

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

EFEITO DO GLYPHOSATE E SULFOMETURON-METIL NA FISIOLOGIA  
DA CANA-DE-AÇÚCAR

**DANA KATIA MESCHEDE**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências  
Agronômicas da Unesp - Câmpus de Botucatu,  
para obtenção do título de Doutor em  
Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU-SP  
Julho – 2009

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

EFEITO DO GLYPHOSATE E SULFOMETURON-METIL NA FISIOLOGIA  
DA CANA-DE-AÇÚCAR

**DANA KATIA MESCHEDE**

Orientador: Prof. Dr. Edivaldo Domingues Velini  
Co -Orientador: Prof. Dr. Fernando Gustavo Tonin

Tese apresentada à Faculdade de Ciências  
Agronômicas da Unesp - Câmpus de Botucatu,  
para obtenção do título de Doutor em  
Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU - SP

Julho - 2009

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

M578e Meschede, Dana Kátia, 1966-  
Efeito do glyphosate e sulfometuron-methyl na fisiologia da cana-de-açúcar / Dana Kátia Meschede. - Botucatu : [s.n.], 2009.  
ix, 76 f. il., color., gráfs., tabs.

Tese (Doutorado)-Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2009  
Orientador: Edivaldo Domingues Velini  
Co-orientador: Fernando Gustavo Turin  
Inclui bibliografia

1. Cana-de-açúcar. 2. Inibidores de crescimento. 3. Mecanismo de ação. 4. Herbicida. I. Velini, Edivaldo Domingues. II. Turin, Fernando Gustavo. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. IV. Título.

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

TÍTULO: "EFEITO DO GLYPHOSATE E SULFOMETURON METHYL NA  
FISIOLOGIA DA CANA-DE-AÇÚCAR"

ALUNA: DANA KÁTIA MESCHEDE

ORIENTADOR: PROF. DR. EDIVALDO DOMINGUES VELINI  
CO-ORIENTADOR: PROF. DR. FERNANDO GUSTAVO TONIN

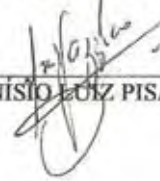
Aprovado pela Comissão Examinadora

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. EDIVALDO DOMINGUES VELINI

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. JOÃO DOMINGOS RODRIGUES

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. ROBINSON ANTONIO PITELLI

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. ROBINSON OSIPE

  
\_\_\_\_\_  
DR. DIONÍSIO LUIZ PISA GAZZIERO

Data da Realização: 02 de julho 2009.

**À MEU FILHO,**

JOÃO GABRIEL MESCHEDE APOLONI,

Por ser a luz da minha vida, por me dar coragem para lutar e enfrentar os momentos difíceis, e principalmente por me amar incondicionalmente...

TE AMO FILHO

**AOS MEUS PAIS,**

WALTER MESCHEDE

Pelo apoio incondicional e conselhos

HONÓRIA MARTINS

Pelo seu amor

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTO**

- Á deus que me sustenta em todos os momentos;
- Ao prof. Edivaldo Domingues Velini, pela oportunidade de crescimento profissional e pessoal, e especialmente pela sua amizade e conselhos nos momentos difíceis. Sinceramente, muito obrigada;
- Ao prof. Fernando Tonin, pelo apoio no desenvolvimento de metodologia e análises experimentais;
- Caio Antonio Carbonari, pelos momentos de trabalho e pela amizade;
- Sílvia, Paty pela amizade e apoio em todos os momentos. Vocês são aqueles anjos que Deus coloca na vida da gente pra que consigamos ultrapassar as nossas barreiras;
- A amiga Angélica Maria Pitelli, pela sua amizade e companheirismo;
- Aos colegas de pós-graduação pelos momentos que passamos juntos;
- Aos amigos da FEPAF pelo apoio, carinho e amizade.
- Aos funcionários do laboratório de matologia: Guilherme, Roberto e Marcelo (Chinha) pelo companheirismo e apoio em todas as etapas do trabalho;
- Aos docentes e funcionários do departamento de agricultura;
- A todos que de forma direta ou indireta, contribuíram para realização deste trabalho.

**Agradeço**

## SUMÁRIO

### Página

1. RESUMO .....	01
2. SUMMARY .....	03
3. INTRODUÇÃO.....	04
4. REVISÃO DE LITERATURA .....	06
4.1 Cana-de-açúcar .....	06
4.2 Maturação da cana-de-açúcar .....	07
4.3 Produtividade da cana-de-açúcar .....	09
4.4 Uso de maturadores .....	10
4.4.1 Sulfometuron-metil .....	12
4.4.2 Glyphosate .....	13
4.5 Clorofila e carotenóides .....	15
4.6 Nutrientes em cana-de-açúcar .....	16
4.7 Lignina .....	18
4.8 Ácido chiquímico .....	20
4.9 Ácido salicílico .....	21
5. MATERIAL E MÉTODOS .....	24
5.1 Análise de produtividade tecnológica e crescimento da cana-de-açúcar .....	24
5.2 Análise de clorofila .....	25
5.3 Análise da dinâmica nutricional .....	26
5.4 Análise de chiquímico e salicílico.....	27
5.5 Análise estatística.....	28
6. RESULTADO E DISCUSSÃO .....	29
6.1 Parâmetros tecnológicos avaliados na pré-colheita .....	29
6.2 Teores de clorofila .....	33
6.3. Dinâmica nutricional .....	38
6.4. Produção de bio-energia analisada por meio de acúmulo de lignina pela aplicação de glyphosate e sulfometuron methyl .....	48
6.5. Monitoramento do ácido chiquímico e salicílico em cana-de-açúcar sob influência de glyphosate e sulfometuron methyl .....	52

7. CONCLUSÕES .....	58
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	59



## LISTA DE TABELAS

1 Produtividade (TCH, TPH e POL) avaliada na pré-colheita .....	29
2 Parâmetros de produção e qualidade BRIX e açúcar teórico recuperável (ATR) e PBU avaliado na pré-colheita .....	30
3 Números de perfilhos por cana submetido a diferentes tratamentos com maturadores .....	32
4 Estimativa dos teores de clorofila a e b e carotenóides em cana-de-açúcar, variedade SP 803280 aos 30 dias após a aplicação dos maturadores.....	39
5 Médias das concentrações foliares de macronutrientes em cana-de-açúcar submetida à aplicação de glyphosate e sulfometuron methy em pré- colheita.....	62
6. Médias das concentrações foliares de micronutrientes em cana-de-açúcar submetida à aplicação de glyphosate e sulfometuron methy em pré-colheita .....	40
7. Média dos teores de micronutrientes Fe, Cu, Zn e Mn submetidos a aplicação de glyphosate e sulfometuron methyl, analisado durante o crescimento.....	44
8. Conteúdo de lignina (%) em cana de açúcar, variedade SP 803280, 15 e 30 DAA aplicação de maturadores .....	48
9. Teores de FDA (fibra em detergente ácido), celulose e lignina submetida a aplicação de glyphosate e sulfometuron methyl analisados durante o crescimento da cana soca .....	50
10. Concentração de ácido chiquímico e ácido salicílico em cana de açúcar .....	53
11. Concentração de ácido chiquímico e salicílico durante o crescimento cana-soca .....	54
12. Concentração de ácido salicílico durante o crescimento cana-soca .....	55

## LISTA DE GRÁFICOS

### Gráfico Página

1. Rota do ácido chiquímico e a inter-relações como metabolismo secundário da planta ..... 14
2. Compostos de unidades *p*-hidroxifenila (H), guaiacila (G) e siringila (S), em proporções diferentes, de acordo com sua origem .....18
3. Figura modificada a partir de Mathews & van Holde ..... 22
4. Esquema da produção de aminoácidos aromáticos e compostos fenólicos ..... 23
5. Pico de absorção da amostra padrão de ácido chiquímico e ácido salicílico ..... 28
6. Sobreposição dos picos de absorção da amostra padrão de ácido chiquímico e salicílico ..... 28
7. Comportamento (medido através da altura) da cana submetida à aplicação de diferentes doses e mistura de glyphosate e sulfometuron methyl ..... 31
8. Número de perfilhos da cana quando comparadas com glyphosate 400 ml e 200 ml/ha e sulfometuron methyl 20 g em relação à testemunha ..... 33
9. Teores de clorofila em cana-de-açúcar que recebeu aplicação de glyphosate na dose 400 e 200 ml em relação a testemunha em pré-colheita ..... 35
10. Relação entre os teores de clorofila, Fe e Mn em cana que recebeu aplicação de glyphosate na dose de 400 ml de p.c ha<sup>-1</sup> ..... 36
11. Teores de carotenóides observados na cana-de-açúcar que recebeu aplicação de glyphosate 400 ml e sulfometuron methyl ..... 37
12. Dinâmica do P submetida à aplicação de glyphosate e sulfometuron methyl, durante o período de avaliação de crescimento da cana-de-açúcar em relação à testemunha ..... 41
13. Comparação da dinâmica do P submetida à aplicação de glyphosate nas doses 400 ml e 200 ml do p.c.ha<sup>-1</sup>, em relação à testemunha ..... 42
14. Dinâmica do K submetida à aplicação de glyphosate e sulfometuron methyl, durante o crescimento da cana-de-açúcar, e a aplicação isolada de glyphosate em relação à testemunha..... 43
15. Dinâmica do Fe, Zn e Mn submetida à aplicação de glyphosate e sulfometuron methyl, durante o crescimento da cana-de-açúcar em relação à testemunha ..... 45

16. Dinâmica do Fe, Zn e Mn submetida á aplicação de glyphosate comparada com à testemunha.....	46
17. Interação entre Fe e P submetido á aplicação de glyphosate e sulfometuron methyl em cana-de-açúcar.....	47
18. Porcentagem de lignina observados na cana-de-açúcar que recebeu aplicação de glyphosate na dose 400 ml de p.c. ha <sup>-1</sup> , 200 ml de p.c. ha <sup>-1</sup> e sulfometuron methyl, em relação à testemunha.....	51
19. Comparação entre as concentrações de ácidos chiquímico observados em cana-de-açúcar que recebeu aplicação de glyphosate na dose de 400 ml e 200 ml do p.c ha <sup>-1</sup> e á testemunha.....	55
20. Concentração de ácido salicílico observados na cana-de-açúcar que recebeu aplicação de glyphosate e sulfometuron methyl em relação á testemunha.....	56
21. Interação entre ácido chiquímico e ácido salicílico influenciada pela aplicação do glyphosate e sulfometuron methy em diferentes doses e misturas .....	57

## INFLUENCIA DO GLYPHOSATE E SULFOMETURON-METHYL NA FISIOLOGIA DA CANA-DE-AÇÚCAR.

### 1. RESUMO

As rotas em que atuam os herbicidas devem ser fundamentais para o crescimento e desenvolvimento vegetal, pois o seu bloqueio deve promover a paralisação do crescimento ou a morte das plantas. De modo análogo, o bloqueio parcial destas rotas, com uso de baixas doses dos herbicidas, também pode ter implicações importantes alterando o balanço de processos metabólicos nas plantas. Sendo assim, foi conduzido no ano agrícola 2006/2007, um experimento em cana soca 2º corte na Fazenda Jurema pertencente ao grupo Cosan, município de Barra Bonita-SP, para verificar os efeitos do glyphosate e do sulfometuron methyl (em subdoses, maturadores) na fisiologia da cana-de-açúcar. Os tratamentos constituíram-se da aplicação de dois herbicidas: sulfometuron methyl( 480 i.a/Kg) e glyphosate (360 e.a/Kg) em diferentes doses e misturas do produto comercial (Roundap e Curavial), mais a testemunha. As doses utilizadas foram: glyphosate 200 ml do p.c./ha<sup>-1</sup>; glyphosate 400 ml do p.c./ha<sup>-1</sup>; glyphosate 200 ml do p.c./ha<sup>-1</sup> + 10 g do p.c./ha<sup>-1</sup> de sulfometuron methyl; glyphosate 150 ml do p.c./ha<sup>-1</sup> + 12 g do p.c./ha<sup>-1</sup> de sulfometuron methyl; sulfometuron methyl 20g do p.c./ha<sup>-1</sup>. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições. Para verificar os efeitos destes produtos no metabolismo da planta, em pré (15 e 30 Dias Após Aplicação dos produtos) e pós-colheita (30, 60, 90, 120, 150 e 180 Dias Após Colheita), foram avaliados: parâmetros tecnológicos de produção da cana-de-açúcar (POL, TCH, TPH, BRIX, PBU); fatores de crescimento (altura e número de perfilhos); teor de clorofila e carotenóides; dinâmica de macro e micro nutrientes; FDA (fibra em detergente ácido), lignina e celulose; concentração de ácido chiquímico e ácido salicílico. Os resultados permitiram concluir: a aplicação destes produtos e nas doses estudadas promoveu efeitos significativos nos parâmetro tecnológico, altura e no número de perfilho da cultura; os teores de clorofila e carotenóides foram influenciados negativamente com aplicação de glyphosate na dose de 400 ml/ha, para dose menor (200 ml/ha) não se manteve esta interferência; a aplicação de glyphosate melhorou os níveis de P (em pré e pós-colheita) e K (pós-colheita) na planta e diminuiu os

níveis de Fe, Zn e Cu, aplicação de sulfometuron methyl aumentou os níveis de Zn e Mn; o sulfometuron methyl aumentou os teores de lignina na planta, e a dose menor (200 ml/há) promoveu redução no teor de lignina; maiores doses de glyphosate promovem aumento na concentração de chiquímico; maiores concentração de chiquímico promoveram os maiores concentrações de ácido salicílico, em pré-colheita. Em pós-colheita verificou-se que aumentos nos teores dos ácidos chiquímico e salicílico depende não só da aplicação dos produtos, mas também dos fatores abióticos e bióticos.

**Palavra-Chave:** *Saccharum officinarum*; inibidores de crescimento, mecanismo de ação, herbicida.

INFLUENCE OF GLYPHOSATE AND SULFOMETURON-METHYL PHYSIOLOGY SUGARCANE. Botucatu, 2009. 76p. Tese (Doutorado em Agronomia Agricultura)–Faculdades de Ciências Agronômicas, Universidade estadual Paulista “Julio de Mesquita filho”.

Author Dana Kátia Meschede

Adviser. Edivaldo Domingues Velini

Co adviser Fernando Gustavo Tonin

## 2. SUMMARY

The routes in the herbicides that work must be essential to plant growth and development, as its blockade should promote the growth of paralysis or death of plants. Similarly, the partial block of these routes, using low doses of herbicides (maturity), may also have important implications by altering the balance of metabolic processes in plants. Thus, an experiment was conducted in the agricultural year 2006/2007, in ratoon cane cutting 2 at Fazenda Jurema of belonging to the group Cosan. The treatments is the application of two maturity (sulfometuron methyl, and glyphosate) in different doses and mixtures further control (natural aging). The experimental design was a randomized block design with four replications. The objective of this research is to analyze the effects of applying these products in the metabolism of sugar cane in pre-and post-harvest, for both were: parameters of production technology, growth factors (height and number of tillers), content of chlorophyll and carotenoids, dynamics of nutrients, cellulose and lignin, shikmic concentration of acid and salicylic acid. The conclusions: the application of maturity promoted effect on technological parameters, height and number of tiller of culture, the application of glyphosate improved the levels of P and K in the plant and reduced the levels of Fe, Zn and Cu, the contents of chlorophyll and carotenoids influenced with application of glyphosate in the commercial dose, application of methyl sulfometuron increased levels of Mn, higher doses of glyphosate increased the concentration of shikmic; largest concentration of shikmic promoted the higher concentrations of salicylic acid in pre - In post-harvest sampling found that increases in levels of salicylic acid shikmic acid and depends not only on the application of maturity, but environmental factors.

**Keywords :** *Saccharum officinarum*; growth inhibitors; mechanisms action, herbicides

### **3. INTRODUÇÃO**

A produção de cana-de-açúcar hoje supera 540 milhões de toneladas, o que faz do Brasil o maior produtor mundial desta cultura, com mais de 6 milhões de hectares cultivados. Na última safra de 2007/2008 foram fabricadas, aproximadamente 28 milhões de toneladas de açúcar e 16,8 milhões de metros cúbicos de álcool. A produtividade agroindustrial teve nos últimos anos significativa evolução, com a média da produtividade do Centro-Sul, oscilando entre 78 e 80 toneladas por hectare, em ciclos de cinco cortes. A qualidade desta matéria-prima, medida pela sacarose contida na planta, está entre 140 e 155 kg de açúcares totais por tonelada de cana (IBGE, 2007).

No início de 2000 a área plantada era aproximadamente 4 500 000 ha, processada por cerca de 300 Usinas, e para a safra de 2007/2008 estimou-se uma área plantada de 7 000 000 ha que foi processada por cerca de 400 Usinas, portanto um crescimento muito rápido da área de cana-de-açúcar. Diante deste fato, o início da safra teve que ser antecipado de abril/maio para março/abril para o processamento de toda essa cana-de-açúcar. Porém, neste período a cultura encontra-se ainda, em estado vegetativo muito intenso e, portanto, inadequado para o

acúmulo da sacarose. Para reverter esse processo e obter um ganho no acúmulo da sacarose, os maturadores se tornaram uma ferramenta muito útil e necessária.

Vários produtos utilizados como maturadores são herbicidas aplicados em sub-doses. Os herbicidas atuam sobre sistemas enzimáticos ou proteínas específicas das plantas alterando sua funcionalidade. As rotas em que atuam os herbicidas são fundamentais para o crescimento e desenvolvimento vegetal, pois o seu bloqueio deve promover a paralisação do crescimento ou a morte das plantas. De modo análogo, o bloqueio parcial destas rotas, com uso de doses subletais dos herbicidas, também pode ter implicações importantes alterando o balanço de processos metabólicos nas plantas.

Comprova esta hipótese o fato de vários herbicidas terem sido originalmente desenvolvidos como reguladores de crescimento. Posteriormente, maiores doses ou compostos com maior atividade ocasionaram a morte das plantas fosse produzida. O primeiro e mais notório exemplo é o do 2,4-D, originalmente desenvolvido como uma auxina e que em doses elevadas tem efeito herbicida. O segundo exemplo é o dos inibidores da síntese de carotenóides, cujo principal efeito relatado em plantas foi a redução da síntese de ácido abscísico associada à tolerância a estresse hídrico em plantas.

O terceiro exemplo é o próprio glyphosate cujo antecessor, o glyphosine (utilizado no Brasil como maturador e com o nome comercial Polaris), ainda é utilizado como regulador de crescimento em vários países. Na década dos 1970, observou-se que elevadas doses do glyphosine poderiam promover a morte das plantas. As estruturas dos compostos glyphosate e glyphosine para uso como herbicidas foram desenvolvidas a partir dessas informações, tendo como características menores dimensões moleculares e maiores afinidade com a enzima EPSPs.

Sendo assim, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito da aplicação de dois tipos de herbicidas, utilizados como maturadores, em diferentes doses e misturas na fisiologia da cana de açúcar, analisando-se: a qualidade tecnológica da cana, a interferência na fotossíntese, dinâmica de nutrientes, produção de bio-energia e tolerância ao estresses bióticos, antes (cana pré corte) e depois da colheita (cana pós corte).



## **4. REVISÃO DE LITERATURA**

### **4.1 A cana-de-açúcar**

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) teve sua origem provável em Nova Guiné e é cultivada no Brasil desde o século XVI, estabelecendo-se definitivamente na região Centro sul e Nordeste (Procópio et. al, 2003). Expandiu-se em nosso território nas últimas três décadas do século XX e, por consequência, o país é atualmente o maior produtor mundial de açúcar e de álcool. Cada entrenó produz uma nova folha em cerca de dez dias, e uma folha mais velha morre, deixando um número constante de oito a nove folhas por colmo. A maior porção de luz incidente é interceptada pelas seis folhas mais apical. A gradativa queda de temperatura e redução das precipitações é determinante para a ocorrência do processo de maturação, dessa forma, na região Sudeste do Brasil, o processo tem ocorrência natural a partir de abril/maio, com clímax no mês de setembro.

A cana-de-açúcar é denominada cana planta até sua primeira colheita, tendo um período de crescimento em torno de 12 ou 18 meses, dependendo da época de plantio. Se for plantada de setembro a outubro geralmente é colhida com cerca de 12 meses e denominada cana de ano.

Se for plantada de janeiro a março ela cresce por volta de 18 meses e, portanto, é denominada de cana de ano e meio. Após a primeira colheita a cana sofre uma rebrota que é chamada de soca. As demais colheitas ocorrem anualmente por volta do mesmo período (mês), sendo chamadas de ressocas. As rebrotas da cana sofrem cerca de 4 a 5 cortes quando então a lavoura é renovada com uma cana de ano ou de ano e meio (Rudorff, 1995).

Segundo Bray 1980, a condição ecológica é um fator importante no estudo da cultura canavieira, uma vez que ela envolve os limites e as possibilidades do domínio desta atividade agrária. O espaço geográfico, onde está inserida a cultura, é que determina as alterações na fase da planta em função da ação do ambiente. As principais fases de desenvolvimento são: germinação, perfilhamento, crescimento e maturação. Para cada uma destas fases a cana apresenta diferentes exigências climáticas, sendo que algumas são mais exigentes do que outras. Por exemplo, após a fase de crescimento, para haver boa produção de sacarose nos colmos, a cana necessita passar por um período de baixa temperatura ou de deficiência hídrica, para que cesse o crescimento vegetativo e comece a fase de maturação.

#### **4.2 Maturação da cana-de-açúcar**

A maturação da cana é definida pelos fisiologistas como um estágio senescente, entre o crescimento rápido e a morte final da planta. Somente os entrenós imaturos das folhas verdes e os entrenós super amadurecidos da base (com alto conteúdo de fibra), não retêm apreciável quantidade de açúcar. Cada entrenó acumula seu próprio açúcar, sendo os valores de sacarose mais elevados na direção do centro do colmo, declinando no sentido das pontas. Essas diferenças se acentuam mais nos entrenós mais jovens, refletindo provavelmente uma distribuição diferente de invertase, onde o meristema intercalar (anel de crescimento) contém muito mais invertase do que os tecidos centrais do entrenó. Portanto, maturação, é a última fase dos processos fisiológicos da planta.

Segundo Casagrande (1991), o mecanismo de acúmulo de sacarose é o mesmo, tanto em tecidos imaturos como em adultos, ocorrendo: a. hidrólise da sacarose; b. formação e interconversão de hexosesfosfatos; c. formação de moléculas análogas à sacarose; d. acúmulo de parte da sacarose no vacúolo. Nos tecidos imaturos, onde predomina a rápida expansão celular, a sacarose acumulada é rapidamente hidrolizada pela invertase ácida vacuolar,

movendo-se as hexoses resultantes rapidamente para o citoplasma, onde são utilizadas no crescimento e desenvolvimento celular (respiração, síntese de moléculas orgânicas, etc.). Planta adulta, em fase de maturação, ocorre aumento da ação da invertase neutra ou alcalina (com atividade máxima em pH 7,0), havendo correlação entre o nível de atividade desta enzima e a concentração de hexoses. A atividade quase nula da invertase ácida vacuolar, indica que está ocorrendo acúmulo efetivo de sacarose.

Logo, durante a maturação, há declínio na atividade da invertase ácida dos espaços intercelulares, baixa atividade de invertase ácida do citoplasma e atividade quase nula de invertase ácida vacuolar. À medida que as células se distanciam dessa região, alongam-se com maior concentração de sacarose, atingindo o processo de maturação. A quantidade de sacarose depende da quantidade de invertase ácida secretada do apoplasto do tecido parenquimático. A maturação é consequência de uma cinética de invertases, sendo importante, pois entender a troca de invertases ácidas por invertases alcalinas ou neutras. Segundo Suzuki (1982), a frutose é um inibidor competitivo da invertase ácida e altas concentrações de sacarose podem suprimir, parcial ou completamente, a ação da invertase ácida.

Assim, as enzimas invertases dirigem os carboidratos para o crescimento da planta ou para o acúmulo dos mesmos nos vacúolos, onde o aumento da sua concentração vai proporcionar o amadurecimento ou maturação dos colmos, a qual ocorre quando a cultura apresentar a melhor produtividade qualitativa e quantitativa de açúcares.

No campo a determinação do estágio de maturação o ponto de maturação, pode ser determinado pelo refratômetro de campo e complementado por análise de laboratório. Com a adoção do sistema de pagamento pelo teor de sacarose, há necessidade de o produtor conciliar alta produtividade agrícola com elevado teor de sacarose na época da colheita.

O refratômetro fornece diretamente a porcentagem de sólidos solúveis do caldo (Brix). O Brix está estreitamente correlacionado ao teor de sacarose da cana. A maturação ocorre da base para o ápice do colmo. A cana imatura apresenta valores bastante distintos nesses seguimentos, os quais vão se aproximando no processo de maturação. Assim, o critério mais racional de estimar a maturação pelo refratômetro de campo é pelo índice de maturação (IM), que fornece o quociente da relação.

**IM =  $\frac{\text{Brix da ponta do colmo}}{\text{Brix da base do colmo}}$**

Brix da base do colmo

Admitem-se para a cana-de-açúcar, os seguintes estágios de maturação:

IM	Estágio de Maturação
< 0,60	cana verde
0,60 - 0,85	cana em maturação
0,85 - 1,00	cana madura
> 1,00	cana em declínio de maturação

As determinações tecnológicas em laboratório (brix, pol, açúcares redutores e pureza) fornecem dados mais precisos da maturação, sendo, a rigor, uma confirmação do refratômetro de campo.

A maturação é considerada como um dos aspectos mais importantes na produção de cana-de-açúcar. A falta de cultivares produtivos, com maturação precoce, pode ser contornada com a utilização de maturadores químicos para o suprimento da usina o ano todo com cana madura.

#### **4.3 Produtividade da cana-de-açúcar**

A produtividade média de cana-de-açúcar, incluindo folhas secas e ponteiros, tem oscilado em torno de 90 toneladas de matéria natural por hectare, mas adotando-se manejo adequado de variedades, de calagem e de adubação, podem-se alcançar produtividades superiores a 150 toneladas de matéria natural por hectare (Oliveira et al, 2001).

As curvas de acúmulo de açúcar são dependentes da variedade. O conceito do "potencial de acúmulo" levou à chamada "regra do mínimo arrependimento", através da definição de uma programação de colheita que permita maximizar os resultados da safra como um todo. Estima-se que as possibilidades de ganho através da adequada programação de colheita sejam da ordem de 2% a 4% da margem de contribuição total da safra. Para tanto, basta respeitar as características agrônômicas de cada variedade, em termos dos solos onde serão cultivadas, da sua capacidade de brotação de soqueira, e do seu potencial de acúmulo de sacarose, entre outras (Carvalho *et al.* 1990).

A Copersucar (1991) desenvolveu um sistema de planejamento da colheita com restrições para: capacidade de moagem, idade mínima para corte e capacidade de transporte. A

variável maximizada foi Pol%Cana mensal. O ganho estimado foi de apenas 0,01 pontos percentuais na média de Pol%Cana da safra.

Silveira Neto (1992) utilizou um modelo de programação de colheita na Usina Santa Adelaide, em São Paulo, representado por 303 "regiões de cana" consideradas como homogêneas. Cada "região" foi delimitada por apresentar uma mesma variedade, mesmo ciclo e idade, além de índices Pol% Cana similares. A matriz de dados foi composta por 5 mil variáveis e quatrocentas restrições. A função objetivo foi a de maximizar a produção de açúcar, a qual teve um ganho de 366 kg por hectare em relação à seqüência tradicional de corte de talhões prevista para a safra. Se considerada, por exemplo, uma produtividade de cerca de 11 t de açúcar. ha<sup>-1</sup> (80 t de cana. ha<sup>-1</sup> e 14% de Pol%Cana), o ganho foi de aproximadamente 3,3%.

A produtividade da cana é dada tanto pelo peso dos colmos quanto pelo teor de sacarose. O teor de sacarose nos colmos deve ser acima de 15% do peso fresco, pois ele é que determinará a produção de açúcar ou de álcool por tonelada de cana (peso fresco). A produtividade é diretamente influenciada por fatores genéticos, condições climáticas, manejo e fertilidade dos solos, pragas e doenças.

Segundo Taupier (1999), um hectare de cana-de-açúcar é capaz de produzir 100 toneladas de matéria verde a cada ano, superando duas vezes o rendimento agrícola de outras culturas energéticas; contribui com o equivalente a 10 toneladas de petróleo; como energia metabolizável para a alimentação animal; cada hectare cultivado significa 75000 MCal ao ano, superando várias vezes o rendimento de outras culturas forrageiras. O caldo extraído (caldo mesclado) tem por volta de 15° Brix com uma pureza que flutua entre 80 e 87%. Portanto, 100 t de caldo devem conter 15 t de sólidos totais e entre 12 e 13% de Pol. A quantidade impurezas em 100 t de caldo pode, então, variar entre 2 e 3 ton.

A produção de açúcar e de álcool depende da quantidade de matéria prima disponível que por sua vez depende: da área plantada; da produtividade agrícola; e do açúcar total recuperável (ATR). Destes três fatores o mais complexo de ser estimado é a produtividade agrícola, pois depende de uma série de fatores relacionados a aspectos agronômicos e meteorológicos. Neste contexto, a estimativa de produtividade agrícola tem importância para o

planejamento estratégico das empresas a fim de prever o quanto da produção será processada e armazenada para tomada de decisão sobre a comercialização dos produtos finais.

#### **4.4. Uso de Maturadores**

A utilização de maturadores e/ou inibidores de florescimento na cultura da cana-de-açúcar tem como objetivo aumentar a produtividade e antecipar o corte, permitindo, pois, o indispensável manejo da cultura em seu moderno sistema de produção (Pontin, 1995).

Os maturadores, definidos como reguladores vegetais, agem alterando a morfologia e a fisiologia da planta podendo levar a modificações qualitativas e quantitativas na produção. Podem atuar promovendo a diminuição do crescimento da planta, possibilitando incrementos no teor de sacarose, precocidade de maturação, aumento na produtividade, e também atuar sobre as enzimas (invertases), que catalisam o acúmulo de sacarose nos colmos. Sua aplicação no sistema de produção da cana-de-açúcar tem proporcionado uma maior flexibilidade no gerenciamento da colheita, altamente relevante para o planejamento da safra, além de propiciar a industrialização de uma matéria-prima de melhor qualidade. Porém, a viabilidade da utilização depende de uma série de fatores, sejam eles climáticos, técnicos, econômicos e, sobretudo, das respostas que cada variedade possa proporcionar a mais a esta prática de cultivo (Leite, 2005).

Maturadores químicos do grupo dos retardadores de crescimento (ethephon, sulfometuron-methyl, etyl-trinexapac) e do grupo dos inibidores de crescimento (diquat, glyphosate e fluazifop-butil) podem restringir o florescimento da cana-de-açúcar (Castro, 2000). A aplicação de maturadores vegetais na cultura da cana-de-açúcar tem se tornado, prática cada vez mais comum no setor sucroalcooleiro. O objetivo é antecipar e manter a maturação natural e assim disponibilizar matéria-prima de boa qualidade para industrialização antecipada além de auxiliar no manejo das variedades (Gheller, 2001).

No campo, a cana-de-açúcar, sob o ponto de vista econômico, é considerada apta a ser industrializada a partir do momento em que apresenta teor mínimo de sacarose de 13% do peso do colmo. As condições climáticas existentes na região sudeste do Brasil, em particular no Estado de São Paulo, são muito propícias à maturação fisiológica natural de cana-de-açúcar. O processo tem início nos meses de abril e maio, sendo as precipitações pluviais

determinantes para se estabelecer este início. A fotossíntese continua ocorrendo normalmente, enquanto há folhas verdes, com produção de sacarose que se acumula nos espaços disponíveis nos colmos, com conseqüente aumento da massa seca acumulada (Deuber, 1988).

Para indução artificial da maturação são utilizados os maturadores químicos como o glyphosate, por exemplo, estes paralisam o crescimento e modificam a partição dos fotoassimilados, deslocando-os para o acúmulo de sacarose. O modo de ação desse maturador (utilização de dosagens reduzidas) é a inibição da via metabólica do ácido chiquímico, fundamental para a produção de aminoácidos aromáticos, bem como a de compostos secundários (Duke et al., 2003).

Gerenciamento da colheita da cana com segurança, e o melhor benefício por hectare é o que todo produtor espera de um maturador. Ele aumenta o teor de sacarose (POL% da cana), melhora o período útil de industrialização (PUI), inibe o florescimento e reduz a isoporização, sem afetar a produtividade e a brotação da soqueira (Casagrande, 1991).

#### **4.4.1 Sulfometuron-methyl**

O sulfometuron-methyl é comercializado com o nome de Curavial®, é um regulador vegetal do grupo químico das sulfoniluréias, recomendado como maturador para a cultura da cana-de-açúcar. caracteriza-se como inibidor de crescimento vegetal. As sulfoniluréias inibem a síntese de aminoácidos de cadeia ramificada como valina, leucina e isoleucina, através da ação na enzima ALS (Acetolactato-sintase), a qual sofre inibição em sua atividade, impedindo a síntese destes aminoácidos a partir do substrato piruvato alfa-cetobutirato.

Apresenta ação sistêmica, sendo que após a sua absorção pelas folhas da cultura, atua nas regiões meristemáticas afetando tanto o crescimento como inibindo a divisão celular. A paralisação do desenvolvimento do meristema apical provoca uma redução no entrenó formado por ocasião da aplicação. Em seguida, ocorre processo de armazenamento de sacarose no colmo, ao invés de emissão de novas folhas, o que acarreta em redução no índice de chochamento ou isoporização.

Este produto não provoca a morte da gema apical, os entrenós formados após a aplicação retomam seu crescimento normal, isto permite à cultura, condições de colheita por mais

tempo. Caso o corte da área aplicada seja atrasado, isto não acarretará em perdas ou danos à cultura.

Ensaio realizado com a aplicação de 20 g/ha de sulfometuron-methyl nas variedades SP80-1816, SP80-1842 e SP81-3250 responderam significativamente, com ganho de Pol e aumento da pureza do caldo e conduziu a menor teor de ácidos orgânicos do caldo Fernandes et al. (2002).

A aplicação do sulfometuron-methyl e ethephon em cana-de-açúcar provocou um aumento de 0,9 pontos no Brix e de 0,89 na Pol% cana, antecipando em 21 dias a possibilidade de corte, não afetando o desenvolvimento das soqueiras remanescentes segundo Oliveira (1993).

#### **4.4.2 Glyphosate**

O glyphosate é, hoje em dia, um dos herbicidas mais populares na agricultura, graças ao eficaz controle que exerce sobre as plantas daninhas e à baixa toxicidade aguda. Atualmente, no Brasil, glyphosate é formulado como sal isopropilamina (IPA), sal monoamônio (MAM) ou sal trimethylsulfônio (TMS), sendo que o ingrediente ativo dessa formulação também é denominado de sulfosate (Ahrens, 1994; Franz et al., 1997).

O glyphosate (N-fosfonomethyl glicina) foi originalmente sintetizado em 1964, como potencial agente quelante industrial. Seu uso como herbicida foi descrito em 1971. Devido à limitada solubilidade (1,2% a 25°C) do ácido em água, os sais mais solúveis do ácido são preferidos para as formulações.

Quando o glyphosate é aplicado sobre as plantas, ocorre, inicialmente, uma rápida penetração, seguida por uma longa fase de lenta penetração, sendo que a duração dessas fases depende de numerosos fatores, incluindo espécie e idade da planta, condições ambientais, concentração de glyphosate e surfatante. O glyphosate é móvel no floema e rapidamente translocado por todas as partes da planta, mas tende a se acumular nas regiões meristemáticas. Nas plantas, o glyphosate é muito estável, com pequena degradação detectável ocorrendo em longo período de tempo (Gruys & Sikorski, 1999).

O mecanismo de ação do glyphosate é bastante singular, por ser o único herbicida capaz de inibir especificamente a enzima 5-enolpiruvil-chiquimato-3-fosfato-sintase (EPSPS), que



catalisa a condensação do ácido chiquímico e do fosfato piruvato, evitando, assim, a síntese de três aminoácidos essenciais – triptofano, fenilalanina e tirosina (Zablotowicz & Reddy, 2004).

Estudos relataram que o emprego de glyphosate em cana-de-açúcar como maturador promoveu incrementos, no teor de açúcares recuperáveis e na produção de açúcar. Há informações revelando diferenças mínimas entre as distintas formulações de glyphosate aplicado à cultura de cana-de-açúcar; entretanto, todas as formulações promoveram incremento no teor de sacarose e na produção de açúcar em relação ao controle (Villegas et al., 1993; Bennett et al., 2003; Viator et al., 2003).

Em síntese o glyphosate como maturador, tem apresentado resultados bastantes consistente e eficaz no processo de maturação da cana-de-açúcar devido a, duas razões principais:

1 - Inibir ou reduzir o crescimento da cana-de-açúcar por matar a gema apical, ou por inibir a síntese do ácido indol acético (AIA). A inibição do alongamento do caule, pode também estar relacionada á capacidade da auxina em promover síntese de etileno pelo aumento da atividade da ACC sintase (Liang et al., 1992). O aumento do etileno pode estimular o processo de senescência e a germinação das gemas laterais, e ainda, o balanço hormonal entre o AIA e o etileno, pode levar à inibição do alongamento do caule.

2 - Provocar estresse da cana-de-açúcar por inibir a síntese de aminoácidos essenciais e proteínas. A enzima EPSPs é codificada no núcleo e desempenha sua função no cloroplasto (Stauffer et. al., 2001), catalisando a ligação dos compostos chiquimato-3-fosfato e fosfoenolpiruvato produzindo o enolpiruvilchiquimato-3-fosfato e fosfato inorgânico.

Segundo Hess (1993) o glyphosate é um inibidor não competitivo e competitivo, respectivamente, com os dois substratos. A inibição da EPSPs leva ao acúmulo de altos níveis de chiquimato nos vacúolos o que é exacerbado pela perda de controle de realimentação e pelo fluxo desregulado de carbono na rota (Figura 1).

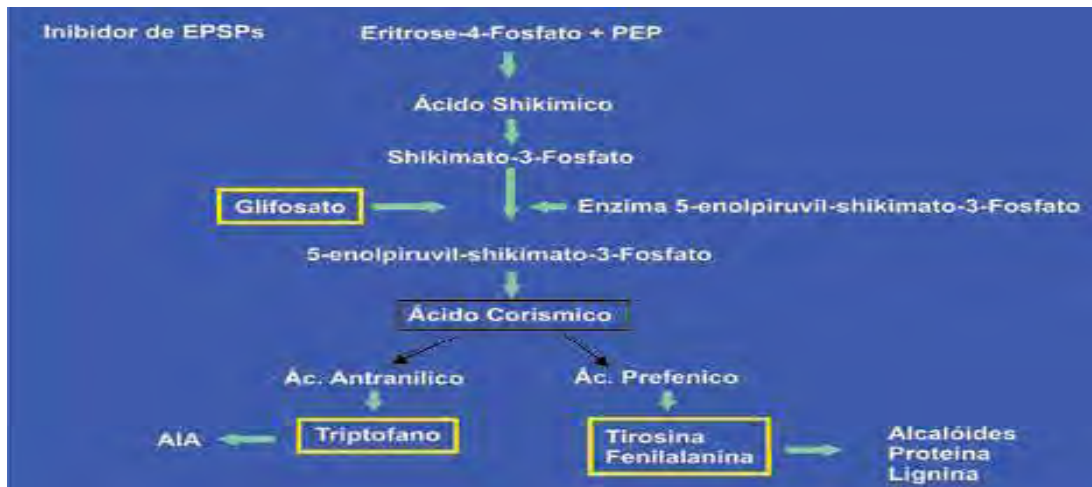


Figura 1. Rota do ácido chiquímico e a inter-relações com o metabolismo secundário da planta.

No ponto final da rota do ácido chiquímico há a formação do corismato, a partir do qual muitos metabólitos secundários são formados. Entre estes, temos tetrahydrofolato (THF), ubiquinona e vitamina K, essenciais à vida da planta. A fenilalanina, além de participar da biossíntese de proteínas, é também substrato para a via do fenilpropanóide, que produz numerosos compostos secundários de plantas, tais como antocianinas, lignina, promotores e inibidores de crescimento e compostos fenólicos. O triptofano é precursor do ácido indolilacético (IAA), hormônio vegetal necessário para a expansão celular, a manutenção da dominância apical, e muitos outros processos regulatórios (Devine et al., 1993; Gruys e Sikorski, 1999).

#### 4.5 Clorofila e Carotenóides

Para Afonsi et al. (1987), a luz é um fator da maior importância para a cana-de-açúcar devido à alta eficiência fotossintética da cultura, uma vez que, quanto maior for a intensidade luminosa, mais fotossíntese será realizada. Para Silva Júnior (2001), a luz não influi na germinação, o perfilhamento é favorecido por alta intensidade luminosa, o número de brotos vivos depende da quantidade de luz incidente, o teor de sacarose no caldo é diretamente influenciado pela quantidade de luz; e o crescimento do colmo aumenta para comprimento de dias de 10 a 14 horas e diminui em condições de foto período longos de 16 a 18 horas.

A cana-de-açúcar é considerada uma planta C<sub>4</sub>, com altas taxas fotossintéticas, apresentando alta eficiência de conversão de energia radiante em energia química. A radiação global que atinge a superfície da terra é composta basicamente por duas partes: radiação solar direta e radiação difusa na atmosfera. Percentualmente, da radiação que atinge o topo da atmosfera, 25% é radiação direta e 26% atinge a superfície como radiação difusa. Assim, grande parte da radiação disponível para as plantas está na forma de radiação difusa. Os efeitos adicionais da radiação à fotossíntese sobre o desenvolvimento das plantas tornam mais complexas a análise da fotossíntese em relação à produtividade, e nem sempre a manipulação da radiação ou do sistema de captação de radiação visando aumentar a eficiência fotossintética leva a um incremento de produtividade agrícola (Bernardes, 1987).

Nas plantas, a captação da luz se dá pelas folhas e a transformação em energia ocorre nos cloroplastos, onde os pigmentos de clorofilas *a* e *b* absorvem a energia radiante necessária para a fotossíntese. Moléculas de clorofila encontram-se especificamente em complexos proteico denominados fotossistemas, que se encontram integrados nos tilacóides e cloroplasto. A maioria das moléculas de clorofila absorve luz e transmite a energia luminosa através de um fenômeno designado por "transferência de energia por ressonância" a um par de moléculas de clorofila específico que se encontra no centro de reação dos fotossistemas. O fluxo de elétrons produzido pelos pigmentos de clorofila é usado para transportar íons H<sup>+</sup> através das membranas dos tilacóides, causando um potencial quimiosmótico usado principalmente na produção de ATP. Os elétrons são eventualmente usados na redução de NADP<sup>+</sup> a NADPH (David & Cox, 2004).

Os carotenóides são pigmentos presentes em plantas e alimentos. Um dos mais importantes é o betacaroteno, molécula precursora da vitamina A, cuja composição é exatamente a metade daquele carotenóide. O teor de carotenóides nos órgãos vegetais varia, sendo geralmente maior em folhas verdes (Rodriguez-Amaya et al, 2004). De modo direto ou indireto, a análise de clorofila e carotenóides são ferramentas para o diagnóstico nutricional e fotossintético das plantas.

#### **4.6. Nutrientes em cana-de-açúcar**

A alta necessidade em nutrientes da cultura da cana-de-açúcar, decorrente da elevada produção de biomassa por área e da remoção de grande parte dessa massa vegetal no processo da colheita, tem levado a uma revisão periódica das adubações, com alterações para mais, à medida que se esgota a fertilidade natural dos solos ou que se impõe a necessidade ou a conveniência do aproveitamento de áreas de baixa fertilidade natural.

Em regiões de expansão da cultura canavieira no Brasil, a aplicação de insumos e o conhecimento do “vigor da planta” constituem práticas fundamentais para o alcance de maior produtividade na cultura (Planalsucar, 1983). A chamada “agricultura de precisão” surge no meio agrícola como resposta às exigências de aumento da eficiência na produção, através do gerenciamento localizado da agricultura. Segundo Hoskinson (1995), o objetivo de se aumentar a eficiência da agricultura é reduzir a energia utilizada e o impacto ambiental com o uso otimizado de recursos.

A cultura da cana-de-açúcar não é muito exigente quanto ao solo. Profundidade acima de 1 metro, com boa aeração e drenagem são desejáveis. O pH ótimo varia em torno de 6,5, entretanto, a cana-de-açúcar pode se desenvolver com um pH entre 5 e 8,5; apresenta alta demanda por nitrogênio e potássio e uma quantidade inferior de fósforo (Doorenbos & Kassam, 1979).

A análise foliar permite o acompanhamento do estado fisiológico da lavoura levando-se em conta a absorção de nutrientes. Através da química analítica quantitativa, é possível verificar se a cultura está assimilando os nutrientes a ela oferecidos, evitando assim, o aparecimento de sintomas de carência. Os quais poderiam afetar ou impedir seu desenvolvimento ideal e maturação fisiológica.

A diagnose foliar foi desenvolvida na França, através do trabalho de dois pesquisadores: Lagatu e Maune e apresenta como principais objetivos, avaliar o estado nutricional das culturas, identificar as causas da deficiência e avaliar a necessidade de adubação. O princípio que governa a diagnose foliar é a existência de uma relação entre o teor do nutriente disponível no solo, a concentração do nutriente na planta e a produtividade das culturas, sendo assim constata-se que a própria planta atua como solução extratora do elemento disponível. A

interpretação dos resultados da análise foliar da cultura amostrada é realizada através da comparação com valores obtidos de padrões nutricionais, que são determinados na maioria das vezes sob condições controladas, em que se extrapolam esses resultados para as diferentes condições de cultivo, considerando a concentração absoluta e isolada de cada nutriente.

No que se refere à exportação dos nutrientes por ocasião da colheita da cana-de-açúcar, observou-se que grande parte do magnésio é exportada pelos colmos (68,5% do Mg extraído), seguindo-se do enxofre (61,5%), o nitrogênio (59%), o fósforo (56,5%), o cálcio (54%) e o potássio (44%). Desse modo, no que se refere à devolução dos nutrientes ao solo, observou-se que através da decomposição da palha e das pontas podem ser devolvidos boa parte do potássio (56%), seguindo-se do cálcio (46%), o fósforo (43%), nitrogênio (41%), enxofre (38,%) e o magnésio (31,5%).

#### **4.7. Lignina**

As biomassas vegetais caracterizam-se pela elevada complexidade e com composição que pode ser bastante variável, considerando a participação das várias classes de compostos presentes. Tal variabilidade pode ser restringida e a própria composição pode ser direcionada aos objetivos industriais por alterações genéticas ou tratamentos que podem ser feitos na cultura quando esta ainda se encontra em crescimento. A obtenção de biomassas mais ou menos ricas em determinados compostos pode simplificar os processamentos industriais necessários para o isolamento e obtenção das diferentes matérias primas.

A lignina é um componente não-carboidrato da parede celular dos vegetais, normalmente considerada indigestível e também inibidor da digestibilidade da parede celular das plantas forrageiras, acentuando a sua ação, a medida que o vegetal amadurece.

Lignina é um bio-polímero de cadeia aromática, geralmente derivada fenilalanina. Ela proporciona rigidez e força de compressão, bem como torna as paredes hidrofóbicas e impermeáveis à água. Plantas terrestres vasculares podem, portanto, ter aparecido somente após a evolução da biossíntese lignina.

A lignina é formada pela remoção da água para formar a estrutura aromática de açúcar, através de reações irreversíveis. Existem vários monômeros que podem formar a lignina, eles dependem da fonte da natureza (Figura 2).

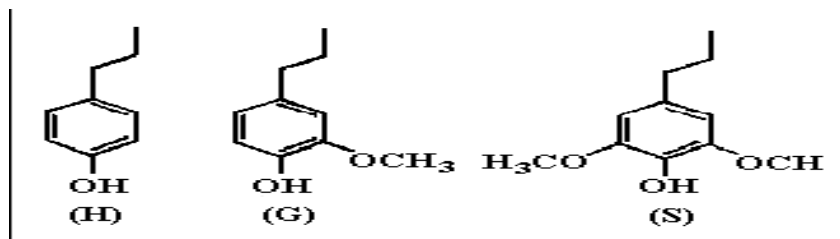


Figura 2. Compostos de unidades *p*-hidroxifenila (H), guaiacila (G) e siringila (S), em proporções diferentes, de acordo com sua origem (Saliba et al., 2001).

As árvores têm extrema necessidade de apoio tanto estruturais bem como no transporte de água. Elas sintetizam altos níveis de lignina em madeira: 15 a 36% do peso seco da madeira (Sarkanen & Hergert, 1971). Lignina juntamente com a celulose e hemicelulose é um dos polímeros naturais mais abundantes no mundo.

Apesar da importância da lignina, relativamente poucos tipos de células vegetais acumulam quantidades substanciais da lignina durante o desenvolvimento normal. As células que acumulam lignina, tais como elementos xilema e esclerênquima, freqüentemente também têm outras modificações da parede celular, como células secundárias da parede, que também contribuem para a resistência celular. A deposição de lignina pode ser induzida em muitos tipos de células por doença ou ferimento, indicando que os genes envolvidos na biossíntese de lignina responder aos sinais ambientais (Whetten & Sederoff, 1995).

A degradação da lignina é mais difícil do que a de outros biopolímeros cujos monômeros são carboidratos e esta propriedade tem se mostrado fundamental para a contenção da infecção por patógenos. O aumento da síntese de compostos fenólicos com a acumulação de lignina é fundamental para que as plantas reajam a infecções e desenvolvam a resistência aos patógenos. A lignina também é importante para a resistência a estresses abióticos e apresenta poder calorífico superior ao da celulose e hemicelulose.

No caso da cana-de-açúcar, a lignina pode dificultar o uso de outros biopolímeros como a celulose e hemicelulose, assim como pode ter um grande número de usos.

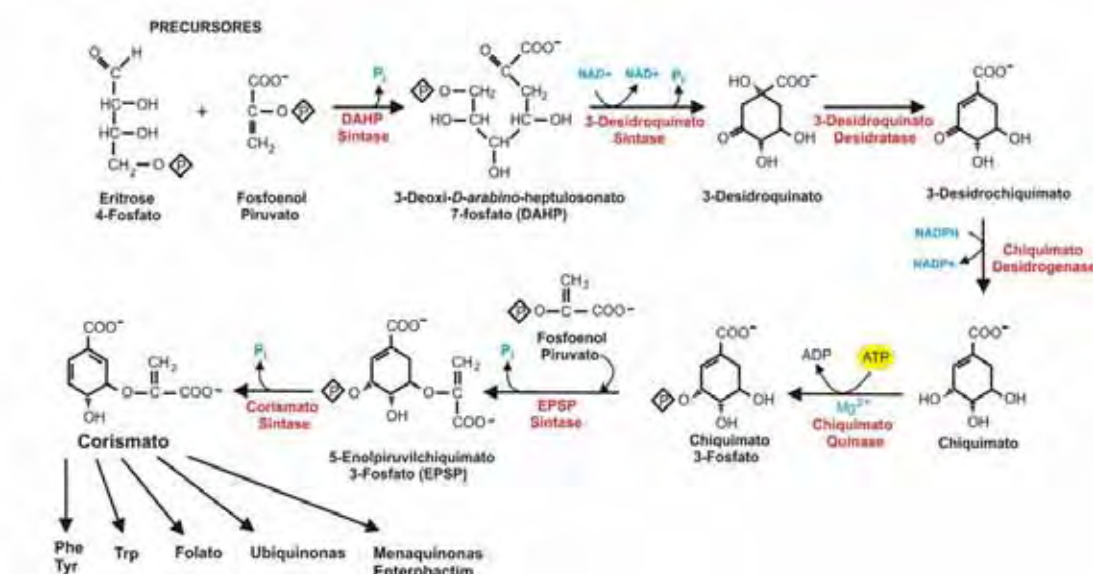
Quimicamente, o bagaço é muito interessante para a produção de bioetanol, uma vez que possui alto teor de celulose (50%), a qual pode ser convertida em glicose e fermentação quase que completamente. Adicionalmente, ainda possui petosanas (25%), lignina (23%) e cinzas (2,4%). Entre as características da fibra do colmo da cana-de-açúcar, a lignina representa um

dos principais entraves à produção do álcool celulósico a partir da biomassa vegetal (Canilha et al, 2006). A lignina dificulta o acesso de enzimas aos carboidratos fermentáveis, acarretando perdas, uma vez que a enzima é consumida no decorrer do processo (Loureiro, 2008).

A lignina é responsável pela rigidez da parede celular dificultando a colonização dos tecidos por patógenos. A lignina também pode estar relacionada à resistência a pragas.

#### 4.8 Ácido chiquímico

A via metabólica do ácido chiquímico foi descoberta através dos estudos de Bernhard Davis e David Sprinson (Davis & Mingioli, 1953; Sprinson, 1960). Esta rota biossintética faz a conexão entre o metabolismo de carboidratos e a síntese de compostos aromáticos através de sete passos metabólicos, onde o fosfoenol-piruvato e eritrose 4-fosfato são convertidos em ácido corísmico (Figura 3) (Pittard, 1987; Haslam, 1993).



**Figura 3** – Figura modificada a partir de Mathews & van Holde. (Mathews & van Holde, 1990).

As enzimas da via do ácido chiquímico são alvos potenciais para desenvolvimento de antimicrobianos (Davies *et al.*, 1994) e herbicidas (Coggin, 1989), pois esta via é essencial para algas, plantas superiores, bactérias, fungos, e inexistente em mamíferos (Bentley, 1990).

Mauch et al. (2001) e Ruuhola & Julkinen-Titto (2003), em estudos preliminares com o bloqueio parcial da enzima EPSPs através da aplicação de baixas doses de glyphosate em eucalipto indicaram que a redução da atividade da enzima a níveis que elevaram a concentração de ácido chiquímico (ou chiquimato) em 278 vezes, implicou em um aumento de 69% (com efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade) na taxa de crescimento de plantas jovens de eucalipto (este valor é uma média para os resultados de matéria seca de parte aérea e área foliar). De modo coerente, informações de campo têm indicado que plantas intoxicadas acidentalmente com baixas doses de glyphosate apresentam menores níveis de resistência a doenças fúngicas e maior crescimento.

#### **4.9. Ácido Salicílico**

Segundo Raskin et al. (1990), o ácido salicílico fluoresce em 412 $\mu$ M quando excitado em 301 $\mu$ M, propriedade que pode ser usada para detectar este composto em sistemas de plantas. De acordo com o modelo matemático proposto por Hsu & Kleider (1990), as propriedades físicas do ácido salicílico [pKa = 2,98 (Minnick & Kilpatrick, 1939), log Kow (octanol/coeficiente de participação da H<sub>2</sub>O) = 2,26 (Hansch & Anderson, 1967) são quase ideais para o transporte à longa distância no floema.

Em termos de doenças, os mecanismos gerais de resistência são revisados e discutidos em um grande número de trabalhos científicos, destacando-se Ward et al. (1991), Ryals et al. (1996), Buchanan et al. (2000), Lam et al. (2001), Stuiver & Custers (2001) e Taiz e Zeiger (2003).

As bases para a proposição do ácido salicílico como um participante na amplificação de sinais, ou seja, induzindo a síntese do próprio ácido salicílico (SA) e sua forma methylada volátil também são apresentadas em vários trabalhos. Shulaev et al. (1997) demonstraram que o ácido salicílico e sua forma methylada volátil (MeSA) são excelentes indutores da SAR e da própria produção de SA em plantas de tabaco. O MeSA foi capaz de induzir aumentos de até 298 vezes nas concentrações do ácido salicílico em plantas não atacadas por patógenos indicando que a acumulação do composto induz a SAR em tecidos não afetados e, também, amplifica e retransmite o sinal volátil recebido. Esta observação é fundamental, pois indica que mesmo pequenas quantidades de SA e o do MeSA aplicadas às plantas podem induzir a



grandes acúmulos destes compostos nas plantas e a uma drástica alteração na expressão de genes, com destaque para aqueles associados a enzimas envolvidas na produção de derivados da fenilalanina, incluindo os compostos que polimerizados produzem a lignina.

A forma metilada do ácido salicílico pode ser facilmente transportada atuando como sinalizadora para outras partes das plantas e mesmo para outras plantas. A ocorrência e ação do MeSA como sinalizador é discutida por Kauss (1995), Ryals (1996), Shulaev et al. (1997), Farmer (2001) e Stuiver & Custers (2001). Nos tecidos receptores, o MeSA é novamente convertido a SA exercendo a sua ação.

A síntese de compostos fenólicos, incluindo a lignina, o ácido salicílico e o methyl-salicilato, é representada na Figura 4. Conforme já foi informado, o SA e o MeSA são os principais compostos sinalizadores envolvidos no estímulo à produção destes compostos. É importante diferenciar a ação do glyphosate e do ácido 2-aminoindan-2-fosfônico. O primeiro inibe a enzima EPSPs (EPSP synthase na Figura 3) reduzindo a síntese dos três aminoácidos aromáticos (triptofano, tirosina e fenilalanina) interferindo na produção de vários compostos nas plantas, como o ácido indolacético e os carotenóides.

O ácido salicílico pode ser produzido por duas vias não exclusivas. A primeira delas, descrita nos trabalhos de Ward et al. (1991), Ryals (1996), Popova et al. (1997), Gaille et al. (2002), Ruuhola & Julkinen-Titto (2003) e Shah (2003), envolve a enzima PAL (Fenilalanina Amônia Liase) e tem os ácidos benzóicos e trans-cinâmico como produtos intermediários (ou precursores do SA). A segunda via, descrita nos trabalhos de Tegelen et al. (1999), Shah (2003) e Wildermuth et al. (2001), tem como compostos intermediários (ou precursores do SA) o corismato e o isocorismato e envolve a enzima isocorismato sintase. Ainda há dúvidas sobre a ocorrência desta segunda via, fundamentada na isocorismato sintase, em plantas. Provavelmente a produção de SA e MeSA em vegetais ocorre prioritária ou exclusivamente com a participação da PAL. Efetivamente, Ruuhola & Julkinen-Titto (2003) observaram que o bloqueio da PAL com a aplicação do ácido 2-aminoindan-2-fosfônico é suficiente para reduzir a produção de SA e MeSA além de aumentar a suscetibilidade de plantas a patógenos.

A análise dos trabalhos de Mauch et al. (2001), Stuiver & Custers (2001) e Ruuhola & Julkinen-Titto (2003) indica que a indução constitutiva à produção de SA implica na redução

do vigor e produtividade das plantas obtidas. Os últimos autores discutem as causas para esta incompatibilidade concluindo que as principais justificativas são os custos energéticos para a produção do composto (relativamente baixo no caso do ácido salicílico) e a intoxicação por compostos fenólicos com produção também aumentada quando a síntese de SA é estimulada.

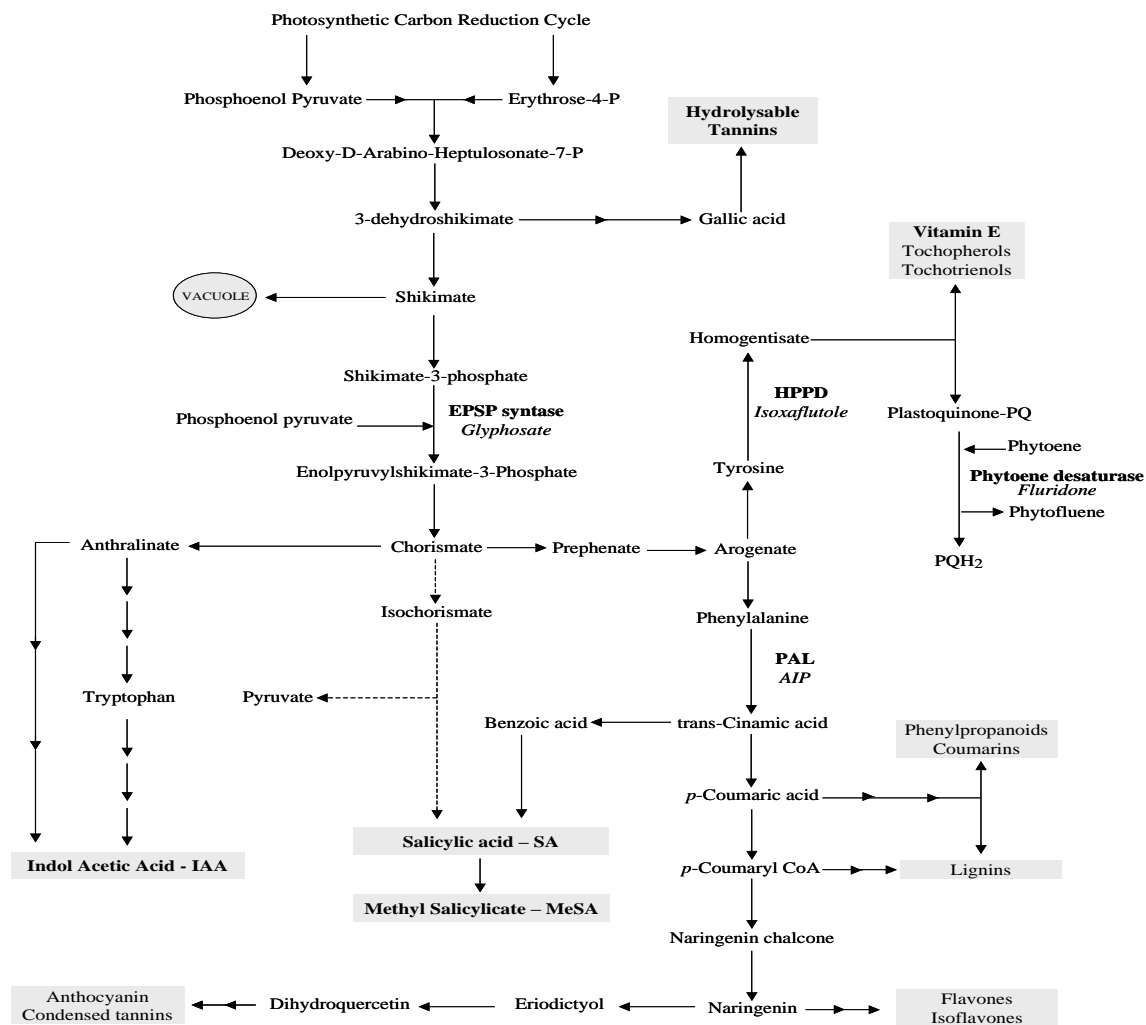


Figura 4 – Esquema da produção de aminoácidos aromáticos e compostos fenólicos. Sumário das informações apresentadas por: Taiz & Zeiger (2004); Rippert et. al. (2004); Ossipov et. al. (2003); Tanner et. al. (2003); Wildermuth et. al. (2001); Buchanan et. al. (2000); Guillet et al. (2000); Mauchi-Mani & Slusarenko (1996) e Mousdale & Coggim (1991).

## 5. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em cana soca de 2º corte, variedade SP 803280, na Fazenda Jurema, no município de Igarapu do Tietê, Estado de São Paulo (latitude de 22° 38' 45''S, longitude 48° 36' 29''W e altitude de 620 m) pertencente ao GRUPO COSAN – Unidade Barra.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições. Cada parcela foi constituída de 160 m<sup>2</sup> (1,6 m entre plantas, em 10 linhas, e 10 m de comprimento), totalizando uma área de 960 m<sup>2</sup>. Para área útil foi considerada as 5 linhas centrais. Os tratamentos constituíram-se da aplicação de dois herbicidas sulfometuron methyl e glyphosate, que são encontrados comercialmente como Curavial (750 g de i.a./Kg) e Roundup original (360 e.a/g). As doses utilizadas foram: glyphosate 200 ml de p.c. ha<sup>-1</sup>; glyphosate 400ml de p.c. ha<sup>-1</sup>; glyphosate 200ml de p.c. ha<sup>-1</sup> + 10 g de sulfometuron methyl; glyphosate 150 ml de p.c. ha<sup>-1</sup> + 12 g ha<sup>-1</sup> sulfometuron-methyl, 20 g ha<sup>-1</sup> de sulfometuron methyl, sem a adição de adjuvantes e a testemunha.

A aplicação dos produtos foi realizada em 11/10/2006 utilizando equipamento costal pressurizado (CO<sub>2</sub>) com barra de 6 m de comprimento, em forma de T, contendo seis pontas de pulverização AXI 11002, sendo a pressão de trabalho de 50 PSI para a vazão de 100 L ha<sup>-1</sup>. A

umidade relativa do ar, no momento da aplicação ficou ao redor de 80% com velocidade do vento 6 m/s e temperatura média 25<sup>0</sup>C.

As avaliações realizadas na área experimental foram realizadas aos 15, 30 dias após aplicação dos herbicidas, condição de pré-colheita. Após a colheita, a soqueira da cana-de-açúcar foi avaliada aos 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias após colheita.

#### *5.1. Análise de produtividade tecnológica e crescimento da cana-de-açúcar*

A análise tecnológica foi realizada aos 30 dias após aplicação dos herbicidas, condição pré-colheita onde a produtividade de cana e de açúcar foi medida por TCH – toneladas de colmos por hectare e TPH – tonelada de pol por hectare, que foi obtida pelo produto entre a produtividade de colmos (TCH) e o Pol % cana-de-açúcar. Uma fileira de plantas foi destinada à mensuração tecnológica, sendo estabelecido 1 m aleatório a cada época de amostragem e os colmos coletados foram submetidos ao desponte na altura da gema apical e à desfolha. Em seguida foram encaminhados para serem processados segundo a metodologia do Sistema de Pagamento de Cana pelo Teor de Sacarose (SPCTS), descritas em Fernandes (2003), sendo considerados os parâmetros tecnológicos: POL % cana (PCC), pureza caldo (PUC), açúcar total recuperável (ATR), peso de bagaço úmido (PUB) e Brix.

Nas soqueiras foram realizadas análises de crescimento da cana-de-açúcar. Para análise de crescimento foram avaliados: Altura de plantas, o valor da altura da cana foi obtido, medindo-se da base do colmo, rente ao solo, até a folha + 1.

O número de perfilhos por planta foi avaliado pela contagem total dos colmos de cana-de-açúcar (de um em 1 metro, aleatoriamente) em 10 metros lineares, dentro de cada parcela.

#### *5.2. Análise de clorofila*

Aos 15 e 30 dias após aplicação dos produtos, em pré-colheita as amostras de folhas foram coletadas em 15 plantas ao acaso por parcela, retirando-se folha do ponteiro (folha +1), parte mediana e inferior da planta. As folhas coletadas foram cotadas em círculos, por um equipamento que padronizou todas as amostras do mesmo tamanho, sendo que, todas apresentavam a mesma área foliar, e aproximadamente o mesmo peso.

Depois de padronizadas, e homogeneizar (misturar as amostras das diferentes partes da planta, deixando uma amostra por planta) as amostras foram congeladas, e no final das avaliações elas foram processadas.

Na determinação do conteúdo de clorofila e carotenóides, amostras de 0,2 g de tecido foliar fresco, foram trituradas com N líquido, depois foram colocadas em tubos com tampa contendo 10 mL de acetona 100% (v/v), os extratos foram filtrados, sendo as leituras realizadas em espectrofotômetro nos comprimentos de onda de 663 e 645 nm para clorofilas *a* e *b*, respectivamente. As determinações da clorofila (mg g<sup>-1</sup>) basearam-se nas equações abaixo relacionadas, segundo Whitham et al. (1971):

$$\text{Clorofila } a = (11,24 \times A_{663} - 2,04 \times A_{645}); \text{ Clorofila } b = (20,13 \times A_{645} - 4,19 \times A_{663})$$

$$\text{Carotenóides} = (1000 \times A_{434} - 1,90 \times \text{Clorofila } a - 63,14 \times \text{Clorofila } b) / 214,$$

Onde, A é a absorvância no comprimento de onda indicado.

### 5.3. Análise da dinâmica nutricional

As amostras de folhas foram coletadas em 30 plantas ao acaso por parcela, coletando-se a folha +1, ou seja, a primeira folha que estivesse com o “colarinho” visível (lígula totalmente aberta) em condição de pré-colheita e pós-colheita seguindo a recomendação de Raij et al., 1997. As folhas coletadas foram levadas para uma estufa de circulação forçada a 60°C por 72 horas. Depois elas foram trituradas (moinho do tipo Wiley), homogenizadas e levadas para o laboratório de nutrição de plantas para processar as análises de macro e micronutrientes. Pesou-se 0,5 g, a qual foi submetida à digestão nitroperclórica e 0,2 para a digestão sulfúrica. Nos extratos obtidos procedeu-se a determinação de macro: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e micronutrientes: ferro (Fe), zinco (Zn), cobre (Cu), manganês (Mn) da folha da cana-de-açúcar. As análises foram realizadas segundo a metodologia descrita por Malavolta et al., 1997.

### 5.4. Análise de lignina

Nas datas de avaliação pré-estabelecidas foram coletadas aleatoriamente 15 plantas (folha ponteiro) por parcela. As folhas foram secas em estufa de circulação forçada a 60°C por 72 horas. Depois elas foram trituradas (moinho tipo Wiley) e levadas para processar as análises de

fibra em detergente ácido (FDA), celulose e lignina, no laboratório de bromatologia, no departamento de zootecnia da UNESP/Botucatu.

A técnica utilizada foi baseada na lignina em detergente ácido (LDA), onde a amostra é previamente tratada com solução de detergente ácido, resultando na fibra em detergente ácido (FDA), que após é submetida à digestão com solução concentrada de ácido sulfúrico a 72% (Van Soest, 1965). No entanto, esta técnica foi adaptada com a utilização de saquinhos confeccionados em TNT 100 (“tecido não tecido”, porosidade de 100 micra). Após a digestão os saquinhos foram colocados em autoclave (120°C; 30 min.), dispostos no interior de garrafão para solução de capacidade de 20 L contendo 50 mL de solução em detergente ácido por amostra. Em seguida, receberam pré-lavagem com água fria para retirada do excesso de detergente, sendo submetidos a cinco enxágües com água destilada quente (5 min.), sendo então, escorridos e imersos em acetona (5 min.) e secos em estufa (105°C) (Lanes et al, 2006).

#### *5.5. Análise de chiquímico e salicílico*

Nas datas de avaliação pré-estabelecidas foram coletadas aleatoriamente 15 plantas (folha ponteiro) por parcela. As folhas foram secas em estufa de circulação forçada a 60°C por 72 horas. Depois foram trituradas, em moinho do tipo Wiley.

Cerca de 400 mg da amostra seca e moída foram pesadas e adicionadas em 10 mL de água a pH 7,0 em bequer de vidro de 50 mL de capacidade sendo colocados individualmente no centro do disco de um forno microondas (Panasonic Model NN-S62 B) durante 20 segundos na potência de 100 W a uma temperatura média de 49.8 °C ( $\pm 2.8$  °C). Após o esfriamento, a amostra foi filtrada em filtro de papel Watmann no 1 e filtro de membrana Millex - GV (Millipore) para análise por CLAE.

As análises foram realizadas em um LCMS Solution - versão 3.41.324 da marca Shimadzu, cujas características apresentam: bomba LC-20AD; Injetor SIL-10AF; Forno CTO-10AS vp; controladora CBM-20A; degaseificador: DGU-20A5; espectrômetro de massa LCMS-2010EV.

O método foi realizado: Coluna: Gemini (Phenomenex) - tipo de fase C18, tamanho de partícula 5mm dimensões (150X4, 6) mm; Fase móvel A: água com 0,5% de ácido acético;

Fase móvel B: metanol e 0,5% ácido acético; vazão 0,4l/min; temperatura do forno: 30 graus Celsius; programa do gradiente: t: 0 min – 20% e B: 10 min – 100% de B; t: 20 min –

100%; t: 22 min – 20% B; tempo de corrida aproximadamente 40 min (de 22 min até 40 min ocorre o condicionamento da coluna;

Tipo de ionização: modo negativo; m/z ácido chiquímico: 173; m/z ácido salicílico: 137;

Condições do espectrofotômetro: condição do tuning do equipamento efetuado por rotina própria utilizando-se polietilenoglicol como padrão.

O tempo total de corrida foi de 20 minutos e o tempo de retenção do ácido chiquímico foi de 5,0 minutos ( $\pm 0,1$ ), e para o ácido salicílico 19 minutos, como mostra a Figura 5 e 6.

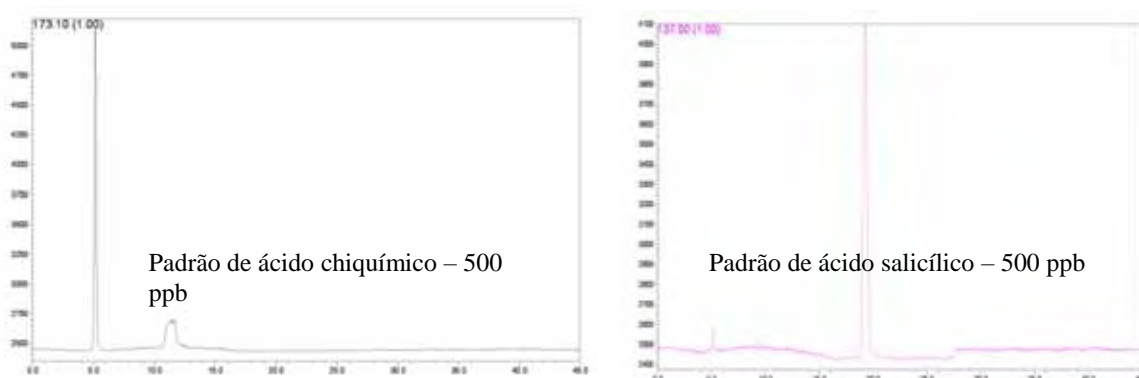


Figura 5. Pico de absorção da amostra padrão de ácido chiquímico e ácido salicílico

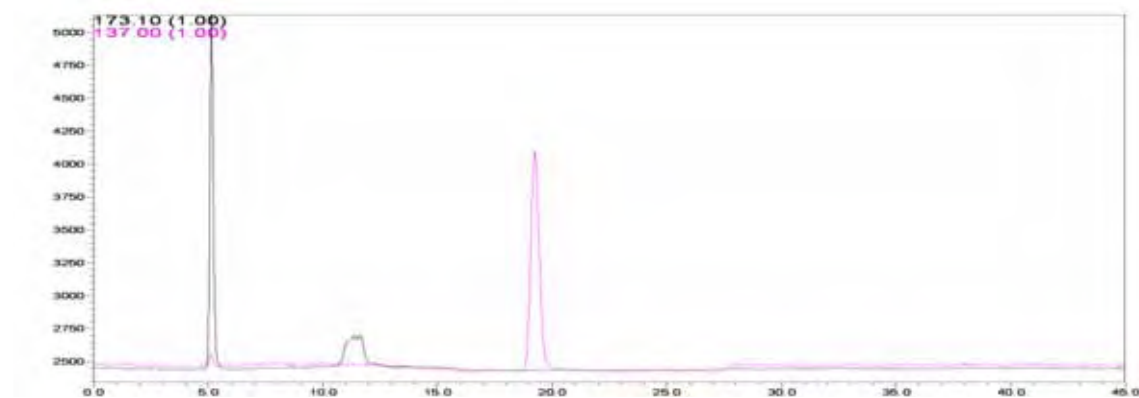


Figura 6. Sobreposição dos picos de absorção da amostra padrão de ácido chiquímico e salicílico

### 5.6. Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo SISVAR e utilizou-se teste de T a 5% de probabilidade para a comparação entre as médias. A probabilidade para comparação entre os tratamentos e a testemunha foi calculada:  $1 / (100 * 2^{n-2x \text{ menor}})$ , onde x= os valores acima da linha de tendência, y= os valores abaixo da linha de tendência.

## **6. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### *6.1 Parâmetros tecnológicos avaliados na pré-colheita*

Na Tabela 1 verifica-se que a produtividade de cana açúcar (TCH, TPH e POL) não foi afetada significativamente pela aplicação e de glyphosate e sulfometuron methyl, utilizados como maturadores. No entanto, a mistura de glyphosate 200 ml + 10 g sulfometuron-methyl, apresentou um ganho em produtividade de 9,3 t/ha e 14% a mais de teor de sacarose em relação à testemunha. O mesmo ocorreu para a TPH, tratando-se de um reflexo do TCH. Castro *et al.* (2003) e Leite (2005), também observaram que a aplicação dos maturadores não promoveram alterações significativas na produtividade de colmos em comparação com a testemunha.



Tabela 1. Produtividade (TCH,TPHePOL) avaliada na pré-colheita. Igarapé do Tiete/SP, 2006.

Tratamentos	Parâmetro de produtividade		
	TCH	TPH	POL (%)
1. <i>glyphosate</i> 200 mL ha <sup>-1</sup>	72,8	11,29	16,21
2. <i>glyphosate</i> 400 mL ha <sup>-1</sup>	73,3	11,6	15,8
3. <i>glypho</i> 200 mL ha <sup>-1</sup> + sulf- metil 10 g ha <sup>-1</sup>	78,9	12,7	16,08
4. <i>glypho</i> 150 mL ha <sup>-1</sup> + sulf-metil 12 g ha <sup>-1</sup>	75,8	12,56	16,58
5. Sulfometuron metil 20 g ha <sup>-1</sup>	74,6	12,11	16,23
6. Testemunha	69,6	10,59	14,28
F tratamento	1,090ns	0,77 ns	0,38 ns
F bloco	0,32 ns	0,15 ns	0,63 ns
C.V. (%)	8,9	15,42	9,97
D.M.S.	11,01	3,05	3,27

<sup>ns</sup> Médias não diferem estatisticamente pelo teste de T a 5% de probabilidade.

Na Tabela 2, são apresentados os dados de Brix, Atr e Pbu da cana de açúcar na pré-colheita. Não se verificou diferenças significativas para valores de Brix e Pbu da cana de açúcar frente à aplicação destes produtos quando comparado com a testemunha. Resultados contrários foram encontrados por Sant'anna (1991), onde o *glyphosate* foi o tratamento que apresentou um bom desempenho, promovendo maiores influências sobre as variáveis tecnológicas, principalmente Pol (%) e Brix (%) cana, proporcionando duas semanas de antecipação na colheita com melhor efeito entre a 4<sup>a</sup> e 6<sup>a</sup> semana após a aplicação.

Os valores de Atr tiveram incrementos significativos, para todos os tratamentos que receberam aplicação de maturadores quando comparados com a testemunha. Este resultado provavelmente é devido a maior influência que a sacarose apresenta sobre os açúcares totais. Este resultado é compatível com os observados por Romero et al.(2003), onde o *glyphosate* e sulfometuron-methyl induziu aumento de sacarose em todas as secções do colmo da cana de açúcar.

Segundo Casagrande (1991), o mecanismo de acúmulo de sacarose é o mesmo, tanto em tecidos imaturos como em adultos, ocorrendo: a) hidrólise da sacarose, como um pré-requisito e limitante da primeira etapa; b) formação e interconversão de hexosesfosfatos; c) formação de moléculas análogas à sacarose (talvez, sacarose-P) e d) acúmulo de parte da sacarose no vacúolo. Todavia, algumas diferenças entre o acúmulo nesses dois tecidos ocorrem como a presença de reguladores vegetais e a ação das invertases.

Tabela 2. Parâmetros de produção e qualidade BRIX e açúcar teórico recuperável (ATR) e PBU avaliado na pré-colheita. Igarauçu do Tiete, SP, 2006

Tratamentos	Parâmetro de produtividade		
	BRIX (%)	PBU	ATR
1. <i>glyphosate</i> 200 mL ha <sup>-1</sup>	18	158,5	152
2. <i>glyphosate</i> 400 mL ha <sup>-1</sup>	17,5	154,8	153
3. <i>glypho</i> 200 mL ha <sup>-1</sup> + <i>sulf- metil</i> 10 g ha <sup>-1</sup>	17,8	157,3	151,8
4. <i>glypho</i> 150 mL ha <sup>-1</sup> + <i>sulf-metil</i> 12 g ha <sup>-1</sup>	18,3	162	153,5
5. <i>Sulfumeturon metil</i> 20 g ha <sup>-1</sup>	18	158,5	150,5
6. <i>Testemunha</i>	18	142,8	149,3
F tratamento	2,4ns	1,08 ns	1,39 *
F bloco	2,5 ns	0,63 ns	10,09*
C.V. (%)	1,86	8,3	1,76
D.M.S.	0,5	19,47	4,02

<sup>ns</sup> Médias não diferem estatisticamente pelo teste de T a 5% de probabilidade.

No início do desenvolvimento da cana-de-açúcar, a partir dos 30 D.A. C observou-se redução do crescimento em altura na cana que recebeu aplicação do *glyphosate*, na dose de 400 ml do p.c., no entanto, este efeito não se manteve no decorrer das avaliações, onde aos 120 DAC, não se observou mais diferença entre os tratamentos (Figura 7). De acordo com Romero et al. (2000), doses elevadas de *glyphosate*, superiores a 0,40 L i.a. ha<sup>-1</sup>, podem causar retardamento do processo de brotação e crescimento da cultura no ciclo seguinte, além de causar amarelecimento severo e dessecamento das plantas.

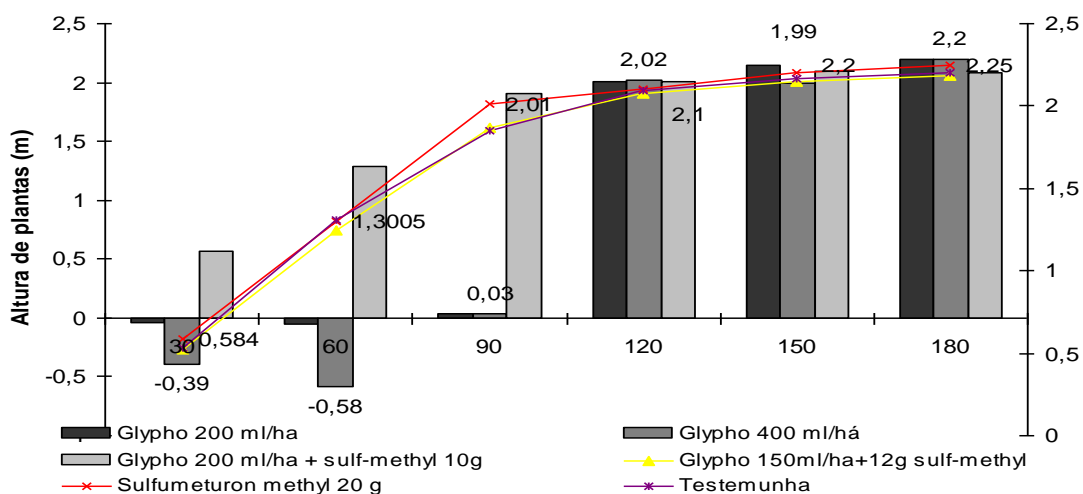


Figura 7. Comportamento (medido através da altura) da cana submetida à aplicação de diferentes doses e mistura de glyphosate e sulfometuron methyl. Igarauçu do Tiete, SP, 2007.

A inibição ou retardamento do crescimento da cana-de-açúcar, pela maior dose de glyphosate aplicada, pode ser devido á inibição da síntese do ácido indol acético (AIA). A inibição do alongamento do caule pode também estar relacionada á capacidade do AIA em promover síntese de etileno pelo aumento da atividade da ACC sintase (Liang et al., 1992). O aumento do etileno pode estimular o processo de senescência e a germinação das gemas laterais, e ainda, o balanço hormonal entre o AIA e o etileno, pode levar à inibição do alongamento do caule. Outra resposta pode ser a própria inibição da biossíntese do AIA, pela rota independente do triptofano, e tem como precursor o indol 3-glicerol fosfato que é dependente do corismato e este pode ser inibido pelo glyphosate na rota do ácido chiquímico.

Diversos trabalhos já foram desenvolvidos para se verificar o efeito de reguladores de crescimento, aplicados em pré (Millhollon e Legendre, 1995; Wiedenfeld, 2003) ou pós-emergência (Shetiya e Dendsay, 1991; Millhollon e Legendre, 1995), na brotação e no desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar, objetivando maiores perfilhamentos e produção de colmo final, e os resultados ainda são contraditórios. Segundo os dados apresentados na Tabela 3, os tratamentos com glyphosate promoveram incrementos significativos no número de perfilhos somente no início do crescimento da cana, depois houve um decréscimo no número de perfilhos, independentemente do tratamento, não observando mais diferenças significativas.

Resultado semelhante foi observado por Silva et al., 2007, onde os mesmos, trabalhando com diferentes genótipos de cana observaram a influência dos maturadores no perfilhamento da cana soca no início do desenvolvimento.

Esse aumento no perfilhamento em até 3 meses de idade e posterior redução de cerca de 50%, seguida de estabilização tanto em cana-planta quanto em cana-soca, a partir dos 9 meses, é uma característica fisiológica da cana-de-açúcar, que já foi observada por vários autores (Barbieri, 1993; Daros et al., 1999; Castro & Christofolletti, 2005).

Tabela 3. Números de perfilhos por cana submetido a diferentes tratamentos com maturadores. Igarapu do Tiete, SP, 2007.

Tratamentos	Perfilhos (num./plantas)					
	30 dac	60dac	90 dac	120 dac	150 dac	180 dac
1. glyphosate 200 mL ha <sup>-1</sup>	36,5	39,75	36,75	22,5	20,5	18,75
2. glyphosate 400 mL ha <sup>-1</sup>	38,5	45,25	39,25	24,0	22,5	20,75
3. glypho 200 mL+sulf-methyl 10g ha <sup>-1</sup>	37,0	37,5	37,0	24,25	22,75	20,25
4. glypho 150mL+ sulf-methyl 12g ha <sup>-1</sup>	34,25	39,25	36,75	23,75	22,0	19,25
5. Sulfumeturon metil 20 g ha <sup>-1</sup>	35,25	40,25	35,75	23,5	21,0	19,75
6. Testemunha	33,5	37,25	32,25	24,5	22,0	20,25
F tratamento	3,98*	2,65*	2,722*	0,9291ns	0,9342ns	0,9413ns
F bloco	3,60	1,75	1,11	1,38	1,74	1,53
C.V. (%)	14,87	8,86	8,33	11,68	16,0	15,56
D.M.S.	5,69	5,2	3,31	4,12	5,17	4,58

\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste T.

Como somente o glyphosate mostrou efeito significativo sobre número de perfilhos, na Figura 8 são apresentados os efeitos da aplicação de glyphosate 400 ml e 200 ml em relação a testemunha. Na maior dose há um estímulo no número de perfilhos, relação esta que não se mantém quando reduzimos a dose, ou quando aplicamos sulfometuron methyl.

O glyphosate na maior dose, provavelmente, inibe a biossíntese do AIA e consequentemente aumenta a síntese do etileno promovendo estímulo na quebra das gemas dormentes, aumentando assim o números de perfilhos.

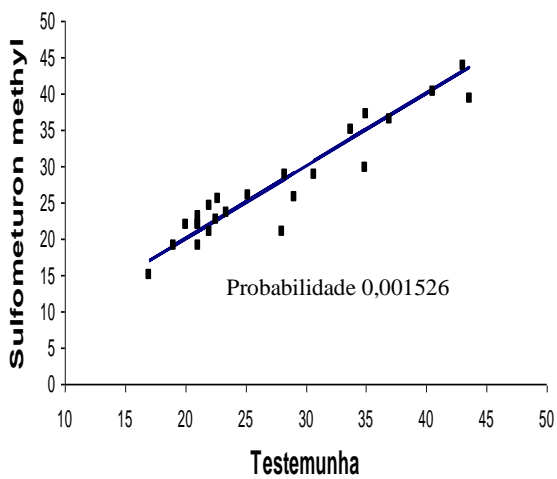
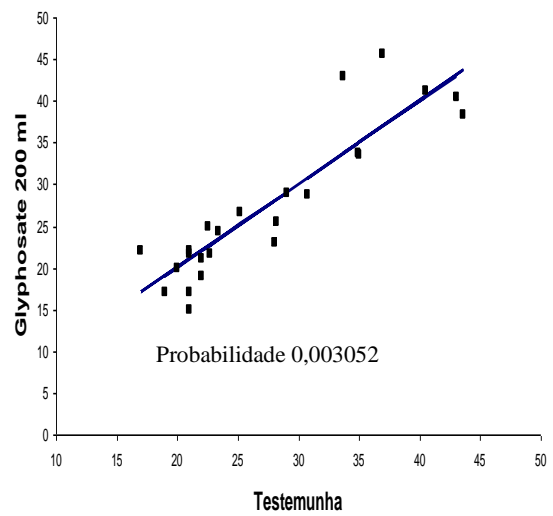
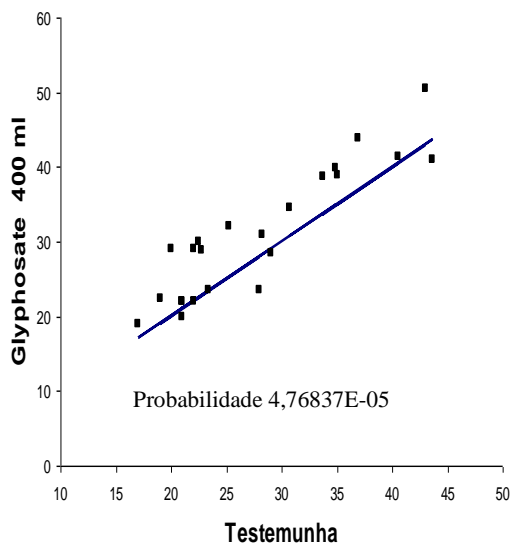


Figura 8. Número de perfilhos da cana quando comparadas com glyphosate 400 ml e 200 ml/ha e sulfometuron methyl 20 g em relação á testemunha. Igarçu do Tiete, SP, 2007

## **6.2 Teores de clorofila**

O conteúdo de clorofila *a*, *b* e carotenóides variaram significativamente em função dos tratamentos. A aplicação de glyphosate na dose comercial ( $400 \text{ ml ha}^{-1}$ ) promoveu redução no conteúdo de clorofila *a* e *b*, quando os mesmos foram comparados com a testemunha, para os demais tratamentos não foram observadas diferenças significativas (Tabela 4).

A clorofila *a* tem papel fundamental no processo de bioconversão de energia. De acordo com Ito et al. (1996), as clorofilas *a* e *b* são interconvertidas no ciclo da clorofila e formam complexos de clorofila-proteína, que são importantes na regulação e organização do fotossistema.

Os teores de carotenóides na folha foram mais sensíveis à aplicação dos produtos que no caso da clorofila *a* e *b*, onde as maiores reduções foram observadas para o tratamento com glyphosate e sulfometuron methyl na dose comercial ( $400 \text{ ml ha}^{-1}$  e  $20 \text{ g ha}^{-1}$ ), a mistura com doses reduzidas não deferiram da testemunha.

A rota de síntese de carotenóides em plantas ocorre a partir do ácido mevalônico e fornece os componentes necessários à produção de vários reguladores do crescimento vegetal, destacando-se citocininas, giberelinas e ácido abscísico. As transformações de geranyl-pirofosfato farnesil-pirofosfato geranyl-geranyl-pirofosfato (com participação das enzimas prenil-transferase e farnesil transferase) e posteriormente a transformação do fitoeno em fitoflueno correspondem a passos metabólicos, que alteram os teores de carotenóides na planta. No entanto, a passagem do fitoeno para fitoflueno, são necessários elétrons cedidos pela plastoquinona, que é produzida na rota do ácido chiquímico.

Durante o crescimento da cana, os teores de clorofilas e os carotenóides tiveram comportamentos semelhantes frente à aplicação dos tratamentos, contudo os carotenóides se mostraram mais sensíveis, tendo seus teores reduzidos não só pela aplicação do glyphosate  $400 \text{ ml}$  do p.c. (como ocorreu com os teores de clorofila), mas também pela aplicação de sulfometuron methyl  $20 \text{ g}$ , como já tinha sido observado em pré-colheita.

Tabela 4. Estimativa dos teores de clorofila a e b e carotenóides em cana-de-açúcar, variedade SP 803280 aos 30 dias após a aplicação dos maturadores. Igarau do Tiete/SP, 2006.

Tratamentos	Clorofila a (mg/dm <sup>3</sup> )	Clorofila b (mg/dm <sup>3</sup> )	Carotenóides (mg/dm <sup>3</sup> )
1. glyphosate 200 mL ha <sup>-1</sup>	11,49	2,76	2,74
2. glyphosate 400 mL ha <sup>-1</sup>	8,28	1,96	1,91
3. glypho 200 mL+sulf.metil 10 g ha <sup>-1</sup>	12,73	2,91	3,18
4. glypho 150 mL+ sulf-methyl 12 g ha <sup>-1</sup>	14,48	3,36	3,65
5. Sulfometuron metil 20 g ha <sup>-1</sup>	13,05	3,06	2,83
6. Testemunha	14,12	5,01	3,72
F tratamento	4,36*	3,97*	5,03**
F bloco	0,55ns	0,34 ns	1,76 ns
C.V. (%)	20,43	24,52	15,27
D.M.S.	4,19	1,21	1,07

\* Significativo pelo teste de T a 5% de probabilidade.

Os resultados da comparação da aplicação do glyphosate 400 ml e 200 ml/ha em relação à testemunha mostra claramente o efeito deletério no teor de clorofila quando o glyphosate é aplicado na maior dose, no entanto este efeito não se mantém quando reduzimos a dose para 200 ml/ha (Figura 9).

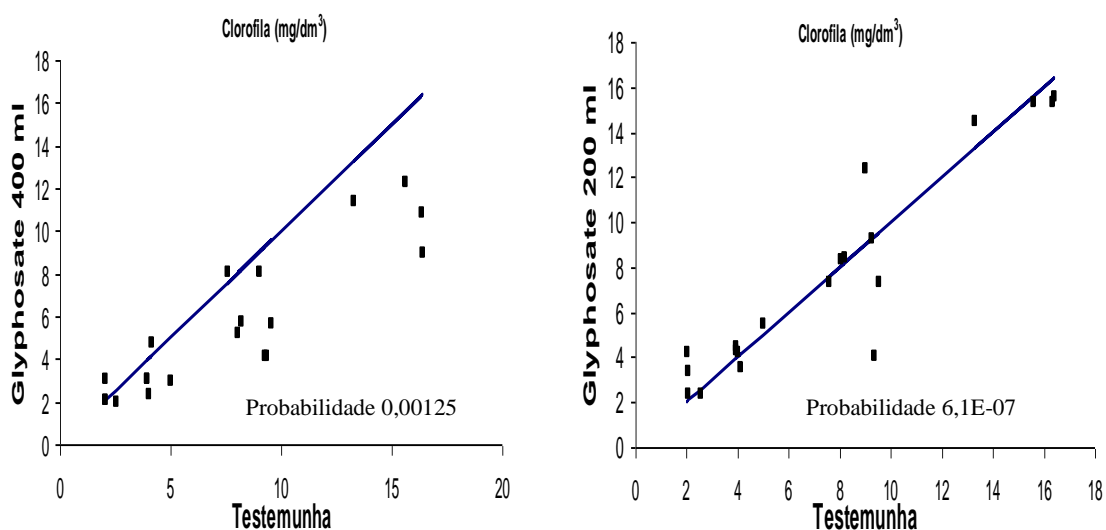


Figura 9. Teores de clorofila em cana-de-açúcar que recebeu aplicação de glyphosate na dose 400 e 200 ml em relação a testemunha em pré-colheita. Igarau do Tiête, 2007.

Segundo Marschner, 1995 a biossíntese da clorofila necessita de duas enzimas chaves, a catalase e a peroxidase, que são muito sensíveis à deficiência de ferro. Nilsson (1985), observando o efeito de metais como o  $\text{Fe}^{3+}$  e o  $\text{Mn}^{2+}$  na redução da fitotoxicidade do glyphosate, especulou que este fenômeno seria devido à menor absorção do produto pela ação destes metais ou pela formação de complexos estáveis, nos quais o glyphosate permaneceria inativo mesmo após a entrada na planta.

Analisando o comportamento da clorofila e aplicação do glyphosate, e comparando com os níveis de Mn, constatou-se correlação positiva entre a concentração de Mn e clorofilas (Figura 10).

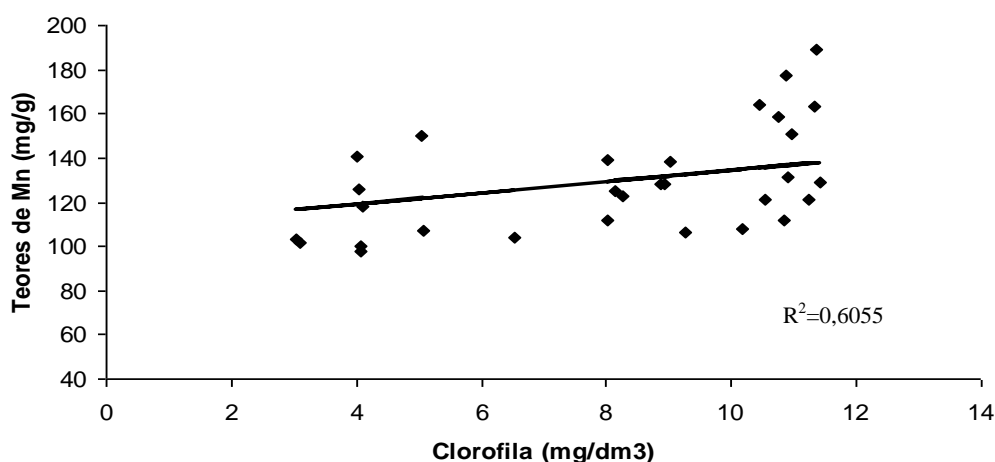


Figura 10. Relação entre os teores de clorofila e Mn em cana que recebeu aplicação de glyphosate na dose de 400 ml de p.c  $\text{ha}^{-1}$ . Igarapu do Tiête, 2007.

Na análise de carotenóides, assim como na avaliação de pré, os respectivos teores de carotenóides foram influenciados pela aplicação de glyphosate e sulfometuron methyl, na dose comercial, quando a dose de glyphosate foi reduzida para 200 ml do p.c. os efeitos negativos são menores, e os teores de carotenóides ficam bem próximos ao observados na testemunha (Figura 11).

Por serem moléculas altamente insaturadas, os carotenóides são susceptíveis a isomerização e oxidação, que geralmente ocorre no metabolismo da planta em função da



aplicação de herbicidas. Calor, luz e o pH promovem a isomerização dos carotenóides trans, como são normalmente encontrados na natureza, para a forma cis, com ligeira perda de cor e atividade biológica. A oxidação, principal causa de degradação dos carotenóides, depende da disponibilidade de oxigênio, tipo de carotenóide e de seu estado físico. É estimulado pela luz, calor, metais, enzimas oxidativas e peróxidos, e é inibida por antioxidantes.

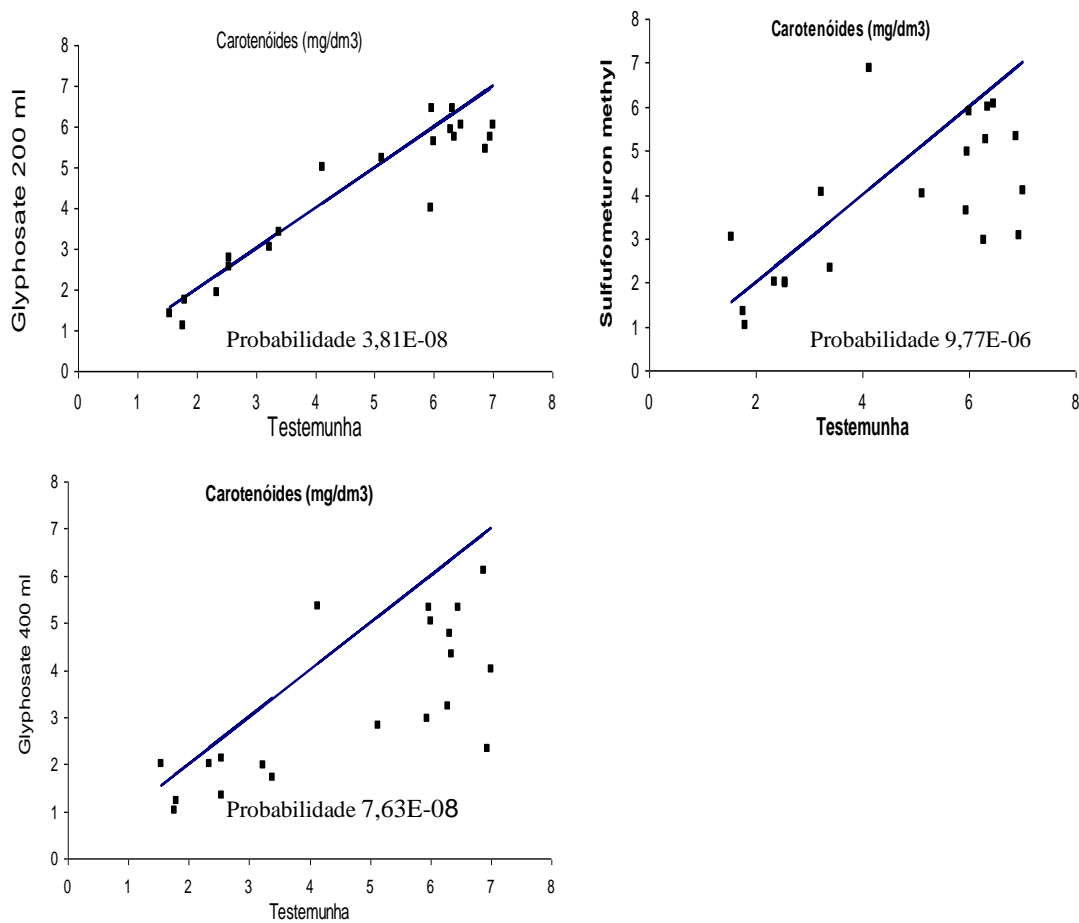


Figura 11. Teores de carotenóides observados na cana-de-açúcar que recebeu aplicação de glyphosate 400 ml e sulfometuron methyl. Igaráçu do Tiê, 2007.

### ***6.3. Dinâmica nutricional***

Os teores de macronutrientes encontrados nas folhas de cana de açúcar na avaliação de pré-colheita (30 dias após aplicação dos produtos) foram significativos apenas para fósforo e potássio (Tabela 5). Observa-se que o glyphosate na menor dose, e glyphosate mais sulfometuron-methyl apresentaram os melhores níveis de P na planta. Os valores de K foram reduzidos pela aplicação do glyphosate.

O glyphosate (N-phosphonomethyl-glycine) usa a mesma proteína transportadora de fosfato (Denis & Delrot, 1993; e Morin et al 1997). O fosfato é absorvido devido a uma diferença de potencial eletroquímico gerada pela ativação da bomba de hidrogênio acionada pelo aumento de cálcio no citosol (Sakano, 1990). As seqüências de genes transportadores de Pi de alta afinidade codificam uma proteína transportadora de Pi com 12 domínios transmembrana conservado (Ragothama, 1999).

Investigação fisiológica revelou a existência de dois mecanismo de absorção de Pi, um de baixa afinidade, são expresso constitutivamente na disponibilidade de Pi entre 50 e 800 uM e outro de alta afinidade, induzido sob baixas concentrações de Pi (1 – 10 uM) otimizando e aumentando a absorção de Pi nas raízes (Furihata et. al, 1992). As seqüências de genes transportadores de Pi de alta afinidade codificam uma proteína transportadora de Pi com 12 domínios transmembrana conservado (Ragothama, 1999). A expressão gênica em plantas ocorre preferencialmente no sistema radicular, sob deficiência de fósforo. Sendo o glyphosate (N-phosphonomethyl-glycine) translocado pelo simplasto, usam a mesma proteína transportadora de fosfato (Denis & Delrot, 1993; e Morin et al 1997). Sendo assim, as proteínas que transportam grupos do fosfato facilitam a absorção do glyphosate e vice-versa. Quando se aplica glyphosate na planta ocorre uma diminuição dos níveis de P no citosol o que pode estimular a expressão da proteína transportadora de Pi e conseqüentemente aumentar os níveis de P na planta.

A diminuição dos teores de K na planta deve estar relacionada ao intenso processo de maturação que a cultura apresenta devido à aplicação do glyphosate, pois o K é exportado das folhas madura, quando estas começam a se tornar fisiologicamente inativas, ocorrendo, ao que parece, migração do elemento para os colmos (Malavolta et al., 1964).

Tabela 6. Médias das concentrações foliares de macronutrientes em cana-de-açúcar submetida à aplicação de glyphosate e sulfometuron methy em pré-colheita Variedade SP 803280 – Igarapu do Tiete/ 2006.

Tratamentos	Macronutrientes (g/Kg <sup>-1</sup> )				
	N	P	K	Ca	Mg
1. glyphosate 200 ml/ha	11,72	0,08	5,44	6,5	0,95
2. glyphosate 400 ml/ha	12,19	0,055	5	5,6	0,78
3. glyphosate 200 ml/ha + curavial 10 g/ha	11,13	0,06	8,67	6,6	1,05
4. glyphosate 150 ml/ha + curavial 12 g/ha	11,97	0,097	10,12	6,8	1,15
5. curavial 20 g/ha	12,46	0,67	9,97	6,5	0,97
6. testemunha	11,44	0,85	8,65	6,3	0,9
F tratamento	0,42ns	0,33ns	3,29*	0,81 ns	0,82ns
F Bloco	0,51ns	0,22ns	0,49ns	0,13 ns	0,26ns
C.V. (%)	12,73	27,8	21,3	14,05	29,28
D.M.S.	1,86	0,76	3,76	1,35	0,42

<sup>ns</sup>Médias não diferem entre si pelo teste T, á 5% de probabilidade

Para a análise de micronutriente em cana-de-açúcar, em pré-colheita, os resultados revelaram que a cana que recebeu aplicação de glyphosate sozinho apresentou redução nos níveis dos micros avaliados, sendo que para o Ferro a concentração foi três vezes menor que a testemunha (Tabela 6). Segundo Bernard et al., 2005, a redução de Ferro na planta ocorre, de modo geral, porque o glyphosate, como muitos outros ácidos fosfônico, age como um agente quelante, e forma complexos estáveis com cátions metálicos divalentes e trivalentes, reduzindo a disponibilidade nos tecidos tratados.

De acordo com Coutinho & Mazo (2005), o glyphosate tem a habilidade de formar complexos metálicos devido ao grupamento R-PO(OH)<sub>2</sub>, além do grupo fosfonato R-PO(OH)<sub>2</sub>, o herbicida possui os grupos funcionais amino e carboxilato, que podem se coordenar fortemente com íons metálicos, particularmente com os metais de transição em pH próximo de neutro, onde os grupos carboxilato e fosfonato estão desprotonados.

Toni et al. 2006, observaram que, em pH neutro, diversos metais (Fe<sup>3+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>) formavam compostos insolúveis com o glyphosate, enquanto que os espectros infravermelhos destes compostos mostravam o envolvimento dos grupos fosfato, amino e carboxílico na formação desses complexos.

Sulfometuron-methyl apresentou os níveis mais elevados de micronutrientes quando comparado com o glyphosate na dose comercial, e para os teores de Zn e Mn quando comparados com a testemunha.

Tabela 6. Médias das concentrações foliares de micronutrientes em cana-de-açúcar submetida à aplicação de glyphosate e sulfometuron methyl em pré-colheita. Variedade SP 803280 – Igarapu do Tiete/ 2006.

Tratamentos	Micronutrientes (mg/g <sup>-1</sup> )			
	Fe	Zn	Cu	Mn
1. glyphosate 200 ml/ha	48,0	5,5	10,8	35,5
2. glyphosate 400 ml/ha	39,5	4,5	10,0	31,0
3. glyphosate 200 ml/ha + suf-methyl 10 g/ha	68,0	6,5	17,3	56,0
4. glyphosate 150 ml/ha + sulf-methyl 12 g/ha	109,0	10,0	20,3	31,5
5. sulfometuron methyl 20 g/ha	162,0	14,5	19,9	80,0
6. testemunha	108,5	6,5	17,3	52,0
F tratamento	4,98*	3,12*	3,21*	11,90**
F Bloco	2,21ns	0,56ns	0,49ns	1,81ns
C.V. (%)	46,42	68,54	18,69	23,20
D.M.S.	62,39	10,9	0,23	16,69

<sup>ns</sup> Médias não diferem estatisticamente pelo teste de T a 5% de probabilidade.

As concentrações de nutrientes observadas nas folhas encontraram-se dentro dos limites da faixa adequada de nutrientes estabelecidos por Malavolta (1997) para cultura de cana-de-açúcar. Observa-se que os níveis de P são os mais elevados para os tratamentos que receberam aplicação de glyphosate, no início da avaliação, 30 D.A.C., estes níveis chegou a ser quase três vezes maior que a testemunha, e esta relação positiva se manteve até o final da avaliação, ou seja, aos 180 D.A.C. (Figura 12).

O suprimento de P no início do desenvolvimento é essencial para o desenvolvimento da cana, deficiência deste nutriente restringe o crescimento, e limita seriamente a produção. O mecanismo que afeta o crescimento, em resposta à deficiência inicial de P, pode estar relacionado a restrições no fornecimento de carbono (C) à planta. Uma alta relação entre P inorgânico e P orgânico na planta parece sinalizar ao sistema de transporte para aumentar a taxa de influxo. O restabelecimento de um suprimento externo de P inorgânico parece ser regulado pela concentração de P inorgânico na planta, que pode ajudar a protegê-la contra a toxicidade de P ou a deficiência (Grant et al, 2001). Como para todos os tratamentos que receberam aplicação de glyphosate mostraram resposta positiva aos acúmulos de fósforo na planta, parece claro haver um estímulo de absorção deste nutriente, provavelmente á nível de

expressão gênica, onde genes dos transportadores de fósforo de baixa afinidade é que seriam responsáveis pela translocação fósforo dentro da planta, comprovando mais uma vez que a absorção do glyphosate interfere no sistema transportador de fósforo (Pike, 1987; Morin *et al.*, 1997; Fitzgibbon & Braymer, 1988).

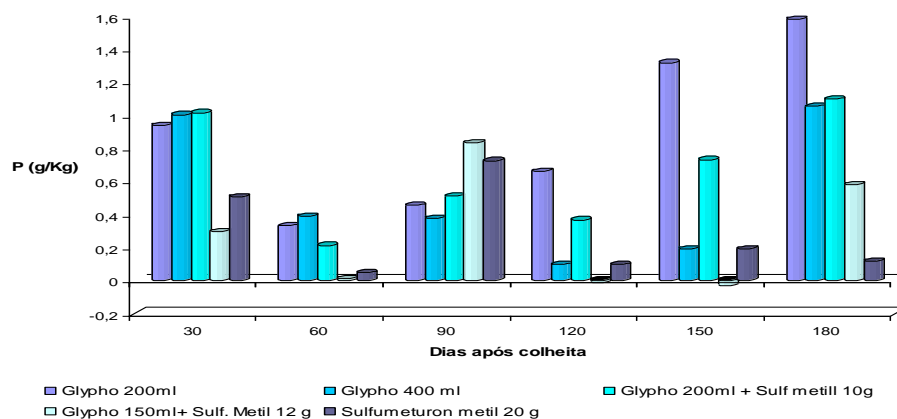


Figura 12. Dinâmica do P submetida á aplicação de glyphosate e sulfometuron methyl, durante o período de avaliação de crescimento da cana-de-açúcar em relação à testemunha. Igaracú do Tiête, 2007.

Na figura 13 são apresentadas a relação da aplicação do glyphosate, nas doses de 400 ml de p.c ha<sup>-1</sup> e 200 ml p.c ha<sup>-1</sup>, e a dinâmica de P na cana-de-açúcar. Através do gráfico fica evidente o efeito positivo do glyphosate, tanto na dose do p.c. 200 ml como 400 ml no aumento do teor de P na planta quando comparado com a testemunha que não recebeu aplicação de glyphosate.

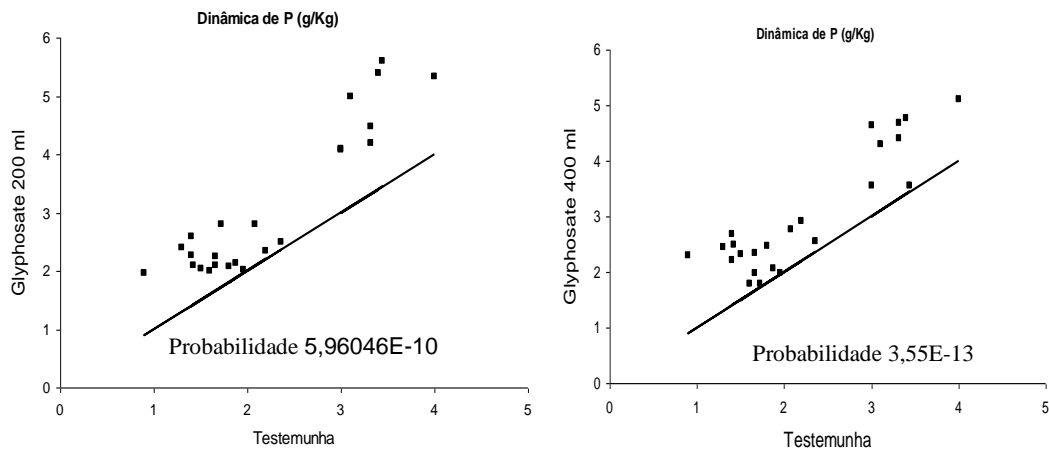


Figura 13. Comparação da dinâmica do P submetida á aplicação de glyphosate nas doses 400 ml e 200 ml do p.c.ha<sup>-1</sup>, em relação á testemunha. Igaracú do Tiête, 2007.

Os níveis de K também foram influenciados pela aplicação do glyphosate, com acúmulos significativos no início do desenvolvimento da cana, aos 30 e 60 D.A.C., resultado este contrário ao observado na pré-colheita, depois as concentrações foram diminuindo, e não diferiam mais entre os tratamentos (Figura 14 B). Estes resultados podem estar relacionados aos aumentos de P na folha, e na translocação dos nutrientes. Segundo Silva et al. (1998), a taxa de redistribuição de nutrientes nas partes componentes da planta pode variar dependente da espécie, do nutriente considerado, das práticas de manejo adotadas e com a idade da planta.

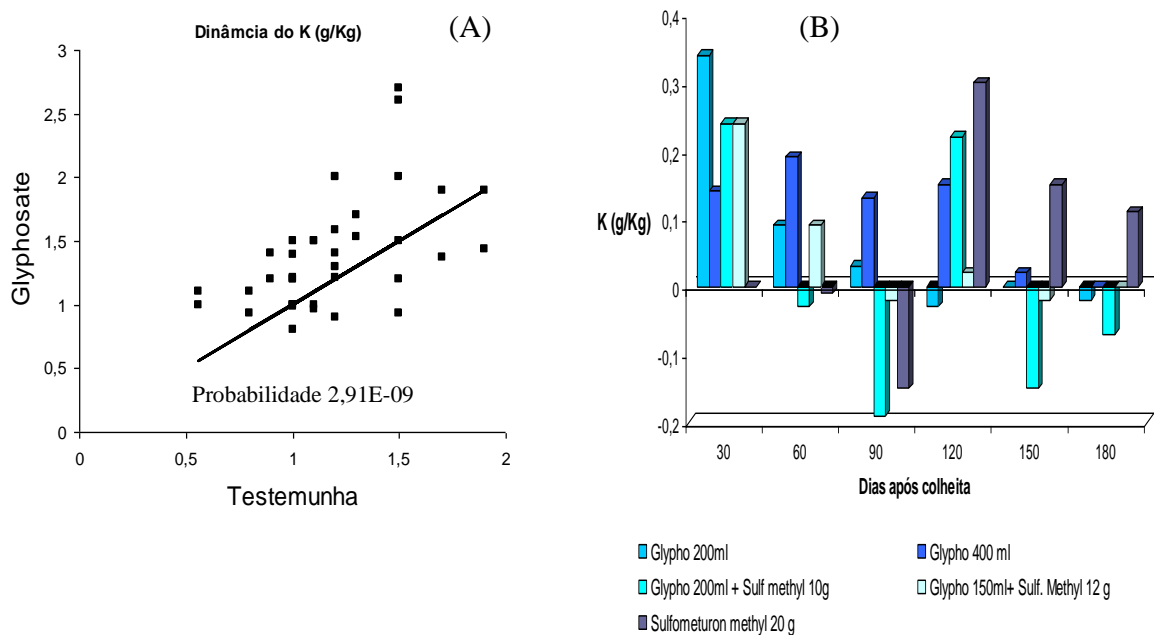


Figura 14. Dinâmica do K submetida á aplicação de glyphosate e sulfometuron methyl, durante o crescimento da cana-de-açúcar, e a aplicação isolada de glyphosate em relação á testemunha. Igarajú do Tiête, 2007.

Quando comparamos o efeito do glyphosate isolado em relação à testemunha para a dinâmica de K, observa-se que há um estímulo na absorção e maior acúmulo deste elemento na planta (Figura 14 A).

A dinâmica dos micronutrientes, durante o crescimento da cana soca, após aplicação dos produtos, foi influenciada significativamente. Os níveis de Fe, Zn e Mn na cana que recebeu aplicação de glyphosate, foram inferiores a testemunha, no início do desenvolvimento (Tabela 7).

Tabela 7. Média dos teores de micronutrientes Fe, Cu, Zn e Mn submetidos a aplicação de glyphosate e sulfometuron methyl, analisado durante o crescimento da cana-de-açúcar, variedade SP 803280 – Igarapu do Tiete/ 2007.

<b>Ferro (mg/Kg)</b>						
Tratamentos	30 DAC	60 DAC	90 DAC	120 DAC	150 DAC	180 DAC
1. glyphosate 200 mL ha <sup>-1</sup>	20,45	11,04	11,65	10,4	9,75	9,9
2. glyphosate 400 mL ha <sup>-1</sup>	11,18	9,35	9,575	9,14	9,6	9,85
3. glypho 200 mL ha <sup>-1</sup> + sulf- metil 10 g ha <sup>-1</sup>	20,69	11,75	23,6	12,62	10,8	8,4
4. glypho 150 mL ha <sup>-1</sup> + sulf-metil 12 g ha <sup>-1</sup>	30,35	17,95	29,35	16,3	10,15	8,57
5. Sulfometuron metil 20 g ha <sup>-1</sup>	30,05	15,25	22,95	16,3	11,25	9,85
6. Testemunha	30,77	23,8	36,75	12,15	11,05	7,85
F tratamento	12,32*	20,08*	11,48*	0,2467 ns	0,129 ns	0,425ns
F bloco	2,57	1,24	2,93	2,0,4	1,54	1,34
C.V. (%)	18,7	17,14	26,29	33,2	37,5	30,81
D.M.S.	1,65	3,71	8,76	6,08	5,8	4,14

<b>Cu (mg/Kg)</b>						
Tratamentos	30 DAC	60DAC	90 DAC	120 DAC	150 DAC	180 DAC
1. glyphosate 200 mL ha <sup>-1</sup>	3,5	7,25	6	8	5	3,25
2. glyphosate 400 mL ha <sup>-1</sup>	2,25	3,5	4	3,5	5,5	4,25
3. glypho 200 mL ha <sup>-1</sup> + sulf- metil 10 g ha <sup>-1</sup>	6,25	6,5	3,5	4	6	5,25
4. glypho 150 mL ha <sup>-1</sup> + sulf-metil 12 g ha <sup>-1</sup>	6,5	5,75	4,25	4,25	6,5	5,75
5. Sulfometuron metil 20 g ha <sup>-1</sup>	10	8,5	7,25	8	7	6,25
6. Testemunha	4	5,5	6,5	6,5	6,5	6
F tratamento	8,11*	1,94 ns	1,85 ns	1,23 ns	0,19 ns	1,06 ns
F bloco	5,08	5,26	6,11	5,66	1,67	1,48
C.V. (%)	25,14	28,25	27,05	24,63	24,93	23,37
D.M.S.	3,34		3,67	4,33	11,16	4,32

<b>Zn (mg/Kg)</b>						
Tratamentos	30 DAC	60 DAC	90 DAC	120 DAC	150 DAC	180 DAC
1. glyphosate 200 mL ha <sup>-1</sup>	3,5	6,5	21	18,5	21,5	20,5
2. glyphosate 400 mL ha <sup>-1</sup>	2,5	5,25	19,5	15,75	15	18
3. glypho 200 mL ha <sup>-1</sup> + sulf- metil 10 g ha <sup>-1</sup>	4	5,5	18	15	16	17
4. glypho 150 mL ha <sup>-1</sup> + sulf-metil 12 g ha <sup>-1</sup>	4	6	19,5	19,75	17,5	19
5. Sulfometuron metil 20 g ha <sup>-1</sup>	6	8	24,5	25,25	23,5	24
6. Testemunha	6,5	13	31	26	25,5	22
F tratamento	3,49*	3,22*	3,37*	2,59*	0,77 ns	1,59 ns
F bloco	2,38	1,99	2,62	2,97	2,35	2,11
C.V. (%)	1,58	22,25	23,63	29,5	23,86	17
D.M.S.	3,72	5,91	7,8	8,82	6,99	5,3

<b>Mn (mg/Kg)</b>						
Tratamentos	30 DAC	60 DAC	90 DAC	120 DAC	150 DAC	180 DAC
1. glyphosate 200 mL ha <sup>-1</sup>	13,4	14,1	14,1	17	11	15
2. glyphosate 400 mL ha <sup>-1</sup>	12,9	10,4	10,4	16	9,8	15,5
3. glypho 200 mL ha <sup>-1</sup> + sulf- metil 10 g ha <sup>-1</sup>	14,1	13,9	13,9	12	12	12,5
4. glypho 150 mL ha <sup>-1</sup> + sulf-metil 12 g ha <sup>-1</sup>	12,1	13,1	13,1	11,2	15	12
5. Sulfometuron metil 20 g ha <sup>-1</sup>	11,5	14,5	14,5	15,1	16,1	16
6. Testemunha	19,6	18,4	17,4	14	17	15
F tratamento	2,95*	6,21*	0,76 ns	0,73 ns	0,12 ns	0,45 ns
F bloco	2,39	1,33	2,19	1,86	1,96	1,39
C.V. (%)	15,5	18,5	21,8	19,66	27,5	20,8
D.M.S.	7,1	3,9	6,5	5,5	5,8	4,1

\*Significativo á nível de 5% de probabilidade pelo teste T.



Comparando a aplicação de glyphosate em relação à testemunha, observa-se na Figura 15, que esta reduziu os teores de Fe, Zn e Mn na planta, durante o crescimento da cultura, e apresentou até 3 vezes menos Ferro. King et al., 2001; Kremer et al., 2001; Charlson, et al., 2004; Jolley e Hansen, 2004, observaram que o glyphosate inibe a aquisição de micronutrientes como Mn, Fe e Zn, mesmo quando aplicado apenas em taxas de aplicação extremamente baixas na faixa de concentração da deriva do herbicida (1%-10% das doses recomendadas).

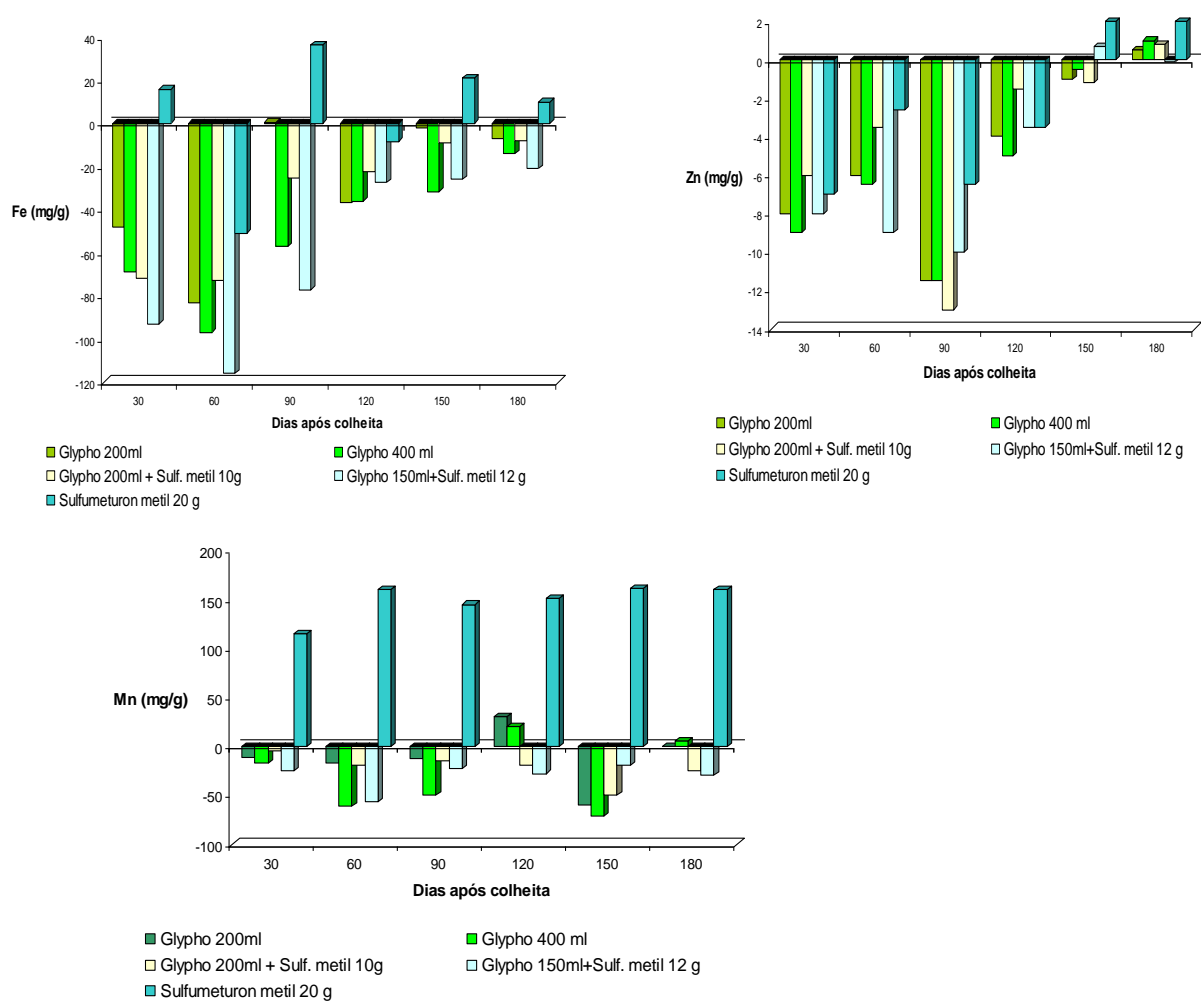


Figura 15. Dinâmica do Fe, Zn e Mn submetida à aplicação de glyphosate e sulfometuron methyl, durante o crescimento da cana-de-açúcar em relação à testemunha. Igaracú do Tiê, 2007.

Quando se compara a dinâmica de Fe, Zn e Mn submetida à aplicação isolada de glyphosate, na dose de 400 ml de p.c ha<sup>-1</sup>, em relação à testemunha, observa-se claramente o efeito negativo do glyphosate nesta dosagem sobre o acúmulo destes elementos na cana-de-açúcar. Segundo Toni et al., 2006 o glyphosate em pH neutro pode formar vários complexos insolúveis com o Fe, Cu e Zn tornando estes elementos indisponíveis para as atividades metabólicas (Figura 16).

Ainda, segundo Bernard, et al., 2005, a redução de Fe na planta, de modo geral, ocorre porque sendo o glyphosate um ácido fosfônico, age como agente quelante, formando complexos estáveis como cátions bi e trivalentes, reduzindo a disponibilidade nos tecidos tratados.

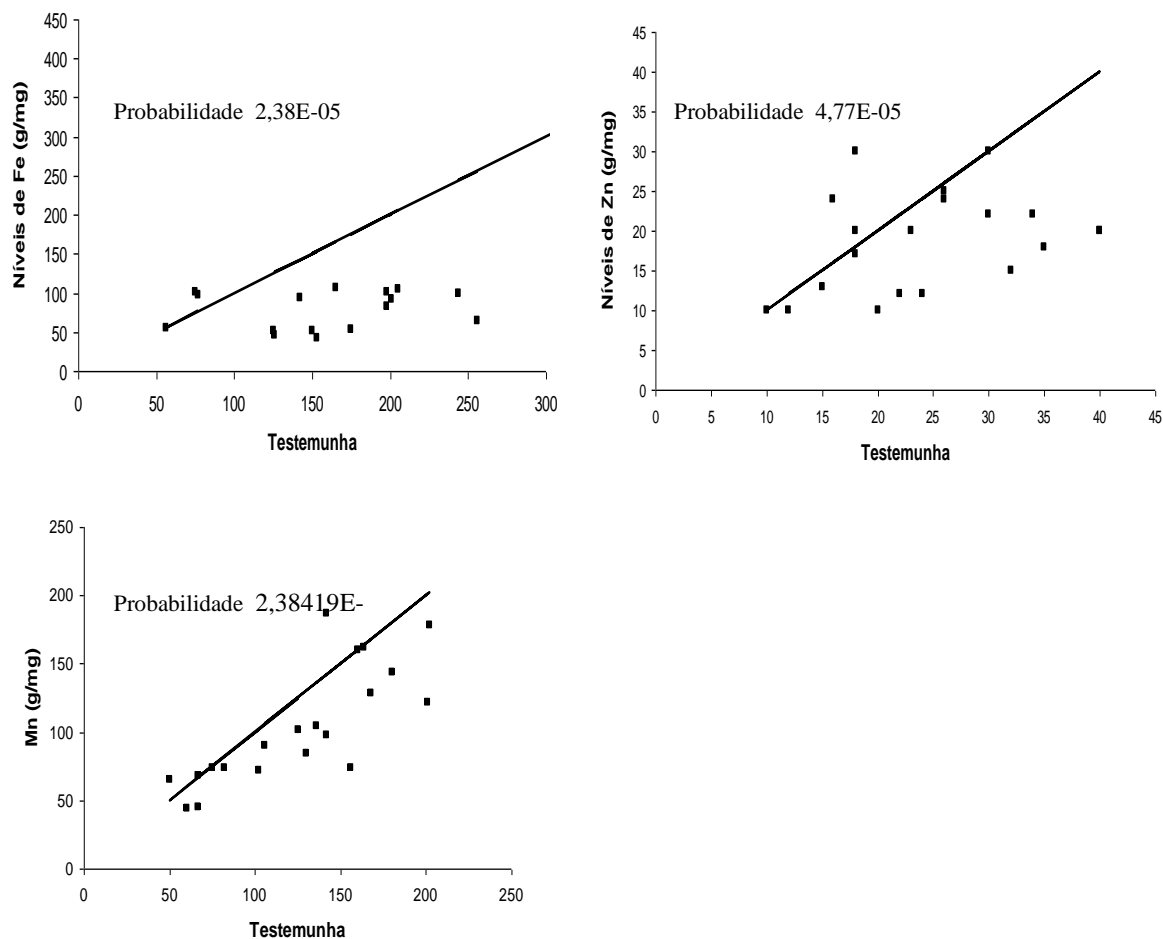


Figura 16. Dinâmica do Fe, Zn e Mn submetida á aplicação de glyphosate comparada com à testemunha. Igaracú do Tiête, 2007.

Como já discutido anteriormente, o glyphosate pode estimular a absorção de fósforo. O fósforo também pode se ligar a cátions como Ca, Fe, Cu, Mn e Zn. Em plantas tratadas com glyphosate em que são observados aumentos nos teores de fósforo, não é possível determinar se a menor disponibilidade destes elementos, com destaque para os absorvidos em menores concentrações, resulta de uma interação direta com o glyphosate ou da interação mais intensa com o fosfato presente em maiores concentrações. Sendo assim, na Figura 17 é apresentada a interação entre P e Fe sob interferência da aplicação de glyphosate e sulfometuron methyl, onde aumentos na concentração de fósforo promoveram reduções nos níveis de Fe.

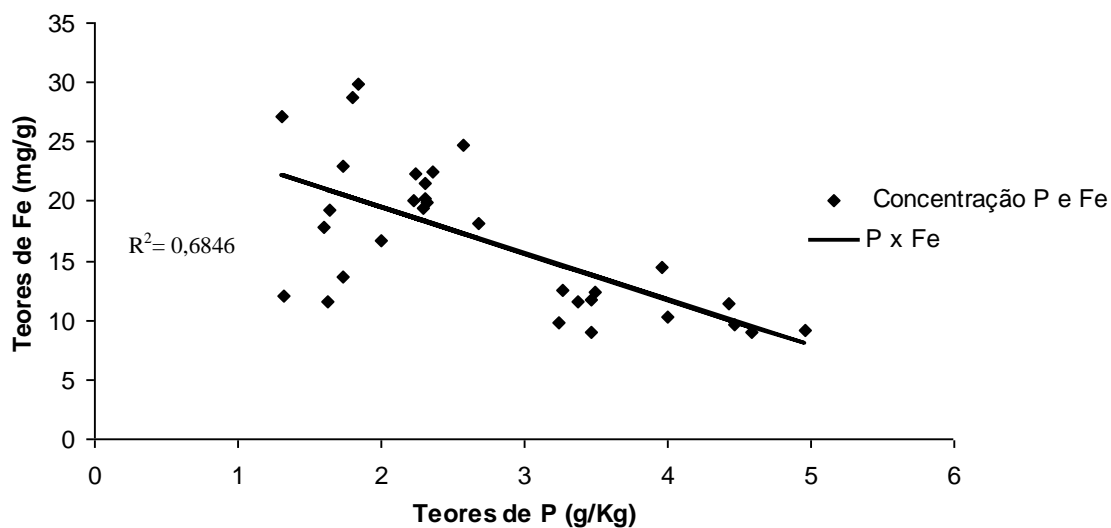


Figura 17. Interação entre Fe e P submetido à aplicação de glyphosate e sulfometuron methyl em cana-de-açúcar. Igarajú do Tiê, 2007.

#### 6.4. Produção de bio-energia analisada por meio de acúmulo de lignina pela aplicação de glyphosate e sulfometuron methyl

A análise do conteúdo de lignina, determinada aos 15 DAA de maturadores, revela que os valores da mesma se encontram dentro dos níveis encontrado na literatura, e que não sofreram alterações pela aplicação dos maturadores (Tabela 8).

Aos 30 dias após a aplicação dos maturadores os valores de ligninas apresentam reduções expressivas com aplicação de glyphosate, sendo significativa apenas na dose de 200 ml de p.c. ha<sup>-1</sup>, onde a o glyphosate nesta dosagem reduziu mais de 40% os níveis de lignina em relação á testemunha. Este resultado pode estar relacionado ao glyphosate que na forma ácido 2-aminoindan-2-fosfônico (AIP) inibe seletivamente a fenilalanina amônia liase (PAL) interferindo somente na produção dos derivados deste aminoácido, o que inclui os monômeros da lignina. Corroborando as informações apresentadas por Mauch et al. (2001) e Ruuhola & Julkinen-Titto (2003), os quais relatam que estudos preliminares com o bloqueio parcial da enzima EPSPs por meio da aplicação de baixas doses de glyphosate em eucalipto indicaram que a redução da atividade da enzima a níveis que elevaram a concentração de ácido chiquímico (ou chiquimato) em 278 vezes, implicou em um aumento de 69% (com efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade) na taxa de crescimento de plantas jovens de eucalipto (este valor é uma média para os resultados de matéria seca de parte aérea e área foliar).

Tabela 8. Conteúdo de lignina (%) em cana de açúcar, variedade SP 803280, 15 e 30 DAA aplicação de maturadores. Igaracú, Sp, 2006.

Tratamentos	Dias após a Aplicação	
	15	30
1. glyphosate 200 ml/ha	24,5	19,5
2. glyphosate 400 ml/ha	24	12,3
3. glyphosate 200 ml/ha + sulf methyl 10 g/ha	23,7	18,8
4. glyphosate 150 ml/ha + sulf-metthyl 12 g/ha	22,5	22
5. sulfometuron methyl 20 g/ha	28,3	25,8
6. testemunha	25,3	21,8
F tratamento	0,67ns	2,36*
F Bloco	0,51ns	1,11ns
C.V. (%)	19,36	29,4
D.M.S.	7,2	8,86

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de T a 5% de probabilidade.

O estágio de maturidade da planta influencia o seu valor nutritivo mais do que qualquer outro fator. A medida que a planta cresce e se desenvolve, as porções fibrosas aumentam, enquanto o teor protéico e a digestibilidade da fitomassa seca reduzem (Van Soest, 1994). Com a maturidade da planta, a concentração dos componentes digestíveis, como os carboidratos solúveis, proteínas, minerais e outros conteúdos celulares tende a decrescer, e a proporção de lignina, celulose, hemicelulose e outras frações indigestíveis aumentam (Minson, 1990). No entanto, a cana-de-açúcar possui um comportamento fisiológico diferente das outras gramíneas tropicais, pois sua digestibilidade total aumenta com a maturidade da planta (Mendes Neto et al., 1998). Esta característica pode ser verificada para o experimento em questão, e as maiores porcentagem de digestibilidade foi observada para a cana que recebeu aplicação de sulfometuron methyl em contrapartida a aplicação com glyphosate sofreu menos (Tabela 9).

Os teores de celulose se mantiveram praticamente inalterado durante o crescimento da cana-de-açúcar, e não foram influenciados pelo glyphosate e sulfometuron methyl. Resultados contrários foram verificados por Jung e Vogel (1992), onde a maturidade fisiológica resultou em decréscimo na degradação da hemicelulose e celulose de caule e folha das plantas estudadas.

No início do desenvolvimento da cana, praticamente todos os tratamentos promoveram incrementos na concentração de lignina, e o tratamento com sulfometuron-methyl promoveu incremento de até 40% em relação à testemunha. Com o decorrer do tempo observou-se uma redução nos teores de lignina nos tratamentos com glyphosate, principalmente na dose de 200 ml ha<sup>-1</sup>.

Os aumentos crescentes nos teores lignina podem influenciar no desempenho de crescimento da cana, na sua defesa contra estresse biótico e abiótico, e seu valor energético. A lignina é um fator limitante para a degradação da parede celular (Jung & Deetz, 1993). A deposição de lignina aumenta com a maturação fisiológica e diminui a digestibilidade de polissacarídeos (Hatfield, 1993; Burns et al., 1997; Deschamps, 1999).

Tabela 9. Teores de FDA (fibra em detergente ácido), celulose e lignina submetida a aplicação de glyphosate e sulfometuron methyl analisados durante o crescimento da cana soca. Igarapé do Tiê, 2007.

FDA(%)						
Tratamentos	30 dac	60dac	90 dac	120 dac	150 dac	180 dac
1. <i>glyphosate 200 mL ha<sup>-1</sup></i>	38	37,4	47,5	44,75	40,25	30,6
2. <i>glyphosate 400 mL ha<sup>-1</sup></i>	36,5	31,5	51,2	41,25	37,4	33,2
3. <i>glypho 200 mL ha<sup>-1</sup> + sulf- metil 10 g ha<sup>-1</sup></i>	34,5	35,6	43,4	40,5	31,25	35,5
4. <i>glypho 150 mL ha<sup>-1</sup> + sulf-metil 12 g ha<sup>-1</sup></i>	29	38,4	50,5	42,5	44,25	28
5. <i>Sulfometuron metil 20 g ha<sup>-1</sup></i>	40,25	50,5	78,06	39,5	36,25	33,3
6. <i>Testemunha</i>	37	39	69,18	33,75	41	30
F tratamento	0,0359*	0,003*	0,0812*	0,116 ns	0,1836 ns	0,258 ns
F bloco	2,97	4,74	4,03	2,58	4,66	4,91
C.V. (%)	17,39	16,73	23,52	12,82	25,14	24,04
D.M.S.	8,83	11,09	11,99	7,67	13,86	14,59

Celulose(%)						
Tratamentos	30 dac	60dac	90 dac	120 dac	150 dac	180 dac
1. <i>glyphosate 200 mL ha<sup>-1</sup></i>	32	47,75	32,75	30,5	30,5	31,5
2. <i>glyphosate 400 mL ha<sup>-1</sup></i>	39,25	45,25	33,7	22,75	22,74	24
3. <i>glypho 200 mL ha<sup>-1</sup> + sulf- metil 10 g ha<sup>-1</sup></i>	29,5	48,5	32,5	31,5	31,5	32,75
4. <i>glypho 150 mL ha<sup>-1</sup> + sulf-metil 12 g ha<sup>-1</sup></i>	32,5	44,75	35,25	35	35,25	28,5
5. <i>Sulfometuron metil 20 g ha<sup>-1</sup></i>	31,75	37,5	55,75	38,25	59	38,5
6. <i>Testemunha</i>	41,75	46	27,5	32,5	33,5	32,75
F tratamento	0,4946ns	0,781ns	0,2501ns	0,735 ns	0,4025 ns	0,645 ns
F bloco	5,58	6,77	8,19	3,06	8,11	3,45
C.V. (%)	25,91	26,12	25,24	19,3	27,08	19,8
D.M.S.	16,58	20,14	8,19	9,12	25,25	10,27

Lignina (%)						
Tratamentos	30 dac	60dac	90 dac	120 dac	150 dac	180 dac
1. <i>glyphosate 200 mL ha<sup>-1</sup></i>	28,25	14,25	12,35	15,5	19	17,5
2. <i>glyphosate 400 mL ha<sup>-1</sup></i>	30,05	16	16,09	19	21	18,75
3. <i>glypho 200 mL ha<sup>-1</sup> + sulf- metil 10 g ha<sup>-1</sup></i>	27,5	15,25	15,29	23,75	22,25	18,5
4. <i>glypho 150 mL ha<sup>-1</sup> + sulf-metil 12 g ha<sup>-1</sup></i>	26,2	15	14,93	20,76	18	15,5
5. <i>Sulfometuron metil 20 g ha<sup>-1</sup></i>	34,1	25,5	26,46	25,25	22,25	19,5
6. <i>Testemunha</i>	25,5	18	17,18	19,75	20,25	15,75
F tratamento	0,03677*	0,0995*	0,07647*	0,9394 ns	0,6261 ns	0,899 ns
F bloco	3,05	3,22	2,91	3,35	4,62	2,84
C.V. (%)	22,06	32,4	26,77	29,81	30,57	36,07
D.M.S.	9,082	9,58	8,648	9,965	13,76	8,44

\* Significativo á nível de 5% de probabilidade.

Considerando os efeitos do glyphosate 400 ml e 200 ml e do sulfometuron methyl 20g na concentração de lignina na folha da cana, buscou-se a verificar os efeitos destes produtos em relação á testemunha (Figura 18). O efeito do glyphosate sobre a redução de lignina na

cana foi mais intenso na dose reduzida (200 ml), já para o sulfometuron methyl o efeito foi de estímulo a produção deste composto.

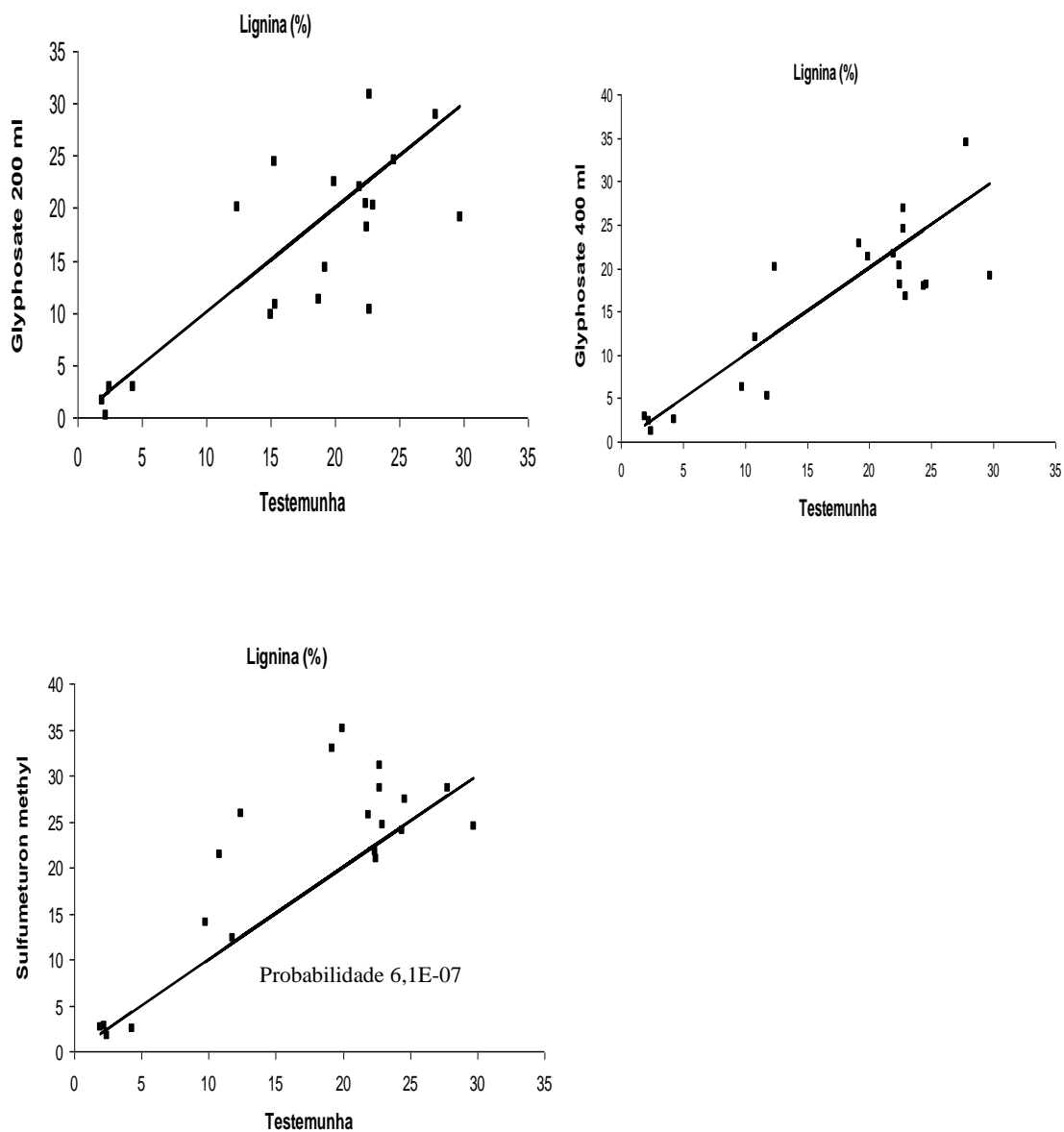


Figura 18 Porcentagem de lignina observados na cana-de-açúcar que recebeu aplicação de glyphosate na dose 400 ml de p.c. ha<sup>-1</sup>, 200 ml de p.c. ha<sup>-1</sup>e sulfometuron methyl, em relação à testemunha. Igarapé do Tiê, 2007.

### **6.5. Monitoramento do ácido chiquímico e salicílico em cana-de-açúcar sob influência de glyphosate e sulfometuron methyl**

As plantas expostas as diferentes doses de glyphosate apresentaram sempre as maiores concentrações de ácido chiquímico, tanto nas avaliações aos 15 DAA como 30 DAA. Quanto maior a dose de glyphosate aplicada maior concentração acumulada de ácido chiquímico, está diferença chegou até 20% (Tabela 1). Matallo et al, 2007, trabalhando com glyphosate e concentração de ácido chiquímico em cítrus, observaram que as plantas que receberam aplicação de glyphosate apresentaram sempre as maiores concentração de ácido chiquímico que as plantas testemunhas. Observa-se também que quanto maior a dose de glyphosate aplicada maior o acúmulo de chiquímico pela planta. Vários pesquisadores (Singh & Shaner, 1998; Wang, 2001; Mueller et al., 2003), tem demonstrado que o ácido chiquímico é um marcador seletivo para plantas expostas à sub-doses de glyphosate. Níveis elevados de ácido chiquímico, detectados a partir de aplicações de glyphosate, foram detectados em *Conyza canadensis* (Koger et al, 2005; Mueller et al. *op.cit.*), algodão (Pline et al., 2002), girassol, trigo e milheto (Henry et al., 2007), soja (Singh & Shaner *op.cit*) e trigo (Brenahan, 2003).

Com o transcorrer do tempo, o teor de ácido chiquímico apresentou tendência de queda, para todas as doses e mistura, o decréscimo variou de 5% a15% em relação á concentração observada na primeira avaliação (15 D.AA.), exceto para o tratamento com a mistura de glyphosate e sulfometuron methyl na menor dose. Bresnahan, et al. 2003, verificando a concentração de ácido shiquímico com aplicação de glyphosate, na cultura do trigo, observaram que o pico de concentração foi de 7-10 dias após aplicação, e que os teores foram diminuindo até a colheita. Corroborando com esta informação Koger et al. 2005, observara que os picos de acumulação de shiquímico ocorrem até 14 DAT e que altos níveis eram detectados até 28 DAT.

Ainda na Tabela 10, observa-se que quanto maior a concentração de shiquímico maior á concentração de ácido salicílico na cana. A concentração de salicílico em plantas que receberam a maior dose de glyphosate foi 40% maior do que as plantas testemunha, e em média 20% maior com relação aos demais tratamentos. Este resultado é o contrário ao que se esperava, isto é, acreditava-se que a inibição da EPsPs, pela aplicação do glyphosate,



promoveria um desvio da rota do ácido chiquímico, impedindo ou diminuindo a sua biossíntese, já que a principal enzima da via do ácido shiquímico é a fenilalanina amônio liase (PAL).

Para Sticher et al. (1997) um fato ainda controverso é se o ácido salicílico (SA) é um sinal para a síntese de si mesmo (SA endógeno por síntese em redundância) ou se um sinal secundário existe e se transloca para levar a mensagem de síntese de SA endógeno a locais mais distantes.

Sendo assim, mesmo que ocorra redução na biossíntese de salicílico pela inibição da rota do ácido shiquímico, a planta tem um caminho alternativo ou secundário para a síntese do mesmo, isto é a produção do salicílico depende do metabolismo da planta e dos fatores estressante a que ela é submetida. A título de exemplo, *Pseudomonas putida* possuem genes que codificam para síntese da enzima salicilato-hidroxilase. Esta enzima está envolvida com o metabolismo de naftaleno e é também com a conversão de ácido salicílico, portanto plantas infectadas com *pseudomonas* tiveram seu teores de Salicílico aumentados (Romeiro, R.S., 2009).

Tabela 10. Concentração de ácido chiquímico e ácido salicílico em cana de açúcar, variedade SP 803280, 15 e 30 DAA dos maturadores – Igarauçu do Tietê - SP/2006

Tratamentos	Concentração ppm (m/v)			
	Shiquímico		Salicílico	
	15 DAA	30 DAA	15 DAA	30 DAA
1. <i>glyphosate 200 mL ha<sup>-1</sup></i>	65,56 a	59,28 b	0,33 b	0,59 b
2. <i>glyphosate 400 mL ha<sup>-1</sup></i>	70,97 a	68,98 a	0,55 a	1,45 a
4. <i>glyphosate 200 mL ha<sup>-1</sup> + sulfometuron metil 10 g ha<sup>-1</sup></i>	57,40 b	56,24 b	0,45 b	0,65 b
4. <i>glyphosate 150 mL ha<sup>-1</sup> + sulfometuron metil 12 g ha<sup>-1</sup></i>	55,86 b	62,48 b	0,39 b	0,46 b
5. <i>Sulfometuron metil 20 g ha<sup>-1</sup></i>	56,22 b	49,18 b	0,36 b	0,66 b
6. <i>Testemunha</i>	57,47 b	49,30 b	0,30 c	0,49 b
F tratamento	0,0275	0,035	0,016	0,027
F bloco	1,45	1,23	1,94	1,194
C.V. (%)	18,9	15,9	35,93	24,35
D.M.S.	9,85	6,03	0,15	0,42

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de T a 5% de probabilidade.

Mesmo passado 30 dias após a aplicação dos tratamentos, a maior concentração de ácido salicílico foi obtida com aplicação de *glyphosate*, o aumento foi 3 vezes maior ao observado na primeira época de avaliação (15 DAA). Para todos os tratamentos houve um

aumento em média de 40 %, na concentração de salicílico planta, em relação á primeira época de avaliação. Este resultado pode estar relacionado ao processo de estresse da planta pelo aumento da morte celular provocada pela aplicação do glyphosate e sulfometuron-methyl e/ou pela própria maturação natural da cultura.

Durante avaliação de crescimento da cana-soca, observa-se diferença significativa somente para o tratamento que recebeu aplicação de glyphosate na maior dose, no entanto com valores muito inferiores ao observado na pré-colheita (Tabela 11).

Tabela 11. Concentração de ácido chiquímico e salicílico durante o crescimento cana-soca, variedade SP 803280, 30 DAA dos maturadores – Igarauçu do Tietê - SP/2007

Tratamentos	<i>Ácido chiquímico (mg/g)</i>				
	30 dac	60dac	90 dac	120 dac	150 dac
1. glyphosate 200 mL ha <sup>-1</sup>	17,33	25,66	12	7,33	14
2. glyphosate 400 mL ha <sup>-1</sup>	23	32	13,33	7,33	17,66
3. glypho 200 mL ha <sup>-1</sup> +sulf- methyl 10 g	16,13	25	13,33	7	14,66
4. glypho 150 mL ha <sup>-1</sup> + sulf-methyl 12 g	18	30	13	7,33	13
5. Sulfometuron methyl 20 g ha <sup>-1</sup>	16	24	12,66	7,33	11,66
6. Testemunha	13,33	20	11,66	7,33	13,33
F tratamento	0,0061*	0,7222 ns	0,957 ns	0,984 ns	0,3976 ns
F bloco	1,33	5,72	1,57	0,38	1,91
C.V. (%)	13,2	37,7	21,46	9,16	23,66
D.M.S.	4,1	17,62	4,83	1,18	5,92

\* Significativo á nível de 5% de probabilidade.

Assim como o ácido shiquímico as concentrações de ácido salicílico só apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, no início das avaliações, muito embora os tratamentos com glyphosate e sulfometuron methyl sempre tenha apresentado valores superiores ao da testemunha (Tabela 12). Radicais livres são formados sob condições de estresse oxidativo pela aplicação de herbicidas, mas são altamente reguladas (Chaoui et al., 1997; Mazhoudi et al., 1997; Greggains et al.2000), todavia esta regulação pode ser perdida, principalmente em função da dose, se o estresse for mais severo aumentando consideravelmente a produção de radicais livres que podem levar a uma cascata de eventos e alterações metabólica.

Reações metabólicas da planta e a produção de ácido salicílico podem ser evidenciadas na avaliação realizada aos 60 dias após colheita, onde se observa aumento generalizado de 10

vezes na concentração deste ácido na planta. Este aumento deve estar relacionado á resposta da cana-de-açúcar a um agente estressante (provavelmente a falta de chuva).

Tabela 12. Concentração de ácido salicílico durante o crescimento cana-soca, variedade SP 803280, 30 DAA dos maturadores – Igaráçu do Tietê - SP/2007

Tratamentos	Ácido salicílico (mg/g)				
	30 dac	60dac	90 dac	120 dac	150 dac
1. glyphosate 200 mL ha <sup>-1</sup>	4,66	49,33	5,66	9,66	9,66
2. glyphosate 400 mL ha <sup>-1</sup>	5	37,66	3	15,33	11,33
3. glypho 200 mL ha <sup>-1</sup> +sulf- metil 10 g ha <sup>-1</sup>	3,66	37	2	6,66	8
4. glypho 150 mL ha <sup>-1</sup> + sulf-metil 12 g ha <sup>-1</sup>	4,33	44,66	2	9,66	10,66
5. Sulfometuron metil 20 g ha <sup>-1</sup>	4,33	40,66	5,33	14	10
6. Testemunha	3,33	36,66	2,66	6	7,66
F tratamento	0,06852*	0,02897*	0,5308 ns	0,4738 ns	0,4868 ns
F bloco	0,56	4,27	1,76	3,83	1,49
C.V. (%)	22,14	18,08	38,7	35,07	27,13
D.M.S.	1,72	13,18	5,43	11,83	4,61

\* Significativo á nível de 5% de probabilidade.

Comparando isoladamente, aplicação de glyphosate e sulfometuron methyl em relação á testemunha, observou-se que a aplicação destes produtos aumentou as concentrações de chiquímico e salicílico na planta (Figura 19 e 20). Mais do que a possibilidade da absorção de glyphosate pela planta, seja por deriva ou por transferência via rizosfera (Neumann et al., 2006), a diferença observada nos teores de ácido chiquímico e salicílico pode ser atribuída principalmente a fatores bióticos e abióticos.

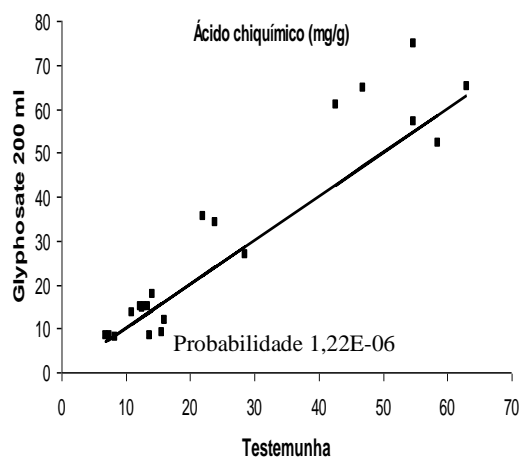
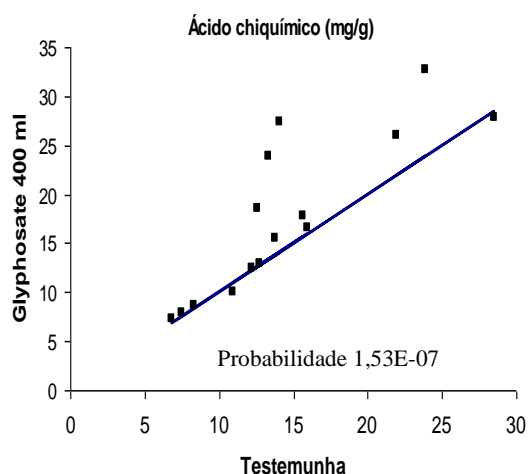


Figura 19. Comparação entre as concentrações de ácidos chiquímico observados em cana-de-açúcar que recebeu aplicação de glyphosate na dose de 400 ml e 200 ml do p.c ha<sup>-1</sup> e á testemunha. Igaracú do Tiête, 2007.

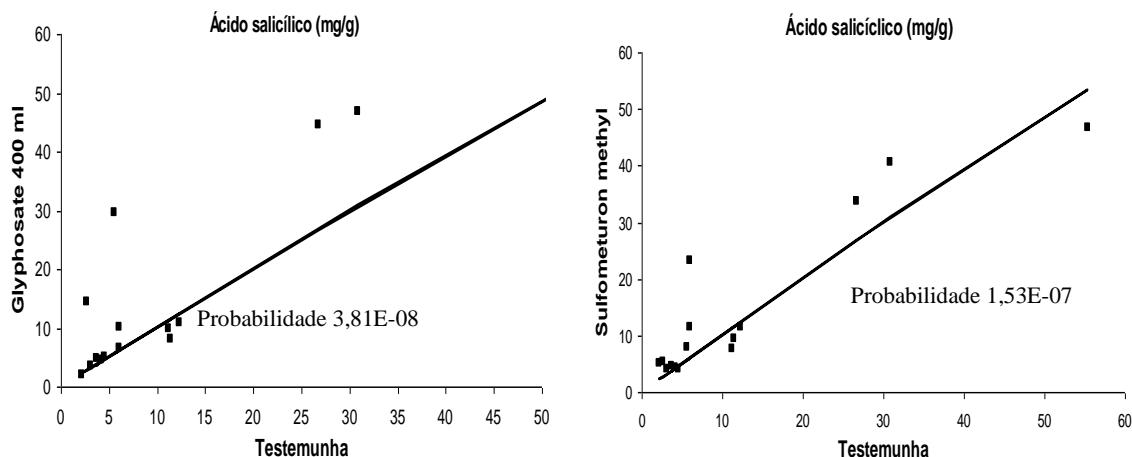


Figura 20. Concentração de ácido salicílico observados na cana-de-açúcar que recebeu aplicação de glyphosate e sulfometuron methyl em relação á testemunha. Igaracú do Tiête, 2007.

A interação entre a concentração de ácido salicílico e chiquímico é apresentado na Figura 21, aumentos nos níveis de ácido chiquímico promovem aumento nos níveis do salicílico. Porém, esta relação não pode ser explicada somente pela aplicação dos maturadores, a resposta deve estar relacionada provavelmente ao metabolismo da planta, em resposta a estresse abiótico e biótico, como já discutido anteriormente.

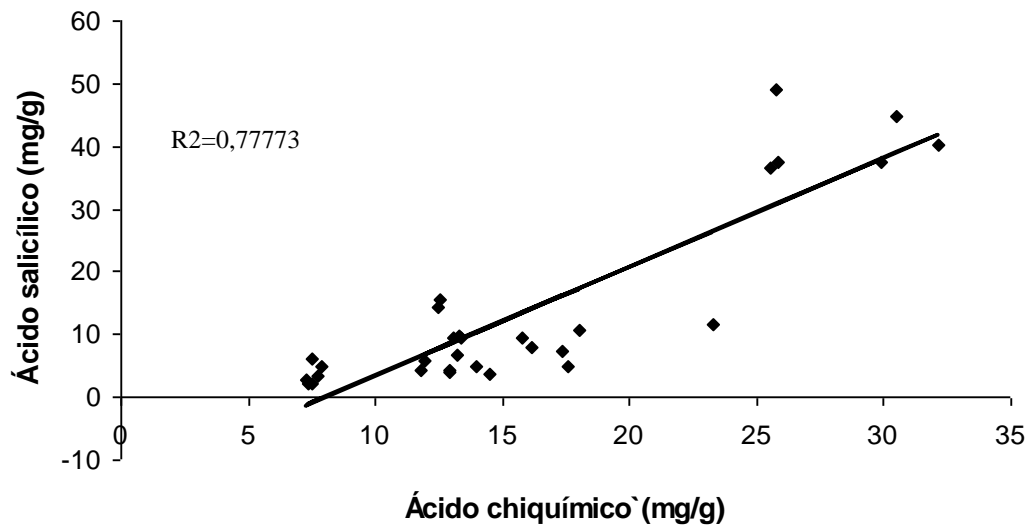


Figura 21. Interação entre ácido chiquímico e ácido salicílico influenciada pela aplicação do glyphosate e sulfometuron methy em diferentes doses e misturas. Igarazú do Tiête, 2007.

## 7. CONCLUSÕES

O glyphosate e sulfometuron methyl, nas doses e misturas estudadas, alteraram de forma distinta a rota metabólica da cana-de-açúcar;

Estes produtos melhoraram a qualidade tecnológica da cultura, embora não tenham alterado significativamente a produtividade;

O crescimento da cana-de-açúcar sofreu restrições no início do seu desenvolvimento, quando submetido a doses mais elevadas de glyphosate e sulfometuron methyl;

A aplicação de glyphosate e sulfometuron methyl, nas maiores doses testadas, podem interferir na fotossíntese por alterar os teores de clorofila e carotenóides da planta;

Aplicação de glyphosate, nas doses testadas, pode melhorar a assimilação de P e K na planta;

O glyphosate interferiu negativamente na absorção de micronutrientes como Fe, Zn e Mn;

Sulfometuron methyl promoveu aumentos expressivos nos teores de lignina na planta;

As concentrações de ácido chiquímico e ácido salicílico foram alterados pela aplicação dos produtos testados, no entanto a resposta ao acúmulo destes ácidos na planta devem estar relacionado também a fatores abióticos e biótico a qual a cultura foi submetida.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHRENS, W. H. **Herbicide handbook**. Chanpaing: Weed Science Society of America, 1994, 352 p.

AMRHEIM, N. & HOLLANDER, H. Light Promotes the Production of Shikimic Acid in Buckwheat. *Naturwissenschaften*, 68, 43, 1981.

ALFONSI, R. R. et al. Condições climáticas para cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S. B. (Coord.). **cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargil, 1987. v. 1. p.42-55.

ANDERSON, K. A.; COBB, W.T.; LOPER, B. R. Analytical Method for Determination of Shikimic Acid: Shikimic Acid Proportional to Glyphosate Application Rates. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* , 32 (17 &18), 2831 - 2840, 2001.

BARBIERI, V. Condicionamento climático da produtividade potencial da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*): um modelo matemático-fisiológico de estimativa. Piracicaba, 1993. 142 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Departamento de Física e Meteorologia - ESALQ-USP

BENNETT, P.G.; MONTES, G. Effect of glyphosate formulation on sugarcane ripening. **Sugar Journal**, New Orleans, v. 66, n. 1, p. 22, 2003.

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

BERNARDES, M. S. Fotossíntese no dossel das plantas cultivadas. In: CASTRO, P. R. C. **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: POTAFOS, 1987. p.13-48.

BENTLEY, R. (1990). The shikimate pathway - A metabolic tree with many branches.

BRAY, S.C. (1988) A cultura da cana-de-açúcar no vale do Paranapanema. **Tese de doutorado**. DG-FFLCH-USP, S.Paulo

BRESNAHAN G. A. et al. Glyphosate applied preharvest induces shikimic acid accumulation in hard red spring wheat (*Triticum aestivum*). Washington, **Journal of agricultural and food chemistry**. vol. 51, n°14, pp. 4004-4007, 2003

BUCHANAN, B.B.; GRUISSEM, W.; JONES R.L. **Biochemistry & Molecular Biology of Plants**. 3.ed., American Society of Plant Physiologists, Rockville, Maryland, 2000, 1367p.

CANILHA, L.; SILVA, D. D. V.; CARVALHO, W.; MANCILHA, I. M. “Aditivos alimentares produzidos por via fermentativa – Parte 3: Polissacarídeos e enzimas”. *Revista Analítica*, n. 20, dez. 2005/jan. 2006.



CAO, H.; BOWLING, S.A.; GORDON, A.S.; DONG, X. Characterization of an Arabidopsis mutant that is nonresponsive to inducers of systemic acquired resistance. **The Plant Cell**, v.6, p.1583-1592, 1994.

CARVALHO, L. C. C., G. M. ANDRADE SILVA & A. D. S. GONÇALVES. 1990. Tecnologia no manejo de variedades de cana-de-açúcar. *Álcool & Açúcar*, 10 (54): 24 - 28.

CASAGRANDE, A.A. Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar. Jaboticabal: Funep, 1991. 157 p.

CASTRO PRC, OILIVEIRA DA, PANINI EL (1996) Ação do sulfometuron-metil como maturador da cana-de-açúcar. Em *Anais Congresso Nacional da Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil - STAB 6*: 363-369.

CASTRO, P.R.C. Utilização de reguladores vegetais no sistema de produção da cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE FISIOLOGIA DA CANA-DE-AÇÚCAR, 2000, Piracicaba. **STAB**. Piracicaba: STAB-Sul. 10 p. (CD-Rom).

CASTRO, P.R.C.; et al. M.C.S. Ação comparada de ethrel, fuzilade e roundup, em duas épocas de aplicação, na maturação e produtividade da cana-de-açúcar 'SP 70-1143'. **Revista de Agricultura**, v. 77, n. 1, p. 23-38, 2002.

CASTRO PRC, CHRISTOFFOLETI, P.J. Fisiologia da cana-de-açúcar. In: Mendonça, A.C. **Cigarrinhas da cana-de-açúcar**.; Controle Biológico. 1.ed. Maceió, Insecta, 2005, p.3-48.

CHAOUI, A.; MAZHOUDI, S.; GHORBAL, M.H.; EL FERZANI, E. Cadmium and zinc induction of lipid peroxidation and effects on antioxidant enzymes activities in bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Plant Science**, Madison, v.127, p.139-147, 1997.

COGGINS, J.R. (1989). The shikimate pathway as a target for herbicides. In *Herbicides and Plant Metabolism* (Dodge, A., ed.), Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 97-112.

Copersucar. 1991. Planejamento de Colheita. p. 323 - 335. In *Seminário de Tecnologia Agronômica*, 5, Piracicaba, São Paulo. 335 p. Anais.

COUTINHO, C. F. B.; MAZO, L. H. Complexos metálicos com o herbicida glyphosate: revisão. **Quím. Nova** vol.28 no.6, 2005.

DAROS, E.; ZAMBON, J.L.C.; WEBER, H.; IDO, O.T.; GRACIANO, P.A. Efeito da densidade de plantio em duas variedades de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL - STAB, 7, 1999, Londrina. Anais... Londrina: Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, 1999, p. 137-140.

DAVID, N. L.; COX, M., **Lehninger Principles of Biochemistry**, 4th ed., W.H.Freeman, 2004

DAVIES, G.M., **et al.** (1994). (6S)-6-fluoroshikimic acid, an antibacterial agent acting on the aromatic biosynthetic pathway. **Antimicrob. Agents Chemother.**, 38, 403-406.

DAVIS, B.D., MINGIOLI, E. S. (1953). Aromatic biosynthesis. VII. Accumulation of two derivatives of shikimic acid by bacterial mutants. **J. Bacteriol.** 66, 129-136.

DEUBER, R. Maturação da cana-de-açúcar na região sudeste do Brasil: In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 4., 1988, Piracicaba. **Anais...** p. 33-40.

DENIS MH AND DELROT S (1993) Carrier-mediated uptake of glyphosate in broad bean (*Vicia faba*) via phosphate transporter. **Plant Physiol** 87:568–575.

DEVINE, M.D.; BANDENN, J.D.; MCKERSIE, B.D. Temperature effects on glyphosate absorption, translocation and distribution in quackgrass (*Agropyron repens*). **Weed Science**. Champaign, v.31. p.461-464, 1983.

DOORENBOS, J. & KASSAM, A.H. Yield response to water irrigation and drainage. Rome: FAO, 1979. 193 p.

DUKE, S. O.; BAERSON, S. R.; RIMANDO, A. M. Herbicides: Glyphosate. In: PLIMMER, J. R.; GAMMON, D. W.; RASGSDALE, N. N. (Eds.) *Encyclopedia of Agrochemicals*. New York: John Wiley & Sons, 2003. Disponível em <http://www.mrw.interscience.wiley.com/ea/articles/agr119/frame.html>>

DUKE, S.O., WEDGE, D.E., CERDEIRA, A.L., MATALLO, M.B. Interactions of Synthetic Herbicides with Plant Disease and Microbial Herbicides. M. Vurro & J. Gressel (eds.). **Novel Biotechnologies for Biocontrol Agent Enhancement and Management**. 277-296. 2007, Springer.

FARMER, E.E. Surface-to-air signals. *Nature*, v.411, p.854-856, 2001.

FERNANDES, A. C.; STUPIELLO, J. P.; UCHOA, P. E. A. Utilização do Curavial para melhoria da qualidade da cana-de-açúcar. *Stab: Açúcar, Álcool e Subprodutos*, Piracicaba, v.20, n. 4, p. 43-45, 2002.

FERNANDES, A.C. **Cálculos na agroindústria da cana-de-.** Piracicaba: STAB, 2003. 240p.

FRANZ, J.E.; MAO, M.K.; SIKORSI, J.A. **Glyphosate**: A unique global herbicide. Washington: American Chemical Society, 1997 (monograph , 189).

FURIHATA, T.; SUZUKI,M.; SAHURAI,H. Kinetic characterization of two phosphate uptake system with different affinities in suspension-cultured *Catharanthus roseus* protoplasts. **Plant cell physiology**, v.33, p.1151-1157, 1992.

GAILLE, C.; KAST, P.; HAAS, D. Salicylate biosynthesis in *Pseudomonas aeruginosa*: Purification and characterization of PchB, a novel bifunctional enzyme displaying isochorismate pyruvate-lyase and chorismate mutase activities. *J. Biol. Chem.*, v.277, n.24, p.21768-21775, 2002.

GHELLER, A. C. A. Resultados da aplicação de maturadores vegetais em cana-de-açúcar, variedades RB72454 e RB835486 na região de Araras, SP. In: 4 Jornada Científica da UFS Car, 2001, São Carlos. *Resumos...* 2001.

GRUYS, K.J.; SIKORSKI, J.A. **Inhibitor of tryptophan, phenylalanine and tyrosine biosynthesis as herbicides**, Dekker: New York, 1999.

GRANTS, C.A. et al, 2001. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. *Potafós*, Piracicaba. n. 95, p. 1-5, 2001.

GREGGAINS, V.; FINCH-SAVAGE, W.E.; QUICK, W.P.; ATHERTON, N.M. Metabolism-induced free radical activity does not contribute significantly to loss of viability in moist-stored recalcitrant seeds of contrasting species. **New Phytologist**, Lancaster, v.148, p.267-276, 2000..

GRIFFITS, E. Iatrogenic Plant Diseases. *Ann. Rev. Phytopatol.*, 19: 69-82, 1981

GUILLET, G.; POUPART, J.; BASURCO, J.; LUCA, V.D. Expression of tryptophan decarboxylase and tyrosine decarboxylase genes in tobacco results in altered biochemical and physiological phenotypes. *Plant Physiol.*, v.122, p.933-943, 2000.

HANSCK, C. & ANDERSON, S. The effect of intramolecular hydrogen bonding on partition coefficients. *J. Org. Chem.*, Easton, v.32, p.2583-2586, 1967.

HARRING, T.; STEIBEIG, J.C.; HUSTED, S. Accumulation of shikimic acid: A technique for screening glyphosate efficacy. *J. Agric. Food Chem.* 46: 4406 - 4412, 1998.

HENRY, B.W.; SHANER, D.L.; WEST, M.S. Shikimate accumulation in sunflower, wheat and proso millet after glyphosate application. *Weed Sci.* 55: 1- 5, 2007.

HESS F.D. Herbicide effects on plant structure, physiology, structure, physiology, and biochemistry. In: **Altman J (ed) Pesticide Interactions in Crop Production: Beneficial and Deleterious Effects.** CRC Press, London, 579 pp. 1993.

HOPPO, S.D.; ELLIOT, D.E.; REUTER, D.J. Plant tests for diagnosing phosphorus deficiency in barley (*Hordeum vulgare* L.). **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.39, p.857-872, 1999.

HSU, F. & KLEIDER, D.M. Phloem mobility of xenobiotic. III. Sensitivity of unified model to plant parameters and application to patented chemical hybridizing agents. **Weed Science**, Champaign, v.38, n.3, p.315-323, 1990.

HOSKINSON, R. L. Using GIS in the national site-specific technologies for agriculture. ASAE, 1995. IBGE, 2007. acesso em: 21/02/2009. [http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_imprensa.php?id\\_noticia=1290](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_imprensa.php?id_noticia=1290)

JUNG, H.G., VOGEL, K.P. 1992. Lignification of switchgrass (*Panicum virgatum*) and big bluestem (*Andropogon gerardii*) plant parts during maturation and its effect on fibre degradability. *J. Sci. Food Agric.*, 59:169-176.

JUNG, H.G.; DEETZ, D.A. Cell wall lignification and degradability. *In: Forage cell wall structure and digestibility.* ed. JUNG, H.G., BUXTON, D.R., HATIFIELD, R.D. et al. Madison:America Society of Agronomy, Crop Sci. Society of America, Soil Sci. Society of America, p.315-346, 1993.

KAUSS, H.; JEBLICK, W. Pretreatment of parsley suspension cultures with salicylic acid enhances spontaneous and elicited production of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. **Plant Physiol.**, v.108, p.1171-1178, 1995.

KING, C. A.; PURCELL, C. C.; VORIES, E. D. Plant growth and nitrogenase activity of glyphosate-tolerant soybean in response to foliar glyphosate applications. **Agronomy Journal**, Madison, v. 93, p. 179-180, 2001.

KOGER, C.H.; et al. Rice (*Oryza sativa*) response to drift rates of glyphosate. **Pest. Science.** v. 61, n.12, p.1161-1167, 2005.

KOGER, C.H., et al.. Assessment of two nondestructive assays for detecting glyphosate resistance in horseweed (*Conyza canadensis*). **Weed Sci.** 53:438-445, 2005.

KREMER, R. J.; DONALD, P. A.; KLASER, A. J.; MINOR, H. C. **Herbicide impact on *Fusarium* spp. and soybean cyst nematode in glyphosate 'tolerant' soybean.** Madison: American Society of Agronomy, Title summary, 503-104D, 2001.

LAM, E.; KATO, N.; LAWTON, M. Programmed cell death, mitochondria and the plant hypersensitive response. *Nature*, v.411, p.848-853, 2001.

LANÇAS, F. M. **Validação de métodos cromatográficos de análise**. São Carlos: RiMa, 2004, 62p.

LANES, E.C.M. Comparação de metodologias para determinação da concentração de fibra em detergente ácido em silagens de milho **Resumos - XXIX Semana de Biologia e XII Mostra de Produção Científica – UFJF**, 2006.

LEITE GHP (2005) *Maturação induzida, alterações fisiológicas, produtividade e qualidade tecnológica da cana-de-açúcar (Saccharum officinarum L.)*. Tese. UNESP, Botucatu, Brasil. 141 pp.

LIANG, X. et al. The 1-aminociclopropane-1-carboxilato synthase gene family of *Arabidopsis thaliana*. **Proc. Natl Acad. Sci. USA**.89:11046-11050, 1992

MALAVOLTA, E.; HAAG, N. P. Nutrição e adubação. In MALAVOLTA, E. **Cultura e adubação da cana-de-açúcar**. São Paulo: Instituto Brasileiro da Potassa, p.237-278, 1964.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do Estado Nutricional das Plantas. 2. ed. Potafós, Piracicaba, SP. 1997. 319 p.

MATHEWS, C.K., VAN HOLDE, K.E. (1990). **Biochemistry**, Benjamin Cummings, 1130p., California, USA.

MAUCH, F. et al. Manipulation of salicylate content in *Arabidopsis thaliana* by the expression of an engineered bacterial salicylate synthase. *Plant J.*, v.25, n.1, p.67-77, 2001.

MAUCH-MANI, B. & SLUSARENKO, A.J. Production of salicylic acid precursors is a major function of phenylalanine ammonia-lyase in the resistance of *Arabidopsis* to *Peronospora parasitica*. *Plant Cell*, v.8, p. 203-212. 1996.

MAZHOUDI, S.; CHAOUI, A.; GHORBAL, M.H.; EL FERZANI, E. Response of antioxidant enzymes excess copper in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill). **Plant Science**, Madison, v.127, p.129-137, 1997.

MENDES NETO, J.; NEIVA, J. N. M.; VASCONCELOS, V. R. et al. Uso da cana-de-açúcar na terminação de ovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. *Anais...* Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia/Gnosis, [1998] CD-ROM.

MINSON D.J. 1990. Forage in Ruminant Nutrition. **Academic Press**, San Diego.

MORIN, F. et al. Glyphosate uptake in *Catharanthus roseus* cells: role of a phosphate transporter. 58: 13-22, 1997.

MOUSDALE, D. M.; COGGINS, J. R. Amino Acid Synthesis. In: Target Sites for Herbicide Action. Ralph C. Kikwood. University of Strathclyde, Glasgow, United Kingdom. p. 29-56, 1991.

MUELLER, T.C.; MASSEY, J.H.; HAYES, R. M.; MAIN, C.L.; STEWART Jr.,N. Shikimate Accumulates in Both Glyphosate-Sensitive and Glyphosate-Resistant Horseweed (*Conyza canadensis* L. Cronq.). **J. Agric. Food Chem.**, 51:680-84,2003.



NEUMANN, G.; et al. Relevance of glyphosate transfer to non-target plants via the rhizosphere. **Journal of Plant Diseases and Protection**. Special Issue/Sonderheft XX, 963-969, 2006.

OLIVEIRA, D. A., et al. Ação do maturador sulfemeturon methyl na cana-de-açúcar cultivar SP70-1143. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasília, v.5, n.1,p.82, 1993.

OLIVEIRA, M.W.; BARBOSA, M.H.P.; MURILO, C.; ANDRADE, M.B.M.; MENDES, L.C. (2001). Análise quantitativa do crescimento da variedade de cana-de-açúcar RB 2454. In: Encontro de Botânicos de MG, BA e ES. **Resumos do XXIII Encontro de Botânicos de MG, BA e ES**. UFV/SBB. Vol.1, p.89-89.

OSSIPOV, V.; et al. Gallic acid and hydrolysable tannins are formed in birch leaves from an intermediate compound of the shikimate pathway. **Biochem. System. Ecol.**, v.31, p.3-16, 2003.

PLANALSUCAR, **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil**, Piracicaba, 1983.

PONTN, J.C. Avaliação de maturadores vegetais na cana-de-açúcar. **Alcool e açúcar**, v.77, p.16-18, 1995.

PLINE, W.A; WILCUT, J.W.; DIKE, S.O.; EDMISTEN, K.L.; WELLS, R. Tolerance and Accumulation of Shikimic Acid in Response to Glyphosate Applications in Glyphosate-Resistant and Nonglyphosate-Resistant Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) **J. Agric. Food Che.** 50:3, 506-512.2002.

POPOVA, L.; PANCHEVA, T.; UZUNOVA, A. Salicylic acid: properties, biosynthesis and physiological role. **Bulg. J. Plant. Physiol.**, v.23, n.1, p.85-93, 1997.

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

RAGOTHAMA, K.G. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology. V.50, p.665-669, 1999.

RAIJ, B., ET AL. **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed., Campinas. IAC, 1997, 285 p. (Boletim técnico, 100).

RASKIN, I.; SKUBATZ, H.; TANG, W. & MEEUSE, B.J.D. Salicylic acid levels in thermogenic and nonthermogenic plants. **Annual of Botany**, Colombo, v.66, n.4, p.376-378, 1990.

REIS, M.R., et al. Dinâmica de nutrientes em tecidos foliares de cana-de-açúcar após aplicação de herbicidas. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 26, n. 1, p. 175-184, 2008

RIPPERT, P.; SCIMEMI, C.; DUBALD, M.; MATRINGE, M. Engineering plant Shikimate pathway for production of tocotrienol and improving herbicide resistance. **Plant Physiology**, v.134, p.92-100, 2004.

ROMEIRO, R.S. Indução de Resistência em Plantas a Patógenos pela Microbiolização de Sementes com PGPR. acesso: 17/01/2009. <http://www.ufv.br/dfp/bac/pelotas.html>

RUFTY, T.W., ISRAEL, D.W., QUI, J. Phosphate regulation of nitrate assimilation of soybean. **Journal of Experimental Botany**. V.44, p.879-891, 1993.

RUUHOLA, T. & JULKINEN-TITO, R. Trade-off between synthesis of salicylates and growth of micropropagated *Salix pentandra*. **J. Chem. Ecol.**, v.29, n.7, p.1565-1588, 2003.

RYALS, J.A. et al. Systemic Acquired resistance. **The Plant Cell**, v.8, p.1809-1819, 1996.

ROMERO, E.R.; et al.. Actualización de las recomendación de manejo de glifosato como madurador de la caña de azúcar. **Avance Agroindustrial**, Tucuman, v.21,n.22, p.22-27, 2000.

RODRIGUES, J.D. **Fisiologia da cana-de-açúcar**. Botucatu: Instituto de Biociências – Universidade Estadual Paulista, 1995. 99p. (Apostila)

RODRIGUEZ-AMAYA, D.; KIMURA, M. HARVESTPLUS **Handbook for Carotenóides Analysis**. Washington, DC and Cali: IFPRI and CIAT, 2004. 58p. (HarvestPlus Technical Monograph,2).

RUDORFF, B. F. T., SHIMABUKURO, Y. E., BATISTA, G. T., LEE, D. The contribution of qualitative variables to a sugarcane yield model based on spectral vegetation index. In: VII Simposio Latinoamericano de Percepción Remota, 1995, Puerto

SAKANO, K. Próton/phosphate stoichiometry in uptake of inorganic phosphate by cultured cell *Catharanthus roseus* (L.) . **Plant physiology**, v.67, p.797-801, 1990.

SALIBA, E.O.S., et al. Ligninas – métodos de obtenção e caracterização química. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.5, p.917-928, 2001.

SARKANEN, K.V., HERGERT, H.L. (1971). Definition and nomenclature. In Lignins: Occurrence, Formation, Structure and Reactions, **K.V. Sarkanen** and C.H. Ludwig, eds (New York: Wiley Intersciences),p. 43-94.

SANT'ANNA, L. A. C. *Influência da aplicação de maturadores químicos, sobre as características químico-tecnológicas da cana-de-açúcar (Saccharum spp, var. SP 70-1143)*. 1991. 95 f. Monografia (Trabalho de graduação em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1991.

SENGIK, E; KIEHL, J. C. Controle da volatilização de amônia em terra tratada com uréia e turfa pelo emprego de sais inorgânicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, n.3, p.455-461, 1995.

SHAH, J. The salicylic acid loop in plant defense. **Curr. Opin. Plant Biol.**, v.6, p.365-371, 2003.

SHETIYA, H.L.; DENDSAY, J.P.S. Morpho-physiological and quality traits in sugarcane in response to post emergence treatment with 2-chloroethyl-phosphonic acid. **Indian Sugar**, Nova Delhi, v.41, n.1, p.37-40, 1991.

SHULAEV, V.; SILVERMAN, P.; RASKIN, I. Airborne signaling by methyl salicylate in plant pathogen resistance. **Nature**, v.385, p.718-721, 1997.

SINGH, B.K. & SHANER, D.L. Rapid determination of glyphosate injury to plants and identification of glyphosate-resistant plants. **Weed Technol.** 12:527 - 530, 1998.

SILVA, A. C.; SANTOS, A. R.; PAIVA, A. V. de. Translocação de nutrientes em folhas de *Hevea brasiliensis* (Clone) e em acículas de *Pinus oocarpa*. **R. Un. Alfenas**, Alfenas, v. 4, p. 11-18, 1998

SILVA JUNIOR L. D. **Estágio de desenvolvimento exigências da cultura cana-de-açúcar**. Viçosa: UFV, 2001.

SILVA M.A, Uso de reguladores de crescimento como potencializadores do perfilhamento e da produtividade em cana soca. **Bragantia**, Campinas. v.66, n.4, p. 545-552, 2007.

SILVEIRA NETO, T. 1992. Software especial para programação de colheita. **Álcool & Açúcar**, 12 (61): 38 - 41.

STAUFFER ME, YOUNG JK, HELMS GL AND EVANS JNS. Chemical shift mapping of shikimate-3-phosphate binding to the isolated N-terminal domain of 5- nolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase. **Fed of Europ Biochem Soc** 499:182-86, 2001.

STAUFFER, M.E.; et al. Chemical shift mapping of shikimate-3 phosphate binding to the isolated N-terminal domain of 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate syntase. **Fed Europ Biochem Soc.** 499, p.182-186, 2001.

STICHER, L., MAUCH MANI, B. & METRAUX, J. P. Systemic acquired resistance. **Annual Review of Phytopathology**, 35: 235-270, 1997

STUIVER, M.H.; CUSTERS, J. H.H.V. Engineering disease resistance in plants. **Nature**, v.411, p.865-868, 2001.

SPRINSON, D.B. (1960). The biosynthesis of aromatic compounds from D-glucose. **Adv Carbohydrate Chem.** 15, 235–270.

SUZUKI, J. Biossíntese e acúmulo de sacarose em cana-se-açúcar (*Saccharum spp*). Influência do íon potássio durante diferentes estádios de crescimento em solução nutritiva. Piracicaba: ESALQ, 1982. 96 P. **Tese de Doutorado.**

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. São Paulo: Artmed Editora, 2002. 719 p.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. trad. Eliane Romato Santarém et. al.. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2003. 719 p.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.449-484.

TANNER, G.J. et al A.R. Proanthocyanidin biosynthesis in plants: Purification of legume leucoanthocyanidin reductase and molecular cloning of its cDNA. **J. Biol. Chem.**, v.278, n.34, p.31647-31656, 2003.

TAUPIER, L. O. G. & RODRÍGUEZ, G. O. A cana-de-açúcar. In: ICIDCA. **Manual dos derivados da cana-de-açúcar**: diversificação, matérias-primas, derivados do bagaço, derivados do melão, outros derivados, resíduos, energia. Brasília: ABIPTI, 1999. cap. 21. p.21-27.

TEGELEN VAN, L.J.P et al. Purification and cDNA cloning of isochorismate synthase from elicited cell cultures of *Catharanthus roseus*. **Plant Physiol.**, v.119, p.705-712, 1999.

UKNES, S.; et al. Acquired resistance in Arabidopsis. **The Plant Cell**, v. 4, p.645-656, 1992.

União da Agroindústria Canavieira de São Paulo – UNICA. Cana-de-açúcar: produtos. Disponível em: [http://www.unica.com.br/pages/cana\\_produtos.asp](http://www.unica.com.br/pages/cana_produtos.asp). Acesso em: 14 nov. 2004.

Vallarta. Memorias del VII Simposio Latinoamericano de Percepción Remota. SELPER e SIE, 1995. **Anais...** v.1, p. 705-708.

VAN SOEST P.J. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant. Cornell University Press. New York. 476 pp.

VAN SOEST P.J. 1965. Voluntary intake relation to chemical composition and digestibility. **J. Animal Sci.**, 24(3): 834-844.

VERECKEN, H. Mobility and leaching of glyphosate: a review. **Pest Management Science**, v. 61, p. 1139-1151, 2005.

VIATOR, B.J.; VIATOR, C.; JACKSON, W.; WAGUESPACK, H.; RICHARD JR., E.P. Evaluation of potassium-based ripeners as an alternative to glyphosate and the effects of 2,4-D on herbicidal cane ripening., **Sugar Journal**, New Orleans, v. 66, n. 1, p. 21, 2003.

VILLEGAS, F.T.; TORRES, J.S.A. Efecto del Roundup usado como madurante en la producción de caña de azúcar. **International Sugar Journal.**, v. 95, n. 1130, p. 59-64, 1993.

ZABLOTOWICZ , R.M.; REDDY, K.N. Impact of glyphosate on the Bradyrhizobium japonicum symbiosis with glyphosate-resistant transgenic soybean: a minireview. **J. Environ Qual.** v.33, n.3, p.825-831,2004.

ZONÍ, J.; AMRHEIN, N. Inhibitors of phenylalanine ammonia-lyase: 2-aminoindan-2-phosphonic acid and related compounds. **Liebigs Ann. Chem.**, p.625-628, 1992.

ZONÍ, J.; et al. Experimental and ab initio calculated structures of 2-aminoindane-2-phosphonic acid, a potent inhibitor of phenylalanine ammonia-lyase and theoretical studies of its binding to the model enzyme structure. **New. J. Chem.**, v.28, p.1048-1055, 2004.

WANG, C. Effect of Glyphosate on Aromatic Acid Metabolism in Purple Nutsedge (*Cyperus rotundus*). **Weed Technol.** 15 (4): 628-635, 2001.

WARD, E.R.; et al. Coordinate gene activity in response to agents that induce systemic acquired resistance. **The Plant Cell**, v.3, p.1085-1094, 1991.

WHETTEN, ROSS' and SEDEROFF, RON. Lignin Biosynthesis. **The Plant Cell**, Vol. 7, 1001-1013, American Society of Plant Physiologists, 1995.

WHITHAM, F.H.; BLAYDES, D.F.; DEVLIN, R.M. **Experiment in plant physiology**. New York: D. Van Nostrand Company, 1971. p.55-58.

WIEDENFELD, B. Enhanced sugarcane establishment using plant growth regulators. **Journal American Society of Sugarcane Technologists**, Canal Point, v. 23, p.48-61, 2003.

WILBERT, S.M., ERICSSON, L.H., GORDON, M.P. Quantification of jasmonic acid, methyl jasmonate and salicylic acid in plants by capillary liquid chromatography electrospray tandem mass spectrometry. **Anal. Biochem.**, v.257, p.186-194, 1998.

WILDERMUTH, M.C.; DEWDNEY, J.; WU, G.; AUSUBEL, F.M. Isochorismate synthase is required to synthesize salicylic acid for plant defense. **Nature**, v.44, p.562-571, 2001.