quatro formas de aplicação: aplicação em pré-plantio (PP), aplicação em pré-plantio incorporado (PPI), aplicação em pré-emergência (PRÉ) e aplicação em pós-emergência (PÓS) (Deuber, 1997).

O controle químico de plantas daninhas é influenciado por fatores ligados a cultura, as plantas infestantes, as condições climáticas e de solo. Considerando a época de plantio da cana (cana planta de ano e cana planta de ano e meio), ou corte, pode-se determinar as características do clima, da umidade do solo e da infestação de plantas daninhas. Com isso consegue-se programar o uso de herbicidas em condições de pré-plantio, pré-emergência e pós-emergência (Christoffoleti, 1997).

Na cultura da cana-de-açúcar a aplicação em PP é geralmente usada nas reformas dos canaviais, a aplicação em PPI pode ser usada em áreas com alto banco de sementes de gramíneas. A aplicação em PÓS é usada na cultura da cana-de-açúcar quando a aplicação em PRÉ não foi feita ou quando não foi suficiente para controle satisfatório das plantas daninhas. A aplicação em PÓS, devido às injúrias leves a moderadas nas folhas que podem refletir em queda de produção, deve ser realizada na fase mais tolerante da cultura que é a de esporão, quando há maior dificuldade de absorção foliar (VICTÓRIA FILHO; CHRISTOFFOLETI, 2004).

## **2.4 Características dos herbicidas pré-emergentes utilizados na cultura da cana-de-açúcar: comportamento no solo, absorção, seletividade e mecanismo de ação**

Os herbicidas são produtos químicos que atuam nas plantas, podendo afetar reações bioquímicas do metabolismo ou serem degradados, com posterior incorporação dos produtos dessa degradação em substâncias formadas nas plantas (CASTRO, 1997).

Os herbicidas de PRÉ são também denominados de herbicidas residuais pois penetram no solo por algum tempo controlando as plantas, que por ventura entrarem em germinação (LORENZI, 2000).

O sistema solo é composto pelas fases sólida ou mineral, líquida e gasosa. Os principais componentes do solo são a água, ar, material mineral e orgânico. A proporção relativa desses componentes afeta o comportamento do solo (BRADY; WEILL, 1996). As proporções aproximadas dos componentes sólidos, líquido e gasoso, num solo de textura franca, são de 45% de material mineral, 5% de matéria orgânica, 25% do volume total constituído de água e 25% de ar (OLIVEIRA, 2001a). Já os herbicidas apresentam algumas características físico-químicas que, juntamente com as condições ambientais e as características físicas, químicas e biológicas do solo, regem o seu comportamento no ambiente. Estas características são diferentes para cada herbicida, mesmo para aqueles pertencentes ao mesmo grupo químico (PROCÓPIO et al., 2003).

O solo é o destino final dos produtos químicos usados na agricultura, sejam eles aplicados diretamente no solo ou aplicados na parte aérea das plantas. Ao entrarem em contato com o solo, os herbicidas estão sujeitos a processos físico-químicos que regulam seu destino no ambiente. Exemplos desses processos são retenção, lixiviação, volatilização, fotodegradação, decomposição química e biológica, escoamento superficial e absorção pelas plantas (BAILEY; WHITE, 1970; ROOWELL, 1994). Diversos processos relacionados à degradação e ao desaparecimento dos herbicidas afetam a persistência destes compostos e limitam a sua disponibilidade para a planta (MEROTO JR; FISCHER, 2004).

Ao atingirem o solo, os produtos podem ser retidos pelos colóides ou permanecer na solução do solo. A retenção refere-se a habilidade do solo de reter uma molécula orgânica, evitando que ela se mova tanto para dentro como para fora da matriz do solo. A retenção se constitui basicamente no processo de adsorção, mas também inclui a absorção pelas plantas e a degradação pelos microorganismos (OLIVEIRA, 2001a).

A adsorção do herbicida ao solo representa um fator integrador que atua na disponibilidade dos herbicidas para absorção pelas plantas. A adsorção é definida por Zimdahl (1999) como sendo um processo de acúmulo em uma fase do solo, contrastando com a absorção ou com a passagem para outra fase. Já para Koskinen e Harper (1990), adsorção é o acúmulo da molécula orgânica na interface de duas fases, do tipo solo-água ou solo-ar.

A quantidade de herbicida adsorvido depende de suas propriedades químicas, das características físico-químicas do solo, principalmente da superfície específica e da capacidade de troca catiônica (CTC) dos minerais da fração argila, da formulação, da dose aplicada do produto e das condições climáticas. Por isso, informações obtidas em determinados locais, quando extrapoladas para outras regiões de clima e solos diferentes, apresentam sempre um valor relativo (BLANCO et al., 1983a).

O processo controla, e é controlado, por transformações químicas e biológicas, influenciando no transporte das moléculas orgânicas para a atmosfera, águas subterrâneas e superficiais. Como consequência desta interação, o herbicida é disponibilizado na solução do solo de onde será absorvido pelas raízes. Desta forma, a eficiência do herbicida é altamente influenciada pela dinâmica da água no solo. Situações de déficit hídrico contribuem para que grande quantidade do herbicida se mantenha adsorvido aos colóides do solo, e assim, indisponível para absorção pelas plantas. Por outro lado, excesso hídrico pode disponibilizar uma grande quantidade do herbicida para a solução do solo, de onde este é facilmente arrastado por lixiviação (MEROTO JR; FISCHER, 2004). Dessa forma a retenção é o fator que determina a eficiência dos agroquímicos aplicados no solo (KOSKINEN; HARPER, 1990).

A força de adsorção dos herbicidas é mensurada pelo coeficiente  $K_{oc}$  que é calculado pela seguinte equação (1):

$$K_{oc} = \frac{C_s \times f_{oc}}{C_w} \times 100 \quad (1)$$

onde  $C_s$  é a parte do soluto adsorvida ao solo,  $C_w$  é a parte do soluto que permanece dispersa na solução do solo (água) e  $f_{oc}$  é a fração orgânica do solo em porcentagem (SCHWARZENBACH et al., 1993; HAVENS et al., 1995; LINDE, 1994).

Uma correlação empírica, usada tradicionalmente para determinação do coeficiente de distribuição da matéria orgânica foi dada por Karickhoff (1981), utilizando a fórmula (2):

$$K_{oc} = 0,41 \times K_{ow} \quad (2)$$

onde  $K_{ow}$  é o coeficiente que gera uma estimativa direta da hidrofobicidade ou da tendência de partição de determinado produto de um meio aquoso para um meio orgânico, tais como lipídeos, ceras e matéria orgânica (MACKAY et al., 1997).

Para efeito no ambiente, quanto maior o valor de  $K_{oc}$  apresentado pelo produto, maior será a sua tendência a ser adsorvido ao solo, imobilizando-o (GEBLER; SPADOTTO, 2004). Na Tabela 6 encontram-se a força de adsorção relacionado ao valor de  $K_{oc}$ .

Tabela 6 - Força de adsorção dos herbicidas em relação ao valor de  $K_{oc}$

Força de adsorção	Valor de $K_{oc}$
Muito forte	>5.000
Forte	600-4.999
Moderado	100-599
Fraco	0,5-99

Fonte: Adaptado de Gebler e Spadotto (2004).

Uma vez na solução do solo, a movimentação dos herbicidas até a superfície das raízes acontece principalmente através do fluxo de massa. Os processos de difusão e interceptação radicular comumente são responsáveis por transportar pequenas quantidades de herbicida até as raízes. Uma vez disponibilizados, próximos à superfície

das raízes, os herbicidas são absorvidos especialmente por pêlos radiculares e pela região próxima à ponta das raízes (MEROTO JR.; FISCHER, 2004).

A absorção de herbicidas pelas raízes pode ser feita por duas vias bem distintas, assim definidas por Taiz e Zeiger (2004): a) via simplástica – movimento de uma célula a outra através dos plasmodesmas. O simplásto consiste na rede de citoplasmas celulares intercomunicados por plasmodesmas e b) via apoplástica – o movimento é exclusivamente pela parede celular sem atravessar qualquer membrana. O apoplasto é o sistema contínuo de paredes celulares e espaços intercelulares nos tecidos vegetais.

A absorção de herbicidas pelas raízes é caracterizada por uma fase inicial de elevada taxa de absorção, seguida por uma fase de absorção mais lenta, podendo em seguida ser até negativa (perda por exsudação). Existem diferentes vias de entrada de moléculas de herbicidas. Dentre elas as mais comuns são: a) via parede celular (translocam-se via apoplásto) e difundem-se através das estrias de Gaspary (que quebram a continuidade da rota aploplástica e força a água e os solutos a cruzarem a endoderme pela membrana plasmática) e atingem o xilema; b) via simplásto onde passam de célula em célula através dos plasmodesmas e atingem o floema (KLINGMAN; ASHTON, 1975).

A absorção de herbicidas aplicados ao solo também pode acontecer através de sementes e órgãos subterrâneos. A absorção através das sementes ocorre durante a embebição e principalmente durante a germinação. Neste caso, a absorção pode acontecer pelo hipocótilo, coleótilo ou cotilédones (ZIMDAHL, 1999). A magnitude da absorção de herbicidas através de sementes e órgãos subterrâneos é pequena. No entanto, este é um processo eficiente devido a delgada cutícula que facilita a absorção de herbicidas, ao pequeno tamanho das plântulas e a pequenas distâncias requeridas para translocação dos herbicidas (MEROTO JR.; FISCHER, 2004).

Alguns herbicidas são absorvidos mais prontamente pelas raízes que pelos caules jovens e vice-versa. Este conhecimento permite escolher o herbicida de aplicação no solo, para aumentar ou reduzir a absorção. Além disso, os herbicidas podem ser incorporados ou aplicados sobre o solo (ZIMDAHL, 1999).

Para Anderson (1993), a seletividade de um herbicida é a capacidade agrônômica de matar ou inibir o crescimento de algumas plantas sem injuriar outras. A

seletividade também pode ser definida como o uso de um herbicida ou uma mistura deles, para um controle satisfatório de determinadas plantas daninhas sem danificar a cultura (OLIVEIRA, 2001b).

A seletividade dos herbicidas ocorre devido aos seguintes fatores: posicionamento do herbicida no tempo e no espaço; dosagem e formulação; metabolismo diferencial entre cultura e planta daninha; diferenças anatômicas entre cultura e plantas daninhas; resistência no local de ação; uso de protetores de culturas; fatores internos da planta que não metabólicos, diferenças entre as plantas daninhas e culturas nos diferentes estádios fenológicos, aplicação de substâncias adsorventes, cultivar, tamanho da semente e engenharia genética (Adaptado de VIDAL, 1997 e OLIVEIRA, 2001b).

No caso de herbicidas aplicados em PRÉ, a seletividade geralmente ocorre devido ao posicionamento dos herbicidas no espaço. Após serem aplicados na superfície do solo ocorre a lixiviação do herbicida. Dessa forma as plantas daninhas que possuem suas raízes na região superficial entram em contato com o herbicida e as raízes das plantas cultivadas permanecem abaixo da zona tratada (Adaptado de OLIVEIRA, 2001b)

Mas, mesmo assim, devido a elevada umidade no solo e lixiviação dos herbicidas, ocorrem casos que as plantas cultivadas podem entrar em contato na região tratada e absorver os herbicidas. Quando isso ocorre, o principal meio de seletividade é o metabolismo diferencial do herbicida entre cultura e planta daninha.

O tipo de metabolismo varia significativamente entre as diferentes combinações de cultura-herbicida, assim, é impossível fazer uma correlação simples de como cada classe de herbicida é metabolizado. Dentre as vias de metabolização dos herbicidas, duas delas são mais importantes e ocorrem na maioria dos casos, ou seja, a oxidação e conjugação (CARVALHO, 2004).

As reações de oxidação nas plantas segundo as explicações de Anderson (1993) resultam na detoxificação dos herbicidas e são freqüentemente baseadas nas enzimas do complexo chamado de P450 (também chamado de citocromo P450) ou enzimas MFO ("mixed function oxydase"). As MFOs são grupos de enzimas que catalisam as reações de monooxigenase (hidroxilação) de uma variedade de substratos orgânicos,

pela incorporação de um oxigênio proveniente do O<sub>2</sub> no substrato e o outro oxigênio na água. Estas enzimas, amplamente distribuídas na natureza, ocorrem em leveduras, plantas superiores, insetos, répteis e animais. A MFO é caracterizada basicamente por três propriedades básicas:

- a) Utiliza um nucleotídeo reduzido de pirimidina, NADPH e NADH, como substrato secundário que fornece elétrons para a redução do segundo átomo de oxigênio da água.
- b) Envolve um sistema de transporte de elétrons cujo centro de reação principal é uma família de hemoproteínas geralmente classificadas como citocromos P450.
- c) Tem pequena especificidade de substrato, pois é capaz de oxidar os mais variados tipos de substratos.

O citocromo P450 tem este nome, pois absorve luz de comprimento de onda 450 nm. A transferência do elétron proveniente da piridina nucleotídeo reduzida para o citocromo P450 é mediada por diversas proteínas transportadoras de elétrons. Existem dois tipos de citocromos P450, classe A e classe B. O da classe A é um tipo associado com a mitocôndria de vários tipos de células. Esta via, que aparentemente participa das reações de oxidação durante o metabolismo dos esteróides, pode ser expressa da seguinte maneira:



O P450 da classe tipo B, encontrado em microsomas de fígado, (ligadas nas membranas, proteínas microsomáticas) ligam-se ao oxigênio molecular, catalisam sua ativação, e incorpora um do seus átomos no herbicida. O segundo oxigênio é reduzido para formar água. Os elétrons necessários para ativação do oxigênio são fornecidos pelo NADPH via flavoproteína (NADPH-P450 redutase). Exemplos de reações de oxidação para os herbicidas são: hidroxilação dos anéis aromáticos (2,4-D; dicamba; primisulfuron; bentazon), hidroxilação dos grupos alquil (chlorotoluron, prosulfuron, chloresulfuron), hidroxilação seguida de perda do carbono oxidado (N-desalquilação (chlorotoluron, diuron) e O-desalquilação (metoxuron). A diversidade das enzimas do sistema P450 é responsável pelas diferenças no metabolismo dos herbicidas pelas

diferentes espécies de plantas. Seguindo a oxidação, muitos herbicidas são então rapidamente glicolisados (conjugados com açúcar) pela enzima glicosiltransferase e pelas enzimas ou conjugados com glutathione. Para conjugação com açúcar, o doador primário é UDP-glicose com N-glucosídeos (metribuzin) e O-glucosídeos (2,4-D) sendo então formado pela N-glicosiltransferase e O-glucosyltransferase, respectivamente. Os herbicidas glicolisados são então depois processados, ligando-se a resíduos na matriz extracelular ou são armazenados juntamente com metabólitos solúveis em água no vacúolo. Em resumo, a oxidação dos herbicidas pelo sistema P450 torna-o mais solúvel e passível de conjugação com moléculas glicosídicas, para então ser compartimentalizado em organelas longe do seu sítio de ação.

Já as reações de conjugação, ainda segundo Anderson (1993) é o principal mecanismo de metabolização dos herbicidas (sem envolver a pré-oxidação), a glutathione (GSH) é o substrato principal, com glutathione-S-transferase (GST) como enzima principal. Os herbicidas que são diretamente conjugados por este mecanismo devem ter um centro eletrofílico, como ocorre nas cloroacetanilidas, ariloxifenoxipropionicos, triazinas e tiocarbamatos. Existem diversas isoenzimas de GST que diferem na regulação e especificidade de degradação do herbicida. Estas isoenzimas são responsáveis pela vasta diferença na suscetibilidade das diferentes espécies de plantas aos diferentes herbicidas. Da mesma forma que os herbicidas glicolisados, os herbicidas conjugados com GSH são posteriormente processados, tornando-se resíduo na matriz extracelular ou são armazenados como metabólitos no vacúolo. Exemplos de outras via metabólicas de menor importância:

- redução (N-desaminação no metribuzin);
- hidrólise (hidrólise de uma amina no propanil pela enzima aril acilamidase) e;
- conjugação com aminoácidos (2,4-D).

Quando não degradados ou metabolizados, os herbicidas podem ser ativos em um ou mais locais de ação dentro da planta. Esses locais de ação são enzimas, proteínas ou outros locais onde o herbicida se liga e dificulta alguma função normal da planta (CARVALHO, 2004). Nesses locais começam a exercer o seu mecanismo de ação, que pode ser definido como a principal reação química ou física que é afetada no interior da célula, que resulta na alteração do crescimento da planta (VICTÓRIA FILHO;

CHRISTOFFOLETI, 2004). O sítio de ação é o ponto exato, numa estrutura, onde se dá o acoplamento ou etapa do processo em que um agente exerce sua ação (OLIVEIRA, 2001b). Os principais mecanismos de ação dos herbicidas estão descritos na Tabela 7.

Tabela 7 - Principais mecanismos de ação dos herbicidas, local de aplicação, movimentação nas plantas e espécies controladas dos herbicidas

Mecanismo de ação	Local de aplicação	Movimentação nas plantas	Espécies controladas <sup>1</sup>
Inibidores da ACCase	folhas	sistêmicos	G
Inibidores da ALS	folhas	sistêmicos	DCG
Inibidores da EPSPs	folhas	sistêmicos	DG
Auxinas sintéticas	folhas	sistêmicos	D
Inibidores do fotossistema I	folhas	contato	DG
Inibidores da protóx	folhas	contato	D
Inibidores do fotossistema II	solo	móveis	D
Inibidores da biossíntese do caroteno	solo	móveis	DG
Inibidores da divisão celular	solo	imóveis	G
Inibidores da formação de microtúbulos	solo	imóveis	G

Fonte: Adaptado de Oliveira, 2001b. <sup>1</sup>G – principalmente gramíneas, D – principalmente dicotiledônias, C – ciperáceas.

Atualmente existe um grande número de produtos indicados para a cultura da cana-de-açúcar em pré-emergência. Muitos destes podem ser aplicados também em pós-emergência, dependendo das espécies a controlar e de seu estágio de desenvolvimento (DEUBER, 1997). Na Tabela 8 encontram-se a relação dos herbicidas pré-emergentes utilizados no experimento em questão com seus mecanismos de ação.

Tabela 8 - Herbicidas pré-emergentes e seus respectivos mecanismos de ação

Herbicidas	Grupo químico	Mecanismo de ação
Ametrina	Triazina	Inibidor do fotossistema II
Clomazone	Isoxazolidinona	Inibidor da biossíntese do caroteno
Diuron	uréias substituídas	Inibidor do fotossistema II
Diuron+hexazinona	uréia substituída + triazinona	Inibidor do fotossistema II
Metribuzin	Triazinona	Inibidor do fotossistema II
Pendimethalin	Dinitroanilina	Inibidor da formação de microtúbulos
Sulfentrazone	Triazolinona	Inibidor da protóx
Tebuthiuron	uréia substituída	Inibidor do fotossistema II

Fonte: Adaptado de Carvalho, 2004.

## 2.5 Controle de nematóides na cultura da cana-de-açúcar

Considerada uma das principais pragas da cultura da cana-de-açúcar, os nematóides exercem grande importância nas pesquisas científicas. Em solos arenosos, as infestações de nematóides causam grandes prejuízos à cultura da cana-de-açúcar se não forem controlados adequadamente. Dentre as espécies mais problemáticas destacam-se os nematóides de galhas *Meloidogyne incognita* e *Meloidogyne javanica* e o nematóide das lesões radiculares *Pratylenchus zae* (NOVARETTI et al., 1974; MOURA et al., 1990).

Para Lordello (1981), Novaretti e Téran (1983) e Moura et al. (1990), os nematóides das galhas, pertencentes às espécies *Meloidogyne javanica* e *Meloidogyne incognita*, são considerados importantes parasitos da cana-de-açúcar, tanto no Estado de São Paulo como no Nordeste brasileiro, causando grandes danos ao sistema radicular, tornando-o mal desenvolvido e pouco eficiente. Em consequência, podem ocorrer reduções significativas na produtividade agrícola das áreas infestadas.

Além dos já citados, outra espécie que causa significativa redução na produtividade agrícola da cana-de-açúcar, em decorrência de danos no sistema radicular é *Pratylenchus zae* Graham (adaptado de DINARDO-MIRANDA et al., 1995; DINARDO-MIRANDA et al., 1996; DINARDO-MIRANDA et al., 1998; GARCIA et al., 1997). Para Harris (1974), a produtividade da cana-de-açúcar sofre sensíveis reduções

como resultados do ataque de nematóides parasitos em seu sistema radicular. Em áreas de cana-de-açúcar infestadas com nematóides das espécies *Meloidogyne incognita* e *Pratylenchus zaeae*, a redução de produtividade chega em até 50 % no caso do *M. incognita* (NOVARETTI, 1981) e 52,4 % no caso do *P. zaeae* (DINARDO-MIRANDA; FERRAZ, 1991).

Diferentes métodos de controle têm sido pesquisados nos últimos 30 anos, procurando-se, mais recentemente, uma integração entre as técnicas disponíveis para tornar o processo mais racional, eficiente e econômico. O controle químico, uma das importantes alternativas no País, passa por período de revitalização em função do aparecimento de novos produtos nematicidas e de formulações mais modernas, práticas e seguras (NOVARETTI, 1997; NOVARETTI et al., 1998). Dessa forma, o uso de nematicidas químicos, no cultivo da cana de açúcar, tem contribuído para aumentos significativos de produtividade agrícola da cultura, quando conduzidas em solos infestados por nematóides (DINARDO-MIRANDA et al., 2000).

Os nematicidas são pesticidas sistêmicos ou endoterapêuticos, definidos como compostos que são absorvidos pela planta e translocados em quantidade suficientes para torná-la tóxica para nematóides por um determinado período (BENNET, 1957). Thomanson e Mckenry (1975) relatam que o uso de nematicidas químicos, de modo geral, é um método de controle eficiente. Nas doses adequadas, as aplicações de nematicidas reduzem 80-90% a população de nematóides nos primeiros 40-60 cm de solo.

Até 1998 apenas dois nematicidas estavam registrados para a cultura da cana-de-açúcar no Brasil: terbufós e carbofuran (DINARDO-MIRANDA et al., 2001b). Atualmente além desses dois produtos, o outro nematicida registrado é o aldicarb, sendo estes três produtos os mais utilizados para a cultura da cana-de-açúcar no controle químico de nematóides.

A falta de variedades comerciais resistentes a nematóides aliada à dificuldade ou ineficácia de medidas culturais, físicas ou biológicas na redução dos níveis populacionais desses parasitos, tem reduzido as opções para manejo de nematóides, em cana-de-açúcar, ao uso de nematicidas químicos. Tais produtos, aplicados no plantio em solos infestados, contribuem para aumentos significativos de produtividade

agrícola (DINARDO-MIRANDA et al., 2001a). Algumas características dos três nematicidas mais utilizados na cultura da cana-de-açúcar estão apresentadas na Tabela 9.

Tabela 9 - Características dos nematicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar

Características	Nematicidas		
	Aldicarb	Carbofuran	Terbufós
Nome comercial	Temik 150	Furadan 350 SC	Counter 150 G
Formulação	granulado	suspensão concentrada	granulado
Concentração	150 g.kg <sup>-1</sup>	350 g.L <sup>-1</sup>	150 g.kg <sup>-1</sup>
Classe	nematicida sistêmico	nematicida sistêmico	nematicida sistêmico
Grupo químico	carbamato	carbamato	organofosforado
Dose	10 kg p.c.ha <sup>-1</sup>	4-5 L p.c.ha <sup>-1</sup>	20 kg p.c.ha <sup>-1</sup>
Classe toxicológica	I	I	II

Fonte: Adaptado de Andrei (1999) e Andrei (2003).

A aplicação de nematicidas no plantio da cana-de-açúcar, quando cultivada em áreas infestadas por nematóides, podem resultar em incrementos de produtividade agrícola de até 40 t.ha<sup>-1</sup>, somente no primeiro corte (DINARDO-MIRANDA et al., 1998). Este valor, embora variável com a espécie de nematóide ocorrente na área, com o nível populacional e com a variedade cultivada é bastante significativo, justificando economicamente a aplicação comercial de nematicidas em áreas infestadas. Tal fato, aliado à falta de variedades comerciais resistentes a nematóides e à ineficácia ou dificuldade de aplicação de medidas físicas, biológicas ou culturais de controle desses parasitos, tem contribuído para o crescimento constante do uso de nematicidas na implantação do canavial (DINARDO-MIRANDA et al., 2001c).

Já Carbonell (1978) e Novaretti et al. (1978) realizaram experimentos de controle químico destes nematóides e têm revelado aumentos de produção da ordem de 30%. De acordo com Dinardo-Miranda et al. (1995), Dinardo-Miranda et al. (1996) e Garcia et al. (1997) estudos nos quais aplicaram-se nematicidas no plantio de diversas variedades, cultivadas em campos infestados por uma ou mais espécies mais

importantes para a cultura, foram observados incrementos de produtividade agrícola no primeiro corte, em relação às testemunhas, de até 41 t.ha<sup>-1</sup>.

Em um estudo sobre o comportamento de variedades em campos altamente infestados por *M. javanica*, o uso de nematicidas resultou em acréscimos de produtividades da ordem de 15% para aquelas suscetíveis (DINARDO-MIRANDA et al., 1995).

## **2.6 Interação de herbicidas e inseticidas aplicados simultaneamente**

Herbicidas e inseticidas são aplicados às culturas simultaneamente, ou em seqüência em um curto período de tempo. Cada defensivo é aplicado para controlar determinados tipos de organismos vivos, isto é, herbicidas para controlar plantas daninhas e nematicidas para o controle de nematóides. Individualmente esses compostos químicos não afetam negativamente o crescimento e desenvolvimento da cultura tratada, quando seguidas às práticas recomendadas de aplicação. Entretanto a tolerância das plantas a um determinado defensivo pode ser alterada pela presença de outro. Por exemplo, uma cultura tolerante a um herbicida pode ter essa capacidade reduzida devido à interação entre o herbicida e um outro produto químico como um nematicida (REYNOLDS et al., 1991).

Segundo Rolim et al. (2001), a possibilidade de ocorrência de interações negativas quando se faz a aplicação de dois ou mais produtos fitossanitários, com ações isoladas identificadas e bem definidas, é uma realidade em diversas culturas. A interação entre herbicidas e inseticidas, aplicados em épocas próximas ou simultaneamente, pode provocar efeitos deletérios ou benéficos nas plantas, podendo causar efeitos sinérgicos, antagonísticos, aditivos ou, ainda, independência entre os componentes químicos (NASH, 1967).

A interação herbicida x inseticida afeta, principalmente, a atividade do citocromo P450, um complexo enzimático envolvido na detoxificação de diversos compostos herbicidas em plantas (VIDAL, 1997). Quando ocorre a aplicação de herbicidas após inseticidas, poderá ocorrer aumento do dano do herbicida para a cultura ou plantas

daninhas, em virtude da inibição da atividade do citocromo P450 pelo inseticida (FENG et al., 1995).

Vários fatores afetam a interação potencial entre duas classes de defensivos, e um dos mais importantes é a maneira como os inseticidas são absorvidos e translocados dentro da planta (adaptado de HARTZLER et al., 2000). O terbufós é um dos inseticidas mais sistêmicos, apresentando por isso alto risco de interação. Outros fatores que influenciam a interação entre inseticidas aplicados no solo e herbicidas são o método de aplicação, a formulação, o tipo de solo (teor de argila e de matéria orgânica) e a precipitação pluvial (HARTZLER et al., 2000).

Diehl (1995) estudou o efeito do terbufós aplicado na cultura de milho em três solos, com 9, 28 e 49 g dm<sup>-3</sup> de matéria orgânica, respectivamente. Os resultados evidenciaram claramente que nos solos com menor teor de matéria orgânica a injúria na cultura decorrente da interação entre o herbicida e o terbufós é mais pronunciada. Provavelmente, no solo com menor teor de matéria orgânica existe maior absorção do terbufós pelas plantas, pois o nematicida encontra-se menos disponível para adsorção no solo e conseqüentemente afeta a metabolização do herbicida de forma mais intensa.

Shelton e Parkin (1991) avaliaram o efeito da umidade do solo sobre a adsorção e biodegradação do nematicida carbofuran e concluíram que, quanto menor a umidade do solo, menor foi a degradação da molécula. Segundo os autores, esse fato pode ocorrer tanto diretamente, pela inibição da atividade microbiana, como indiretamente, afetando a biodisponibilidade do carbofuran. Kapusta e Krausz (1992) observaram diminuição da interação entre o terbufós e o nicosulfuron na cultura de milho com o aumento da umidade do solo. Esses autores observaram ainda que as maiores injúrias decorrentes da interação de terbufós com nicosulfuron ocorrem quando o inseticida é aplicado no sulco de plantio, junto com a semeadura.

Os efeitos da interação de um herbicida com terbufós são dependentes de condições climáticas, como temperatura e umidade, pois estas influenciaram diretamente a taxa de detoxificação do herbicida e, portanto, o potencial de injúria para a cultura. Algumas pesquisas indicam que chuvas durante ou previamente à aplicação do herbicida aumentam a injúria porque favorecem uma maior absorção do inseticida e do herbicida (KAPUSTA; KRAUSZ, 1992; MORTON, 1991). Contudo, condições

climáticas favoráveis ao desenvolvimento da cultura após a aplicação do herbicida favorecem a recuperação desta.

## **2.7 Interação de herbicidas e inseticidas na cultura do milho e da soja**

Na literatura existem diversos trabalhos científicos relatando a interação negativa entre herbicidas com mecanismo de ação de inibição da ALS e inseticidas fosforados na cultura de milho (MORTON, 1991; PORPIGLIA et al., 1990).

Efeitos severos de fitotoxicidade pelo nicosulfuron foram observados quando terbufós foi aplicado no sulco de plantio (MORTON, 1991). Todavia, quando foram utilizados os inseticidas clorpirifós, tefluthrin e carbofuran os efeitos de intoxicação sobre o milho foram pouco significativos (MORTON, 1994). Para Baerg e Barrett (1993), uma explicação para esse fenômeno é que os metabólitos do terbufós na planta de milho inibem a enzima citocromo P450, responsável pela metabolização do nicosulfuron; assim, ele se acumula, provocando injúrias. O clorpirifós inibe a enzima em menor intensidade que o terbufós.

Com isso, Peixoto e Ramos (2002), recomendam um intervalo de 7 a 10 dias entre as aplicações dos herbicidas inibidores da ALS e de inseticidas organofosforados. Os híbridos de milho tolerantes a imidazolinonas (IT) possuem um alelo semidominante, e o gene que confere essa característica provém de um dos pais; no híbrido resistente a imidazolinonas (IR) o gene de tolerância é de ambos os parentais. Os híbridos possuem elevada capacidade de metabolizar herbicidas do grupo das imidazolinonas (LEE, 1994). Os híbridos de milho IR apresentam tolerância à interação do herbicida com inseticidas fosforados. Já os híbridos IT apresentam restrições na utilização de terbufós (LAUER; BOERBOOM, 1994).

Em experimentos de campo tem sido observado que as combinações de inseticidas organofosforados, como disulfuton, fonofós, isazofós ou terbufós, com primisulfuron (sulfoniluréia) têm resultado em interações, provocando injúrias foliares (clorose) e radiculares, redução de altura e perdas na produção final (BIEDIGER et al., 1992). Nicolai (2004) verificou sintomas visuais de fitotoxicidade em plantas de milho quando o intervalo entre a aplicação de clorpirifós (organofosforado) e

nicosulfuron+atrazina foi menor que 7 dias. O mesmo ocorreu na aplicação simultânea do mesmo inseticida com mesotrione+atrazina. Kwon e Penner (1995) estudaram os efeitos sinérgicos de dois grupos químicos de herbicidas, imidazolinonas e sulfoniluréias e o inseticida terbufós. Os autores observaram que não houve interação entre o herbicida imazaquin (imidazolinona) e o terbufós. No entanto, para os herbicidas do tipo sulfoniluréia houve uma interação sinérgica altamente significativa com o terbufós; a intensidade da interação é função varietal do milho.

Bauman et al. (1996) relataram que a aplicação de imazethapyr em milho tolerante ao herbicida (ICI 8532 IT) não provocou efeitos tóxicos, independentemente da presença ou ausência de terbufós. Contudo, a toxidez de imazethapyr no híbrido ICI 8532 foi elevada quando o terbufós foi aplicado no sulco de plantio. Quanto ao híbrido Pioneer 3343 IR, ele se mostrou tolerante quando tratado com terbufós ou carbofuran no sulco de plantio e, também, com nicosulfuron e imazethapyr aplicados em pós-emergência da cultura (WILCUT, 1993).

Para Hartzler et al. (2005), os híbridos tolerantes a imidazolinonas podem ser utilizados sem restrições com o terbufós no sulco ou aplicado em faixas; quando utilizado com clorpirifós, pode ser observada toxidez temporária na cultura, dependendo da matéria orgânica e da umidade do solo. A mistura dos inibidores de ALS thifensulfuron e rimsulfuron, aplicados em pós-emergência da cultura do milho tratado com terbufós na época da semeadura, reduziu o rendimento da cultura em 25 e 60%, quando o inseticida foi aplicado em faixa ou na linha de semeadura, respectivamente (BAUMAN et al., 1996).

Nash (1968), cita que o milho foi mais tolerante do que a aveia, quando o herbicida diuron foi aplicado em mistura com inseticidas, indicando que existe sensibilidade diferenciada das diversas plantas às associações entre agroquímicos. Na cultura da soja, o uso do metribuzin, combinado com phorate, dissulfoton ou terbufós, causou sérios danos, diminuindo a população de plantas e o rendimento de grãos (HAYES et al., 1979); porém, quando linuron foi misturado com phorate ou dissulfoton, não se verificou redução no rendimento da cultura. A combinação do herbicida thifensulfuron com os inseticidas carbaril, clorpirifós, malation, ou methomil, aumentou o

dano do herbicida na cultura da soja; porém, a mistura de inseticidas ao herbicida não aumentou o controle da planta daninha *Kochia scoparia* (AHRENS, 1990).

## **2.8 Interação de herbicidas e inseticidas na cultura da cana-de-açúcar**

O primeiro relato envolvendo fitotoxicidade de herbicidas associados a nematicidas, no Brasil, foi feito por Blanco et al. (1980), que verificaram uma acentuada clorose ao longo do limbo foliar acompanhada de secamento das folhas a partir do ápice e da margem do limbo, atingindo inclusive o grau de paralisação do crescimento das plantas devido a aplicação seqüencial de carbofuran no sulco de plantio e tebuthiuron em pré-emergência das plantas daninhas, logo após o plantio em canaviais da Usina São José, em Macatuba, SP.

Mais recentemente, Fugiwara e Christoffoleti (1996) avaliaram os efeitos da interação entre os nematicidas terbufós e carbofuran e os herbicidas tebuthiuron, isouron e clomazone e verificaram que os sinais mais acentuados de fitotoxicidade ocorreram nas parcelas que receberam clomazone e terbufós. Interações negativas também foram observadas nas parcelas tratadas com carbofuran e tebuthiuron ou isouron.

Analisando a fitotoxicidade em cana-de-açúcar induzida pela interação de tebuthiuron e carbofuran, Blanco et al. (1983b) demonstraram que as plantas que cresceram em um substrato tratado com os dois defensivos, independentes das doses utilizadas e da profundidade de plantio, apresentaram sintomas de fitotoxicidade representados por paralisação de crescimento, redução do limbo foliar, clorose acentuada ao longo do limbo, "enfazamento", seca do ápice foliar, chegando a evoluir, em alguns casos, até a morte das plantas. A análise de variância dos dados de desenvolvimento das plantas revelou que estas foram significativamente tanto na parte aérea como no sistema radicular. O uso combinado dos dois compostos acentuou as injúrias à cultura. O carbofuran utilizado isoladamente não produziu efeito fitotóxico à cultura.

Coletti et al. (1983), citado por Rolim et al. (2001), detectaram que o carbofuran aplicado na dose de  $3,0 \text{ kg.ha}^{-1}$  demonstrou interação com a mistura de ametrina ( $1,60 \text{ kg.ha}^{-1}$ ) + tebuthiuron ( $0,96 \text{ kg.ha}^{-1}$ ) + 2,4-D ( $1,44 \text{ L.ha}^{-1}$ ), causando sintomas de

fitotoxicidade na cana-de-açúcar, que foram classificados pelos autores como leves a moderados. Os resultados obtidos por Negrisoni (2001) evidenciaram que os herbicidas oxyfluorfen e azafenidin+hexazinona causaram os maiores níveis de intoxicação na cana-de-açúcar, independentemente do uso dos nematicidas carbofuran e terbufós. Os herbicidas tebuthiuron, ametrina, sulfentrazone, metribuzin, isoxaflutole, clomazone, oxyfluorfen, azafenidin+hexazinona, aplicados em doses representativas das comercialmente utilizadas, mostraram-se seletivos à cana-de-açúcar (cana planta, cultivar RB 855113), não afetando seu crescimento, produtividade e características tecnológicas. Os nematicidas não interferiram nos níveis de fitotoxicidade da cultura pelos herbicidas utilizados.

Com relação a fitotoxicidade, Montório et al. (2004) relatam que o nematicida carbofuran, com os tratamentos herbicidas, isoxaflutole + metribuzin, tebuthiuron + (diuron + hexazinona) e metribuzin, foram os que apresentaram os maiores efeitos negativos de fitotoxicidade à cultura na primeira avaliação. Tais sintomas se caracterizaram por algumas alterações do tipo, deformações e amarelecimento visíveis em muitas plantas, conforme já observado por Blanco et al. (1980). Com relação ao nematicida aldicarb, o tratamento com os herbicidas isoxaflutole + metribuzin, apresentou sintomas de descoloração e amarelecimento de algumas plantas na avaliação realizada aos 30 DAA. A partir dos 90 DAA tais níveis de injúrias à cultura desapareceram por completo se igualando a testemunha. Quanto ao parâmetro produção de colmos, observou-se que mesmo com as condições climáticas estando mais favoráveis para o nematicida carbofuran em relação ao aldicarb (altos níveis pluviais), o incremento na produtividade agrícola causada por esses em relação à testemunha sem a aplicação de qualquer um dos nematicidas, não ultrapassou 4% de diferença. Portanto não houve interação significativa entre nematicida e herbicida, evidenciando que, todos os tratamentos herbicidas se comportaram de modo similar.

Pesquisas feitas por Dinardo-Miranda et al. (2001a), em Piracicaba – SP com a variedade RB 72454, mostraram que o nematicida terbufós apresentou ação sinérgica com herbicidas mais acentuada que carbofuran e aldicarb, aumentando a fitotoxicidade de alguns herbicidas na cultura da cana-de-açúcar. A interação entre tebuthiuron e terbufós resultou em quebra significativa de produtividade agrícola. Dinardo-Miranda et

al. (2001a), em experimento na cidade de Itirapina – SP com a variedade RB 845257, concluíram que o clomazone e a mistura clomazone + (diuron + hexazinona) foram os herbicidas que provocaram sintomas mais acentuados de fitotoxicidade, prejudicando o desenvolvimento inicial da cultura, representado pelo número de perfilhos por metro. Além disso, a ação sinérgica entre os nematicidas carbofuran e terbufós e os herbicidas metribuzin ou a mistura clomazone + (diuron + hexazinona) foram acentuadas, anulando os efeitos benéficos do controle de nematóides sobre a produtividade agrícola.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Experimento de campo

##### 3.1.1 Características da área experimental

O experimento foi instalado em área comercial de produção de cana-de-açúcar da Usina Santa Helena (Grupo Cosan), localizada no bairro Pagotto, município de Piracicaba, Estado de São Paulo, situado na latitude de 22° 42' 30" S, longitude 47° 38' 00" W e altitude de 560 m. Segundo a classificação de Koeppen, o clima da região é do tipo Cwa, ou seja, clima mesotérmico, úmido tropical com inverno seco.

O solo predominante na área é o Latossolo Vermelho Amarelo (LVA), álico, de textura arenosa. As amostras para análise foram coletadas de 0-40cm, e os resultados encontram-se na Tabela 10.

Tabela 10 - Análise química<sup>1</sup> do solo da área experimental, Piracicaba-SP

PH	MO	P	S	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V
	g.dm <sup>-3</sup>	mg.dm <sup>-3</sup>				mmolc.dm <sup>-3</sup>					%
4,0	13	4,0	7,0	0,1	3,0	3,0	47,0	12	6,1	53,1	11

Fonte: Dados cedidos pela Usina Santa Helena (Cosan).

<sup>1</sup>Métodos de extração: pH: Sol. CaCl<sub>2</sub>; MO: Ác. Sulfúrico; P, K, Ca, Mg: Resina; H+Al: Tampão SMP; Al: KCl; S: Fosf. Cálcio.

Durante toda a condução do experimento foram coletados os dados climáticos de interesse. O posto meteorológico para a coleta dos dados de temperatura e umidade relativa do ar estava situado a 3,6 km da área experimental. A precipitação foi coletada

através de um pluviômetro instalado no local. Esses dados estão descritos na Tabela 11.

Tabela 11 - Dados climáticos do período de realização do experimento, Piracicaba-SP

Meses/ano	Temperaturas médias (°C)			UR (%)	Precipitação mensal total (mm)
	Máxima	Média	Mínima	Média	
Abril/03	32,2	21,8	16,5	76,5	55,0
Maio/03	23,5	18,1	11,8	75,0	54,2
Junho/03	27,5	19,2	12,4	74,1	8,9
Julho/03	26,4	18,2	10,9	65,8	16,4
Agosto/03	25,8	17,7	10,6	65,9	17,6
Setembro/03	28,9	21,0	13,7	63,1	12,0
Outubro/03	29,6	22,3	16,2	66,4	88,6
Novembro/03	29,2	22,6	17,5	72,5	138,3
Dezembro/03	30,2	24,0	19,3	78,2	133,1
Janeiro/04	28,9	22,8	18,7	81,1	214,3
Fevereiro/04	29,2	22,8	18,2	80,2	193,7
Março/04	29,2	22,4	17,3	78,3	79,0
Abril/04	28,6	22,0	16,9	80,9	87,7
Maio/04	23,8	17,7	12,7	89,2	107,9
Junho/04	24,3	17,0	10,8	87,1	50,6
Julho/04	23,2	16,8	11,0	85,7	77,4

Fonte: Dados cedidos pela Usina Santa Helena (Cosan).

Durante o transcorrer do experimento foram feitas oito amostragens de raízes e solo para a análise e contagem de nematóides existentes na área. Essas amostragens foram divididas de forma a representarem a população de nematóides nas faixas de cada nematicida aplicado. Quatro análises foram feitas aos 150 dias após o plantio (DAP) e foram repetidas aos 210 DAP, independente do tratamento herbicida. Os resultados dessas análises se encontram nas Tabelas 12 e 13. A metodologia de

amostragem e transporte do material até o laboratório seguiu os padrões recomendados pelo ANNA, normalmente utilizado nas amostragens de áreas comerciais de cana-de-açúcar.

Tabela 12 - Análise nematológica do experimento realizada aos 150 DAP

Espécie	População de nematóides								
	testemunha		terbufós		carbofuran		Aldicarb		
	R <sup>1</sup>	S <sup>2</sup>	R	S	R	S	R	S	
<i>Meloidogyne incógnita</i>	100	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pratylenchus zaeae</i> <sup>3</sup>	2400	700	1200	600	2000	200	1500	500	
<i>Helicotylenchus</i>	0	100	0	0	0	400	0	0	
<i>Paratrichodorus</i>	0	100	0	0	0	0	0	0	
<i>Criconemella</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Tylenchorhynchus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Rotylenchulus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	

Fonte: ANNA – Análises Nematológicas na Agricultura.

<sup>1</sup>R – Raiz (50g); <sup>2</sup>S – Solo (1000mL); <sup>3</sup>Nível populacional: baixo (NOVARETTI, 1997).

Tabela 13 - Análise nematológica do experimento realizada aos 210 DAP

Espécie	População de nematóides								
	testemunha		terbufós		carbofuran		Aldicarb		
	R <sup>1</sup>	S <sup>2</sup>	R	S	R	S	R	S	
<i>Meloidogyne incognita</i>	1200	2100	0	0	0	0	0	0	
<i>Pratylenchus zaeae</i> <sup>3</sup>	2800	1500	1500	200	5000	1300	2300	400	
<i>Helicotylenchus</i>	0	680	0	0	0	1500	0	200	
<i>Paratrichodorus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Criconemella</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Tylenchorhynchus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Rotylenchulus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	

Fonte: ANNA – Análises Nematológicas na Agricultura.

<sup>1</sup>R – Raiz (50g); <sup>2</sup>S – Solo (1000mL); <sup>3</sup>Nível populacional: alto na testemunha (NOVARETTI, 1997).

### 3.1.2 Plantio e instalação do experimento

A instalação do experimento iniciou-se no dia 03/04/2003, com o plantio da cana-de-açúcar e aplicação dos nematicidas. Nesse dia a temperatura média, a umidade relativa do ar (UR) média e a velocidade média do vento eram, respectivamente, 23,3°C, 69,8% e 1,1km.h<sup>-1</sup>.

O solo foi preparado através de uma aração a 40 cm de profundidade e duas gradagens, em área anteriormente ocupada pela cana-de-açúcar, ou seja, área de reforma de canavial. Para a correção do solo foram aplicados 4,5 t.ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico (30% CaO e 18% MgO) com poder de reação e neutralização total (PRNT) de 68%. No plantio da cana-de-açúcar a adubação mineral foi realizada com a fórmula comercial N-P-K 04-30-10 na dosagem de 450 kg.ha<sup>-1</sup>.

Os sulcos foram abertos com cerca de 40 cm de profundidade e distanciados em 1,40m com mudas da variedade RB 867515, com uma média de 15 gemas por metro linear de sulco. Momentos antes do fechamento dos sulcos, os nematicidas foram aplicados utilizando-se uma granuladeira tratorizada. As dosagens em produto comercial (pc) e ingrediente ativo (ia) estão descritos na Tabela 14.

Tabela 14 - Nematicidas utilizados no experimento, Piracicaba-SP

Ingrediente ativo	terbufós	carbofuran	aldicarb
Marca comercial	Counter 150 G	Furadan 350 SC	Temik 150
Formulação	G <sup>1</sup>	SC <sup>2</sup>	G
Concentração	150 g.kg <sup>-1</sup>	350 g.L <sup>-1</sup>	150 g.kg <sup>-1</sup>
Doses (kg ou L pc.ha <sup>-1</sup> )	20,0	8,5	10,0
Doses (kg ia.ha <sup>-1</sup> )	3,0	2,975	1,5

<sup>1</sup>G – Grânulos; <sup>2</sup>SC – Suspensão concentrada.

Cada nematicida foi aplicado em quatro faixas de 63 m de comprimento, sendo cada faixa constituída de 10 linhas de plantio. Além disso, quatro faixas com as mesmas dimensões foram deixadas sem aplicação de nematicidas para servirem como testemunhas do experimento. Sendo assim, ao lado de cada faixa de nematicida

aplicado havia uma faixa testemunha sem aplicação do nematicida. Depois de fechados os sulcos, todas as faixas foram divididas em 9 parcelas com 7 m de comprimento e 10 linhas de plantio cada uma. No total foram demarcadas 144 parcelas, correspondendo a uma área experimental de 1,4112 ha. Nessas parcelas os herbicidas foram aplicados no dia 08/04/2003 antes da emergência das plantas daninhas e da cultura. No momento das aplicações a velocidade do vento, a UR % do ar e a temperatura oscilaram entre 4,0 e 5,5 km.h<sup>-1</sup>, 67,3 a 72,1% e 24,2 a 25,3°C, respectivamente.

Para essas aplicações utilizou-se um pulverizador costal pressurizado com CO<sub>2</sub> cujas características eram de pressão constante de 2,0 kgf.cm<sup>-2</sup> e barra equipada com 4 pontas do tipo leque Teejet 11002 espaçados em 50 cm. O volume de calda foi de 200 L.ha<sup>-1</sup>. Esses herbicidas com as respectivas doses utilizadas estão detalhados na Tabela 15. As doses são as recomendadas pelos fabricantes para o solo já especificado.

Tabela 15 - Herbicidas aplicados no experimento, Piracicaba-SP

Ingrediente ativo	Nome comercial	Concentração e formulação	Doses (kg i.a.ha <sup>-1</sup> )	Doses (L ou kg de p.c.ha <sup>-1</sup> )
Ametrina	Herbipak	500 SC <sup>1</sup>	2,5	5,0
Clomazone	Gamit	500 CE <sup>2</sup>	1,0	2,0
Diuron	Cention	500 SC	2,25	4,5
Diuron+hexazinona	Advance	533+67 GRDA <sup>3</sup>	1,066+0,134	2,0
Metribuzin	Sencor	480 SC	1,44	3,0
Pendimethalin	Herbadox	500 CE	1,75	3,5
Sulfentrazone	Boral	500 SC	0,8	1,6
Tebuthiuron	Combine	500 SC	0,9	1,8

<sup>1</sup>SC – Suspensão concentrada; <sup>2</sup>CE – Concentrado emulsionável; <sup>3</sup>GRDA – Grânulos dispersível em água.

A escolha do uso desses herbicidas na pesquisa deve-se ao fato de que a literatura relata vários casos de interação com esses produtos. Além disso, atualmente esses são os herbicidas aplicados com mais freqüência na cultura da cana-de-açúcar.

### 3.1.3 Tratamentos e delineamento estatístico

No total foram testados 36 tratamentos (3 nematicidas e 1 testemunha capinada x 8 herbicidas e 1 testemunha capinada). Os nematicidas foram aplicados em faixa e os herbicidas pulverizados de forma casualizada, sendo distribuídos nas 8 faixas ao longo de 9 parcelas em cada faixa. Esses tratamentos foram repetidos quatro vezes. O delineamento estatístico foi o de blocos ao acaso com parcelas sub- divididas (split-split). Os resultados foram submetidos à análise de variância (teste F) e a comparação das médias, quando necessárias, foi feita através do teste de Tukey com nível de significância de 5%.

### 3.1.4 Condução e características avaliadas

A condução do experimento exigiu capinas constantes, principalmente nas parcelas testemunhas que não receberam a aplicação de nenhum herbicida. Essas capinas tinham o objetivo de evitar a competição entre as plantas daninhas e a cultura da cana-de-açúcar, já que essa perda poderia influenciar as avaliações realizadas. Essas capinas seguiram até que a própria cultura conseguisse suprimir o crescimento das plantas daninhas.

A colheita foi realizada de forma manual no final do experimento, após queima. As avaliações durante a condução da cultura foram realizadas aos 15, 30, 45, 60 e 90 dias após a brotação das plantas de cana da área (DAB). Foram avaliadas as seguintes características:

- avaliações visuais de fitointoxicação nas folhas das plantas de cada parcela. As notas foram atribuídas em porcentagem, conforme metodologia proposta por Velini et al. (1995), onde 100% corresponde a destruição completa da cultura ou algumas plantas vivas e 0% a uma situação sem injúria (sem efeito negativo na cultura);
- análise tecnológica dos colmos de cana-de-açúcar de todos os tratamentos aplicados e;
- produção, em  $\text{kg} \cdot \text{parcela}^{-1}$ , do total de colmos de cada parcela, que posteriormente foi convertido em  $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ . A colheita foi realizada dia 30/07/2004.

### 3.2 Experimento conduzido em vasos

#### 3.2.1 Características da área experimental, dos vasos e das condições edafoclimáticas

O experimento foi instalado em vasos em área do Departamento de Produção Vegetal da ESALQ/USP, localizada no município de Piracicaba, Estado de São Paulo, situado na latitude de 22° 42' 30" S, longitude 47° 38' 00" W e altitude de 560 m. Os vasos foram posicionados em área plana e coberta com vegetação do tipo gramado, portanto sob condições climáticas naturais.

Os vasos plásticos utilizados no experimento possuíam o volume de 8L e foram preenchidos com terra coletada em área da ESALQ/USP, sendo a área onde foi coletada a terra de textura arenosa e classificado como LVA. A terra foi previamente esterilizada com brometo de metila tendo como objetivo eliminar quaisquer patógenos e, principalmente, nematóides que pudessem influenciar no desenvolvimento das plantas de cana-de-açúcar. A análise química dessa terra encontra-se na Tabela 16.

Tabela 16 - Análise química<sup>1</sup> da terra utilizada no experimento em vasos, Piracicaba-SP

PH	MO	P	S	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V
	g.dm <sup>-3</sup>	mg.dm <sup>-3</sup>					mmolc.dm <sup>-3</sup>				%
4,1	11	3,9	7,0	1,2	13,0	11,0	42,0	9	25,2	67,2	37

Fonte: Laboratório de solos AFOCAPI/COPLACANA.

<sup>1</sup>Métodos de extração: pH: Sol. CaCl<sub>2</sub>; M.O.: Ác. Sulfúrico; P, K, Ca, Mg: Resina; H+Al: Tampão SMP; Al: KCl; S: Fosf. Cálcio.

Durante toda a realização do experimento também foram coletados os dados climáticos de interesse, em posto meteorológico da ESALQ/USP, localizado a aproximadamente 1000 m de distância. Esses dados estão descritos na Tabela 17.

Tabela 17 - Dados climáticos do período de realização do experimento, Piracicaba-SP

Meses	Temperaturas médias (°C)			UR (%)	Precipitação
	Máxima	Média	Mínima	Média	mensal total (mm)
Abril/04	28,6	22,0	19,6	80,9	87,7
Maio/04	23,8	17,7	12,7	89,2	107,9
Junho/04	24,3	17,0	10,8	87,1	50,6

Fonte: LCE – Departamento de Ciências Exatas da ESALQ/USP.

### 3.2.2 Plantio e instalação do experimento

O experimento foi instalado no dia 02/04/2004. Nesse dia a temperatura média, a umidade relativa do ar (UR) média e a velocidade média do vento eram, respectivamente, 22,2°C, 71,0% e 0,9km.h<sup>-1</sup>.

Os vasos foram dispostos na área com uma distância de 30 cm entre eles. O sulco foi aberto manualmente e possuía de 5 a 7 cm de profundidade. Foram plantados 2 mini-toletes de cana-de-açúcar da variedade RB 867515 contendo uma gema pré-brotada cada um, totalizando 2 gemas viáveis por vaso. Para a realização do pré-brotamento, os mini toletes foram plantados em areia, dentro de caixas plásticas de 40cmx60cmx10cm. Essas caixas foram colocadas em casa de vegetação com alta umidade (UR de 90 a 100%) e alta temperatura (25 a 30°C) durante 15 dias. Após esse período, as gemas já estavam todas brotadas e os mini-toletes, após verificação visual de homogeneidade e seleção, prontos para o plantio definitivo.

Momentos antes do fechamento dos sulcos, os nematicidas foram aplicados manualmente nas dosagens em produto comercial (pc) e ingrediente ativo (ia) descritos na Tabela 18. O cálculo da quantidade de nematicida aplicado em cada vaso foi correspondente a um sulco no campo do comprimento do diâmetro do vaso, utilizando-se como base de cálculo o espaçamento de 1,40 m entrelinhas no campo.

Tabela 18 - Nematicidas usados no experimento conduzidos em vasos, Piracicaba-SP

Ingrediente ativo	terbufós	carbofuran	aldicarb
Marca comercial	Counter 150 G	Furadan 100 G	Temik 150
Formulação	G <sup>1</sup>	G	G
Concentração (g.kg <sup>-1</sup> )	150	100	150
Dose utilizada (kg pc.ha <sup>-1</sup> )	20,0	30,0	10,0
Dose utilizada (kg ia.ha <sup>-1</sup> )	3,0	3,0	1,5

<sup>1</sup>G – Grânulos.

No mesmo dia após o plantio dos minitoletes, a aplicação dos nematicidas e fechamento dos sulcos iniciou-se a aplicação dos herbicidas. Para isso utilizou-se um pulverizador costal pressurizado com CO<sub>2</sub> cujas características eram de pressão constante de 2,0 kgf.cm<sup>-2</sup> e barra equipada com uma ponta do tipo leque Teejet 11002. O volume de calda correspondia a 200 L.ha<sup>-1</sup>. No momento das aplicações a velocidade do vento, a UR e a temperatura oscilaram entre 2,0 e 3,5 km.h<sup>-1</sup>, 63,2 a 73,7% e 18,1 a 24,3°C, respectivamente. Os herbicidas com as respectivas doses aplicadas estão descritos na Tabela 19.

Tabela 19 - Herbicidas aplicados no experimento conduzido em vasos, Piracicaba-SP

Ingrediente ativo	Nome comercial	Concentração (g.L <sup>-1</sup> ) e Formulação	Dose (kg.i.a.ha <sup>-1</sup> )	Dose (L pc.ha <sup>-1</sup> )
Clomazone	Gamit	500 CE <sup>1</sup>	1,0	2,0
Metribuzin	Sencor	480 SC <sup>2</sup>	1,44	3,0
Pendimethalin	Herbadox	500 CE	1,75	3,5

<sup>1</sup>CE – Concentrado emulsionável; <sup>2</sup>SC – Suspensão concentrada.

### 3.2.3 Tratamentos e delineamento estatístico

Nesse experimento foram testados 16 tratamentos (três nematicidas + uma testemunha sem nematicida x três herbicidas + uma testemunha sem herbicida). Cada

vaso correspondia a uma parcela. Os vasos foram posicionados no terreno de forma aleatória. Os tratamentos foram repetidos quatro vezes, totalizando 64 parcelas. O delineamento estatístico foi inteiramente casualizado. Os resultados foram submetidos à análise de variância (teste F) e a comparação das médias, quando necessárias, foi feita através do teste de Tukey com nível de significância de 5%. Para a análise estatística, os dados de fitotoxicidade foram transformados em arcsen da raiz quadrada de  $x/100$ , pois tratavam-se de porcentagem, satisfazendo assim a exigência de distribuição normal dos dados para análise estatística.

### **3.2.4 Condução e características avaliadas**

As plantas daninhas foram controladas manualmente para que não houvesse competição com a cana-de-açúcar, principalmente aqueles tratamentos que não receberam nenhum herbicida, para evitar a competição entre as plantas daninhas e a cultura da cana-de-açúcar, já que essa perda poderia influenciar as avaliações realizadas.

As avaliações foram realizadas aos 15, 30, 45, 60 e 90 DAB. As características observadas foram:

- avaliações visuais de fitointoxicação nas folhas das duas plantas de cada vaso (metodologia proposta por Velini et al., 1995);
- biomassa fresca total da parte aérea de cada vaso aos 90 DAB.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **4.1 Experimento de campo**

Nas avaliações de fitotoxicidade, utilizou-se a metodologia proposta por Velini et al. (1995), onde foram atribuídas notas em porcentagem, onde a nota 100% corresponde à destruição completa da cultura e a nota 0% a uma situação sem injúria (parcela testemunha). Para as notas intermediárias, consideraram-se injúrias das plantas cloróticas, necrosadas e falhas de brotação nas parcelas.

No início de desenvolvimento da cultura, as plantas de cana-de-açúcar das parcelas que receberam os tratamentos envolvendo herbicidas demonstraram algum tipo de sintoma de fitotoxicidade, como clorose, algumas necroses e falhas visuais de brotação. Blanco et al. (1980) descreveram esses sintomas como amarelecimento do limbo foliar, seguido pela requeima das folhas, começando pelo ápice e laterais das folhas e estendendo-se para a nervura central, ocorrendo em alguns casos, secamento total das folhas da planta. A Figura 1 mostra algumas plantas do experimento com clorose. Esses sintomas foram diminuindo quando as plantas começaram a perfilhar e formar touceiras. Praticamente aos 90 dias após a brotação (DAB) os sintomas eram pouco visíveis (Figura 2). Negrisoli (2001) constatou essa mesma característica de diminuição de sintomas da primeira à última avaliação de fitotoxicidade quando fez a aplicação dos herbicidas tebuthiuron, ametrina, sulfentrazone, metribuzin e clomazone em áreas onde haviam sido aplicados carbofuran e aldicarb.



Figura 1 - Sintoma de fitotoxicidade, aos 15 DAB, causado pela aplicação de terbufós ( $3 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) no sulco de plantio e clomazone ( $1 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) em condições de pré-emergência da cultura da cana-de-açúcar.



Figura 2 - Plantas de cana-de-açúcar, aos 90 DAB, sem sintomas de fitotoxicidade (testemunha).

Na Tabela 20 pode ser observado o quadro de análise estatística do experimento de campo, onde foi analisado o efeito dos tratamentos nematicidas e herbicidas isolados, bem como a interação entre herbicida e nematicida. Todos os efeitos foram significativos aos 15, 30, 45 e 60 DAB ao nível de 5 % de probabilidade, porém aos 90 DAB apenas o efeito do herbicida foi significativo, não havendo mais interação entre os nematicidas e herbicidas nesta fase da cultura, ou seja, as plantas de cana já se recuperaram dos efeitos fitotóxicos da interação. O desaparecimento dos sintomas de fitotoxicidade com o tempo na cultura da cana-de-açúcar pulverizada com os herbicidas pré-emergentes após o plantio com os nematicidas já é um fato registrado na literatura e que também tem sido observado na prática. Montório et al. (2004) observaram que os sintomas de fitotoxicidade dos herbicidas isoxaflutole + metribuzin, tebuthiuron + (diuron + hexazinona) e metribuzin provenientes da interação só foram observados na primeira avaliação (30DAB), sendo que, na segunda avaliação as plantas já haviam se recuperado totalmente. No presente experimento a recuperação foi mais lenta, pois só ocorreu a partir dos 90 DAB.

Tabela 20 - Parâmetros estatísticos do experimento de campo, Piracicaba-SP

Parâmetros Estatísticos		15 DAB	30DAB	45DAB	60DAB	90DAB
Probabilidade de F	Herbicidas	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,0016
	Nematicidas	0,0047	0,0046	0,0031	0,0069	0,0592
	Nematicidasxherbicidas	<0,00001	<0,00001	0,0392	0,0079	0,7555
CV (%)	Herbicidas	16,03	17,95	34,09	39,38	103,90
	Nematicidas	20,84	22,48	27,37	53,07	108,55
D.M.S.	Herbicidas	3,13	2,65	3,29	2,29	2,85
	Nematicidas	4,12	3,37	2,67	3,14	2,78
	Nematicidasxherbicidas	6,26	5,30	6,58	4,59	5,71

A primeira avaliação visual de fitotoxicidade foi realizada aos 15 DAB e as médias, já analisadas pelo Teste de Tukey, estão na Tabela 21. Os resultados indicam sintomas severos, onde as plantas de todos os tratamentos, com exceção das testemunhas sem herbicidas, apresentavam grandes injúrias fitotóxicas. Apenas o diuron foi o herbicida que não interagiu com os nematicidas, pois as injurias com os nematicidas foram semelhantes estaticamente com a testemunha. A mistura diuron + hexazinona sofreu influencia do nematicida terbufós e metribuzin e clomazone dos nematicidas carbofuran e terbufós. Os herbicidas tebuthiuron, sulfentrazone, pendimethalin e ametrina interagiram com os três nematicidas estudados, pois estatisticamente os sintomas de fitotoxicidade foram superiores à testemunha sem nematicidas.

Dinardo-Miranda et al. (2001b) observaram que as parcelas que receberam terbufós+clomazone causaram elevados graus de fitotoxicidade iniciais nas plantas de cana-de-açúcar. Os graus da interação são variáveis. O herbicida clomazone, por exemplo, chega a ser 21,2 % menos seletivo quando associado ao terbufós, já o herbicida diuron é apenas 5,0 % (não significativo estatisticamente) mais fitotóxico na presença do terbufós no sulco de plantio.

Tabela 21 - Avaliação visual dos sintomas de fitotoxicidade apresentada pelas plantas no campo aos 15 DAB

Herbicidas <sup>2</sup>	Nematicidas <sup>1</sup>			
	Testemunha	Aldicarb	Carbofuran	Terbufós
Testemunha	0,0 A a	0,0 A a	0,0 A a	0,0 A a
Tebuthiuron	16,2 C a	25,0 D b	25,0 CD b	28,7 C b
Sulfentrazone	8,7 B a	15,0 B b	18,7 BC b	18,7 B b
Pendimethalin	15,0 BC a	26,2 D bc	23,7 BCD b	30,0 C c
Metribuzin	12,5 BC a	17,5 BC ab	18,7 BC b	20,0 B b
Diuron+hexazinona	12,5 BC a	17,5 BC ab	17,5 B ab	20,0 B b
Diuron	13,7 BC a	17,5 BC a	18,7 BC a	18,7 B a
Clomazone	17,5 C a	22,5 CD ab	26,2 D b	38,7 D c
Ametrina	8,7 B a	17,5 BC b	18,7 BC b	21,2 B b

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey (DMS=6,26). <sup>2</sup>Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey (DMS=5,16).

A forte interação dos herbicidas com os nematicidas nesse experimento é provavelmente decorrente da interação entre os produtos sobre o metabolismo dos herbicidas. Após a aplicação dos herbicidas houve absorção de ambos os pesticidas pela planta de cana-de-açúcar. Como, segundo Vidal (1997), a interação herbicida x nematicida é resultante, principalmente, da redução da atividade do citocromo P450 (complexo enzimático envolvido na detoxificação dos herbicidas) causada pelo nematicida. Assim, é razoável assumir que houve dano do herbicida para a cultura da cana-de-açúcar em virtude da inibição da atividade do citocromo P450 pelo nematicida.

A comprovação dessa teoria não foi escopo deste trabalho de pesquisa, que para isso deveria estabelecer objetivos com metodologia de estudos bioquímicos de detecção das atividades do complexo P450 em condições de associação ou não dos herbicidas e nematicidas na cultura da cana-de-açúcar. No entanto, este fenômeno está devidamente explicado na literatura quando foi estudada a interação do nematicida terbufós com herbicidas do tipo sulfoniluréias na cultura do milho. Morton (1991) observou que a aplicação de terbufós no sulco de semeadura de milho aumenta a

fitotoxicidade do herbicida nicosulfuron aplicado em pós-emergência. No entanto, quando foram aplicados os inseticidas clorpirifós, tefluthrin e carbofuran os efeitos não foram significativos (MORTON, 1994). Para Baerg e Barret (1993) uma explicação para este fenômeno é que os metabólitos do terbufós na planta de milho inibem o complexo enzimático P450, responsável pela metabolização do nicosulfuron.

Aos 30 DAB os resultados de fitotoxicidade de maneira geral forma menos intensos que os da avaliação anterior (Tabela 22). Houve repetição dos resultados de interação com os três nematicidas com os herbicidas tebuthiuron, sulfentrazone, pendimethalin e ametrina. O metribuzin nesta avaliação já não causou mais efeitos fitotóxicos resultante da interação. Os resultados das misturas formuladas de diuron + hexazinona repetiram-se em relação aos 15 DAB, assim como do clomazone. Surpreendentemente nesta avaliação (30 DAB) houve interação do carbofuran com diuron, embora na primeira avaliação (15 DAB) esta interação não ocorreu. A interação diuron + aldicarb continuou ocorrendo nesta avaliação.

Tabela 22 - Avaliação visual dos sintomas de fitotoxicidade apresentada pelas plantas no campo aos 30 DAB

Herbicidas <sup>2</sup>	Nematicidas <sup>1</sup>			
	Testemunha	Aldicarb	Carbofuran	Terbufós
Testemunha	0,0 A a	0,0 A a	0,0 A a	0,0 A a
Tebuthiuron	11,2 CD a	16,2 BC b	16,2 BC b	21,2 C c
Sulfentrazone	5,0 AB a	13,7 B b	13,7 BC b	15,0 B b
Pendimethalin	11,2 CD a	21,2 C c	16,2 BC b	25,0 C c
Metribuzin	11,2 CD a	15,0 B a	13,7 BC a	11,2 B a
Diuron+hexazinona	10,0 BCD a	13,7 B ab	12,5 B ab	15,0 B b
Diuron	10,0 BCD a	13,7 B ab	13,7 BC ab	15,0 B b
Clomazone	12,5 D a	16,2 BC ab	18,7 C b	36,2 D c
Ametrina	6,2 BC a	15,0 B b	13,7 BC b	15,0 B b

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey (DMS=5,30). <sup>2</sup>Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey (DMS=4,37).

Deve ser ressaltado que houve maior número de falhas de brotação nas parcelas que receberam o tratamento carbofuran + tebuthiuron. Essas falhas ainda eram percebidas nessa avaliação. As plantas que brotaram não apresentavam cloroses, nem necroses, ao contrário das parcelas onde foi aplicado carbofuran+clomazone, onde as plantas brotaram, mas estavam muito cloróticas e em alguns casos necrosadas. Dinardo-Miranda et al. (2001a) também não perceberam sintomas severos de fitotoxicidade nas plantas que receberam o tratamento carbofuran+clomazone.

Aos 45 DAB (Tabela 23) verifica-se que o carbofuran não intensificou a fitotoxicidade de nenhum dos herbicidas estudados, já o aldicarb interagiu com os herbicidas sulfentrazone, diuron e ametrina, aumentando assim a fitotoxicidade destes herbicidas. O terbufós provocou incrementos de fitotoxicidade para todos os herbicidas, exceto para o metribuzin.

Tabela 23 - Avaliação visual dos sintomas de fitotoxicidade apresentada pelas plantas no campo aos 45 DAB

Herbicidas <sup>2</sup>	Nematicidas <sup>1</sup>			
	Testemunha	Aldicarb	Carbofuran	Terbufós
Testemunha	0,0 A a	0,0 A a	0,0 A a	0,0 A a
Tebuthiuron	6,2 AB a	10,0 B ab	7,5 B ab	12,5 B b
Sulfentrazone	2,5 AB a	8,7 B b	7,5 B ab	12,5 B b
Pendimethalin	7,5 B a	12,5 B ab	8,7 B a	15,0 BC b
Metribuzin	6,2 AB a	11,2 B a	8,7 B a	11,2 B a
Diuron+hexazinona	6,2 AB a	10,0 B ab	8,7 B ab	13,7 B b
Diuron	5,0 AB a	11,2 B b	8,7 B ab	12,5 B b
Clomazone	6,2 AB a	11,2 B a	10,0 B a	21,2 C b
Ametrina	3,7 AB a	11,2 B b	8,7 B ab	12,5 B b

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey (DMS=6,58). <sup>2</sup>Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey (DMS=5,42).

Na Tabela 24 onde encontram-se os resultados de fitotoxicidade aos 60 DAB, observa-se que os nematicidas aldicarb e carbofuran já não exerciam qualquer efeito

significativo na fitotoxicidade dos herbicidas estudados. No entanto, o terbufós interagiu sinergisticamente aumentando a fitotoxicidade de todos os herbicidas estudados no momento desta avaliação.

Tabela 24 - Avaliação visual dos sintomas de fitotoxicidade apresentada pelas plantas no campo aos 60AB

Herbicidas <sup>2</sup>	Nematicidas <sup>1</sup>			
	Testemunha	Aldicarb	Carbofuran	Terbufós
Testemunha	0,0 A a	0,0 A a	0,0 A a	0,0 A a
Tebuthiuron	5,0 B a	5,0 B a	5,0 B a	10,0 BC b
Sulfentrazone	1,2 AB a	5,0 B a	3,7 AB a	10,0 BC b
Pendimethalin	3,7 AB a	5,0 B a	3,7 AB a	10,0 BC b
Metribuzin	2,5 AB a	5,0 B ab	5,0 B ab	8,7 B b
Diuron+hexazinona	3,7 AB a	6,2 B ab	5,0 B a	10,0 BC b
Diuron	2,5 AB a	5,0 B a	5,0 B a	10,0 BC b
Clomazone	3,7 AB a	6,2 B a	5,0 B a	13,7 C b
Ametrina	1,2 AB a	3,7 AB a	5,0 B a	11,2 BC b

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey (DMS=4,59). <sup>2</sup>Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey (DMS=3,78).

Na avaliação dos 90 DAB (Tabela 25), apenas o clomazone teve seu efeito fitotóxico incrementando pelo nematicida terbufós. Os demais tratamentos não interagiram entre si. É importante ressaltar que os sintomas visuais de fitotoxicidade no momento desta avaliação (90 DAB) eram praticamente imperceptíveis, pois a maior média obtida foi 8,7% para clomazone + terbufós em uma escala que variou de 0 a 100%. Dinardo-Miranda et al. (2001a) concluíram que os tratamentos onde ocorreram interações entre os produtos, os sintomas acentuaram-se até cerca de 46 dias após a aplicação dos herbicidas, permanecendo elevados por mais 20 dias e regredindo rapidamente após esse período. Os maiores valores de danos de fitotoxicidade observados com a aplicação de tebuthiuron e terbufós em relação ao tebuthiuron

sozinho podem ser explicados devido às características físico-químicas do herbicida e nematicida e sua interação com a baixa umidade do solo durante os 30 e 45 DAB.

Algumas pesquisas indicam que chuvas durante ou previamente a aplicação do herbicida aumentam a injúria porque favorecem uma maior absorção do nematicida e do herbicida (KAPUSTA; KRAUS, 1992; MORTON, 1991). Contudo, condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento da cultura após a aplicação do herbicida favorecem a recuperação desta. Shelton e Parkin (1991) avaliaram o efeito da umidade do solo sobre a absorção e biodegradação do nematicida carbofuran e concluíram que, quanto menor a umidade do solo, menor foi a degradação da molécula. Segundo os autores, esse fato pode ocorrer tanto diretamente, pela inibição da atividade microbiana, como indiretamente, afetando a biodisponibilidade do carbofuran.

Kapusta e Krauz (1992) observaram a diminuição da interação entre o terbufós e o nicosulfuron na cultura do milho com o aumento da umidade do solo. Como o experimento de cana-planta conduzido na presente pesquisa foi submetido a condições de baixa precipitação pluvial nos meses de março, abril, maio, junho e julho (vide Tabela 11) e o herbicida tebuthiuron e o nematicida terbufós apresentam alta solubilidade em água, baixa adsorção nos colóides do solo e baixo  $K_{oc}$  (GEBLER; SPADOTTO, 2004) é possível assumir que foram absorvidos simultaneamente pelas plantas de cana-de-açúcar, causando a interação significativa. Também ressalta-se que a baixa umidade do solo permitiu maior persistência dos produtos, prolongando o efeito fitotóxico do herbicida até os 90 DAB.

Tabela 25 - Avaliação visual dos sintomas de fitotoxicidade apresentada pelas plantas no campo aos 90 DAB

Herbicidas <sup>2</sup>	Nematicidas <sup>1</sup>			
	Testemunha	Aldicarb	Carbofuran	Terbufós
Testemunha	0,0 A a	0,0 A a	0,0 A a	0,0 A a
Tebuthiuron	1,2 A a	5,0 A a	2,5 A a	3,7 AB a
Sulfentrazone	0,0 A a	2,5 A a	1,2 A a	2,5 A a
Pendimenthalin	3,7 A a	2,5 A a	2,5 A a	5,0 AB a
Metribuzin	1,2 A a	2,5 A a	1,2 A a	3,7 AB a
Diuron+hexazinona	1,2 A a	2,5 A a	2,5 A a	3,7 AB a
Diuron	1,2 A a	2,5 A a	2,5 A a	3,7 AB a
Clomazone	1,2 A a	3,7 A a	2,5 A a	8,7 B b
Ametrina	0,0 A a	1,2 A a	2,5 A a	3,7 AB a

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey (DMS=5,71). <sup>2</sup>Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey (DMS=4,71).

A análise de variância, Tabela 26, indica que não houve nenhuma diferença estatisticamente significativa que conseguiu provar efeitos de interação entre nematicidas e herbicidas que afetam a produção de colmos industrializáveis.ha<sup>-1</sup> nem a qualidade tecnológica da cana-de-açúcar. Sendo assim, os dados foram agrupados na Figura 3, pois o teste F foi não significativo para todos os tratamentos. No entanto, estes resultados eram esperados, pois houve grande variabilidade entre as parcelas experimentais, que resultou em valores de diferença mínima significativa em torno de 24 a 29 t.ha<sup>-1</sup>, tornando o teste estatístico (Tukey) muito rígido para os objetivos da pesquisa que era buscar diferenças estatísticas entre os tratamentos herbicidas.

Como pode-se perceber, os sintomas de fitotoxicidade foram diminuindo em relação às avaliações iniciais. A recuperação das plantas, em todos os tratamentos, ocorreu de forma plena, pois quando foi feita a colheita das parcelas, os valores pesados e extrapolados para toneladas por hectare (TCH) não mostraram diferenças estatísticas significativas (Tabela 26).

Nematicidas	Herbicidas	TCH	BRIX	POL (%)	ART	FIBRA (%)	ATR (%)
Testemunha	Testemunha	123,7	19,3	14,3	15,7	11,0	138,3
	Tebuthiuron	96,5	19,3	14,5	15,8	11,1	139,4
	Sulfentrazone	113,2	19,2	14,3	15,6	11,4	137,6
	Pendimethalin	104,5	19,7	14,8	16,2	11,3	142,5
	Metribuzin	98,0	19,2	14,3	15,7	11,1	138,3
	Diuron+hexazinona	121,5	18,6	14,0	15,3	10,9	135,4
	Diuron	123,5	19,2	14,4	15,7	10,9	138,9
	Clomazone	101,5	19,4	14,6	15,9	11,2	140,1
	Ametrina	118,5	19,6	14,5	15,9	11,3	140,2
Aldicarb	Testemunha	119,7	18,9	14,7	15,9	11,0	140,7
	Tebuthiuron	113,0	19,0	14,4	15,7	10,8	138,4
	Sulfentrazone	129,0	19,4	14,7	16,0	10,7	141,3
	Pendimethalin	132,5	19,6	14,6	16,0	10,8	140,9
	Metribuzin	125,5	19,5	14,9	16,2	10,8	143,3
	Diuron+hexazinona	136,0	19,3	14,7	16,0	10,9	141,5
	Diuron	118,5	19,3	14,7	16,0	10,7	141,0
	Clomazone	130,2	19,4	14,7	16,0	10,9	141,4
	Ametrina	104,2	19,3	14,6	15,9	10,7	140,2
Carbofuran	Testemunha	112,7	19,4	14,6	16,0	10,8	141,1
	Tebuthiuron	128,0	19,5	15,0	16,4	10,5	144,2
	Sulfentrazone	118,0	19,5	14,6	15,9	11,1	140,5
	Pendimethalin	139,0	19,6	14,7	16,0	11,0	141,5
	Metribuzin	129,2	19,4	14,7	16,0	10,6	141,2
	Diuron+hexazinona	139,0	19,2	14,6	15,9	10,8	140,4
	Diuron	124,0	19,6	14,9	16,3	11,0	143,4
	Clomazone	123,5	19,1	14,6	15,9	10,8	140,0
	Ametrina	125,0	19,5	14,7	16,0	11,1	141,4
Terbufós	Testemunha	128,5	19,8	15,1	16,5	10,6	145,4
	Tebuthiuron	113,7	19,3	14,7	16,0	10,7	141,1
	Sulfentrazone	112,7	19,3	14,6	15,9	10,9	140,6
	Pendimethalin	137,0	19,0	14,2	15,6	10,8	137,5
	Metribuzin	137,0	19,6	14,7	16,0	11,5	141,2
	Diuron+hexazinona	113,7	19,2	14,6	16,0	10,8	140,8
	Diuron	134,2	19,6	14,8	16,2	10,9	142,8
	Clomazone	114,2	19,3	14,4	15,8	10,9	139,1
	Ametrina	127,0	19,1	14,3	15,6	11,2	137,6
Valores de F	Blocos	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	Herbicidas	0,56	0,66	0,84	0,82	0,67	0,82
	Nematicidas	0,39	0,95	0,78	0,79	0,13	0,79
	Nematicidas x herbicidas	0,65	0,53	0,40	0,38	0,90	0,38
C.V. (%)	Herbicidas	18,20	2,60	3,00	2,72	4,59	2,73
	Nematicidas	28,85	7,08	8,45	7,95	3,73	7,94
D.M.S.	Herbicidas	24,73	0,56	0,49	0,48	0,56	4,29
	Nematicidas	39,78	1,56	1,40	1,44	0,46	12,69
	Nematicidas x herbicidas	49,46	1,13	0,98	0,97	1,12	8,58

Tabela 26 - Produção de colmos industrializáveis de cana-de-açúcar (TCH) e qualidade tecnológica do caldo: Brix, Pol %, açúcares redutores totais (ART), fibra % e açúcares totais recuperáveis (ATR)

Isso também foi observado por Negrisoli (2001). Já Dinardo-Miranda et al. (2001b) concluíram que a interação entre terbufós e tebuthiuron resultou em quebra significativa de produtividade agrícola (cerca de 22 toneladas a menos em relação a média dos outros tratamentos).

Pode-se ainda ver que os tratamentos também não interferiram de forma significativa nas características tecnológicas da cana-de-açúcar produzida. Negrisoli (2001) concluiu que os herbicidas tebuthiuron, ametrina, sulfentrazone, metribuzin e clomazone aplicados em associação com aldicarb e carbofuran também não interferiram negativamente na qualidade tecnológica da variedade RB 855113.

As parcelas tratadas com carbofuran+pendimethalin e carbofuran + diuron + hexazinona obtiveram as maiores produções, com 139,0 t.ha<sup>-1</sup> cada uma. O tratamento testemunha + tebuthiuron obteve a menor produção, com 96,5 t.ha<sup>-1</sup>. Essa menor produção da testemunha deve-se ao fato de que a área experimental apresentava um nível populacional de nematóides inicialmente baixo, porém esse nível foi aumentando até chegar a um nível populacional considerado alto pelo Laboratório ANNA – Análises Nematológicas na Agricultura e Novaretti (1997). É evidente que a análise do fator produção em t.ha<sup>-1</sup> ficou prejudicado, pois a presença de nematóides em níveis considerados elevados de infestação serviu de fator de confundimento de resultados. No momento da escolha da área para instalação do experimento imaginava-se, devido ao histórico, que esta área não apresentava alta infestação da praga, porém os resultados da análise de nematóides não confirmaram esta expectativa. Em áreas de cana-de-açúcar infestadas com *Meloidogyne incognita* e *Pratylenchus zaeae*, a redução chega em até 50 % no caso de *M. incognita* (NOVARETTI, 1981) e 52,4 % no caso de *P. zaeae* (DINARDO-MIRANDA; FERRAZ, 1991). Este fato provavelmente contribuiu para que o D.M.S. do experimento em estudo nesta pesquisa fosse alto devido ao confundimento não analisado das duas causas de redução de produtividade (herbicida e nematóides).

#### 4.2 Experimento conduzido em vasos

Na Tabela 27, pode ser observado que a análise de variância detectou diferenças estatisticamente significativas para todos os parâmetros: herbicida, nematicida e a interação entre nematicida e herbicida, exceto para nematicidas aos 45 DAB.

Os tratamentos aplicados nas plantas de cana-de-açúcar cultivadas em vasos foram avaliados com relação aos diferentes níveis de fitotoxicidade que causaram e também aos diferentes pesos de biomassa fresca (PBF) dessas plantas aos 90 DAB. As avaliações de fitotoxicidade das plantas de cana-de-açúcar nos vasos seguiram os mesmos critérios do experimento de campo.

Tabela 27 - Parâmetros estatísticos do experimento de vasos, Piracicaba-SP

Parâmetros Estatísticos		15	30	45	60	90	PBF
		DAB	DAB	DAB	DAB	DAB	
Probabilidade de F	Herbicidas	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
	Nematicidas	<0,001	0,0161	0,2469	0,0011	0,0057	<0,001
	Nematicidasxherbicidas	<0,001	<0,001	0,0029	0,0011	0,0006	0,0072
C.V. (%)	Nematicidasxherbicidas	7,78	10,47	14,73	18,97	31,91	6,50
	Herbicidas	1,79	2,09	2,32	1,98	2,25	3,93
D.M.S.	Nematicidas	1,79	2,09	2,32	1,98	2,25	3,93
	Nematicidasxherbicidas	3,59	4,18	4,65	3,96	4,50	7,87

Os sintomas de injúrias visuais, assim como no experimento de campo, também foram sendo menores na medida em que as avaliações foram realizadas. A primeira avaliação ocorreu aos 15 DAB (Tabela 28) e o sintoma mais severo de fitotoxicidade foi do tratamento terbufós seguido do clomazone, com 45,0% de injúrias (Figura 3). Nessa mesma época, com exceção do tratamento testemunha, as plantas com menores danos visuais foram aquelas que receberam somente o tratamento com metribuzin (sem nenhum nematicida). Houve incremento de fitotoxicidade do herbicida pendimethalin com terbufós, porém não houve interação dos nematicidas aldicarb e carbofuran. A menor interação do herbicida metribuzin com o terbufós testado na cultura do milho por

Hayes et al. (1979), que observaram incremento de danos pelo nematicida, diminuindo a população de plantas e o rendimento de grãos. No entanto, na presente pesquisa os resultados permitem concluir que as plantas dos vasos pulverizados com este herbicida (metribuzin) não sofrem incrementos de fitotoxicidade quando nestes vasos também foram aplicados os nematicidas. Na pesquisa conduzida por Fugiwara e Christoffoleti (1996) foi observado que o nematicida terbufós intensificou significativamente a fitotoxicidade do herbicida clomazone, resultado este semelhante ao da presente pesquisa.

Tabela 28 - Avaliação visual dos sintomas de fitotoxicidade apresentada pelas plantas nos vasos aos 15 DAB

Herbicidas <sup>2</sup>	Nematicidas <sup>1</sup>			
	Testemunha	Aldicarb	Carbofuran	Terbufós
Testemunha	0,0 A a	0,0 A a	0,0 A a	0,0 A a
Pendimenthalin	30,0 BC a	35,0 C c	33,7 C bc	31,2 B ab
Metribuzin	28,7 B a	30,0 B a	30,0 B a	30,0 B a
Clomazone	32,5 C a	32,5 BC a	33,7 C a	45,0 C b

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey (DMS=3,59). <sup>2</sup>Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey (DMS=3,59).



Figura 3 - Danos fitotóxicos causados pela aplicação de terbufós ( $3,0 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) seguido de clomazone ( $1,0 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) aos 15 DAB

Aos 30 DAB, o tratamento terbufós seguido de clomazone continuou sendo o que mais causou danos fitotóxicos nas plantas de cana-de-açúcar, com 41,2 % de injúrias (Tabela 29). Nessa mesma avaliação o tratamento terbufós seguido de metribuzin foi o menor causador de danos, com cerca de 21,2 % de injúrias, embora o carbofuran tenha intensificado a fitotoxicidade deste herbicida.

A alteração dos sintomas de fitotoxicidade na segunda avaliação (30 DAB) em relação a primeira (15 DAB) deve-se, provavelmente, ao grau de solubilidade dos defensivos estudados. Dentre os herbicidas utilizados no experimento em vasos, o pendimenthalin apresenta baixa solubilidade em água e alto  $K_{oc}$ , já o metribuzin tem alta solubilidade em água e baixo  $K_{oc}$  e o clomazone têm valores intermediários. De acordo com Dinardo-Miranda et al. (2001a) a interação do nematicida com herbicidas está condicionada à lixiviação do herbicida PRÉ da superfície do solo até as raízes das plantas de cana-de-açúcar, no momento em que o nematicida também é absorvido. Assim, a solubilidade do nematicida em água pode afetar a interação, desta forma, nematicidas de maior solubilidade, como o aldicarb, podem ser lixiviados da região de absorção das raízes de cana-de-açúcar e assim reduzir a possibilidade de fitotoxicidade do herbicida.

Tabela 29 - Avaliação visual dos sintomas de fitotoxicidade apresentada pelas plantas nos vasos aos 30 DAB

Herbicidas <sup>2</sup>	Nematicidas <sup>1</sup>			
	Testemunha	Aldicarb	Carbofuran	Terbufós
Testemunha	0,0 A a	0,0 A a	0,0 A a	0,0 A a
Pendimenthalin	28,7 C a	28,7 B a	30,0 BC a	26,2 C a
Metribuzin	22,5 B ab	25,0 B ab	26,2 B b	21,2 B a
Clomazone	30,0 C ab	27,5 B a	32,5 C b	41,2 D c

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey (DMS=4,18). <sup>2</sup>Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey (DMS=4,18).

Aos 45 DAB verifica-se que nenhum dos nematicidas aumentou os sintomas visuais de fitotoxicidade dos herbicidas, mostrando a recuperação da redução da

tolerância da cana-de-açúcar verificada nas duas primeiras avaliações (Tabela 30). Notório et al. (2004) notaram através de experimentação que não houve interação significativa entre nematicida e herbicida, sendo que as injúrias iniciais observadas aos 30 DAB desapareceram totalmente aos 90 DAB, concordando com os resultados da presente pesquisa, em que a cultura da cana-de-açúcar consegue recuperar os sintomas de fitotoxicidade inicialmente observados.

Tabela 30 - Avaliação visual dos sintomas de fitotoxicidade apresentada pelas plantas nos vasos aos 45 DAB

Herbicidas <sup>2</sup>	Nematicidas <sup>1</sup>			
	Testemunha	Aldicarb	Carbofuran	Terbufós
Testemunha	0,0 A a	0,0 A a	0,0 A a	0,0 A a
Pendimethalin	22,5 C b	23,7 C b	22,5 B b	17,5 B a
Metribuzin	17,5 B a	18,7 B a	20,0 B a	18,7 B a
Clomazone	27,5 D b	22,5 BC a	28,7 C b	28,7 C b

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey (DMS=4,65). <sup>2</sup>Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey (DMS=4,65).

Aos 60 DAB e 90 DAB também observa-se que os nematicidas não intensificaram a fitotoxicidade dos herbicidas (Tabelas 31 e 32). Aos 90 DAB praticamente todos os sintomas desapareceram, indicando que a partir daí a cana-de-açúcar apresenta um desenvolvimento normal.

A biomassa fresca (BF), representada na Tabela 33, evidencia que o herbicida pendimethalin reduziu a BF quando aplicados os nematicidas aldicarb e terbufós, quando comparado com a testemunha. Da mesma forma, o herbicida clomazone reduziu a BF quando precedido da aplicação do nematicida terbufós. O metribuzin não reduziu significativamente nenhum dos tratamentos com nematicidas, quando comparado com a testemunha, indicando nenhuma interação com nematicidas deste herbicida.

Tabela 31 - Avaliação visual dos sintomas de fitotoxicidade apresentada pelas plantas nos vasos aos 60 DAB

Herbicidas <sup>2</sup>	Nematicidas <sup>1</sup>			
	Testemunha	Aldicarb	Carbofuran	Terbufós
Testemunha	0,0 A a	0,0 A a	0,0 A a	0,0 A a
Pendimethalin	16,2 C ab	17,5 C b	18,7 C b	12,5 B a
Metribuzin	10,0 B a	11,2 B a	12,5 B a	12,5 B a
Clomazone	18,7 C b	13,7 BC a	20,0 C b	13,7 B a

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey (DMS=3,96). <sup>2</sup>Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey (DMS=3,96).

Tabela 32 - Avaliação visual dos sintomas de fitotoxicidade apresentada pelas plantas nos vasos aos 90 DAB

Herbicidas <sup>2</sup>	Nematicidas <sup>1</sup>			
	Testemunha	Aldicarb	Carbofuran	Terbufós
Testemunha	0,0 A a	0,0 A a	0,0 A a	0,0 A a
Pendimethalin	10,0 BC ab	12,5 C b	13,7 C b	7,5 B a
Metribuzin	7,5 B a	8,7 B C a	7,5 B a	8,7 B a
Clomazone	13,7 C b	7,5 B a	15,0 C b	7,5 B a

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey (DMS=4,50). <sup>2</sup>Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey (DMS=4,50).

Tabela 33 - Avaliação da biomassa fresca, em gramas, das plantas nos vasos aos 90 DAB

Herbicidas <sup>2</sup>	Nematicidas <sup>1</sup>			
	Testemunha	Aldicarb	Carbofuran	Terbufós
Testemunha	82,5 A a	80,7 A a	80,2 A a	79,0 A a
Pendimethalin	65,7 B a	54,2 C b	58,7 B ab	56,6 B b
Metribuzin	64,7 B a	63,0 B a	62,2 B a	58,5 B a
Clomazone	60,7 B a	60,5 BC a	57,5 B a	45,0 C b

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey (DMS=7,87). <sup>2</sup>Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey (DMS=7,87).

Os resultados obtidos por Negrisoni (2001) evidenciaram que os herbicidas tebuthiuron, ametrina, sulfentrazone, metribuzin, isoxaflutole, clomazone, oxyfluorfen, azafenidin + hexazinona, aplicados em doses representativas das comercialmente utilizadas, mostraram-se seletivos à cana-de-açúcar não afetando seu crescimento, produtividade e características tecnológicas. Os nematicidas não interferiram nos níveis de fitotoxicidade da cultura pelos herbicidas utilizados. Por outro lado, Dinardo-Miranda et al. (2001a) são categóricos em afirmar através de resultados experimentais que existe ação sinérgica entre nematicidas carbofuran e terbufós e os herbicidas metribuzin ou a mistura clomazone + (diuron + hexazinona).

A presente pesquisa é, portanto esclarecedora sobre resultados práticos de campo, evidenciando a interação entre herbicidas e nematicidas na cultura da cana-de-açúcar. A continuidade da mesma é importante para que seja elucidada de forma científica que esta interação é resultante da redução da tolerância das plantas de cana-de-açúcar aos herbicidas induzida pelos nematicidas que influem no complexo enzimático P450, responsável pela degradação de vários herbicidas na planta e conseqüentemente pela seletividade da cultura.

## 5 CONCLUSÕES

Nas condições em que se realizaram os experimentos (campo e vaso) observando-se as condições edafoclimáticas, época de plantio, as características da variedade e os tratamentos aplicados, pode-se concluir que:

Experimento de campo:

a) Os nematicidas intensificaram os efeitos fitotóxicos dos herbicidas durante as fases iniciais de crescimento e desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar, variedade RB 867515.

b) O nematicida terbufós foi o que prolongou o efeito de interação fitotóxica dos herbicidas por mais tempo, quando comparado com o carbofuran e aldicarb, principalmente quando o terbufós encontrava-se em associação com o herbicida clomazone.

c) Os herbicidas metribuzin, diuron + hexazinona e diuron foram os que apresentaram menores interações sinérgicas durante as fases iniciais de crescimento e desenvolvimento da variedade RB 867515.

d) As interações significativas entre herbicidas e nematicidas estudados não afetaram significativamente a produção final de colmos industrializáveis e a qualidade tecnológica da cana-de-açúcar.

e) A variedade RB 867515 tem uma boa capacidade de recuperação de injúrias, porém para que isso ocorra às plantas de cana-de-açúcar necessitam completar todo o seu ciclo.

Experimento em vasos:

a) Na ausência de nematóides, o herbicida metribuzin não interage com os nematicidas aldicarb, carbofuran e terbufós, mesmo durante as fases iniciais de crescimento e desenvolvimento da cana-de-açúcar.

b) A produção de biomassa fresca da cana-de-açúcar aos 90 DAB é afetada pela interação do herbicida pendimethalin com aldicarb e terbufós, porém não com o carbofuran.

c) A tolerância da cana-de-açúcar ao herbicida clomazone somente é reduzida quando este herbicida é aplicado em associação com o nematicida terbufós, medida pela produção de biomassa fresca aos 90 DAB.

## REFERÊNCIAS

AHRENS, W.H. Enhancement of soybean (*Glycine max*) injury and weed control by thifensulfuron-inseticide mixtures. **Weed Technology**, Champaign, v. 4, n. 3, p. 524-528, 1990.

ALFONSI, R.R.; PEDRO JÚNIOR, M.T.; BRUNINI, O.; BARBIERI, V. Condições climáticas para a cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S.B. **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 42-55.

ANDERSON, W.P. **Weed science principles**. Minnessota: West Publ., 1993. 655 p.

ANDREI, E. **Compêndio de defensivos**. São Paulo: Ed. Andrei, 2003. 302 p.

ANDREI, E. **Compêndio de defensivos**. 6.ed. São Paulo: Ed. Andrei, 1999. 672 p.

ARANHA, C.;YAHN, C.A. Botânica da cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S.B. **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p.3-14.

ARÉVALO, R.A. **Plantas daninhas da cana-de-açúcar**. Araras: IAA; PLANALSUCAR-COSUL, 1979. 46 p.

BACCHI, O.O.S.; SOUSA, J.A.G.C. Minimum threshold temperature for sugar cane growth. In: CONGRESS OF THE SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS,1, 1978, London. **Proceedings...** London: ISSCT, 1978. v.2, p.1733-1741.

BAERG, R.J.; BARRET, M. Insecticide modifications of cytochrome P450 mediated herbicide metabolism. **Proceedings North Center Weed Science Society**, Lawrence, v. 48, p.70, 1993.

BAILEY, G.W.; WHITE, J.L. Factors influencing the adsorption, desorption and movement of pesticides in soil. **Residue Review**, New York, v.32, p.29-92, 1970.

BARBIERI, V. **Medidas e estimativas de consumo hídrico em cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.)**. 1981. 142p. Dissertação (Doutorado em Solos e nutrição de plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1981.

BASTOS, E. **Cana de açúcar, o verde mar de energia**. São Paulo: Editora Ícone, 1987. 130 p. (Coleção Brasil Agrícola).

BAUMAN, T. T.; WHITE, M. D.; HICKMAN, M. V.; VIDAL, R. A. **Weed research in corn, 1995**. West Lafayette: Purdue University, 1996. p. 105-112. (Bulletin, 728).

BENNET, S.H. The behaviour of systemic insecticides applied to plants. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v.2, p. 279-296, 1957.

BIEDIGER, D.L.; BAUMANN, P.A.; WEAVER, D.N.; CHANDLER, J.M.; MERKLE, M.G. Interactions between primisulfuron and selected soil applied insecticides in corn (*Zea mays*). **Weed Technology**, Champaign, v. 6, p. 807-812, 1992.

BLANCO, G.H.; OLIVEIRA, A.D.; COLETI, J.T. Competição entre plantas daninhas e a cultura da cana-de-açúcar. II. Período de competição produzido por uma comunidade natural de mato, com predomínio de gramíneas, em cultura de ano. III. Influência da competição na nutrição da cana-de-açúcar. **O Biológico**, São Paulo, v.47, n.3, p.77-88, 1981.

BLANCO, G.H.; COLETI, J.T.; MATTOS, A.O.; OKUNO, M.S.; Fitotoxicidade em cana-de-açúcar causada pela interação de inseticida e herbicida residual. **O Biológico**, São Paulo, v.46, n.10, p.235-240, 1980.

BLANCO, G.H.; NOVO, M.C.S.; SANTOS, C.A.L.; CHIBA, S. Persistência do herbicida metribuzin em solos cultivados com soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.18 p.1073-1084, 1983a.

BLANCO, G.H.; OLIVEIRA, A.D.; COLETI, J.T.; TERAPO, D. Fitotoxicidade em cana-de-açúcar (*Saccharum* sp.), em solo arenoso, induzida pela interação de tebuthiuron e carbofuran. **O Biológico**, São Paulo, v.49, n.9/10, p.227-236, 1983b.

BRADY, N.C.; WEILL, R.R. **The nature and properties of soils**. 11<sup>th</sup> ed. Englewood Cliffs, 1996. 740 p.

CARBONELL, E. Efectividad del carbofuran en el control de fitonematodos en caña de azúcar. **Nematropica**, Bradenton, v.8, n.2, p.4, 1978.

CARVALHO, J.C. Mecanismo de ação dos herbicidas e sua relação com a resistência a herbicidas. In: CHRISTOFFOLETI, P.J.; OVEJERO, R.F.L.; CARVALHO, J.C. **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 2.ed. Campinas: Associação Brasileira de Ação a Resistência de Plantas aos Herbicidas, 2004. p. 22-44.

CARVALHO, L.C.C. Cenário-sucroalcooleiro – cana pede demanda. **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.16, n.3, p.6-7, 1998.

CARVALHO, L.C.C. Cenário-sucroalcooleiro – após a transição. **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.17, n.3, p.12-13, 1999.

CASTRO, L.H.S.M. de. **Efeitos da interação do EPTC com aldicarb e carbofuran em plantas de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1997. 80p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.

CHRISTOFFOLETI, P.J. Manejo de plantas daninhas em cana-de-açúcar. **Sinal Verde**. São Paulo, v.10, n.19, p.12 - 14, 1997.

DARIO, G.J.A.; VICENZO, M.C.; DA SILVA, M.S.F. Avaliação da eficiência do herbicida flazasulfuron no controle de plantas daninhas ocorrentes na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) **Revista Ecosystema**, Espírito Santo do Pinhal, v.22, p.102-106, 1997.

DEUBER, R. **Ciência das plantas infestantes: manejo**. Campinas: Gráfica e Editora Degaspari, 1997. v.2, 285p.

DIEHL, K. E. Effect of soil organic matter on the interaction between nicosulfuron and terbufos in corn (*Zea mays*). **Weed Science**, Champaign, v. 43, p. 306-311, 1995.

DINARDO-MIRANDA, L.L.; FERRAZ, L.C.C.B. Patogenicidade de *Pratylenchus brachyurus* e *P. zaeae* a duas variedades de cana de açúcar. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v.15, n.1, p. 9-16, 1991.

DINARDO-MIRANDA, L.L., MENEGATTI, C.C.; PIVETTA, J.P. Eficiência de nematicidas aplicados no plantio da cana-de-açúcar. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v.25, n.2, p. 171-174, 2001b.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; PIVETTA, J. P.; MENEGATTI, C.C. Efeitos da Interação entre Nematicidas e Herbicidas Aplicados em Cana de Ano. **STAB, Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.20, n.2, p.32-36, 2001c.

DINARDO-MIRANDA, L.L.; GARCIA, V.; JACON, J. J.; COELHO, A. L. Efeitos da Interação entre Nematicidas e Herbicidas em Cana-de-açúcar. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v.25, n.2, p. 197-203, 2001a.

DINARDO-MIRANDA, L.L.; GARCIA, V.; LIMA, A.F.P.; COELHO, A.L. Efeito de carbofuran sobre a produtividade da cana-de-açúcar em áreas com baixas populações de nematóides. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUREIROS DO BRASIL, 7., 2000, Londrina. **Anais ...** Piracicaba: STAB, 2000. p.210-213.

DINARDO-MIRANDA, L.L.; MENEGATTI, C.C.; GARCIA, V.; SILVA, S.F.; ODORISI, M. Reação de variedades de cana-de-açúcar a *Pratylenchus zaeae*. **STAB, Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.17, n.2, p. 39-41, 1998.

DINARDO-MIRANDA, L.L.; MORELLI, J.L.; LANDELL, M.G.A.; SILVA, M.A. Comportamento de genótipos de cana-de-açúcar em relação a *Pratylenchus zaeae*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v.20, n.2, p.52-58, 1996.

DINARDO-MIRANDA, L.L.; NOVARETTI, W.R.T.; MORELLI, J.L.; NELLI, E.J. Comportamento de variedades de cana-de-açúcar em relação a *Meloidogyne javanica*, em condições de campo. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v.19, p.60-66, 1995.

FALCONIER, R.; BASSEREAU, D. **La caña de azucar**. Barcelona: Blume, 1975. 433 p.

FENG, C. C. P.; ROAS RAOS, S. R.; SCHAFER D. E. Inhibition of thiazopyr metabolism in plant seedlings by inhibitors of monooxygenases. **Pesticide Science**, Sussex, v.45, n. 3, p. 203-207, 1995.

FUGIWARA, S.M.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Efeito fitotóxico na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* sp) causado pela interação entre nematicidas e herbicidas. In: SIMPÓSIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - AGROPECUÁRIA, 4., 1996, Piracicaba. São Paulo: USP, 1996. v.1, p.457.

GARCIA, V.; SILVA, S.F.; DINARDO-MIRANDA, L.L. Comportamento de variedades de cana-de-açúcar em relação a *Meloidogyne incognita*. **Álcool e Açúcar**, Piracicaba, v.17, n.87, p.14-19, 1997.

GEBLER, L.; SPADOTTO, C.A. Comportamento ambiental dos herbicidas. In: VARGAS, L.; ROMAN, E.S. **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 57-87.

HARRIS, R.H.G. The effects on sugarcane of plant parasitic nematodes in non-sterile monospecific cultures. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 15., 1974, Durban. **Proceedings ...** Durban: Hayne & Gibson, 1974. p.327-337.

HARTZLER, B.; PRINGNITZ, B.; OWEN, M. **Interactions between ALS-herbicides and organophosphate insecticides**. Disponível em:<<http://www.ipm.iastate.edu/ipm/icm/2000/5-22-000/interaction.html>>. Acesso em: 04 jan 2005.

HAVENS, P.L.; SIMS, G.K.; ERHARDT-ZABIK, S. Fate of herbicides in the environment. In: SMITH, A. **Handbook of weed management systems**. New York: John Wiley, 1995. p.245-278.

HAYES, R. M.; YEARGAN, K. V.; WITT, W. W.; RANEY, H. G. Interaction of selected insecticide-herbicide combination on soybeans (*Glycine max*). **Weed Science**, Champaign, v. 27, n. 1, p. 51-54, 1979.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa11200407.shtm>. Acesso em: 11 jan 2005.

JUNHO, J.A.C.; SANCHEZ, S.V. Cana de açúcar (*Saccharum hybridas*). In: COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E INTEGRAL. **Manual técnico das culturas**. 2.ed. Campinas, 1997. p. 257-287.

KAPUSTA, G.; KRAUSZ, R.F. Interaction of terbufós and nicosulfuron on corn (*Zea mays*). **Weed Technology**, Champaign, v. 6, p. 999-1003, 1992.

KARICKHOFF, S.W. Semiempirical estimation of sorption of hydrophobic pollutants on natural sediments and soil. **Chemosphere**, Oxford, v.10, p.833-846. 1981.

KLINGMAN, G.C.; ASHTON, F.M. **Weed science: principles and practices**. New York: Wiley, 1975.

KOSKINEN, W.C.; HARPER, S.S. The retention process: mechanisms. In: CHENG, H.H. (Ed.). **Pesticides in the soil environment: processes, impacts, and modeling**. Madison: SSSA, 1990. p.51-77.

KUVA, M.A. **Efeito de períodos de convivência e de controle das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) no estado de São Paulo**. 1999. 74 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

KWON, C.S.; PENNER, D. The interaction of insecticides with herbicide activity. **Weed Technology**, Champaign, v. 9, p. 119-124. 1995.

LAUER, J.; BOERBOOM, C. **Does an imidazolinone tolerant corn hybrid yield less than its nontolerant isolate?**. Disponível em: <<http://corn.agronomy.Wisc.edu/Publications/Aadvice/1994/IMIDAZ.html>>. Acesso em: 04 jan 2005.

LEE, D. AC 263,222 and imazethapyr for weed management in IR corn. **Proceedings of the Southern Weed Science Society**, Lawrence, v.47, p.219, 1994.

LINDE, C.D. **Physico-chemical proprieties and environmetal fate of pesticides**. Sacramento: EPA, Environmetal Hazards Assessment Program, 1994. 53 p.

LORDELLO, L.G.E. **Nematóides das plantas cultivadas**. 6.ed. São Paulo: Nobel, . 1981. 314 p.

LORENZI, H. Plantas daninhas de seu controle na cultura da cana-de-açúcar. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 4., 1988, Piracicaba. **Anais...** São Paulo: COOPERSUCAR, 1988. p.281-301.

LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional**. 5. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000. 339 p.

LUCCHESI, A.A. Processos fisiológicos da cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp). **Boletim Técnico da ESALQ/CENA**, Piracicaba, n.7, p.1-50, 1985.

MACKAY, D.; SHIU, W.; MA, K. **Illustrated handbook of physical-chemical and environmetal fate for organic chemicals**. Boca Raton & Nova York: Lewis Publishers, 1997. v.5, 812 p.

MEROTO, A.; FISCHER, A.J. Absorção e translocação de herbicidas nas plantas. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 89-104.

MONTÓRIO, G. A.; MONTÓRIO, T.; PEREIRA, I.J.; PIVETTA, J. Diagnóstico de fitotoxicidade em cana-de-açúcar variedade RB 855113 causadas pela interação herbicida e nematicida. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 24.. 2004, São Pedro. **Anais ...** Piracicaba: ESALQ, 2004. p. 155-156.

MORTON, C. A. Effect of DPX-V9360 and terbufos on field and sweet corn (*Zea mays*) under three environments. **Weed Technology**, Champaign, v. 5, p. 130-136, 1991.

MORTON, C. A. Influence of corn rootworm insecticides on the response of field corn (*Zea mays*) to nicosulfuron. **Weed Technology**, Champaign, v. 5, p. 130-136, 1994.

MOURA, R.M.; REGIS, E.M.O.; MOURA, A.M. Espécies e raças de *Meloidogyne* assinaladas em cana-de-açúcar no Estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v.14, p.33-38, 1990.

NASH, R. G. Phytotoxic pesticide interactions in soil. **Agronomy Journal**, Madison, v. 59, n. 3, p. 227-230, 1967.

NASH, R. G. Synergistic phytotoxicities of herbicide-insecticide combinations in soil. **Weed Science**, Champaign, v. 16, n. 1, p. 4-77, 1968.

NEGRISOLI, E. **Seletividade de herbicidas aplicados em pré-emergência e associados à nematicidas, à cultura da cana-de-açúcar cultivar RB-855113**. 2001. 48 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas - Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2001.

NICOLAI, M. **Desempenho da cultura de milho (*Zea mays* L.) submetida a aplicação de herbicidas pós-emergentes, em diferentes condições de manejo**. 2004. 96 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

NOVARETTI, W.R.T. **Efeitos de diferentes níveis de populações iniciais de *Meloidogyne javanica* em duas variedades de cana de açúcar (*Saccharum spp.*) cultivadas no Estado de São Paulo**. 1981. 100p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1981.

NOVARETTI, W.R.T. **Controle de *Meloidogyne incognita* e *Pratylenchus zeae* (Nemata: Tylenchoidea) em cana de açúcar com nematicidas, associados ou não à matéria orgânica.** 1997. 51p. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.

NOVARETTI, W.R.T.; TÉRAN, F.O. Controle de nematóides parasitos da cana-de-açúcar. In: REUNIÃO TÉCNICA AGRONÔMICA COPERSUCAR, 1983, Piracicaba. **Anais ...** São Paulo: COPERSUCAR, 1983. p.16-24.

NOVARETTI, W.R.T.; ROCCIA, A.O.; LORDELLO, L.G.E.; MONTEIRO, A.R. Contribuição ao estudo dos nematóides que parasitam a cana-de-açúcar em São Paulo. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v.1, p.27-32, 1974.

NOVARETTI, W.R.T.; LORDELLO, G.E.; NELLI, E.J.; WENIG FILHO, G. Viabilidade econômica do nematicida “Carbofurano” na cultura da cana-de-açúcar. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v.3, p.117-131, 1978.

OLIVEIRA, M.F. de. Comportamento de herbicidas no ambiente. In: OLIVEIRA JR, R.S. de; CONSTANTIN, J. **Plantas daninhas e seu manejo.** Guaíba: Agropecuária, 2001a. p. 315-355.

OLIVEIRA, M.F. de. Mecanismos de ação de herbicidas. In: OLIVEIRA JR, R.S. de; CONSTANTIN, J. **Plantas daninhas e seu manejo.** Guaíba: Agropecuária, 2001b. p. 207-260.

OVEJERO-LÓPEZ, R.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; NICOLAI, M.; BARELA, J. F. Manejo de plantas daninhas na cultura do milho. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Milho: estratégias de manejo para alta produtividade.** Piracicaba: ESALQ, 2003. cap.3, p.47-79.

PEDRINHO, A.F.F.; DURIGAN, J.C. Controle de capim-colonião na cultura da cana-de-açúcar com herbicidas aplicados em pré-emergência. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Brasília, v.2, n.3, p.125-131, 2001.

PEIXOTO, C.M.; RAMOS, A.A. **Milho**: manejo de herbicida. Holambra: Pionner, 2002. 10 p. (Caderno Técnico, Cultivar Grandes Culturas 42).

PITELLI, R. A. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.11, n.129, p.16-27, 1985.

PROGRAMA DE MELHORAMENTO GENÉTICO DA CANA-DE-AÇÚCAR - Universidade Federal de Viçosa (UFV). CCA-DFT-CECA. Disponível em <http://www.ufv.br/dft/cana/cana.htm>. Acesso em: 12 jan 2005.

PORPIGLIA, P.J.; A method to evaluate the differential response of corn (*Zea mays*) to sulfonylureas. **Weed Science Society of America Abstract**, Lawrence, v. 30, p. 86, 1990.

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

REYNOLDS, D.B.; BURRIS, E.; LEONARD, B.R., STEPHENS, M. Interaction of sulfonylurea herbicides with in-furrow applications of organophosphate insecticides in corn. **Proceedings Southern Weed Science Society**. Lawrence, v. 44, p. 103. 1991.

RODRIGUES, N.B.; ALMEIDA, F. **Guia de herbicidas**. 4.ed. Londrina: Livro Ceres, 1998. 346 p.

ROLIM, J.C.; CARVALHO, J.C.; NOVARETTI, W.R.T.; VOSS, L.R. Tolerância de cana-de-açúcar à aplicação seqüencial de nematicidas e herbicida. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Brasília, v.2, n.3, p.113-118, 2001.

ROOWELL, D.L. **Soil science: methods and applications**. London: Longman Scientific Technical, 1994. 350 p.

SCHWARZENBACH, R.P.; GSCHWEND, P.M.; IMBODEN, D.M. **Environmental organic chemistry**. New York: John Wiley, 1993. 681p.

SHELTON, D. R.; PARKIN, T. B. Effect of moisture on sorption and biodegradation of carbofuran in soil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Oxford, v. 39, p. 2063-2068, 1991.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

THOMASON, I.J.; MCKENRY, M. Chemical control of nematode vectors of plant viruses. In: LAMBERTI, F.; TAYLOR, C.E.; SEINHORST, J.W. **Nematode vectors of plant viruses**. Plenum Press. London; New York: 1975, p.423-439.

VELINI, E.D.; OSIPE, R.; GAZZIERO, D.L.P. Procedimentos para a instalação e análise de experimentos com herbicidas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 20., 1995, Londrina. **Resumos...** Londrina: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 1995. 1 CD-ROM.

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

VIDAL, R.A. **Herbicidas: mecanismos de ação e resistência de plantas**. Porto Alegre: R. A. Vidal Ed., 1997. 165 p.

WILCUT, J. W. Imidazolinone systems for southern weed management in resistant corn. **Weed Science Society of America Abstract**, Lawrence, v. 2, 1993. 5 p.

ZIMDAHL, R.C. **Fundamentals of weed science**. San Diego: Academic Press, 1999. 556p.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)