

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

**EFICÁCIA DA MISTURA DE GLIFOSATO A OUTROS
MATURADORES NA CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum spp.*)**

GABRIELA FERRAZ DE SIQUEIRA

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

BOTUCATU - SP

Agosto 2009

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

**EFICÁCIA DA MISTURA DE GLIFOSATO A OUTROS
MATURADORES NA CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum spp.*)**

GABRIELA FERRAZ DE SIQUEIRA

Engenheira Agrônoma

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alexandre Costa Crusciol

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

BOTUCATU - SP

Agosto 2009

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

S618e Siqueira, Gabriela Ferraz de, 1980-
Eficácia da mistura de glifosato a outros maturadores na cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) / Gabriela Ferraz de Siqueira . - Botucatu : [s.n.], 2009.
xi, 88 f. : il. color., gráfs., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2009
Orientador: Carlos Alexandre Costa Crusciol
Inclui bibliografia.

1. Cana-de-açúcar. 2. Glifosato. 3. Maturadores. 4. Rebrotada da soqueira. 5. Açúcar - Produtividade. I. Crusciol, Carlos Alexandre Costa. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

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

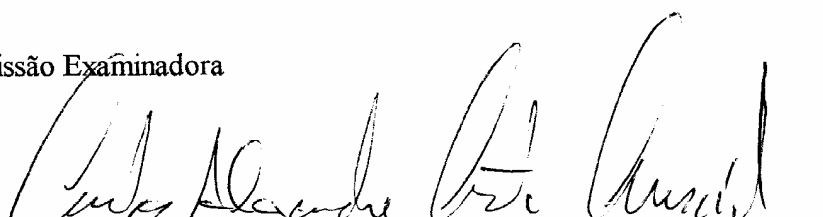
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: “EFICÁCIA DA MISTURA DE GLIFOSATO A OUTROS MATURADORES NA
CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum* spp.)”

ALUNA: GABRIELA FERRAZ DE SIQUEIRA

ORIENTADOR: PROF. DR. CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL

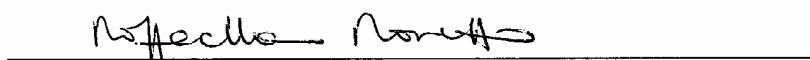
Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL



PROF. DR. MARCELO DE ALMEIDA SILVA



PROF.ª DR.ª RAFFAELLA ROSSETTO

Data da Realização: 28 de agosto de 2009.

Aos meus pais, Bernardo Ferraz de Siqueira e Dulcinéia Comparotto Ferraz de Siqueira, que sempre foram para mim o maior exemplo de força, superação e honestidade.

Às minhas irmãs, Patrícia Ferraz de Siqueira, Ana Claudia Ferraz de Siqueira e Olga Maria Ferraz de Siqueira, aos meus cunhados, Alexandre Marcelo da Silva, Fabio Dias Granito e Eduardo Cândido Torres, e meus sobrinhos, Matheus Ferraz de Siqueira Silva e Thaís Ferraz de Siqueira Granito, que com um simples abraço conseguiam recarregar toda a minha energia para mais um dia.

À minha irmã Antônia Maria Ferraz de Siqueira (in memoriam), que estava ausente no corpo, mas muito presente na alma e no coração.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus.

Ao Prof. Dr. Carlos Alexandre Costa Crusciol, por sua orientação, amizade, paciência e confiança, fundamentais para o desenvolvimento do projeto e também pessoal.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo apoio financeiro, concedido através de auxílio à Pesquisa.

À Capes, pelo apoio financeiro concedido através de bolsa de estudos.

Ao Prof. Dr. Leandro Borges Lemos, por ter me auxiliado nesta empreitada, confiando em meu trabalho e indicando o melhor caminho para que eu chegasse até aqui.

Às minhas avós Olga e Dulce, meus tios e primos, que em um simples almoço de domingo, um abraço dado, ou mesmo um telefonema, conseguiram transmitir toda força e carinho, indispensáveis a qualquer ser humano.

Ao meu amigo Glauber Henrique Pereira Leite que não hesitou em passar seus conhecimentos e me auxiliar desde o início do trabalho e se tornou meu irmão por toda amizade e consideração demonstradas.

Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal (Agricultura), em especial à Ilanir Rosane R. Bocetto e Vera Lúcia Rossi, pelo auxílio e amizade.

Aos professores Waldemar Gastoni Venturini Filho e Giuseppina Pace Pereira Lima pelos ensinamentos e auxílio, e aos amigos do Laboratório de Bebidas do Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial FCA/UNESP, em especial à Camila Cristina Bueno Sacomani, pela colaboração e amizade.

Ao Grupo COSAN – Unidade Barra, ao Tecnólogo Sebastião Santos Ribeiro (coordenador de desenvolvimento técnico), Adauto Aparecido Biega (encarregado de desenvolvimento técnico), Fernando Zola (analista de controles operacionais), aos auxiliares de desenvolvimento técnico de campo, Dirceu Olímpio, Bruno, Cleber Zola, Vacari, Wardo, Rodrigo Bixiguiha, Tonho e outros, pela cessão das áreas agrícolas, apoio e contribuição para o desenvolvimento deste estudo.

Aos amigos do curso de pós-graduação, principalmente à Deise Paula da Silva e Rodrigo Foltran, pela amizade, colaboração e companheirismo.

Aos meus amigos do coração, Nini, Camargo, Aninha, Dri, Rodrigão, Flávia, Marina Pereira, Ellis, Marina Menechino, Cynthia, Carol, e tantos outros que posso ter esquecido de citar, mas que não têm idéia da importância que têm para mim, por terem contribuído sempre com muito apoio e amizade, significando muito para a realização deste trabalho.

Para minhas amigas Lílian Guimarães e Maria Oliveira, por todo carinho e paciência e especialmente à Anne Caroline que me acompanha desde o início desta jornada transmitindo uma amizade muito sólida e verdadeira.

A todos, que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	VIII
LISTA DE FIGURAS	IX
1 RESUMO	1
2 SUMMARY	3
3 INTRODUÇÃO	5
4 REVISÃO DE LITERATURA	8
4.1 Importância da cultura da cana-de-açúcar (<i>Saccharum</i> spp.)	8
4.2 Enzimas relacionadas ao acúmulo de sacarose nos colmos e modificações nos processos fisiológicos	9
4.3 Maturadores químicos	10
5 MATERIAL E MÉTODOS	17
5.1 Característica e localização da área experimental	17
5.2 Delineamento experimental e tratamentos	20
5.3 Instalação e condução dos experimentos	20
5.4 Avaliações realizadas	22
5.4.1 Parâmetros biométricos	22
5.4.1.1 Altura de plantas e diâmetro de colmos	22
5.4.1.2 Produtividade de colmos, açúcar e margem de contribuição agrícola	23
5.4.1.3 Rebrotas da soqueira	24
5.4.2 Parâmetros bioquímicos	25
5.4.2.1 Determinação da quantidade e da atividade das invertases ácida solúvel (SAI) e neutra (NI) em caldo de cana	26
5.4.3 Parâmetros tecnológicos	27
5.4.3.1 Pol cana	27
5.4.3.2 Pureza do caldo	27
5.4.3.3 Açúcares redutores cana	28

5.4.3.4 Fibra cana	28
5.4.3.5 Açúcar teórico recuperável	29
5.4.3.6 Amido	30
5.5 Análise estatística	31
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
6.1 Eficácia da mistura de glifosato a sulfometuron metil	32
6.1.1 Invertases ácida e neutra	32
6.1.2 Altura de plantas e diâmetro de colmos	35
6.1.3 Pureza do caldo, açúcares redutores cana e fibra cana	37
6.1.4 Pol cana	43
6.1.5 Açúcar teórico recuperável	47
6.1.6 Amido	50
6.1.7 Produtividade de colmos e açúcar e margem de contribuição agrícola ..	52
6.1.8 Rebrotas da soqueira	54
6.2 Eficácia da mistura de glifosato a etil-trinexapac	56
6.2.1 Invertases ácida e neutra	56
6.2.2 Altura de plantas e diâmetro de colmos	59
6.2.3 Pureza do caldo, açúcares redutores cana e fibra cana	61
6.2.4 Pol cana	66
6.2.5 Açúcar teórico recuperável	69
6.2.6 Amido	71
6.2.7 Produtividade de colmos e açúcar e margem de contribuição agrícola ..	73
6.2.8 Rebrotas da soqueira	75
7 CONCLUSÕES	77
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Altura de plantas e diâmetro dos colmos de cana-de-açúcar, variedade RB855453, sob efeito de maturadores químicos. Igarapu do Tietê, SP, safras 2007 e 2008	36
Tabela 2. Produtividade de colmos (TCH), produtividade de açúcar (TPH) e margem de contribuição agrícola (MCA), na colheita da cana-de-açúcar, variedade RB855453, sob efeito de maturadores. Igarapu do Tietê-SP, safras 2007 e 2008	53
Tabela 3. Rebrotas da soqueira da cana-de-açúcar, variedade RB855453, sob efeito de maturadores. Igarapu do Tietê, SP, safras 2007 e 2008	55
Tabela 4. Altura de plantas e diâmetro dos colmos de cana-de-açúcar, variedade RB855453, sob efeito de maturadores químicos. Igarapu do Tietê, SP, safras 2007 e 2008	60
Tabela 5. Produtividade de colmos (TCH), produtividade de açúcar (TPH) e margem de contribuição agrícola (MCA), na colheita da cana-de-açúcar, variedade RB855453, sob efeito de maturadores. Igarapu do Tietê-SP, safras 2007 e 2008	74
Tabela 6. Rebrotas da soqueira da cana-de-açúcar, variedade RB855453, sob efeito de maturadores. Igarapu do Tietê, SP, safras 2007 e 2008	76

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Precipitação (mm dia ⁻¹), temperaturas máxima e mínima (°C), registrados durante a condução dos experimentos nos anos agrícolas de 2007 e 2008 .	18
Figura 2. Situação do Balanço hídrico mensal registrado durante a condução do experimento nos anos agrícolas de 2007 e 2008, no município de Igarapu do Tietê-SP	19
Figura 3. Preparo dos produtos de acordo com a dosagem comercial recomendada e barra de aplicação em “T”. Igarapu do Tietê, SP. Safra 2007	21
Figura 4. Produto a ser aplicado na parcela correspondente ao tratamento e aplicação dos maturadores químicos. Igarapu do Tietê, SP. Safra 2007	21
Figura 5. Medição da altura de plantas e diâmetro dos colmos. Igarapu do Tietê, SP. Safra 2007	23
Figura 6. Pesagem das parcelas do experimento através de célula de carga e detalhe do dinamômetro com a leitura efetuada. Igarapu do Tietê, SP. Safra 2007 ...	24
Figura 7. Rebrotas da soqueira aos 60 DAC. Igarapu do Tietê, SP. Safra 2007	25
Figura 8. Amostra de colmos para determinação das análises tecnológicas e bioquímicas. Igarapu do Tietê, SP e moenda do laboratório de bebidas - Unesp. Botucatu, SP. Safra 2007	26
Figura 9. Atividade das enzimas invertases ácida e neutra, do 1/3 superior dos colmos de cana-de-açúcar, variedade RB855453, sob efeito de maturadores. Igarapu do Tietê, SP, safras 2007 e 2008. ** e * são significativos ao nível de 5% e 10% pelo teste T, respectivamente	33
Figura 10. Pureza do caldo, açúcares redutores cana (AR cana) e fibra cana, do 1/3 superior do colmo de cana-de-açúcar, variedade RB855453, sob efeito de maturadores. Igarapu do Tietê, SP, safras 2007 e 2008. * e ** são significativos ao nível de 10% e 5% pelo teste T, respectivamente	38

- Figura 11. Pureza do caldo, açúcares redutores cana (AR cana) e fibra cana, dos 2/3 inferiores do colmo de cana-de-açúcar, variedade RB855453, sob efeito de maturadores. Igarapu do Tietê, SP, safras 2007 e 2008. * e ** são significativos ao nível de 10% e 5% pelo teste T, respectivamente 42
- Figura 12. Pol cana (%), no 1/3 superior do colmo, nos 2/3 inferiores do colmo e no colmo inteiro, em cana-de-açúcar, variedade RB855453, sob efeito de maturadores. Igarapu do Tietê, SP, safras 2007 e 2008. * e ** são significativos ao nível de 10% e 5% pelo teste T, respectivamente 44
- Figura 13. Açúcar teórico recuperável cana, no 1/3 superior do colmo de cana-de-açúcar e nos 2/3 inferiores do colmo, variedade RB855453, sob efeito de maturadores. Igarapu do Tietê, SP, safras 2007 e 2008. * e ** são significativos ao nível de 10% e 5% pelo teste T, respectivamente 48
- Figura 14. Teor de amido no 1/3 superior do colmo de cana-de-açúcar, variedade RB855453, sob efeito de maturadores. Igarapu do Tietê, SP, safras 2007 e 2008. ** e * são significativos ao nível de 5% e 10% pelo teste T, respectivamente 51
- Figura 15. Atividade das enzimas invertases ácida e neutra, do 1/3 superior dos colmos de cana-de-açúcar, variedade RB855453, sob efeito de maturadores. Igarapu do Tietê, SP, safras 2007 e 2008. ** e * são significativos ao nível de 5% e 10% pelo teste T, respectivamente 57
- Figura 16. Pureza do caldo, açúcares redutores (AR cana) e fibra cana, do 1/3 superior do colmo de cana-de-açúcar, variedade RB855453, sob efeito de maturadores. Igarapu do Tietê, SP, safras 2007 e 2008. * e ** são significativos ao nível de 10% e 5% pelo teste T, respectivamente 62
- Figura 17. Pureza do caldo, açúcares redutores (AR cana) e fibra cana, dos 2/3 inferiores do colmo de cana-de-açúcar, variedade RB855453, sob efeito de maturadores. Igarapu do Tietê, SP, safras 2007 e 2008. * e ** são significativos ao nível de 10% e 5% pelo teste T, respectivamente 64

- Figura 18. Pol cana (%), no 1/3 superior do colmo, nos 2/3 inferiores do colmo e no colmo inteiro, em cana-de-açúcar, variedade RB855453, sob efeito de maturadores. Igarapu do Tietê, SP, safras 2007 e 2008. * e ** são significativos ao nível de 10% e 5% pelo teste T, respectivamente 68
- Figura 19. Açúcar teórico recuperável cana, no 1/3 superior do colmo de cana-de-açúcar e nos 2/3 inferiores do colmo, variedade RB855453, sob efeito de maturadores. Igarapu do Tietê, SP, safras 2007 e 2008. * e ** são significativos ao nível de 10% e 5% pelo teste T, respectivamente 70
- Figura 20. Teor de amido no 1/3 superior do colmo de cana-de-açúcar, variedade RB855453, sob efeito de maturadores. Igarapu do Tietê, SP, safras 2007 e 2008. ** e * são significativos ao nível de 5% e 10% pelo teste T, respectivamente 72

1 RESUMO

A maturação natural, em início de safra, pode ser deficiente, mesmo em variedades precoces e o emprego de maturadores químicos destaca-se como uma ferramenta importante para antecipar o processo de maturação, promover melhorias na qualidade da matéria-prima a ser processada, otimizar os resultados agro-industriais e econômicos e auxiliar no planejamento da safra. Dentre os produtos utilizados, o glifosato é um dos que proporciona maior eficiência na antecipação da colheita, contudo, frequentemente diminui a rebrota da soqueira reduzindo a produtividade do canavial na safra posterior. Técnicos e produtores têm misturado o glifosato a outros maturadores, sem embasamento técnico-científico, acreditando melhorar a eficiência desses e como forma de redução de custo. O projeto teve por objetivo estudar a eficácia da mistura de glifosato a sulfometuron metil ou etil-trinexapac, e as alterações fisiológicas na cana-de-açúcar bem como suas implicações na produtividade, qualidade tecnológica e na rebrota da soqueira, em aplicação em início de safra. O projeto de pesquisa foi instalado e conduzido nos anos agrícolas de 2007 e 2008 em cana soca, em área pertencente ao GRUPO COSAN, Unidade Barra, no município de Igarapu do Tietê, Estado de São Paulo. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com cinco repetições. O experimento foi constituído de seis tratamentos: 1 – testemunha, sem aplicação de maturador, 2 - aplicação de glifosato (produto comercial Roundup), 3 - aplicação de sulfometuron metil (produto comercial Curavial), 4 - aplicação de etil-trinexapac (produto comercial Moddus), 5 - aplicação da mistura glifosato + sulfometuron metil e 6 - aplicação da

mistura glifosato + etil-trinexapac. As doses empregadas foram, respectivamente: 0,4 L p.c. ha⁻¹, 20 g p.c. ha⁻¹, 0,8 L p.c. ha⁻¹, 0,2 L p.c. ha⁻¹ + 15 g p.c. ha⁻¹ e 0,2 L p.c. ha⁻¹ + 0,5 g p.c. ha⁻¹. Foi utilizada a variedade de cana-de-açúcar RB855453 (maturação precoce). A aplicação dos maturadores ocorreu nos meses de março de 2007 e 2008, utilizando-se equipamento costal pressurizado (CO₂). Os resultados foram submetidos à análise de variância e, para os parâmetros avaliados em mais de três épocas de amostragens, os dados foram submetidos a regressão polinomial e as médias dos produtos comparadas pelo teste de Tukey a 10% de probabilidade. A aplicação de glifosato associado ao sulfometuron metil ou ao etil-trinexapac, na variedade de cana-de-açúcar RB855453, possibilitou as seguintes conclusões: A atividade das invertases ácida e neutra foi afetada de forma distinta para cada princípio ativo utilizado e houve similaridade entre a atividade destas isoenzimas com o acúmulo de sacarose nos colmos; Os maturadores, aplicados isoladamente ou em mistura, interromperam o crescimento das plantas em condições ambientais favoráveis à maturação e em condições desfavoráveis à maturação ocorreu crescimento, porém mais lento que a testemunha; A aplicação dos maturadores, isoladamente ou em misturas, antecipou a maturação em época chuvosa; A mistura de sulfometuron metil ou etil-trinexapac ao glifosato não proporcionou melhoria na qualidade, bem como na produtividade de colmos, de açúcar e na margem de contribuição agrícola da cana-de-açúcar, quando comparado ao glifosato isoladamente; O emprego do glifosato na dose 0,4 L ha⁻¹ em duas safras sucessivas diminuiu a rebrota da soqueira após o segundo ano.

Palavras chave: etil-trinexapac, sulfometuron metil, qualidade tecnológica, maturação, produtividade de colmos, produtividade de açúcar e rebrota da soqueira.

EFFECTIVENESS OF A MIXTURE OF GLYPHOSATE WITH OTHER RIPENERS IN SUGAR CANE (*Saccharum* spp.). Botucatu, 2009. 88 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: GABRIELA FERRAZ DE SIQUEIRA

Adviser: CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL

2 SUMMARY

The natural maturation, early harvest, may be poor, even in early varieties and the use of chemical ripeners stands out as an important tool to advance the maturation process, further improvements in the quality of raw material to be processed, optimize results agro-industrial and economic and assist in the planning of the harvest. Among the products used, glyphosate is one that provides greater efficiency in anticipation of the harvest, however, often reduces the regrowth of the ratoon cane reducing the productivity of sugarcane in crop later. Technicians and producers have mixed the glyphosate with other ripeners, without basement technical-scientific, believing to improve the efficiency and as to reduce costs. The project aimed to study the effectiveness of the mixture of glyphosate to sulfometuron methyl or ethyl-trinexapac, and physiological changes in sugar cane and its implications on productivity, technological quality and in the regrowth of the ratoon cane in application beginning of the season. The study was installed and conducted in the years 2007 and 2008 in ratoon cane, in area belonging to the COSAN GROUP, Barra Unit, in Igarapu do Tietê, São Paulo. The experimental design was in a randomized block design with five replications. Each experiment consisted of six treatments (1 - control, without application of ripener, 2 - application of glyphosate (commercial product Roundup), 3 - application of sulfometuron methyl (commercial product Curavial), 4 - application of ethyl-trinexapac (commercial product Moddus), 5 - application of the mixture glyphosate + sulfometuron methyl and 6 - application of the mixture glyphosate + ethyl-trinexapac. The doses were, respectively: 0,4 L c.p. ha⁻¹, 20 g ha⁻¹, 0,8 L c.p. ha⁻¹, 0,2 L c.p. ha⁻¹ + 15 g c.p. ha⁻¹ e 0,2 L c.p. ha⁻¹ + 0,5 g c.p. ha⁻¹. The

variety of sugar cane used was RB855453 (early maturing). The application of ripeners occurred in march of 2007 and 2008, with constant spraying pressure (CO₂). The results were submitted to analysis of variance and, for the parameters evaluated in more than three times of sampling, data were submitted to polynomial regression and the averages of the products compared by Tukey test at 10% probability. The application of Glyphosate associated with sulfometuron methyl or ethyl-trinexapac, on variety of sugar cane RB855453, allowed the following conclusions: The activity of acid and neutral invertase was affected differently for each active ingredient used and there was similarity between the activity of these isoenzymes with the accumulation of sucrose in the stems; The ripeners, applied singly or in combination, stopped the growth of plants in environmental conditions favorable to maturation and in conditions unfavorable to maturation occurred growth, but slower than the control; The application of ripeners, alone or in mixtures, anticipated maturation in the rainy season; A mixture of sulfometuron methyl or ethyl trinexapac with glyphosate did not improve the quality and productivity of stalks, sugar and agricultural contribution margin of sugar cane, compared to glyphosate alone; The use of glyphosate, dose 0.4 L ha⁻¹, in two successive years decreased the regrowth of ratoon after the second year.

Key words: ethyl-trinexapac, sulfometuron methyl, technological quality, maturation, stalks productivity, sugar productivity, regrowth of stumps.

3 INTRODUÇÃO

O Brasil, anualmente, vem batendo recordes de produção em grãos, óleos vegetais, açúcar e álcool. Além da busca incansável do produtor por sucessivos ganhos de produtividade e expansão de área cultivada, é preciso enaltecer toda a cadeia de produtos de alta tecnologia disponível e serviços especializados que dão suporte ao agronegócio. O conjunto desses fatores permite ao país a posição de destaque na liderança mundial nos campos da agricultura alimentar e energética, sendo a cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) uma das protagonistas deste quadro de sucesso, uma vez que o Brasil destaca-se como líder mundial nas agroindústrias do açúcar e do álcool.

A produtividade agrícola da cana-de-açúcar teve aumentos expressivos no país decorrente de novas variedades, manejo mais adequado do solo, uso de resíduos agroindustriais, aplicação racional de adubos e corretivos, expansão da safra, redução dos custos fixos, diversificação açúcar/álcool e utilização de recursos tecnológicos avançados que garantem boa qualidade da matéria prima.

Câmara (1993), em sua revisão de literatura, relata que a cana-de-açúcar apresenta quatro estádios fenológicos, que consistem em brotação e emergência, perfilhamento e estabelecimento da cultura, período de grande crescimento e maturação, e o conhecimento de todos os processos e de técnicas para melhorar o cultivo podem garantir o sucesso da cultura, bem como melhorias consideráveis na qualidade tecnológica e, conseqüentemente na produtividade de cana-de-açúcar e seus derivados.

Uma das técnicas utilizadas é o uso de maturadores químicos que permitem a antecipação da colheita da cana-de-açúcar, aliado à melhoria da qualidade da matéria-prima.

Os maturadores, definidos como reguladores vegetais, podem atuar alterando a atividade de enzimas (invertases) que catalisam o acúmulo de sacarose nos colmos, bem como promover alterações morfológicas e fisiológicas na planta, podendo implicar em modificações qualitativas e quantitativas na produção. Podem atuar promovendo ou não a diminuição do crescimento da planta, possibilitando incrementos no teor de sacarose, precocidade de maturação e aumento na produtividade. Sua aplicação no sistema de produção da cana-de-açúcar tem proporcionado maior flexibilidade no gerenciamento da colheita, altamente relevante para o planejamento da produtividade da cultura, além de propiciar a industrialização de matéria-prima de melhor qualidade.

O uso de maturadores pode provocar nas plantas reações oxidativas, durante as quais, espécies reativas de oxigênio são geradas, tais como o radical superóxido (O_2^-), peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e radical hidroxila (OH^\cdot), o que desencadeia reações que podem alterar a funcionalidade de algumas moléculas. Em contrapartida, as plantas ativam mecanismos de resposta ao estresse oxidativo, através de enzimas antioxidantes, como a peroxidase (POX), catalase (CAT) e superóxido dismutase (SOD), que atuam em determinados sítios de ação, minimizando os efeitos desse estresse.

Alguns produtos classificados como herbicidas também são utilizados como maturadores em cana de açúcar. Com a função de herbicida esses produtos atuam sobre sistemas enzimáticos ou proteínas específicas das plantas alterando sua funcionalidade. 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 doses subletais dos herbicidas, também pode ter implicações importantes alterando o balanço de processos metabólicos nas plantas.

Por meio dos resultados de pesquisa tem-se constatado que o glifosato, quando utilizado como maturador, é um dos que proporciona maior eficiência na antecipação da colheita, contudo, frequentemente diminui a rebrota da soqueira reduzindo a produtividade do canavial na safra posterior. Em função dessa constatação por parte de técnicos e produtores,

muitos utilizam o glifosato somente no último corte, ou seja, antes da renovação. O efeito fitotóxico da molécula facilita a destruição da soqueira para a reforma do canavial. Entretanto, por ser altamente eficiente como maturador, técnicos e produtores têm misturado o glifosato a outros maturadores, sem embasamento técnico-científico, acreditando melhorar a eficiência desses e como forma de redução de custo.

Há carência de informações que comprovem que a utilização do glifosato combinado com outros maturadores proporciona tais resultados, sem, contudo, afetar a brotação da soqueira, a qualidade e a produtividade da cultura da cana-de-açúcar nos próximos cortes. Em função do exposto, o projeto de pesquisa teve por objetivo estudar a eficácia da mistura de glifosato a sulfometuron metil ou a etil-trinexapac, bem como as alterações fisiológicas na cana-de-açúcar e suas implicações na produtividade, qualidade tecnológica e na rebrota da soqueira, em aplicação em início de safra.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Importância da cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) (Agrianual, 2009; Carvalho, 2004)

A cana-de-açúcar é uma das principais culturas para a economia agrícola brasileira e continua avançando em várias partes do território nacional, exercendo importante papel no contexto social, uma vez que a indústria sucroalcooleira é responsável pela geração de milhões de empregos diretos e indiretos.

A competitividade e adequação ambiental fazem do álcool uma alternativa aos combustíveis de origem fóssil e a necessidade da substituição destes derivados de petróleo pelos países desenvolvidos estimulou a demanda global pelo etanol. O Brasil respondeu a essa nova demanda com consecutivas safras recordes de cana-de-açúcar.

No Brasil, estima-se para a cultura na safra 2008/09, área colhida de 8,9 milhões de hectares, dos quais 7 milhões se destinam à produção de açúcar e álcool. A produção total de cana pode chegar a 558,6 milhões de toneladas pelas usinas, 11% a mais que na safra anterior. Além desse volume, estima-se, também, a produção de 151,6 milhões de toneladas de cana para outros fins, como mudas e fabricação de cachaça e rapadura. O crescimento da área de plantio deve-se, principalmente, ao registrado em Mato Grosso do Sul, com aumento de 28,4% e em Minas Gerais, com 20%. Os estados do Centro-Sul continuam

sendo os maiores produtores de cana, possuindo 85% da área total e os 15% restantes ficam nas regiões Nordeste e Norte.

Do volume total estimado para a indústria sucroalcooleira, 56,9% deve ser destinado à fabricação de álcool (317,8 milhões de toneladas), contra 43,1% para a produção de açúcar (240,8 milhões de toneladas). O país produzirá mais de 27 bilhões de litros de etanol, o que representa aumento de 20% em relação à safra passada, dos quais 64% são de álcool hidratado e 36% de álcool anidro. Em contrapartida, a produção de açúcar poderá ser mais modesta, com elevação de apenas 4,8% em relação à safra 2007/08.

A impulsão da demanda doméstica pelo álcool decorrente do aumento das vendas de veículos “flex fuel”, como consequência do grande diferencial de preços entre o álcool e a gasolina, bem como a tendência de utilização de maiores quantidades de álcool misturado à gasolina e o aumento da demanda pelo álcool brasileiro na frente internacional, favoreceram a maior rentabilidade oferecida pelo álcool e explica o aumento da produção de álcool em relação à produção de açúcar. Com isso, a produção de açúcar deverá ficar praticamente estabilizada, no entanto a produção de álcool deverá crescer significativamente, tanto o hidratado quanto o anidro.

4.2 Enzimas relacionadas ao acúmulo de sacarose nos colmos e modificações nos processos fisiológicos

As invertases (EC 3.2.1.26) têm função fundamental na partição dos fotossintetizados entre armazenamento e crescimento. A atividade da invertase ácida solúvel pode ser alta ou baixa, respectivamente, em condições favoráveis ao crescimento ou em condições desfavoráveis (estresse hídrico, fotoperíodo curto, temperaturas baixas, aplicação de maturadores).

Vieira et al. (1996a, 1996b) enfatizaram a função das invertases ácida e neutra solúveis (SAI e NI, respectivamente) e da invertase ácida ligada à parede celular na mobilização, utilização e acúmulo de sacarose em diferentes cultivares de cana-de-açúcar. Para Glasziou & Waldron (1964) e Lingle (1999) a SAI e a sacarose sintetase (SuSy) apresentaram correlação positiva com a taxa de alongamento dos internódios enquanto que,

para esta mesma fase, a atividade da sacarose fosfato sintetase (SPS ou UDP-glicose: D-frutose-6-P-2-D-glicosiltransferase, EC 2.4.1.14) revelou correlação inversa.

As condições ambientais podem ter grande influência na atividade das invertases e, neste contexto, Terauchi et al. (2000) relataram que a atividade da SAI diminuiu sobre condições frias, provavelmente a maior atividade da SPS e menor atividade da SAI resultou em aumento na concentração de sacarose no inverno, sobre baixas temperaturas, sugerindo que a atividade da SPS é um dos fatores envolvidos no controle do acúmulo de sacarose em cana-de-açúcar. Leite et al. (2009a) observaram aumento na atividade de SAI através do uso de maturadores químicos sob alta precipitação pluvial, condição favorável ao desenvolvimento vegetativo da cana-de-açúcar. No entanto, sob queda de temperatura e precipitação pluvial, condição favorável à maturação natural, a aplicação de maturadores químicos proporcionou elevada atividade da NI.

Lingle (1997) sugeriu que a atividade da SAI foi responsável pelo controle do crescimento em plantas de cana-de-açúcar. Observou que a concentração total de açúcar e sacarose aumentou enquanto que a atividade da SAI diminuiu durante a maturação dos internódios, levando-o a concluir que esta enzima suprime o acúmulo de açúcar.

A atividade da NI e o teor de sacarose, em internódios maduros, guardam uma estreita relação. A SAI vacuolar permite o acúmulo e o efetivo armazenamento de sacarose, quando praticamente ausente (Suzuki, 1983). Também Rose & Botha (2000) encontraram correlação significativa entre o teor de sacarose e o nível de NI.

Os reguladores vegetais promovem alterações de intensidades distintas e significativas na atividade enzimática das invertases ácida e neutra (LEITE et al., 2009a).

4.3 Maturação e maturadores químicos

A cana-de-açúcar é uma planta C4 adaptada às condições de alta intensidade luminosa, altas temperaturas e relativa escassez de água, já que necessita de grandes quantidades para suprir suas necessidades, principalmente no período de brotação e desenvolvimento da cultura. A principal diferença metabólica das plantas C3 em relação às C4 refere-se a um tipo principal de células que contém cloroplastos, as células do mesofilo,

enquanto as plantas C_4 possuem dois tipos distintos de células que contém cloroplastos, as células do mesófilo e da bainha vascular, onde os primeiros intermediários estáveis da fotossíntese são os ácidos C_4 malato e aspartato (TAIZ e ZEIGER, 2004).

O conhecimento do ciclo da cultura é imprescindível para se obter sucesso nesta atividade, tendo em vista a importância da interação dos fatores planta, ambiente de produção e manejo, os quais afetam diretamente a produtividade econômica, sendo que os objetivos básicos do processo produtivo canavieiro são produtividade, qualidade e longevidade do canavial.

A cana-de-açúcar apresenta quatro estádios fenológicos: brotação e emergência, perfilhamento e estabelecimento da cultura, período de intenso crescimento e maturação. Este último estágio pode ser abordado sob três diferentes pontos de vista: botânico (após a emissão de flores e formação de sementes que possam originar novas plantas e, tendo em vista a reprodução vegetativa, tal conceito pode ser extrapolado para as gemas vegetativas), fisiológico (quando os colmos atingem seu máximo potencial de armazenamento de sacarose) e econômico (a partir do momento em que apresentar teor mínimo de sacarose, como pol igual ou superior a 13% do peso do colmo) (DEUBER, 1988; CÂMARA, 1993).

É possível realizar uma estimativa do estágio ideal de maturação para obtenção de maior rendimento industrial, correlacionando-se a pol cana, que é um indicativo da quantidade de sacarose na cana-de-açúcar, a outros parâmetros tecnológicos como brix (teor de sólidos solúveis), pureza e açúcares redutores (AR) (FERNANDES, 2003).

As condições climáticas da região Sudeste do Brasil, principalmente do Estado de São Paulo, são propícias à maturação fisiológica natural da cana-de-açúcar com início nos meses de abril/maio e clímax no mês de agosto. A somatória das quedas gradativas de temperatura com a redução e interrupção da precipitação retarda e/ou inibe o desenvolvimento vegetativo da planta, enquanto o processo de fotossíntese continua ocorrendo normalmente, com a produção de sacarose, a qual é transportada e armazenada no vacúolo das células parenquimáticas nos entrenós do colmo (ALEXANDER, 1973; DEUBER, 1988).

A maturação natural, em início de safra, pode ser deficiente, mesmo em variedades precoces. Neste contexto, o emprego de maturadores químicos destaca-se como uma ferramenta importante. São produtos aplicados com a finalidade de antecipar o processo de maturação, promover melhorias na qualidade da matéria-prima a ser processada, otimizar

os resultados agro-industriais e econômicos e auxiliar no planejamento da safra, permitindo pois, o indispensável manejo da cultura em seu moderno sistema de produção (PONTIN, 1995).

Fatores como época de aplicação dos produtos químicos, doses utilizadas e época de corte da matéria-prima podem influir na eficiência dos produtos químicos inibidores de florescimento e maturadores da cana-de-açúcar.

A eficiência agrônômica dos maturadores depende da época de aplicação, da condição climática e da característica genética da variedade e em condições onde a maturação não é favorecida, como em aplicação fora de época ou em condições climáticas que não favorecem este processo, pode explorar o potencial genético das variedades quanto ao acúmulo de sacarose e melhorar a qualidade da matéria-prima (LEITE et al., 2009a; 2009c).

O glifosato inibe a síntese de triptofano, tirosina e fenilalanina (aminoácidos de cadeia aromática), sendo o primeiro, precursor da síntese de ácido indol acético (AIA), um regulador vegetal.

Trabalhos relatam o glifosato como alternativa técnica e econômica que permite flexibilizar o período de corte e manejar o comportamento das variedades. Segundo resultados obtidos, observa-se melhoria da qualidade da matéria-prima para a indústria, paralização do florescimento (redução do chochamento), otimização do potencial de maturação das variedades e maximização da margem de contribuição agrícola e industrial. Na literatura, freqüentemente, encontramos resultados demonstrando que a aplicação de glifosato tem promovido incrementos na pol cana, redução do chochamento e no teor de fibra, menor perda de volume de caldo, redução no número médio de entrenós por colmo e no peso da produção da cana-de-açúcar (GALLI, 1993; CASTRO et al., 2002).

Estudos relatam que o emprego de glifosato em cana-de-açúcar como maturador promoveu incremento no teor de açúcares recuperáveis e, conseqüentemente, na produção de açúcar. Há informações na literatura revelando diferenças mínimas entre as distintas formulações de glifosato aplicado à cultura da cana-de-açúcar, entretanto, todas as formulações promoveram incremento no teor de sacarose e na produção de açúcar em relação ao controle (VILLEGAS & TORRES, 1993; BENNETT & MONTES, 2003; VIATOR et al., 2003).

Galdiano (2008), estudando a qualidade de cana-de-açúcar submetida à aplicação de maturadores em final de safra, constatou que, de um modo geral, os maturadores utilizados não afetaram as características tecnológicas da matéria-prima, mas aos 45 dias após aplicação, os maturadores em mistura (etil-trinexapac + glifosato, etil-trinexapac + sulfometuron metil e sulfometuron metil + glifosato) resultaram em tendência de melhores qualidades do que a testemunha.

Leite (2005) relatou que maturadores da classe dos inibidores e reguladores vegetais não afetaram a rebrota da soqueira, contudo, o glifosato proporcionou o menor número de brotos, e Leite & Crusciol (2008) concluíram que o glifosato proporcionou elevados índices de brotação lateral e prejudicou a rebrota da soqueira.

Os herbicidas atuam sobre sistemas enzimáticos ou proteínas específicas das plantas alterando sua funcionalidade. 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 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 permitiram que 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 glifosato cujo antecessor, o glifosine (utilizado no Brasil como maturador e com o nome comercial Polaris), ainda é utilizado como regulador de crescimento em vários países. Na década de 70, observou-se que elevadas doses do glifosine poderiam promover a morte das plantas. A partir desta informação, foi desenvolvido um novo composto com menores dimensões moleculares e com maior afinidade à enzima EPSPs.

Considerando que elevadas doses do glifosine podem produzir o efeito do glifosato, deve ser esperado que pequenas doses do glifosato produzam os efeitos do

glifosine. Efetivamente, em cana-de-açúcar, o Glifosate foi antecedido como maturador, quando aplicado em baixas doses, pelo uso do glifosine. A maior atividade do glifosato em relação ao glifosine ocorre em função da maior facilidade de inserção no sítio de ação que se localiza entre as duas unidades que compõem a enzima EPSPs. A enzima EPSPs (5-enolpiruvilchiquimato 3-fosfato sintase, E.C. 2.5.1.19) atua na rota de síntese dos aminoácidos aromáticos e do ácido chiquimico (TAIZ & ZEIGER, 2004; RIPPET 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 & COGGINS, 1991).

O glifosato é o único composto disponível comercialmente no Brasil que atua na enzima EPSPs. Trata-se de um herbicida sistêmico, não seletivo e de amplo espectro, com translocação via simplasto e com absorção facilitada por proteínas transportadoras de grupos fosfato, que estão presentes na membrana. 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 (Peterson et al., 1996). Segundo Hess (1993), o glifosato 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. Segundo as informações apresentadas por Kruse et al. (2000), aproximadamente 35% da massa seca de plantas é representada por derivados da via do chiquimato e 20% do carbono fixado pela fotossíntese segue por essa rota metabólica.

A rota do ácido chiquímico está envolvida na produção de muitos compostos pertencentes ao metabolismo secundário das plantas, relacionados, principalmente, ao crescimento, aos efeitos alelopáticos além da tolerância a pragas e a doenças, destacando-se o ácido indol acético, a lignina, os flavonóides, os taninos, os carotenóides, o ácido abscísico e o ácido salicílico. Dentre os compostos mencionados, destacam-se os carotenóides, o ácido abscísico e o ácido salicílico.

Produtos do grupo químico sulfoniluréia, caracterizam-se como potentes inibidores do crescimento vegetal, afetando tanto o crescimento quanto a divisão

celular, sem interferir diretamente no sistema mitótico e na síntese de DNA. Aparentemente não bloqueiam diretamente a ação de promotores de crescimento (auxinas, giberelinas, citocininas), sendo que estimulam fortemente a produção de etileno devido ao efeito estressante causado pela fitotoxidez. Moléculas de sulfoniluréia originárias da absorção foliar ou radicular, quando atingem o meio da parede celular, podem ser neutras, forma altamente permeável e suscetível de sofrer carregamento no floema. Nesse meio alcalino, as moléculas se dissociam na forma aniônica, tornam-se presas e movem-se de modo sistêmico por fluxo de massa através do floema.

Pesquisas realizadas têm relatado o produto químico sulfometuron metil (SM), grupo químico sulfoniluréia, quanto ao potencial efeito maturador em variedades de cana-de-açúcar, não havendo prejuízos à produção de colmos (ton/ha) e influência sobre as características agronômicas da cultura. Os resultados obtidos indicam consistência no incremento na pol % cana, brix e redução do índice de isoporização (OLIVEIRA, 1992; PONTIN, 1995; LEITE, 2005; CAPUTO et al., 2007).

O sulfometuron metil, quando aplicado em diferentes variedades de cana-de-açúcar, possibilitou melhoria da qualidade tecnológica da cana, ou seja, determinou resposta significativa com relação a ganhos de pol, aumentos da pureza e redução no teor de ácidos orgânicos do caldo, e maior possibilidade de se produzir açúcar de melhor qualidade (Fernandes et al., 2002). Os ácidos orgânicos e outros constituintes indesejáveis como polissacarídeos (amido), são responsáveis por aumentar a viscosidade de massas e méis e são precursores da formação de cores, como por exemplo, a relação aminoácidos e açúcares redutores, e diminuem a esgotabilidade do melaço devido à relação açúcares redutores e cinzas.

O etil-trinexapac é um regulador de crescimento que, se aplicado corretamente, na época e dose adequada, induz maior acúmulo de sacarose nos colmos, permitindo o planejamento e o aproveitamento agroindustrial da cana-de-açúcar. Atua inibindo a síntese de formas ativas do ácido giberélico, um regulador vegetal envolvido com o crescimento e divisão celular. Gheller e Nascimento (2001) enfatizaram um encurtamento dos entrenós após a aplicação de etil-trinexapac em diferentes variedades de cana-de-açúcar, na região de Araras, Estado de São Paulo. Este composto químico também influenciou negativamente o desenvolvimento dos colmos, melhorando sua qualidade tecnológica e

proporcionando ganhos de ATR ton^{-1} de cana. Leite et al. (2008) observaram melhoria significativa na qualidade da matéria-prima de cana-de-açúcar tratada com este composto.

Em ensaios empregando-se o etil-trinexapac houve aumento da produtividade de açúcar e da margem de contribuição agrícola proporcionado pela melhoria da qualidade tecnológica e o processo de maturação natural foi antecipado em relação às plantas não tratadas (Leite et al., 2008; 2009b).

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Característica e localização da área experimental

O presente projeto de pesquisa foi instalado e conduzido em cana soca, na Fazenda Santa Maria, em aplicações em início de safra, em março de 2007 e 2008, mantendo-se os tratamentos nas mesmas parcelas.

A Fazenda, pertencente ao GRUPO COSAN – Unidade Barra (Usina da Barra), localizada no município de Igarapu do Tietê, Estado de São Paulo, apresenta as seguintes coordenadas geográficas: latitude de 22° 33' 18''S e longitude 48° 31' 51''W numa altitude de 509 m. O solo da área é um Latossolo Roxo eutrófico (Embrapa, 1999). O clima predominante da região é o Aw (Köppen), com clima seco definido, temperatura média anual de 21,6 °C, umidade relativa média de 70 %, com extremos de 77 % em fevereiro e 59 % em agosto. A média pluvial é próxima de 1.344 mm.

Durante a condução dos experimentos foram coletados os dados climáticos diários do local, referentes às temperaturas máxima, mínima e precipitação pluvial, em Estação Meteorológica Automatizada (Figura 1), e foi realizado o Balanço hídrico mensal (Figura 2).

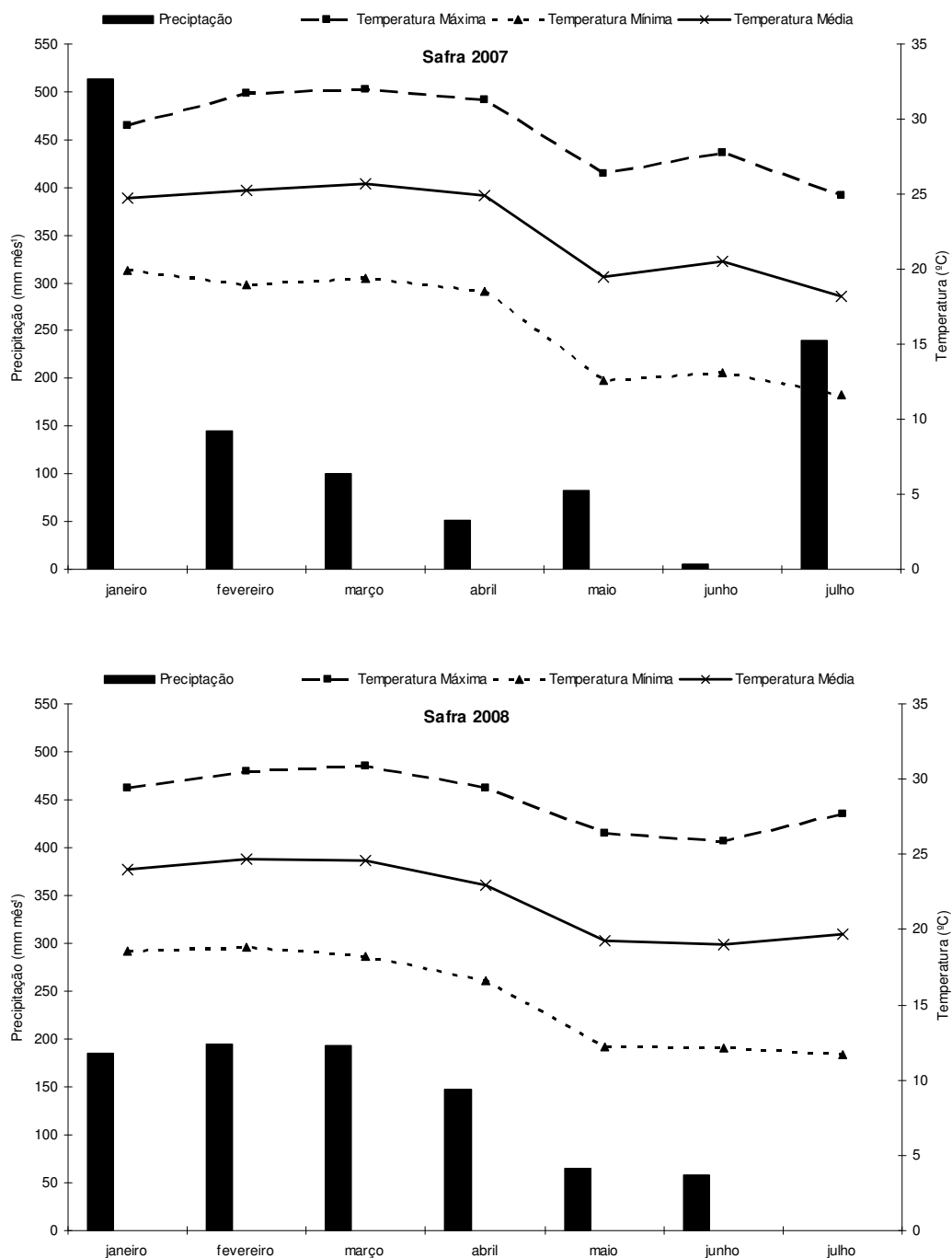


Figura 1. Precipitação (mm dia^{-1}), temperaturas máxima e mínima ($^{\circ}\text{C}$), registrados durante a condução do experimento nos anos agrícolas de 2007 e 2008.

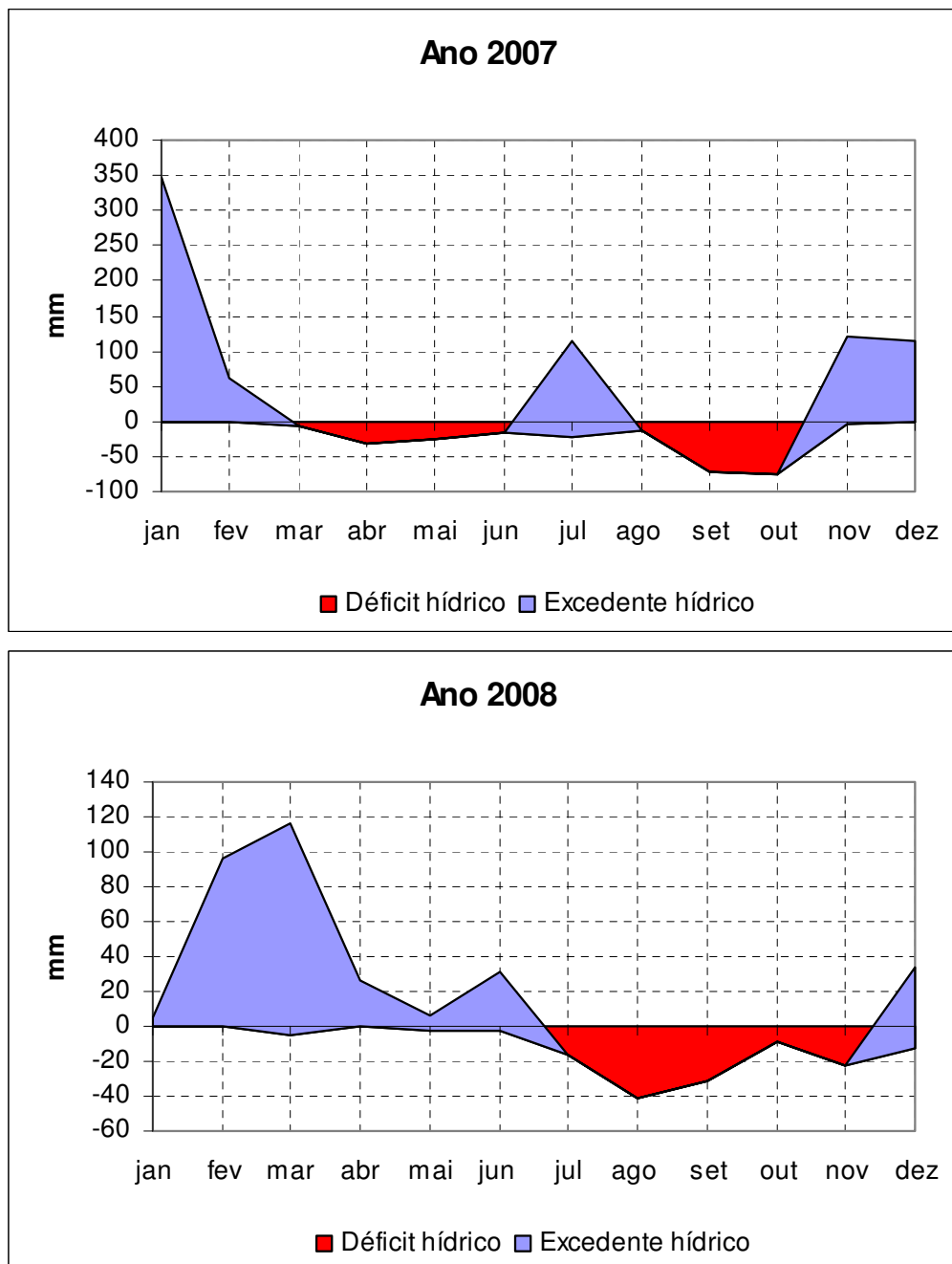


Figura 2. Situação do Balanço hídrico mensal registrado durante a condução do experimento nos anos agrícolas de 2007 e 2008, no município de Igarapu do Tietê-SP.

5.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com cinco repetições. As parcelas foram constituídas de 10 linhas de 25 m de comprimento com espaçamento de 1,4 m.

O experimento foi constituído de seis tratamentos (1 – testemunha, sem aplicação de maturador, 2 - aplicação de glifosato, 3 - aplicação de sulfometuron metil, 4 - aplicação de etil-trinexapac, 5 - aplicação da mistura glifosato + sulfometuron metil e 6 - aplicação da mistura glifosato + etil-trinexapac).

5.3 Instalação e condução dos experimentos

A cana-de-açúcar foi plantada em 19 de janeiro de 2004 na Fazenda Santa Maria, com data da última colheita em 18 de abril de 2006 (2º corte). No plantio da cana-de-açúcar foi aplicado 2 t ha⁻¹ de calcário e a adubação foi de 220 kg ha⁻¹ de uréia, ou seja, 96,8 kg ha⁻¹ de nitrogênio, segundo recomendações de Raij et al. (1996). Foram aplicados os inseticidas Metarhizium (10 kg ha⁻¹) e deltametrina (0,250 L p.c. ha⁻¹) e os herbicidas glifosato (1,07 L p.c. ha⁻¹) e isoxaflutole (0,178 kg p.c. ha⁻¹). Com relação à adubação de soqueira, foram aplicados 322 kg ha⁻¹ da fórmula 33-00-00 mais 150 m³ ha⁻¹ de vinhaça e, quanto aos herbicidas, foram utilizados o Boral (1,5 L p.c. ha⁻¹) e o 2,4-D (1,0 L p.c. ha⁻¹).

Foi utilizada a variedade de cana-de-açúcar RB855453 (maturação precoce), que caracteriza-se por apresentar média produtividade de colmos, altíssimo teor de sacarose com alta precocidade de maturação, média exigência em fertilidade de solos, com boa brotação de soqueira e bom perfilhamento, touceiras eretas, florescimento intenso e chochamento médio (Universidade Federal de São Carlos, 1998).

A aplicação dos tratamentos ocorreu em 12 de março de 2007 e 18 de março de 2008, utilizando-se equipamento costal pressurizado (CO₂). A barra utilizada possui 6 m de comprimento, em forma de T, com 6 bicos AXI 11002 amarelo plástico espaçados em 0,5 m, possibilitando a aplicação simultânea em duas linhas. A pressão de trabalho foi de 50 PSI para a vazão de 100 L ha⁻¹ (Figuras 3 e 4).



Figura 3. (a) Preparo dos produtos de acordo com a dosagem comercial recomendada e (b) barra de aplicação em “T”. Igarau do Tietê, SP. Safra 2007.



Figura 4. (a) Produto a ser aplicado na parcela correspondente ao tratamento e (b) Aplicação dos maturadores químicos. Igarau do Tietê, SP. Safra 2007.

A aplicação e a dosagem dos produtos seguiram as especificações recomendadas pelos fabricantes. Assim foram empregadas as seguintes doses: glifosato

(produto comercial Roundup, dose 0,4 L p.c. ha⁻¹), sulfometuron metil (produto comercial Curavial, dose 20 g p.c. ha⁻¹), etil-trinexapac (produto comercial Moddus, 0,8 L p.c. ha⁻¹), glifosato + sulfometuron metil (0,2 L p.c. ha⁻¹ + 15 g p.c. ha⁻¹) e glifosato + etil-Trinexapac (0,2 L p.c. ha⁻¹ + 0,5 g p.c. ha⁻¹).

5.4 Avaliações realizadas

5.4.1 Parâmetros biométricos

Foram definidas dentro da área útil das parcelas duas linhas de plantas e, dentro destas, 2 metros aleatórios para as avaliações de altura, diâmetro, número de colmos e rebrota da soqueira.

5.4.1.1 Altura de plantas e diâmetro dos colmos

A altura de plantas foi determinada por meio de medição, com régua graduada em metros, da distância entre o solo até a região auricular da folha +1 (Figura 5a), de acordo com a numeração sugerida por Kuijper (Dillewijn, 1952).

Por meio de paquímetro realizou-se a determinação do diâmetro do colmo medindo-se o terceiro entrenó acima do solo nas mesmas plantas utilizadas para a avaliação da altura (Figura 5b).

As avaliações foram realizadas na implantação do experimento e na colheita.



Figura 5. (a) Medição da altura de plantas e (b) diâmetro dos colmos. Igarauçu do Tietê, SP. Safra 2007.

5.4.1.2 Produtividade de colmos, açúcar e margem de contribuição agrícola

Por ocasião da colheita foi realizada a queima da cana-de-açúcar e pesagem dos colmos, dos 5 sulcos centrais de cada parcela, com célula de carga. O peso determinado em 50 m de linha foi extrapolado para a obtenção da produtividade em $t\ ha^{-1}$ (Figura 6).

A margem de contribuição agrícola (MCA) foi determinada a partir do cálculo do açúcar teórico recuperável (ATR, em $kg\ açúcar\ t^{-1}\ cana$) e representa a diferença entre a receita com a matéria-prima entregue na indústria e os custos variáveis do corte, carregamento e transporte, tratamentos culturais da soqueira e arrendamento (Fernandes, 2003).

Foi empregada a seguinte fórmula para o cálculo da MCA, conforme Fernandes (2003):

$$MCA = VTC \times (TCH - G) - GCCT \times TCH - GTS, \text{ onde:}$$

- VTC refere-se ao preço da tonelada de cana (Sistema PCTS) em R\$ t^{-1} cana;
- TCH refere-se à produtividade da cana em t cana ha^{-1} ;
- G refere-se ao custo do arrendamento em t cana ha^{-1} ;
- GCCT engloba os gastos com o corte, carregamento e transporte da cana em R\$ t^{-1} cana;
- GTS engloba os gastos variáveis dos tratos culturais da soqueira em R\$ ha^{-1} .

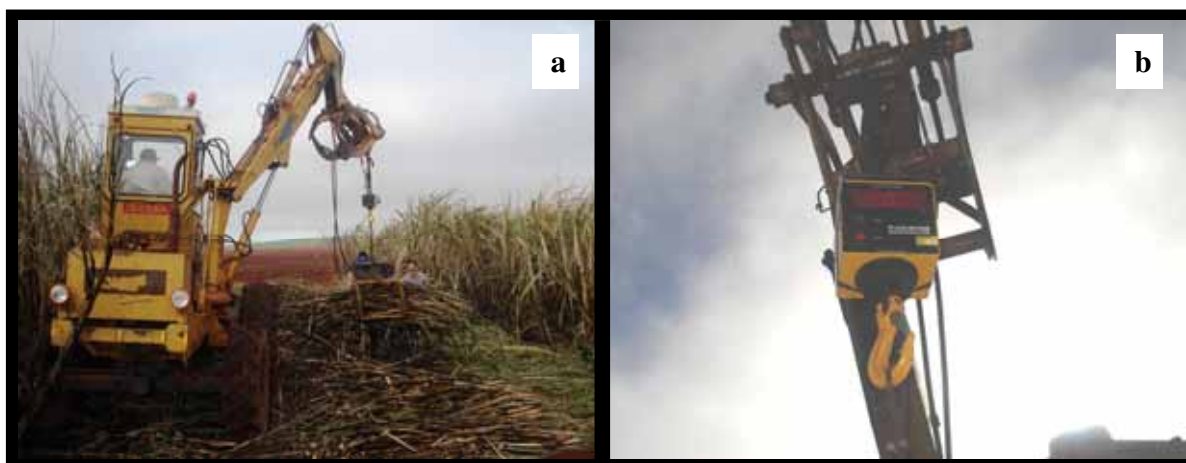


Figura 6. (a) Pesagem das parcelas do experimento através de célula de carga e (b) detalhe do dinamômetro com a leitura efetuada. Igarapu do Tietê, SP. Safra 2007.

5.4.1.3 Rebrotas da soqueira

A contagem do número de brotos foi realizada aos 60 DAC (dias após a colheita) do experimento, na safra 2007 e 2008, onde foi realizada a coleta do material vegetal (parte aérea) da rebrota da soqueira, em função do desenvolvimento das plantas, sendo determinada em 10 metros de linha de cada parcela (área útil) e, posteriormente, feito o ajuste para número de brotos por metro (Figura 7).



Figura 7. Rebrotas da soqueira aos 60 DAC. Igarapé do Tietê, SP. Safra 2007.

5.4.2 Parâmetros bioquímicos

Na safra 2007, as amostragens iniciaram-se por ocasião da instalação do experimento, isto é, no momento da aplicação dos produtos químicos (12/03/2007) e posteriormente foram realizadas amostragens aos 20 DAA (27/03/2007), aos 35 DAA (11/04/2007), aos 50 DAA (26/04/2007) e no momento da colheita, aos 65 DAA (11/05/2007). Para o ano agrícola 2008, as mesmas condições experimentais foram mantidas, sendo que as amostragens foram realizadas por ocasião da instalação do experimento (18/03/2008), aos 14 DAA (01/04/2008), aos 28 DAA (15/04/2008) e por ocasião da colheita, aos 56 DAA (13/05/2008).

Em todas as amostragens os colmos foram submetidos ao desponte na altura da gema apical (ponto de quebra), e posteriormente os colmos foram seccionados em duas partes (terço superior e dois terços inferiores) onde as avaliações foram realizadas separadamente nas duas partes. Assim sendo, parte dos colmos foi encaminhada para o Laboratório de Pagamento de Pureza Cana da Unidade de Produção do Grupo COSAN – Unidade Barra, para serem processados segundo a metodologia do Sistema de Pagamento de Cana pelo Teor de Sacarose (SPCTS) conforme atualizações semestrais da CONSECANA e

outra parte foi enviada ao Laboratório de Bebidas do Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial da FCA/UNESP, Campus de Botucatu, onde foram realizadas as determinações bioquímicas e tecnológicas (Figura 8).

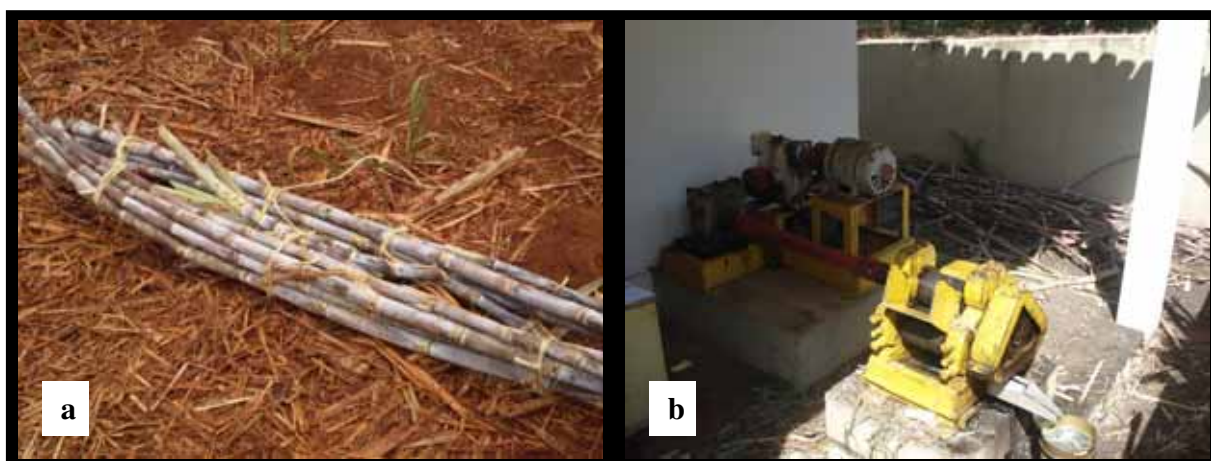


Figura 8. (a) Amostra de colmos para determinação das análises tecnológicas e bioquímicas. Igarauçu do Tietê, SP e (b) Moenda do Laboratório de Bebidas - Unesp. Botucatu, SP. Safra 2007.

5.4.2.1 Determinação da quantidade e da atividade das invertases ácida solúvel e neutra em caldo de cana (SAI e NI) (Vieira et al., 1996a; Vieira et al., 1996b)

A extração do suco envolveu as seguintes etapas: as amostras foram filtradas em papel de filtro 12,5 cm para melhor limpeza do suco; desse filtrado foi pipetado 5 ml em tubos de 20 ml, para centrifugar, e acrescentado mais 5 ml do tampão de mercaptoetanol (pH 7,5); em seguida as amostras foram centrifugadas a 10.000 rpm, por 20 minutos a uma temperatura de 4°C; o sobrenadante foi guardado em frascos etiquetados e o precipitado foi novamente centrifugado com 5 ml do tampão fosfato de sódio (pH 7,0) 50 µM, a 10.000 rpm por 30 minutos; esse segundo sobrenadante foi guardado em frascos etiquetados como “precipitado”.

- Reação para invertase neutra: Em tubos de ensaio foram pipetados 1,25 ml do extrato, 6,25 ml do tampão fosfato de sódio (pH 7,5) e 2,5 ml sacarose 200 µM; em seguida foram colocados em banho-maria a temperatura de 37°C por 30 minutos; após esse tempo foi tirado do banho e acrescentado 1 ml do reativo de Somogy; foi colocado novamente

no banho-maria por mais 10 minutos a 37°C; passado esse tempo, foi retirado do banho e acrescentado 1 ml do reativo de Nelson; em seguida foi feita a leitura no espectrofotômetro a 530 nm.

- Reação para invertase ácida: Em tubos de ensaio foram pipetados 1,25 ml do extrato, 6,25 ml do tampão acetato de sódio (pH 4,5) e 2,5 ml sacarose 200 µM; em seguida foram colocados em um banho-maria a uma temperatura de 37°C por 30 minutos; após esse tempo foi tirado do banho-maria e acrescentado 1 ml do reativo de Somogy; foi colocado novamente no banho por mais 10 minutos a 37°C; passado esse tempo, foi retirado do banho e acrescentado 1 ml do reativo de Nelson; em seguida foi feita a leitura no espectrofotômetro a 530 nm.

5.4.3 Parâmetros Tecnológicos

Foi estabelecido um metro de linha fora de cada unidade experimental e todos os colmos presentes foram coletados. As amostragens seguiram os mesmos padrões e as mesmas épocas apresentadas no item 5.4.2.

5.4.3.1 Pol cana

A Pol (PCC) representa a porcentagem aparente de sacarose contida numa solução de açúcares. Para o caldo de cana madura o teor de glicose e frutose é geralmente baixo, menor do que 0,5%, comparado ao teor de sacarose, que pode estar acima de 16 %, na média da safra, fazendo com que seu valor se aproxime bastante do teor real de sacarose, sendo normalmente aceito como tal. A sacarose, um dissacarídeo, é o principal parâmetro de qualidade tecnológica da cana-de-açúcar; refere-se ao açúcar diretamente cristalizável no processo de fabricação (Fernandes, 2003).

Obtida através da fórmula $PCC (Pol\% \text{ cana}) = Pol\% \text{ caldo} * (1 - 0,01 * \text{Fibra}) * C$, onde C = coeficiente de transformação da pol do caldo extraído em pol do caldo absoluto, calculado pela equação $C = 1,0313 - 0,00575 * F (\text{fibra})$.

5.4.3.2 Pureza do caldo

A pureza reflete a porcentagem de sacarose contida nos sólidos solúveis, sendo denominada “pureza real”, entretanto quando esta determinação é realizada

numa solução açucarada impura, diz-se “pureza aparente”. A pureza expressa quantos por cento dos sólidos solúveis (°Brix) são representados pela sacarose (pol) (Fernandes, 2003).

Determinada através da seguinte relação: P (Pureza) = $(\text{Pol\% caldo} / \text{Brix\% caldo}) \times 100$.

5.4.3.3 Açúcares redutores cana

Os açúcares redutores (AR) referem-se ao termo utilizado para designar os açúcares (monossacarídeos), glicose e frutose, principalmente. Os açúcares redutores são produtos precursores de cor no processo industrial, isto é, participam de reações que aumentam a cor do açúcar, depreciando a qualidade do produto. Durante a maturação da cana-de-açúcar, à medida que o teor de sacarose se eleva os açúcares redutores decrescem de aproximadamente 2,0% para valores abaixo de 0,5%, entre março/abril e setembro/outubro no Hemisfério Sul, podendo chegar a 0,2%. Esse comportamento torna importante a análise do teor de açúcares redutores para acompanhamento e julgamento da maturação, principalmente nos primeiros meses de safra (Fernandes, 2003).

Os açúcares redutores (AR) por cento cana foram determinados pela equação ARC (AR\% cana) = $\text{AR} * (1 - 0,01 * F) * C$, onde C foi descrito anteriormente, F refere-se à fibra cana e AR aos açúcares redutores do caldo. O AR pode ser calculado pela fórmula: $\text{AR\% caldo} = 3,641 - 0,0343 * P$, onde P trata-se da pureza aparente do caldo, expressa em porcentagem.

5.4.3.4 Fibra cana

A fibra é a matéria insolúvel em água contida na cana. No colmo de cana, as fibras do parênquima são de estrutura mais frágil e fina, e formam as células isodiamétricas de estocagem do caldo de alto teor de sacarose (Fernandes, 2003). No sistema de pagamento de cana pelo teor de sacarose (PCTS) a fibra é estimada em função do peso de bagaço úmido da prensa.

Determinada pelo método da prensa hidráulica, conforme determinado no Ato 13/83, de 21/04/1983 – IAA, citado por Mutton (1984) e atualizações semestrais do CONSECANA. $F = 0,08 * \text{PBU} + 0,876$, onde F é a Fibra cana e PBU refere-se ao peso do bagaço úmido da prensa, em gramas.

5.4.3.5 Açúcar teórico recuperável cana

O açúcar teórico recuperável (ATR) constitui um dos parâmetros do sistema de pagamento de cana implantado em São Paulo a partir da safra de 1998/99, e reflete o resultado da diferença entre o ART (açúcares redutores totais) da cana e as perdas na lavagem de cana, no bagaço final, na torta do filtro ou prensa e as “indeterminadas”, considerando a eficiência média padrão, ou seja, representa a quantidade de açúcares (na forma de açúcares invertidos ou ART) que são recuperados na usina assumindo perdas de 12% na lavagem de cana, extração (perda de pol no bagaço final), torta dos filtros ou prensas e as “indeterminadas” (FERNANDES, 2003).

O açúcar teórico recuperável (ATR), dado em kg açúcar t⁻¹ de cana, foi calculado através da fórmula regulamentada pelo CONSECANA em 1999:

$$\text{ATR} = 10 \times 0,88 \times 1,0526 \times \text{PCC} + 10 \times 0,88 \times \text{ARC}, \text{ onde:}$$

- o fator 10, refere-se à Transformação de kg Pol/100 kg cana (%) em kg Pol t⁻¹ cana;

- o fator 0,88, refere-se à Eficiência industrial de lavagem, extração e tratamento caldo juntas, ou seja, coeficiente de recuperação, para uma perda industrial de 12%;

- o fator 1,0526, refere-se ao Fator que transforma a Pol em AR, ou seja, coeficiente estequiométrico para a conversão de pol em açúcares redutores.

$\text{AR} = (9,9408 - 0,1049 \times \text{Pureza}) \times (1 - 0,01 \times \text{Fibra}) \times (1,0313 - 0,00575 \times \text{Fibra})$, sendo:

- primeiro parênteses: Regressão que correlaciona Pureza da cana com teor de AR;

- segundo parênteses: Regressão que transforma a AR do caldo para AR da cana;

- terceiro parênteses: Regressão que corrige a extração da prensa para extração real.

5.4.3.6 Amido

Foi utilizada a metodologia de Somogyi-Nelson (NELSON, 1944; SOMOGYI, 1945), com algumas adaptações para a realização em caldo de cana.

Foi pipetado 10 mL da amostra de caldo de cana, acrescentou-se 10 mL de água destilada e, em seguida, a solução foi centrifugada a 3500 rpm por 5 minutos. Ao precipitado foi adicionado mais 10 mL de água destilada e centrifugado novamente a 3500 rpm por 5 minutos. Este procedimento foi repetido 3 vezes. À solução obtida foi realizada inversão dos açúcares adicionando-se 6 mL de HCl a 1N e levado à autoclave a 1 atm por 15 minutos. Depois a solução foi neutralizada com carbonato de sódio, o volume foi completado com água destilada até 10 mL e a solução foi filtrada.

Após o caldo de cana ter sido neutralizado e filtrado, foi pipetado 1 mL e transferido para um tubo de ensaio acrescentando 1 mL do Reativo de Somogyi. Levou-se ao banho-maria fervente por 10 minutos e depois foi resfriado em água corrente. Acrescentou-se 1 mL do Reativo de Nelson e 7 mL de água, e depois de agitar a solução, foi realizada a leitura em espectrofotômetro a 535 nm. Foi efetuado, então, o cálculo da % Somogyi Nelson, por intermédio da fórmula:

$$\% \text{ Somogyi Nelson} = \frac{A\% \times D \times K \times 100}{1.000.000} \quad \text{onde,}$$

A% = absorbância da amostra

K = constante da curva padrão de glicose

D = Diluição do material

Depois foi realizado o cálculo da porcentagem de amido, pela fórmula:

$$\% \text{ amido} = \frac{\% \text{ Somogyi Nelson} \times 0,9 \times 250}{V} \quad \text{onde,}$$

V = volume inicial da amostra

5.5 Análise estatística

Para avaliar o efeito do glifosato em mistura a outros maturadores, os resultados foram divididos em dois grupos, de acordo com a classe do produto utilizado (inibidores ou retardantes do crescimento), para que fossem comparados separadamente. No primeiro grupo foram avaliados o sulfometuron metil, o glifosato, a mistura dos dois produtos e a testemunha (maturação natural), e no segundo grupo foram comparados o etil-trinexapac, o glifosato, a mistura dos dois produtos e a testemunha.

Os resultados dos dois grupos de produtos foram submetidos à análise de variância e, para os parâmetros avaliados em mais de três épocas de amostragens, os dados foram submetidos à regressão polinomial e as médias dos produtos comparadas pelo teste de Tukey a 10% de probabilidade.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Eficácia da mistura de glifosato a sulfometuron metil

6.1.1 Invertases ácida e neutra (SAI e NI)

Na Figura 9, encontra-se o desdobramento da interação maturadores dentro de dias após aplicação para a atividade das invertases ácida (SAI) e neutra (NI), no terço superior do colmo, nas safras 2007 e 2008, onde observou-se comportamentos distintos entre a safra avaliada e os tratamentos nas diferentes épocas de amostragem.

Na safra 2007 constatou-se, tanto para a SAI quanto para a NI, diminuição na atividade no decorrer das épocas de amostragem, com posterior aumento, com exceção à atividade da NI da testemunha, que reduziu até o final do período experimental (Figuras 9A e 9C). A atividade enzimática reflete a condição de desenvolvimento da planta e, neste contexto, a diminuição da atividade da SAI até certo período pode ter ocorrido devido ao efeito dos maturadores associado às condições climáticas favoráveis à maturação da cana-de-açúcar. Provavelmente, devido às condições de queda de temperatura e de seca (Figuras 1 e 2), a planta diminuiu o desenvolvimento vegetativo, fazendo com que a hidrólise da sacarose cessasse já que a planta não

necessitava de glicose e frutose e passou a acumular sacarose. Neste período a atividade da SAI da testemunha foi maior indicando maior desenvolvimento vegetativo em relação às plantas tratadas. Com o tempo, a planta pode retomar seu crescimento natural, decorrente da diminuição do efeito dos maturadores, e a demanda por glicose e frutose aumenta para a manutenção do metabolismo, fazendo com que a atividade da SAI aumentasse (LEITE, 2005; LEITE 2009a; VIEIRA et al., 1996a e 1996b).

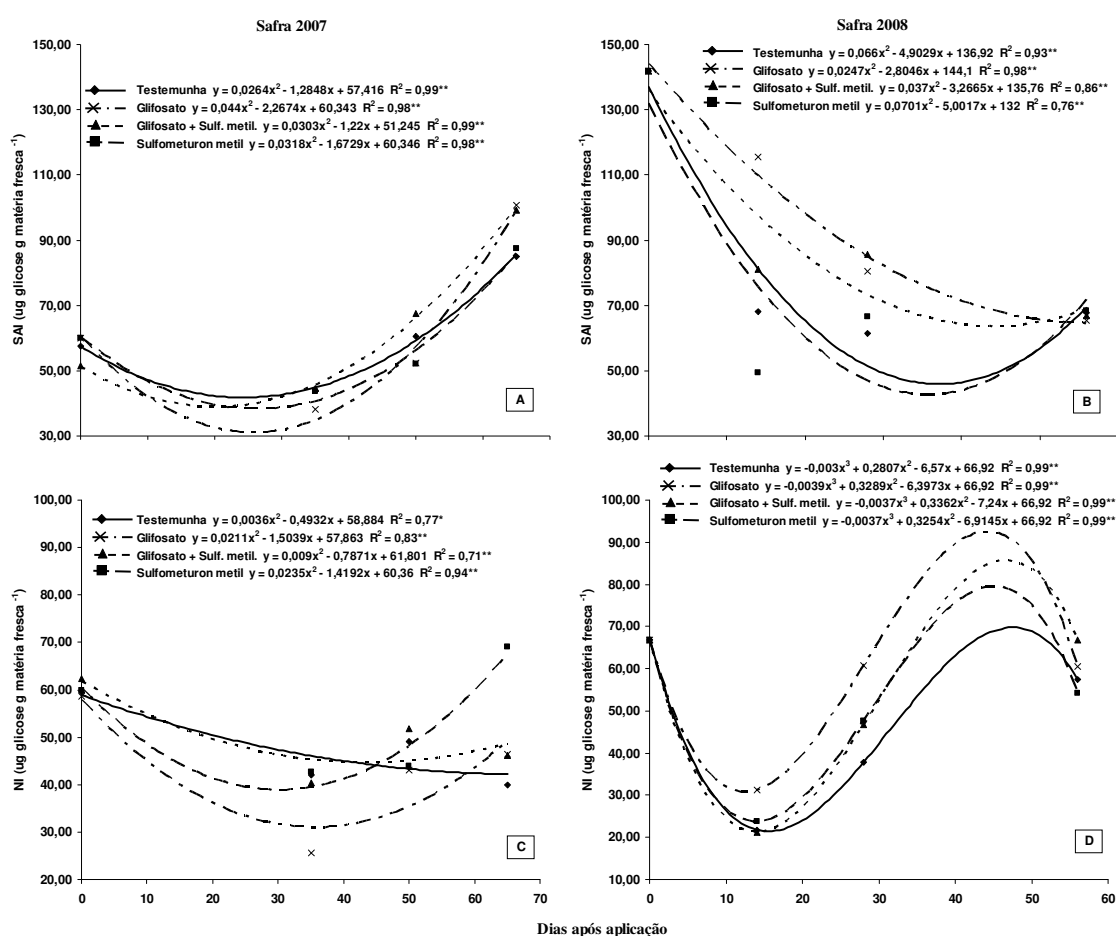


Figura 9. Atividade das enzimas invertases ácida (A e B) e neutra (C e D), do 1/3 superior dos colmos de cana-de-açúcar, variedade RB855453, sob efeito de maturadores. Igarapu do Tietê, SP, safras 2007 e 2008. ** e * são significativos ao nível de 5% e 10% pelo teste T, respectivamente.

Houve diferença entre os tratamentos na atividade da SAI a partir dos 50 DAA, onde a mistura glifosato + sulfometuron metil proporcionou a maior atividade, comparando-se à aplicação isolada do glifosato e do sulfometuron metil, porém nenhum tratamento diferenciou-se da testemunha. Aos 65 DAA, a mistura glifosato + sulfometuron metil e o glifosato aplicado isoladamente proporcionaram a atividade da SAI superior em relação à testemunha e ao sulfometuron metil (Figura 9A). Constatou-se diferença entre os tratamentos na NI a partir dos 35 DAA, onde o tratamento com sulfometuron metil, isolado ou em mistura ao glifosato e a testemunha proporcionaram atividade superior ao tratamento com glifosato. Aos 50 DAA não houve diferença entre os tratamentos e aos 65 DAA a aplicação de sulfometuron metil apresentou a maior atividade da NI, comparando-se à mistura glifosato + sulfometuron metil, ao glifosato e à testemunha (Figura 9C).

A atividade das enzimas na safra 2008 foi bastante distinta da safra anterior, onde houve decréscimo da SAI com o decorrer das épocas de amostragem até o final do período e a NI demonstrou decréscimo até, aproximadamente, 14 DAA, posteriormente ocorreu incremento acentuado até, aproximadamente 46 DAA, e após esta amostragem, os valores decresceram novamente até o final do experimento (Figuras 9B e 9D).

Com relação a SAI na safra 2008, observou-se diferença entre os tratamentos aos 14 DAA, onde o glifosato proporcionou a maior atividade, seguido pela mistura glifosato + sulfometuron metil, pela testemunha, e por último o sulfometuron metil, que apresentou a menor atividade. Aos 28 DAA, o glifosato e sua mistura ao Sulfometuron metil proporcionaram as maiores atividades da SAI, diferenciando-se do sulfometuron metil e da testemunha (Figura 9B). A NI, na safra 2008, foi influenciada pela aplicação dos maturadores a partir dos 28 DAA, onde a aplicação de glifosato aumentou significativamente a sua atividade em relação à testemunha e, aos 56 DAA, a mistura glifosato + sulfometuron metil diferenciou-se do tratamento com sulfometuron metil isolado, porém nesta amostragem não houve diferença entre os maturadores e a testemunha (Figura 9D).

Leite (2005) também observou que o glifosato proporcionou maior atividade da NI aos 30 e 60 DAA.

De modo geral, neste estudo a atividade da SAI foi superior à atividade da NI, o que corrobora com o observado por Leite (2005). Por outro lado, Vieira et al. (1996a) observaram que a relação entre os níveis de SAI e NI varia de acordo com a variedade de cana-de-açúcar e Leite et al. (2009a) constataram que os reguladores vegetais promovem alterações de intensidades distintas nos níveis enzimáticos da SAI e da NI.

É possível inferir que há correlação dos níveis de SAI e NI do terço superior (Figura 9) com o teor de pol cana da mesma porção do colmo (Figura 12A). A menor atividade da SAI e maior atividade da NI para o sulfometuron metil na safra 2007, resultou em maior acúmulo de pol no colmo, enquanto para a mistura glifosato + sulfometuron metil ocorreu o inverso.

O início do processo de maturação e acúmulo de açúcar caracteriza-se pela ocorrência de baixos níveis de SAI, e tanto a SAI quanto a NI sofrem queda após o completo acúmulo de açúcar, deste modo, a hidrólise da sacarose pela SAI auxilia a formação de tecidos durante o crescimento da cana-de-açúcar, enquanto a NI equilibra o teor de açúcar no tecido de reserva do parênquima (VENKATARAMANA et al., 1991).

6.1.2 Altura de plantas, diâmetro e número de colmos

Segundo Andrade (2006), a cana-de-açúcar é exigente em baixas temperaturas (abaixo de 20°C) e/ou déficit hídrico na fase de maturação, para que haja repouso fisiológico, através da paralisação ou retardamento do crescimento, e conseqüente acúmulo de sacarose nos colmos.

Na safra 2007, houve declínio da disponibilidade hídrica e da temperatura a partir da aplicação em relação aos meses anteriores favorecendo a maturação natural da cana-de-açúcar. Por outro lado, na safra 2008 ocorreu o inverso, já que a precipitação pluvial permaneceu relativamente alta, e pela alta capacidade de retenção de água no solo, houve excedente hídrico, favorecendo o desenvolvimento vegetativo da cana-de-açúcar (Figuras 1 e 2).

O emprego de maturadores químicos afetou o processo de crescimento em altura aos 65 DAA na safra 2007, havendo, também, variações significativas em relação às épocas de amostragem (Tabela 1). Houve paralisação do processo de crescimento em altura em todas as plantas tratadas com maturadores, sendo que somente as plantas não tratadas continuaram seu processo de crescimento natural. Este efeito pode ser explicado pelo menor alongamento dos entrenós devido aos produtos aplicados pertencerem à classe dos inibidores de crescimento. Na safra 2008, o processo de crescimento em altura não foi afetado pela aplicação dos maturadores, o que pode ter ocorrido devido à alta precipitação verificada na época, o que promoveu o desenvolvimento vegetativo das plantas, porém, os maturadores promoveram menor crescimento, diferenciando-se das plantas não tratadas aos 56 DAA.

Tabela 1. Altura de plantas e diâmetro dos colmos de cana-de-açúcar, variedade RB855453, sob efeito de maturadores químicos. Igarauçu do Tietê, SP, safras 2007 e 2008.

Altura (m)				
Tratamento	Safra 2007		Safra 2008	
	0 DAA	65 DAA	0 DAA	56 DAA
Testemunha	2,37 aB	2,66 aA	2,08 aB	2,63 aA
Glifosato	2,29 aA	2,34 bA	2,04 aB	2,22 bA
Glifosato + Sulf. metil	2,30 aA	2,34 bA	2,02 aB	2,28 bA
Sulfometuron metil	2,36 aA	2,37 bA	2,01 aB	2,25 bA
CV (%)	4,58		2,28	
Diâmetro dos colmos (mm)				
Tratamento	Safra 2007		Safra 2008	
	0 DAA	65 DAA	0 DAA	56 DAA
Testemunha	30,3 aA	30,8 abA	31,5 aB	33,0 aA
Glifosato	30,7 aA	31,4 aA	31,8 aB	33,0 aA
Glifosato + Sulf. metil	29,8 aB	31,1 abA	31,8 aA	32,5 aA
Sulfometuron metil	29,0 aA	29,3 bA	30,6 aA	31,4 aA
CV (%)	3,38		2,85	

Médias seguidas de letras distintas, minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 10% de probabilidade.

Em relação ao diâmetro dos colmos na safra 2007 (Tabela 1), somente as plantas tratadas com a mistura glifosato + sulfometuron metil diferenciaram entre as épocas amostradas e aos 65 DAA as plantas tratadas com glifosato tiveram diâmetro superior às tratadas com sulfometuron metil. Não houve diferença entre os tratamentos em relação ao diâmetro dos colmos na safra 2008, mas em relação às épocas amostradas observa-se que as plantas não tratadas e as tratadas com glifosato promoveram incremento neste parâmetro.

Estes resultados corroboram com o observado por Leite & Crusciol (2008) que relataram paralisação do crescimento em altura e não interferiu no diâmetro dos colmos de plantas tratadas com glifosato e sulfometuron metil.

Villegas & Torres (1993) constataram menor crescimento em altura e maior diâmetro de colmo após aplicação de glifosato ($1,0 \text{ L ha}^{-1}$) e esta redução foi mais severa em doses mais elevadas. Romero et al. (1998) também observaram redução severa na altura das plantas aplicando glifosato na dose $0,9 \text{ L ha}^{-1}$ no mês de março, porém aplicações em abril e maio não afetaram este parâmetro.

6.1.3 Pureza do caldo, açúcares redutores cana e fibra cana

Constatou-se, por meio da análise de desdobramento, elevação dos valores de pureza do caldo, no terço superior do colmo, ao longo das épocas de amostragem, tanto em 2007 quanto em 2008 (Figuras 10A e 10B), onde os resultados foram ajustados por equações quadráticas para todos os tratamentos. Através da interação maturadores e dias após aplicação, pôde-se constatar que houveram diferenças significativas entre os tratamentos nas épocas amostradas, porém, para cada época, os tratamentos se comportaram de maneira diferente. Não foi possível determinar o ponto máximo de pureza, pois até o final do experimento o mesmo ainda não havia sido atingido.

Os tratamentos diferiram estatisticamente entre si, na safra 2007, aos 20, 50 e 65 DAA, destacando-se os maturadores glifosato e sulfometuron metil. Aos 20 DAA, o glifosato proporcionou aumento de 31% e 21% na pureza do terço superior em relação à testemunha e ao sulfometuron metil, respectivamente. Aos 50 e 65 DAA, o sulfometuron metil aumentou a pureza na ordem de 20% e 15%, respectivamente, comparado ao glifosato + sulfometuron metil e à testemunha (Figura 10A).

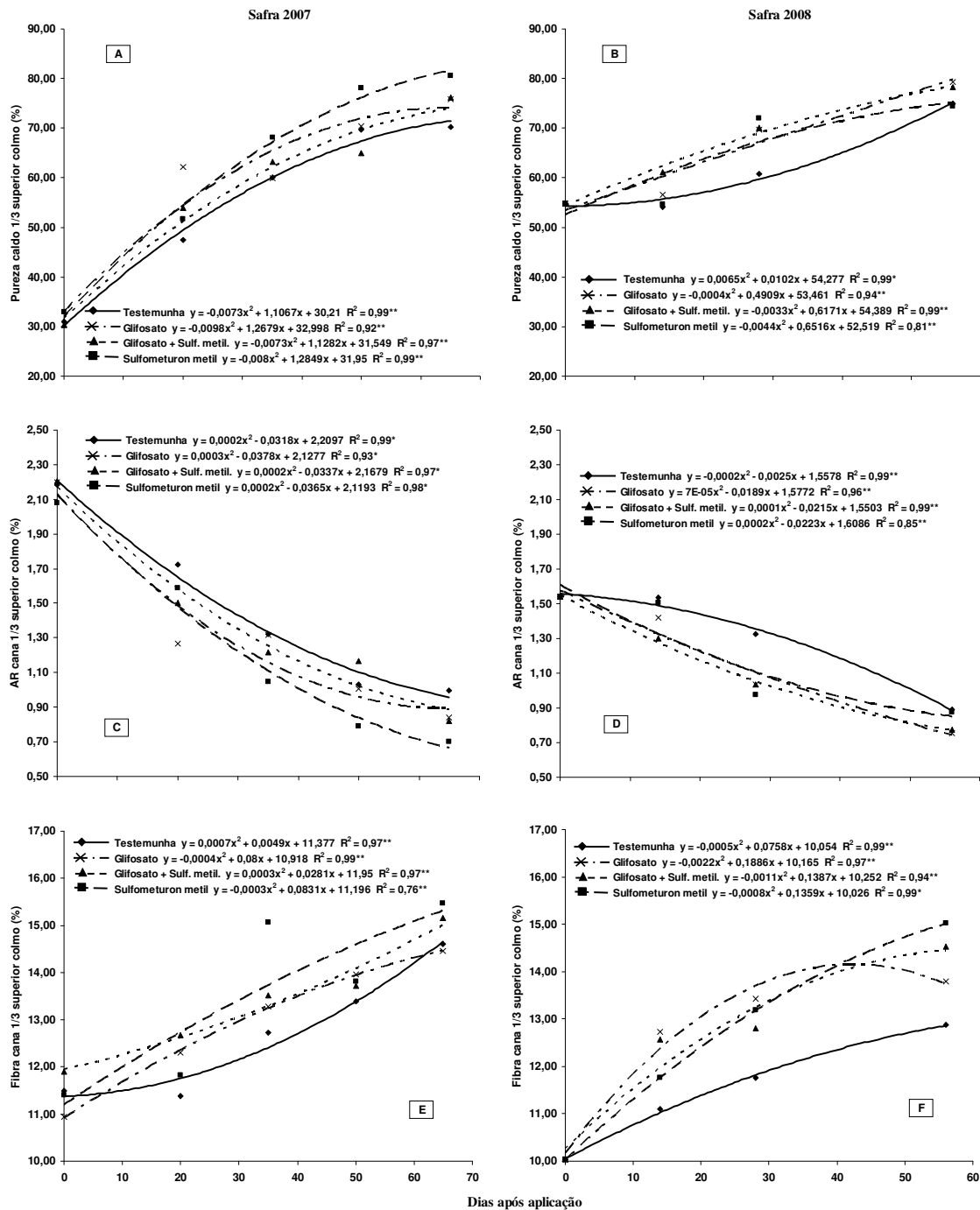


Figura 10. Pureza do caldo (A e B), açúcares redutores cana (AR cana) (C e D) e fibra cana (E e F), do 1/3 superior do colmo de cana-de-açúcar, variedade RB855453, sob efeito de maturadores. Igarapé do Tietê, SP, safras 2007 e 2008. ** e * são significativos ao nível de 5% e 10% pelo teste T, respectivamente.

Na safra 2008, observou-se diferença estatística entre os tratamentos somente aos 28 DAA, onde todos os maturadores proporcionaram incremento no teor de pureza do terço superior do colmo em relação à testemunha, em 18% para o sulfometuron metil, e 15% para o glifosato + sulfometuron metil e o glifosato aplicado isoladamente (Figura 10B). Fernandes et al. (2002) também determinaram maiores valores de pureza após a aplicação de sulfometuron metil. Leite et al. (2009c) observaram que o sulfometuron metil e o glifosato elevaram, de forma significativa, a pureza do caldo de cana em relação à testemunha.

Com relação ao teor de AR cana no terço superior do colmo, os resultados demonstraram queda nos valores para todos os tratamentos, nas duas safras (Figuras 10C e 10D). Na safra 2007 (Figura 10C), esta queda foi mais acentuada para a aplicação de sulfometuron metil, que até os 20 DAA havia apresentado o maior teor, juntamente a testemunha, em relação ao glifosato, porém, a partir dos 35 DAA proporcionou os menores teores de AR até o final do período experimental. Os teores variaram de acordo com as épocas amostradas sendo que aos 35 e 65 DAA, os maiores valores de AR foram encontrados para a testemunha, com aumento de 27% e 43%, respectivamente, em relação ao sulfometuron metil. Aos 50 DAA, a mistura glifosato + sulfometuron metil aumentou o teor de AR em 48% comparado ao sulfometuron metil.

Os maturadores, na safra 2008, influenciaram o teor de AR no terço superior do colmo, proporcionando queda acentuada em relação à testemunha, porém, esta diferença só foi significativa aos 28 DAA, onde a redução no teor foi de 36%, 28% e 27%, para o sulfometuron metil, glifosato e glifosato + sulfometuron metil, respectivamente (Figura 10D).

O teor de fibra no terço superior do colmo aumentou com o decorrer das épocas de amostragens, e por intermédio da análise de desdobramento dos maturadores dentro de dias após aplicação, verificou-se diferença significativa entre os tratamentos nas safras 2007 e 2008 (Figuras 10E e 10F).

Este aumento no teor de fibra decorrente da aplicação de maturadores químicos já foi observado por outros autores como Leite et al. (2009b), Viana et al. (2008) e Castro et al. (2001). Porém Galdiano (2008), Leite et al. (2009c), Castro et al. (2002) e Caputo et al. (2008) não observaram alterações significativas no teor de fibra mediante aplicação de maturadores.

Observou-se diferença significativa entre os tratamentos na safra 2007 somente aos 35 DAA, onde a aplicação de sulfometuron metil proporcionou maior teor de fibra no terço superior do colmo em relação ao glifosato + sulfometuron metil, ao glifosato e à testemunha, na ordem de 10%, 12% e 16%, respectivamente (Figura 10E).

Na safra 2008 houve maior variação entre os resultados de acordo com as épocas de amostragem, porém, observou-se que o sulfometuron metil, proporcionou aumento no teor de fibra do terço superior do colmo em relação aos demais tratamentos a partir dos 28 DAA até o final do período (Figura 10F).

Os tratamentos glifosato + sulfometuron metil e glifosato aumentaram o teor de fibra no terço superior do colmo aos 14 DAA em relação à testemunha, na ordem de 13% e 15%, respectivamente. Aos 28 DAA, o sulfometuron metil e o glifosato diferiram estatisticamente da testemunha, aumentando o teor de fibra em 12% e 14%, respectivamente. Ao final do período experimental (56 DAA), a aplicação de sulfometuron metil proporcionou maior teor de fibra em relação à testemunha, da ordem de 17% (Figura 10F).

Com relação aos resultados obtidos para os dois terços inferiores do colmo, mediante o desdobramento da interação maturador dentro de dias após aplicação, observou-se, nas safras 2007 e 2008, elevação no teor de pureza com o decorrer das épocas de amostragem, porém não houve diferença entre os tratamentos em nenhuma época de amostragem (Figuras 11A e 11B). Este resultado demonstra, assim como foi verificado para o teor de AR, que a maior influência exercida pelos maturadores químicos ocorre no terço superior do colmo, o que corrobora com os resultados obtidos por Villegas & Torres (1993).

Observa-se, pela Figura 11B, que na safra 2008, apesar de não apresentar diferença estatística, o glifosato, sulfometuron metil e o glifosato + sulfometuron metil proporcionaram superioridade no teor de pureza nos dois terços inferiores do colmo, e os valores máximos encontrados foram de 91%, 90% e 90% aos 35, 35 e 31 DAA, respectivamente, enquanto para a testemunha o máximo valor encontrado foi de 88% aos 40 DAA.

A pureza do caldo tem correlação com o processo de maturação da cana-de-açúcar, e recomenda-se níveis mínimos de 80 % para o início da safra e de 85% no decorrer da safra (Venturini Filho & Nogueira, 2005). Assim sendo, é possível afirmar que os

resultados obtidos evidenciam o processo de maturação nas safras 2007 e 2008 (Figuras 11A e 11B).

O teor de AR nos dois terços inferiores do colmo na safra 2007 foi decrescente ao longo das épocas de amostragem para todos os tratamentos e na safra 2008 houve decréscimo nos teores com posterior aumento para os maturadores, enquanto a testemunha continuou decrescendo até o final do período (Figuras 11C e 11D).

Mediante as análises de desdobramento nas safras 2007 e 2008, constatou-se que não houve diferença significativa no teor de AR entre os tratamentos, nos dois terços inferiores do colmo, nas épocas de amostragem (Figura 11C e 11D), porém, na safra 2008 observou-se, através das curvas de tendência (Figura 11D), que os tratamentos com glifosato, sulfometuron metil e glifosato + sulfometuron metil proporcionaram redução nos teores de AR em relação à testemunha, onde os menores valores foram encontrados aos 35, 35, 31 e 40 DAA, cujos valores foram 0,44%, 0,47%, 0,48% e 0,53%, respectivamente.

O decréscimo do teor de AR do terço superior do colmo é bem mais acentuado que nos dois terços inferiores do colmo, o que explica o maior acúmulo de sacarose no terço superior do colmo, já que esta relação é inversamente proporcional e, estando a planta acumulando sacarose, não há desenvolvimento vegetativo ou é muito baixo, e o teor de glicose e frutose necessários para manter o metabolismo de crescimento das plantas, caem drasticamente.

Observou-se estabilidade do teor de fibra nos dois terços inferiores do colmo com o transcorrer das épocas de amostragem nas duas safras (Figuras 11E e 11F).

Por meio da análise de desdobramento dos maturadores x dias após aplicação, constatou-se diferença entre os tratamentos no teor de fibra dos dois terços inferiores na safra 2007 aos 50 e 65 DAA, onde a aplicação de sulfometuron metil aumentou o teor de fibra em 8% e 7%, respectivamente, em relação à testemunha (Figura 11E).

Com relação ao teor de fibra nos dois terços inferiores do colmo na safra 2008 (Figura 11F), não verificou-se diferença significativa entre os tratamentos em nenhuma amostragem, o que corrobora com o observado por Galdiano (2008), que constatou que a aplicação de maturadores, em mistura ou isoladamente, não influenciou o teor de fibra cana, porém houve influência das épocas amostradas.

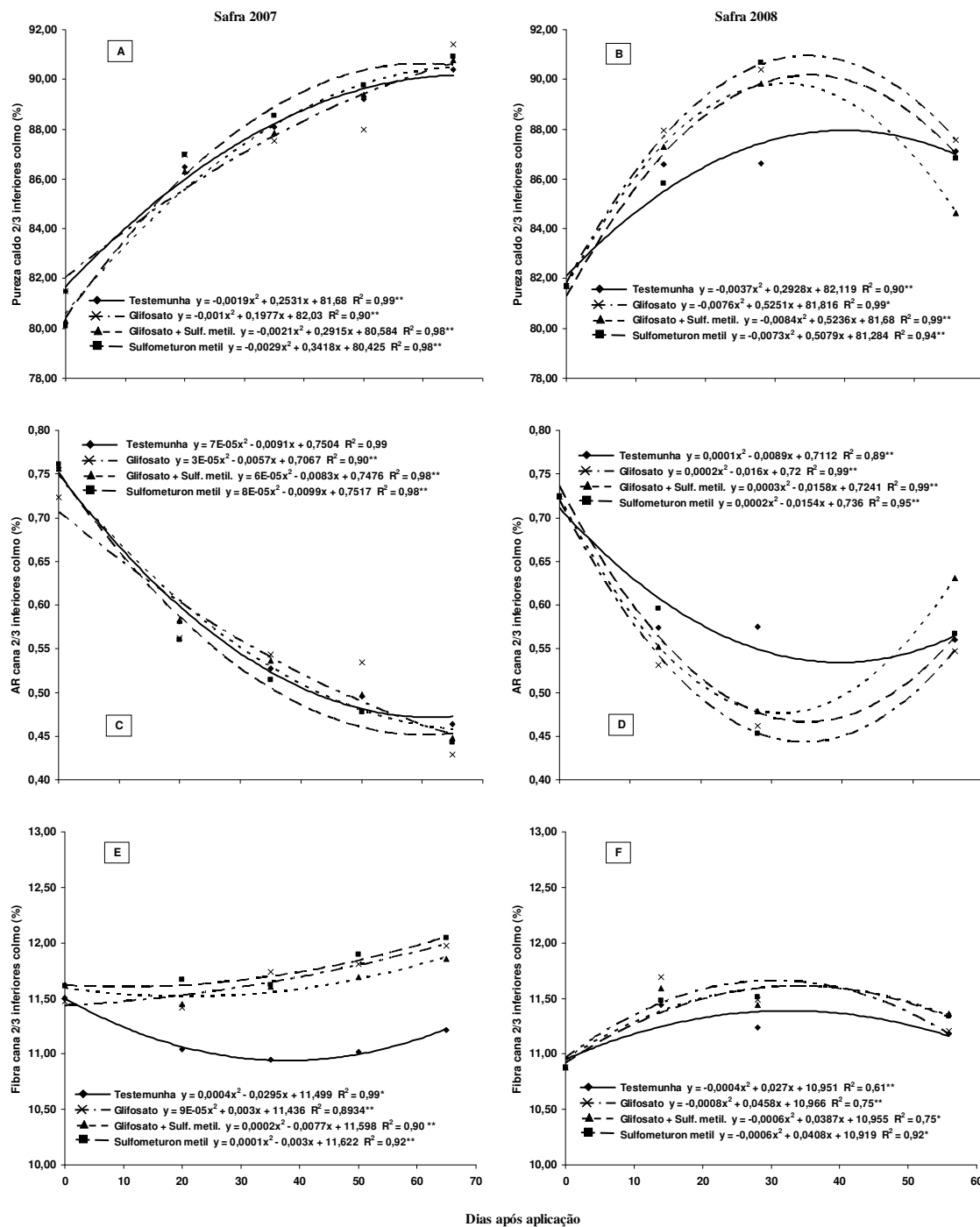


Figura 11. Pureza do caldo (A e B), açúcares redutores cana (AR cana) (C e D) e fibra cana (E e F), dos 2/3 inferiores do colmo de cana-de-açúcar, variedade RB855453, sob efeito de maturadores. Igarauçu do Tietê, SP, safras 2007 e 2008. ** e * são significativos ao nível de 5% e 10% pelo teste T, respectivamente.

Observou-se, neste estudo, de modo geral, que o efeito dos maturadores e/ou da maturação da cana-de-açúcar nos teores de pureza do caldo, AR e fibra cana foram mais significativos no terço superior do colmo quando comparado aos dois terços inferiores. Estes resultados foram semelhantes aos encontrados por Villegas & Torres (1993), que observaram incremento mais significativo no teor de AR e fibra no terço superior do colmo através da aplicação de glifosato, porém com incrementos importantes nos dois terços inferiores.

6.1.4 Pol cana

A determinação do teor de Pol da cana-de-açúcar foi realizada no terço superior, nos dois terços inferiores do colmo e no colmo inteiro (Figura 12).

O teor de sacarose no terço superior na safra 2007 aumentou com o transcorrer das épocas de amostragem (Figura 12A) apresentando efeitos expressos por modelos quadráticos, com exceção à testemunha, que apresentou efeito expresso por modelo linear. Na safra 2008 (Figura 12B), os efeitos foram semelhantes à safra anterior, com incremento de pol ajustado por modelo quadrático para todos os tratamentos.

Mediante o desdobramento da interação maturador dentro de dias após aplicação na safra 2007 (Figura 12A), verifica-se que houve diferença significativa entre os maturadores empregados para as épocas de amostragem, com exceção à amostragem inicial e aos 35 DAA, que não diferiram entre si. Dentro de cada época os maturadores tiveram comportamento distinto em proporcionar incremento na Pol do terço superior do colmo. O maturador sulfometuron metil aumentou a Pol cana do terço superior em relação à testemunha na ordem de 25%, 20% e 34% aos 20, 50 e 65 DAA, respectivamente. O glifosato incrementou este parâmetro na ordem de 62% e 20%, aos 20 e 65 DAA, respectivamente, e a mistura glifosato + sulfometuron metil incrementou em 27% e 23%, aos 20 e 65 DAA, respectivamente (Figura 12A).

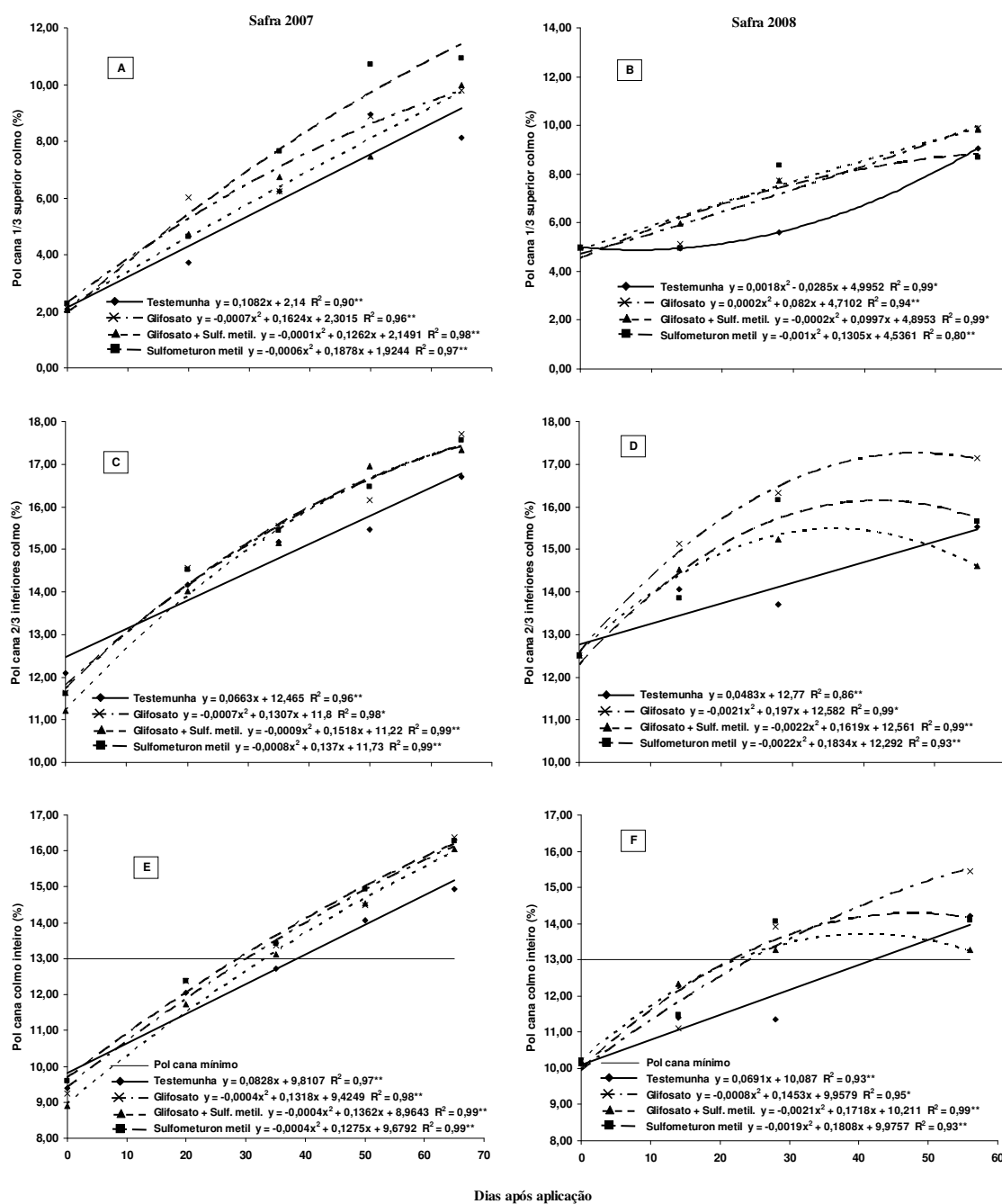


Figura 12. Pol cana (%), no 1/3 superior do colmo (A e B), nos 2/3 inferiores do colmo (C e D) e no colmo inteiro (E e F), em cana-de-açúcar, variedade RB855453, sob efeito de maturadores. Igarauçu do Tietê, SP, safras 2007 e 2008. ** e * são significativos ao nível de 5% e 10% pelo teste T, respectivamente.

O incremento no valor da Pol do terço superior também foi observado na safra 2008 (Figura 12B). Houve diferença significativa entre os tratamentos aos 28 DAA, onde a aplicação de sulfometuron metil, glifosato e da mistura glifosato + sulfometuron metil aumentou o teor de pol em relação à testemunha em 49%, 38% e 38%, respectivamente.

Segundo alguns autores, a aplicação de glifosato incrementa o valor da Pol no terço superior dos colmos e permite um desponte mais alto, contribuindo para o aumento da produção de cana-de-açúcar (ROMERO et al., 2000; ROMERO et al., 1998; e ROMERO et al., 1996).

Segundo Romero et al. (2003), a aplicação de glifosato induz um aumento significativo do conteúdo de sacarose em todas as seções do colmo, com o máximo incremento relativo na porção apical. Fernandes et al. (2002) verificaram ganhos significativos de pol, nos colmos e ponteiros, e aumentos da pureza do caldo, decorrentes da aplicação de sulfometuron metil, para três variedades diferentes de cana-de-açúcar.

Em relação ao valor da Pol nos dois terços inferiores do colmo (Figuras 12C e 12D), a tendência foi semelhante ao ocorrido no terço superior em ambos os anos, com efeito quadrático para todos os maturadores e linear para a testemunha.

Na safra 2007 foi observada diferença significativa entre os tratamentos somente aos 50 DAA, onde a aplicação da mistura glifosato + sulfometuron metil proporcionou ganho de Pol nos dois terços inferiores do colmo de 10% em relação à testemunha (Figura 12C).

No ano seguinte (Figura 12D), o maior incremento no teor de Pol dos dois terços inferiores do colmo foi observado para o tratamento com glifosato, acarretando em ganho de 19% e 10% aos 28 DAA e 56 DAA, respectivamente, em relação à testemunha. Observou-se, também, que aos 56 DAA houve diferença significativa no valor da Pol dos dois terços inferiores entre o tratamento com glifosato aplicado isoladamente e em mistura, onde o produto isolado proporcionou teor 17% superior em relação à mistura.

O máximo acúmulo de sacarose nos dois terços inferiores do colmo na safra 2008 foi observado aos 37, 42 e 47 DAA, respectivamente, para os tratamentos glifosato + sulfometuron metil (15,5 %), sulfometuron metil (16,1 %) e glifosato (17,2 %) (Figura 12D).

Observa-se pelas Figuras 12E e 12F as curvas de Pol do colmo inteiro nas safras 2007 e 2008, respectivamente. Independente do tratamento aplicado, os valores de Pol cana no colmo inteiro aumentaram ao longo das épocas amostradas, com efeito quadrático para todos os maturadores químicos e linear para a testemunha. Este declínio no valor da Pol para os maturadores já era esperado, pois a planta tende a retomar seu crescimento normal após o ambiente lhe proporcionar condições, o que também foi observado por Leite (2005).

Verificou-se diferença entre os tratamentos na safra 2007, somente na última avaliação (65 DAA), onde a aplicação de maturadores proporcionou ganho de Pol do colmo inteiro em relação à testemunha da ordem de 10%, 9% e 8% para os tratamentos com glifosato, sulfometuron metil e a mistura glifosato + sulfometuron metil, respectivamente (Figura 12E).

Mediante o desdobramento da interação maturador dentro de dias após aplicação na safra 2008 (Figura 12F), observou-se diferença significativa entre os maturadores para as épocas de amostragem a partir dos 14 DAA. Dentro de cada época os maturadores tiveram comportamento distinto sobre a Pol do colmo inteiro. Aos 14 DAA, a mistura glifosato + sulfometuron metil proporcionou valor de Pol 11% superior em relação ao glifosato. Aos 28 DAA todos os produtos incrementaram significativamente o valor da Pol em relação à testemunha, na ordem de 24%, 23% e 17% nas aplicações de sulfometuron metil, glifosato e a mistura glifosato + sulfometuron metil, respectivamente. Na última avaliação, aos 56 DAA, o tratamento com glifosato proporcionou valor de Pol do colmo inteiro superior aos demais tratamentos na ordem de 10% para o sulfometuron metil, 16% para a mistura glifosato + sulfometuron metil e 9% para a testemunha.

Verifica-se, ainda, mediante as Figuras 12E e 12F, as curvas de maturação resultantes do desdobramento de maturador dentro de dias após aplicação. Considerando-se, para industrialização da cana-de-açúcar, o teor mínimo de sacarose de 13 % (Deuber, 1988), constatou-se que em ambas as safras houve antecipação da maturação através da aplicação dos maturadores.

A testemunha atingiu o ponto de colheita na safra 2007 aos 38 DAA (Figura 12E) a antecipação da colheita pelos tratamentos com sulfometuron metil, glifosato e a mistura glifosato + sulfometuron metil em relação à testemunha foi, respectivamente, de 10 dias, 8 dias e 5 dias.

Na safra 2008, as condições climáticas foram favoráveis ao desenvolvimento vegetativo da cana-de-açúcar, portanto, a aplicação dos maturadores possibilitou explorar o potencial genético da variedade em acumular sacarose, e a antecipação da maturação foi mais acentuada que na safra anterior (Figura 12F). O ponto de colheita da cana-de-açúcar foi alcançado pela testemunha aos 42 DAA e os maturadores sulfometuron metil, a mistura glifosato + sulfometuron metil e o glifosato anteciparam a colheita em relação à testemunha em 20, 20 e 18 dias, respectivamente.

Almeida et al. (2003) também verificaram antecipação de 20 dias mediante aplicação de sulfometuron metil, porém, sob condições de estresse hídrico, e Pontin (1995) e Castro et al. (1996) constataram antecipação de 21 dias utilizando o mesmo composto.

Leite et al. (2009a e 2009b) concluíram que os maturadores químicos favorecem o processo de maturação da cana-de-açúcar sob condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento vegetativo da cultura e promovem pouca antecipação sob condições climáticas favoráveis ao processo de maturação natural.

Na safra 2007 não foi possível calcular o máximo valor acumulado de pol do colmo inteiro, pois até a colheita os tratamentos ainda demonstraram resultados crescentes. O acúmulo máximo de sacarose na safra 2008 ocorreu aos 48 e 41 DAA, para os tratamentos sulfometuron metil (14,3 %) e glifosato + sulfometuron metil (13,4 %), respectivamente, e para o glifosato e a testemunha não foi possível calcular este ponto (Figuras 12E e 12F).

Caputo (2006) constatou que os maturadores químicos proporcionam incremento na pol cana ao longo das épocas amostradas com posterior estabilização, o que foi atribuído ao término do efeito dos produtos maturadores.

6.1.5 Açúcar teórico recuperável

Estão apresentados da Figura 13, os resultados do açúcar teórico recuperável, expresso em kg açúcar t cana⁻¹, obtidos através da fórmula preconizada pela Consecana (1999). Assim como as demais avaliações tecnológicas, o ATR foi calculado

separadamente para o 1/3 superior do colmo (Figuras 13A e 13B) e para os 2/3 inferiores do colmo (Figuras 13C e 13D).

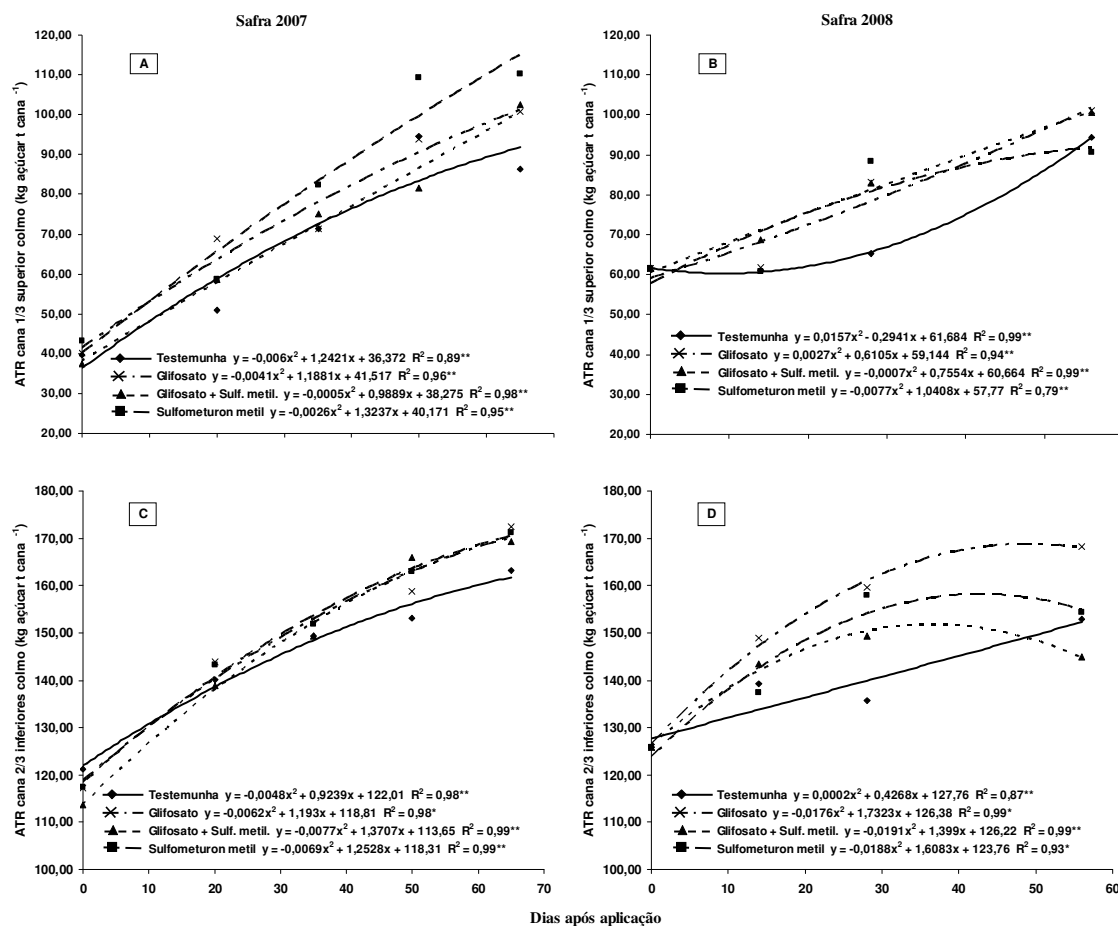


Figura 13. Açúcar teórico recuperável cana, no 1/3 superior do colmo de cana-de-açúcar (A e B) e nos 2/3 inferiores do colmo (C e D), variedade RB855453, sob efeito de maturadores. Igarapu do Tietê, SP, safras 2007 e 2008. ** e * são significativos ao nível de 5% e 10% pelo teste T, respectivamente.

De modo geral, observou-se incremento no ATR com o decorrer das épocas de amostragem, independente da parte do colmo analisada, nas duas safras (Figura 12).

Observa-se (Figura 13A) que o ATR cana obtido no terço superior do colmo na safra 2007 foi influenciado pela aplicação dos maturadores e verificou-se, através da curva de tendência, que o sulfometuron metil se destacou, seguido pelo glifosato, e a mistura

glifosato + sulfometuron metil não proporcionou diferença significativa em relação à testemunha. Através da análise de desdobramento, constatou-se diferença significativa entre os tratamentos dentro das épocas de amostragem, com exceção às avaliações aos 0 e 35 DAA. O tratamento com glifosato proporcionou aumento no ATR em relação à testemunha aos 20 DAA, na ordem de 35%. Aos 50 e 65 DAA, o sulfometuron metil se destacou, proporcionando aumento de 34% e 28%, em relação ao glifosato + sulfometuron metil e à testemunha, respectivamente (Figura 13A).

Na safra 2008, a influência dos maturadores químicos no ATR do terço superior do colmo foi mais acentuada e para a testemunha este aumento foi mais lento, atingindo os valores obtidos pelos maturadores somente na última amostragem (56 DAA). Observou-se diferença significativa entre os tratamentos somente aos 28 DAA, onde o sulfometuron metil incrementou o ATR do terço superior do colmo em relação à testemunha, na ordem de 35% (Figura 13B).

Verificou-se, através da curva de tendência para o ATR dos dois terços inferiores do colmo na safra 2007, que até, aproximadamente, 10 DAA os valores da testemunha eram superiores em relação aos obtidos pela aplicação dos maturadores, porém, a partir deste ponto passaram a apresentar maiores valores de ATR, distanciando-se da testemunha com o decorrer das épocas de amostragem até o final do experimento. A influência dos maturadores nos valores de ATR dos dois terços inferiores do colmo foi diferente dos obtidos para o terço superior na safra 2007, onde houve diferença significativa entre os tratamentos somente aos 50 DAA, sendo que a mistura glifosato + sulfometuron metil apresentou incremento de 8% no valor de ATR em relação à testemunha. Os demais tratamentos não apresentaram diferença significativa (Figura 13C).

Na safra 2008 os maturadores influenciaram o ATR dos dois terços inferiores do colmo, diferenciando-se da testemunha que apresentou incremento consideravelmente mais lento. Foi verificada diferença significativa entre os tratamentos aos 28 e 56 DAA, nos quais o glifosato proporcionou aumento de 18% e 16% em relação à testemunha e ao glifosato + sulfometuron metil, respectivamente (Figura 13D).

Observa-se, também, nas Figuras 13C e 13D, que conforme a cana-de-açúcar amadurece, há uma tendência de estabilização com posterior redução no ATR dos dois terços inferiores do colmo, o que corrobora com os resultados obtidos por Galdiano (2008)

que observou queda nos valores de ATR a partir dos 30DAA, porém, o mesmo autor observou incremento no ATR através da aplicação da mistura glifosato + sulfometuron metil em relação à testemunha somente aos 45 DAA.

Constatou-se que o aumento nos valores de ATR do terço superior do colmo foi mais acentuado que nos dois terços inferiores (Figura 13). O teor de Pol cana é utilizado no cálculo de ATR, o que pode explicar a maior influência no terço superior do colmo em relação aos dois terços inferiores e também o aumento no valor de ATR à medida que ocorre o amadurecimento da cana-de-açúcar.

Ressalta-se que o comportamento dos maturadores glifosato e sulfometuron metil revela de forma mais clara e verdadeira o real comportamento do parâmetro ATR, isto é, apresentam tendência à estabilização e não um incremento indistinto ao longo das épocas de amostragem (Leite, 2005). Este autor observou, também, que o glifosato e o sulfometuron metil revelaram destaque em promover maiores incrementos de ATR na colheita (60 DAA).

6.1.6 Amido

O teor de amido na cana de açúcar sofre influência de vários fatores como variedade, tipo de solo, estágio de desenvolvimento, adubação, entre outros (César e Mazzari, 1972), e neste contexto, a maior influência exercida nos resultados obtidos para este estudo foi o estágio de desenvolvimento, pois observou-se incremento deste polissacarídeo no terço superior do colmo com o amadurecimento da cana-de-açúcar nas duas safras, comprovado através das curvas de tendência dos tratamentos (Figura 14).

Observou-se influência dos maturadores no teor de amido do terço superior do colmo, onde, na safra 2007, houve diferença significativa no valor obtido pelos maturadores em relação à testemunha a partir dos 35 DAA. A aplicação de sulfometuron metil, glifosato + sulfometuron metil e glifosato proporcionaram aumento do teor de amido, comparados à testemunha, na ordem de 115%, 162% e 46%, aos 35 DAA; de 178%, 211% e 156%, aos 50 DAA; e de 70%, 67% e 48%, aos 65 DAA, respectivamente. Também verificou-se que aos 35 DAA o sulfometuron metil, aplicado isoladamente ou em

mistura ao glifosato, proporcionou diferença significativa em relação ao glifosato, com incremento de 47% e 79%, respectivamente (Figura 14A).

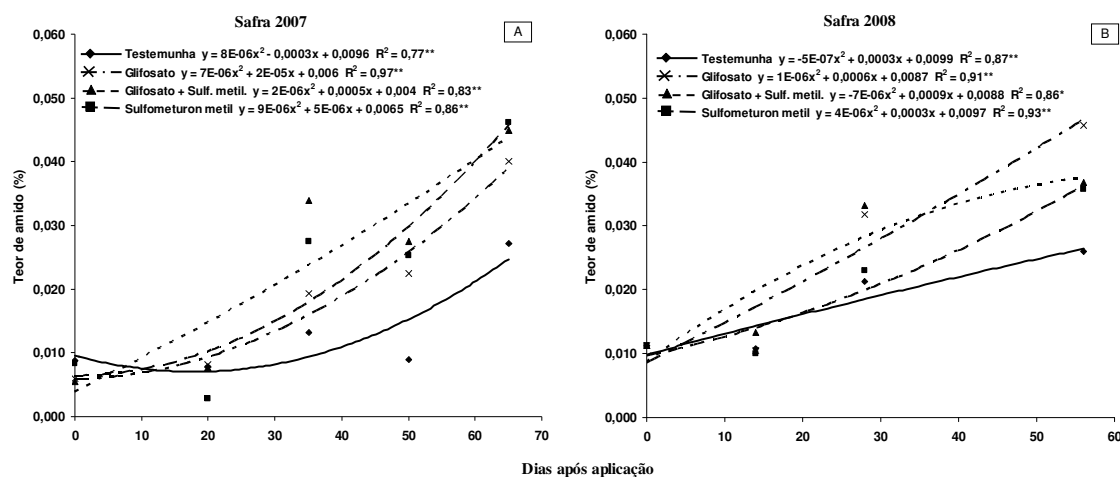


Figura 14. Teor de amido no 1/3 superior do colmo de cana-de-açúcar, variedade RB855453, sob efeito de maturadores. Igarapu do Tietê, SP, safras 2007 e 2008. ** e * são significativos ao nível de 5% e 10% pelo teste T, respectivamente.

Na safra subsequente, através da análise de desdobramento, novamente foi constatada diferença significativa no teor de amido do terço superior do colmo, entre os maturadores e a testemunha a partir dos 35 DAA. Nesta amostragem, a mistura glifosato + sulfometuron metil proporcionou o maior teor, diferenciando-se da testemunha e do sulfometuron metil, na ordem de 57% e 43%, respectivamente, seguido pelo glifosato, que aumentou o teor de amido em 52% comparado à testemunha. Aos 50 DAA, o glifosato incrementou o teor de amido em 77% e 28% em relação à testemunha e ao sulfometuron metil, respectivamente, e o sulfometuron metil diferenciou-se da testemunha, com incremento de 38% no teor de amido (Figura 14B).

Altos teores de amido no caldo de cana-de-açúcar, proporcionado pela maturação natural ou mediante a aplicação de maturadores químicos, pode influenciar negativamente no processo de fabricação do açúcar, pois aumenta a viscosidade e diminui a recuperação de açúcar no processo de fabricação (Onna e Hashimoto, 1993) e limita a filtrabilidade durante o processo de cristalização do açúcar (Anyangwa et al., 1993).

Segundo Ripoli e Ripoli (2004), o teor de amido recomendado para a cana-de-açúcar não deve ultrapassar 0,05% para não comprometer a qualidade da matéria-prima para a recuperação dos açúcares na indústria e, neste estudo, nas duas safras de avaliação, o maior teor de amido foi de 0,046%, portanto não atingiu níveis prejudiciais para tal processo.

6.1.7 Produtividade de colmos e açúcar e Margem de contribuição agrícola

A produtividade de colmos (TCH) foi influenciada pela aplicação de maturadores químicos nas duas safras de avaliação (Tabela 2), e os resultados foram semelhantes nos dois anos, indicando que, independente das condições climáticas apresentadas, os maturadores químicos demonstraram comportamento semelhante em relação ao crescimento vegetativo das plantas. Observa-se que a TCH das plantas não tratadas foi superior nas duas safras, enquanto o tratamento com sulfometuron metil proporcionou o menor valor de TCH. A menor TCH observada para o sulfometuron metil pode ter ocorrido devido à paralisação do crescimento em altura (Tabela 1). Na safra 2007 a redução da TCH pela aplicação de sulfometuron metil, em relação à testemunha, foi de aproximadamente 19,6 t cana ha⁻¹, e na safra subsequente chegou a 17,2 t cana ha⁻¹. Na safra 2008 observou-se, também, redução significativa na TCH do sulfometuron metil em relação aos outros maturadores, sendo 10,2 t cana ha⁻¹ e 10,4 t cana ha⁻¹, em relação ao glifosato + sulfometuron metil e ao glifosato, respectivamente.

Alguns autores como Leite (2005) e Castro et al. (2003) não observaram influência na TCH em função da aplicação de maturadores químicos, porém Leite et al. (2009c) observou que a aplicação de glifosato proporcionou menor TCH comparado ao sulfometuron metil.

A produtividade de açúcar (TPH) é influenciada pela produtividade de colmos e pelo teor de pol cana e, neste contexto, foram observadas diferenças significativas entre os maturadores aplicados, decorrentes da influência proporcionada pelos parâmetros citados (Tabela 2). Na safra 2007, o maior teor de pol obtido mediante a aplicação de sulfometuron metil não se refletiu em maior TPH, sendo que este tratamento apresentou o menor valor comparado ao glifosato e à mistura glifosato + sulfometuron metil, cuja diferença

foi de 2,1 e 2,3 t açúcar ha⁻¹, respectivamente. Na safra 2008, a testemunha apresentou baixo teor de pol, porém alta TCH, resultando em alta TPH, e estas plantas, juntamente às tratadas com glifosato, proporcionaram aumento significativo na TPH em relação ao sulfometuron metil isolado ou aplicado em mistura ao glifosato. A diferença entre o tratamento que proporcionou o maior valor de TPH (glifosato) e o que proporcionou o menor valor (glifosato + sulfometuron metil) chegou a 3,1 t açúcar ha⁻¹ (Tabela 2).

Tabela 2. Produtividade de colmos (TCH), produtividade de açúcar (TPH) e margem de contribuição agrícola (MCA) na colheita da cana-de-açúcar, variedade RB855453, sob efeito de maturadores. Igarauçu do Tietê, SP, safras 2007 e 2008.

Safra 2007 ⁽¹⁾			
Tratamentos	TCH (t cana ha⁻¹)	TPH (t açúcar ha⁻¹)	MCA (US\$ ha⁻¹)
Testemunha	142,41 a	21,54 ab	1009,46 a
Glifosato	135,04 ab	22,10 a	1079,16 a
Glif. + Sulf. Metil	138,84 ab	22,28 a	1081,45 a
Sulfometuron metil	122,77 b	20,02 b	948,71 a
CV (%)	6,45	5,10	7,71
Safra 2008 (2)			
Tratamentos	TCH (t cana ha⁻¹)	TPH (t açúcar ha⁻¹)	MCA (US\$ ha⁻¹)
Testemunha	128,42 a	18,18 a	784,47 ab
Glifosato	121,62 a	18,80 a	851,53 a
Glif. + Sulf. Metil	121,35 a	15,69 b	632,05 b
Sulfometuron metil	111,18 b	15,80 b	629,09 b
CV (%)	3,45	5,37	11,56

Médias seguidas de letras iguais, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 10 % de probabilidade.

⁽¹⁾ Colheita do experimento aos 65 dias após a aplicação.

⁽²⁾ Colheita do experimento aos 56 dias após a aplicação.

Estes resultados não corroboram com o observado por Leite (2005), que constatou destaque na TPH através da aplicação de sulfometuron metil, utilizando a mesma cultivar deste estudo. Já Caputo (2006) constatou que a aplicação de sulfometuron

metil incrementou a TPH do genótipo IAC89-3124, mas foi menor para a variedade SP80-1842.

A produtividade de açúcar influencia diretamente a Margem de contribuição agrícola (MCA) e, neste estudo, esta correlação foi relatada nas duas safras, onde a diferença observada entre os tratamentos com relação à TPH se refletiu na MCA, principalmente na safra 2008 (Tabela 2). Não foi constatada diferença significativa entre os tratamentos na safra 2007, porém, na safra 2008 o tratamento com glifosato proporcionou o maior retorno econômico, comparado ao sulfometuron metil e à mistura glifosato + sulfometuron metil, com incremento de aproximadamente 35%.

A MCA representa o indicativo ideal para o estudo comparativo de tratamentos que influenciam a qualidade e produtividade da cana-de-açúcar, tendo em vista que o retorno econômico por hectare depende também da produtividade de colmos (FERNANDES, 2003).

É importante ressaltar que na safra 2008 o experimento foi colhido aos 56 DAA e, nesta data, é possível que o efeito proporcionado pelos maturadores químicos tenha sido minimizado e as plantas controle continuaram seu processo de maturação natural. O pico no ganho de pol proporcionado pelos maturadores em relação à testemunha ocorreu, entre os 25 e 35 DAA (Figura 12F) e na colheita do experimento, aos 56 DAA, os tratamentos praticamente se igualaram, principalmente para os tratamentos sulfometuron metil e glifosato + sulfometuron metil. Se a colheita fosse realizada no período de maior ganho de pol, poderia ter resultado em maior TPH destes maturadores em relação à testemunha. Neste contexto é importante que seja realizada uma boa programação antes da aplicação dos maturadores químicos para que os efeitos desta aplicação sejam aproveitados ao máximo e a colheita seja realizada no período de maior qualidade tecnológica.

6.1.8 Rebrotas da soqueira

A aplicação dos maturadores químicos influenciou a rebrota da soqueira nas safras 2007 e 2008 e houve diferença significativa entre os tratamentos nas duas safras avaliadas (Tabela 3).

Na safra 2007, o glifosato apresentou a melhor rebrota da soqueira comparando-se à testemunha e ao sulfometuron metil, porém, na safra subsequente, este maturador afetou negativamente a rebrota, apresentando o menor nº de brotos por metro em relação aos demais tratamentos (Tabela 3).

Tabela 3. Rebrota da soqueira da cana-de-açúcar, variedade RB855453, sob efeito de maturadores. Igarauçu do Tietê, SP, safras 2007 e 2008.

Tratamentos	Safra 2007	Safra 2008
	n° de brotos m ⁻¹	
	60 DAC ⁽¹⁾	
Testemunha	8,50 b	12,90 a
Glifosato	10,28 a	11,45 b
Glifosato + Sulf. Metil	9,70 ab	14,08 a
Sulfometuron metil	8,25 b	13,10 a
CV (%)	9,23	5,16

Médias seguidas de letras iguais, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 10 % de probabilidade.

⁽¹⁾ Dias após a colheita.

Estes resultados corroboram com os observados por Leite & Crusciol (2008), que concluíram que aplicações sucessivas de glifosato podem prejudicar a rebrota da soqueira.

Este efeito prejudicial na rebrota da soqueira das plantas tratadas com glifosato no segundo ano de experimentação, pode ter ocorrido devido a um efeito residual na soqueira da cana-de-açúcar, já que este composto atua na rota do ácido chiquímico, bloqueando a síntese de fenilalanina, precursor dos compostos fenólicos, entre eles, a lignina. Esta molécula consiste em um componente essencial para o transporte de água nos tecidos das plantas e confere às mesmas funções na parede celular como rigidez, impermeabilidade e resistência a pragas ou danos mecânicos (TAIZ & ZEIGER, 2004).

Para Romero et al (2000), o glifosato aplicado em doses superiores a 0,43 L p.c. ha⁻¹, podem causar retardamento no processo de brotação e crescimento do

canavial, já Romero et al. (1996) observaram maiores riscos aplicando glifosato na dose 0,58 L p.c. ha⁻¹, contudo, ambos autores recomendaram estas doses para canaviais que serão reformados. Contudo, Romero et al. (1998) relataram que os efeitos prejudiciais à brotação da cana-de-açúcar ocorrem quando o produto é aplicado em doses superiores a 0,9 L p.c. ha⁻¹, entretanto, não provocam efeito negativo significativo na produção de cana.

6.2 Eficácia da mistura de glifosato a etil-trinexapac

6.2.1 Invertases ácida e neutra (SAI e NI)

Os maturadores químicos proporcionaram influência na atividade das invertases ácida (SAI) e neutra (NI) do terço superior do colmo, nas duas safras de avaliação e, através do desdobramento da interação maturadores dentro de dias após aplicação, constatou-se que os tratamentos revelaram comportamentos distintos em cada época amostrada (Figura 15).

A SAI na safra 2007 (Figura 15A) teve redução na sua atividade até, aproximadamente, os 30 DAA com posterior incremento. Foram observadas diferenças entre os maturadores a partir dos 35 DAA, onde a mistura glifosato + etil-trinexapac proporcionou maior atividade da SAI comparando-se ao etil-trinexapac e ao glifosato aplicados isoladamente. Aos 50 DAA a testemunha proporcionou o maior valor de SAI em relação aos tratamentos etil-trinexapac e glifosato + etil-trinexapac. Ao final do período de experimentação (65 DAA) todos os tratamentos diferenciaram-se da testemunha, proporcionando valores significativamente superiores.

Na safra subsequente, os maturadores proporcionaram redução na atividade da SAI ao longo do período experimental, diferentemente da testemunha que, aproximadamente, aos 40 DAA passou a incrementar a atividade desta enzima. Observou-se diferença significativa entre os tratamentos aos 14 DAA, onde os maturadores foram superiores à testemunha, e o maior valor foi encontrado para o glifosato + etil-trinexapac, seguido pelo glifosato e por último o etil-trinexapac (Figura 15B).

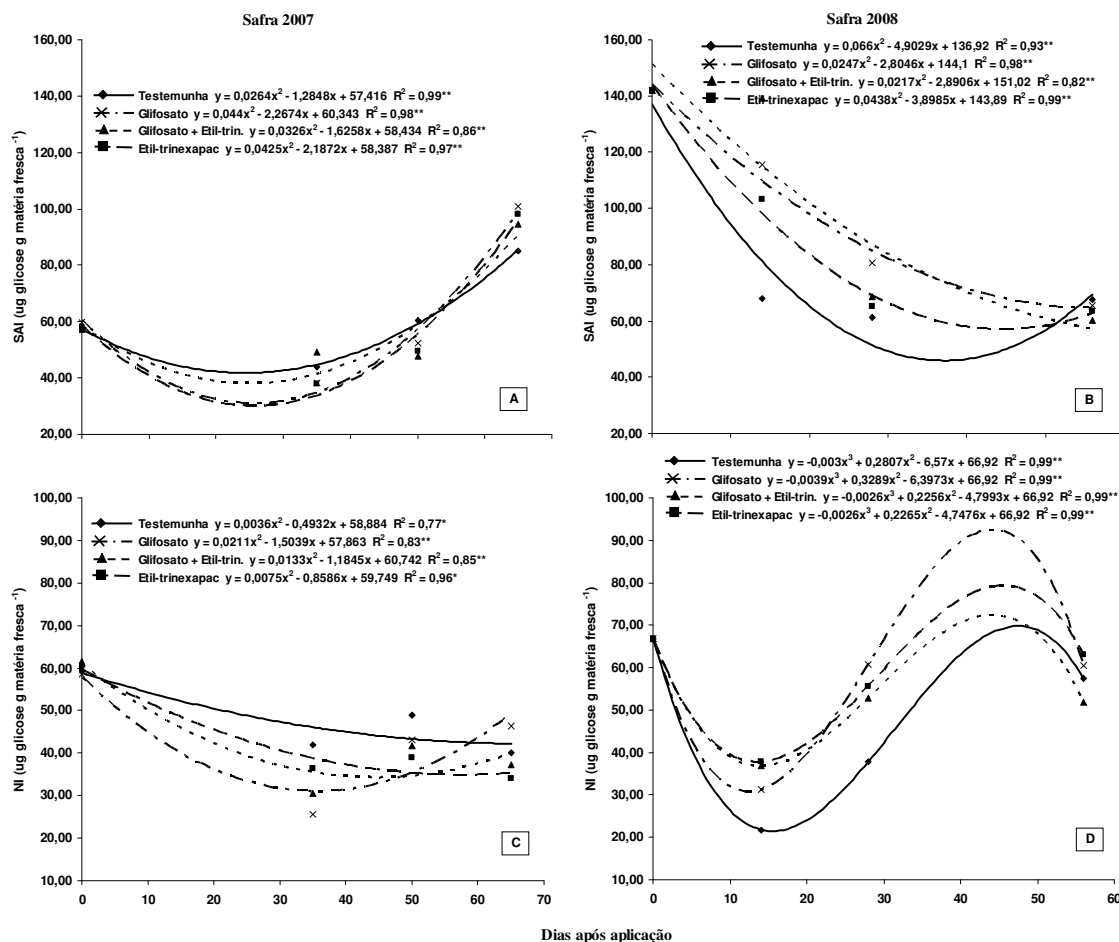


Figura 15. Atividade das enzimas invertases ácida (A e B) e neutra (C e D), do 1/3 superior dos colmos de cana-de-açúcar, variedade RB855453, sob efeito de maturadores. Igarapu do Tietê, SP, safras 2007 e 2008. ** e * são significativos ao nível de 5% e 10% pelo teste T, respectivamente.

Observou-se menor oscilação da atividade da SAI e da NI na safra 2007 (Figuras 15A e 15C), o que pode ter ocorrido devido ao menor efeito proporcionado pelos maturadores devido às condições climáticas favoráveis à maturação da cana-de-açúcar. Em 2008, o efeito dos maturadores foi mais pronunciado devido às condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento vegetativo, o que foi observado pela atividade da NI, que diminuiu no início do período indicando menor acúmulo de sacarose e, posteriormente, a queda da precipitação e da temperatura propiciou ambiente favorável ao acúmulo de sacarose

nos colmos, propiciado pelo aumento da atividade da NI. A atividade da NI da testemunha foi menor durante todo o período o que indica maior desenvolvimento vegetativo destas plantas e menor acúmulo de sacarose nos colmos (Figura 15D).

Outros resultados de pesquisa já demonstraram queda na atividade da SAI conforme ocorre maturação dos tecidos internodais correlacionado com aumento no teor de sacarose nos colmos (ZHU et al., 1997; VENKATARAMANA et al., 1991; MA, et al., 2000). Neste contexto é possível afirmar que a menor atividade da SAI na safra 2007 (Figura 15A) pode estar relacionada à maturação precoce da cana-de-açúcar devido às condições climáticas favoráveis a este processo, tendo visto que nesta safra a maturação foi atingida anteriormente à safra 2008, como foi observado pelas curvas de maturação contidas nas Figuras 18E e 18F.

Su et al. (1992) constataram que o emprego de glifosato como maturador químico em cana-de-açúcar, induziu decréscimo na atividade da SAI, com o incremento na concentração de açúcar.

Foram observadas variações na atividade da NI na safra 2007 (Figura 15C) nas épocas de amostragem, sendo que aos 35 DAA a testemunha proporcionou a maior atividade desta isoenzima em relação ao glifosato isolado ou em mistura ao etil-trinexapac. Aos 65 DAA não foram observadas diferenças significativas dos tratamentos em relação à testemunha, porém, o glifosato proporcionou maior atividade da NI em relação ao etil-trinexapac.

Na safra 2008 os maturadores proporcionaram, de modo geral, incremento na atividade da NI em relação à testemunha. Foram observadas diferenças significativas aos 14 DAA, onde o etil-trinexapac aumentou a atividade da NI em relação à testemunha, e aos 28 DAA, onde todos os maturadores proporcionaram atividade significativamente superior comparando-se à testemunha, porém não houve diferença entre os mesmos (Figura 15D).

Vieira et al. (1996b) observaram altos níveis de atividade da NI em relação a SAI, relatando que esta relação pode estar estreitamente ligada à capacidade de acumular sacarose.

Na safra 2007 não observou-se correlação da atividade das isoenzimas SAI e NI com o acúmulo de açúcar nos colmos, entretanto em 2008 houve correlação da

atividade da NI com o acúmulo de pol, tanto no terço superior quanto nos dois terços inferiores do colmo, aos 28 DAA, onde os maturadores proporcionaram aumento na atividade da NI acarretando em maior acúmulo de sacarose nos colmos (Figura 15).

Outros autores encontraram correlação significativa, como Rose & Botha (2000) que relataram aumento no teor de sacarose com o aumento da atividade da NI e Vieira et al. (1996b), que observaram aumento na taxa de armazenamento de sacarose em função do nível da NI através da diminuição da presença dos açúcares redutores.

6.2.2 Altura de plantas, diâmetro e número de colmos

Os maturadores químicos afetaram a continuidade do processo de crescimento em altura aos 65 DAA na safra 2007, podendo-se observar variações significativas entre as épocas de avaliação somente para as plantas sem tratamento. Os colmos tratados com etil-trinexapac, glifosato e com a mistura dos dois maturadores manifestaram paralisação do crescimento em altura, efeito derivado principalmente do menor alongamento dos entrenós imaturos (Tabela 4).

Leite (2005) também relatou paralisação do crescimento, tanto em altura, quanto em diâmetro após aplicação de etil-trinexapac e glifosato, porém James et al. (2001), observaram pequena diferença na taxa de crescimento em altura após cinco semanas da aplicação.

Na safra 2008 (Tabela 4) os tratamentos com maturadores não interromperam o crescimento em altura das plantas, porém, houve menor crescimento das plantas tratadas em relação à testemunha, que apresentou valor significativamente superior aos tratamentos com maturadores. Estes resultados podem ser explicados pelas condições climáticas durante o experimento na safra 2008 (Figura 1 e 2), que atrasaram o processo de maturação das plantas, já que as condições necessárias para haver este processo, descritas por Alexander (1973) e Deuber (1988) ocorreram somente ao final do período experimental. No entanto, Leite & Crusciol (2008) observaram inibição do crescimento em altura de plantas tratadas com glifosato, mesmo em condições climáticas que favoreciam o desenvolvimento vegetativo.

Diferentemente do observado quanto à altura das plantas na safra 2007, os resultados obtidos com relação ao diâmetro dos colmos não revelaram efeito dos tratamentos (Tabela 4).

Tabela 4. Altura de plantas e diâmetro dos colmos de cana-de-açúcar, variedade RB855453, sob efeito de maturadores químicos. Igarauçu do Tietê, SP, safras 2007 e 2008.

Altura (m)				
Tratamento	Safra 2007		Safra 2008	
	0 DAA	65 DAA	0 DAA	56 DAA
Testemunha	2,37 aB	2,66 aA	2,08 aB	2,63 aA
Glifosato	2,29 aA	2,34 bA	2,04 aB	2,22 bA
Glifosato + Etil-trinex.	2,30 aA	2,32 bA	2,03 aB	2,27 bA
Etil-trinexapac	2,36 aA	2,39 bA	2,04 aB	2,25 bA
CV (%)	3,69		2,82	
Diâmetro dos colmos (mm)				
Tratamento	Safra 2007		Safra 2008	
	0 DAA	65 DAA	0 DAA	56 DAA
Testemunha	30,3 aA	30,8 aA	31,5 aB	33,0 aA
Glifosato	30,7 aA	31,4 aA	31,8 aB	33,0 aA
Glifosato + Etil-trinex.	30,0 aA	31,9 aA	31,0 aB	32,4 aA
Etil-trinexapac	29,6 aA	30,6 aA	31,2 aA	31,8 aA
CV (%)	3,63		3,24	

Médias seguidas de letras distintas, minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 10% de probabilidade.

O diâmetro dos colmos na safra 2008 (Tabela 4) também não sofreu interferência pelo uso de maturadores químicos, com exceção ao tratamento com etil-trinexapac, que interrompeu o aumento do diâmetro e não demonstrou diferença entre os valores correspondentes às épocas amostradas.

6.2.3 Pureza do caldo, açúcares redutores cana e fibra cana

A pureza do caldo, no terço superior do colmo, aumentou significativamente ao longo das épocas de amostragem, nas safras 2007 e 2008. Os maturadores aumentaram a pureza do caldo em relação à testemunha em ambas as safras (Figuras 16A e 16B).

O incremento na pureza do caldo do terço superior do colmo, na safra 2007 (Figura 16A), aos 20 DAA, foi na ordem de 16% para o etil-trinexapac e glifosato + etil-trinexapac e de 31% para o glifosato em relação à testemunha. Aos 50 DAA a aplicação de etil-trinexapac destacou-se em relação a este parâmetro, proporcionando 14% de incremento sobre a testemunha e 13% de superioridade em relação ao tratamento com glifosato.

Na safra 2008, os maturadores proporcionaram maiores valores de pureza, no terço superior do colmo, em relação à testemunha, em todas as épocas de amostragem, mas foi observada diferença significativa somente aos 28 DAA, onde os tratamentos etil-trinexapac, glifosato e glifosato + etil-trinexapac proporcionaram incremento de 14%, 15% e 15%, respectivamente (Figura 16B).

O teor de AR no terço superior do colmo foi decrescente até a última amostragem nas duas safras (Figuras 16C e 16D).

Na safra 2007, os tratamentos etil-trinexapac e glifosato + etil-trinexapac proporcionaram, de modo geral, valores inferiores de AR no terço superior em relação à testemunha e ao glifosato (Figura 16C). Aos 20 DAA os tratamentos proporcionaram decréscimo no teor de AR em relação à testemunha, na ordem de 18% para o etil-trinexapac e glifosato + etil-trinexapac e 35% para o glifosato. Aos 50 DAA, o etil-trinexapac proporcionou o menor teor de AR no terço superior do colmo em relação à testemunha (37%) e ao glifosato (33%).

O teor de AR no terço superior do colmo na safra 2008 foi influenciado pela aplicação dos maturadores químicos, que reduziram os valores de AR de forma mais acentuada que a testemunha (Figura 16D). A diferença mais acentuada foi observada aos 28 DAA, onde o tratamento com etil-trinexapac, glifosato + etil-trinexapac e glifosato proporcionaram queda no teor de AR na ordem de 28%, 27% e 27%, respectivamente, em relação à testemunha.

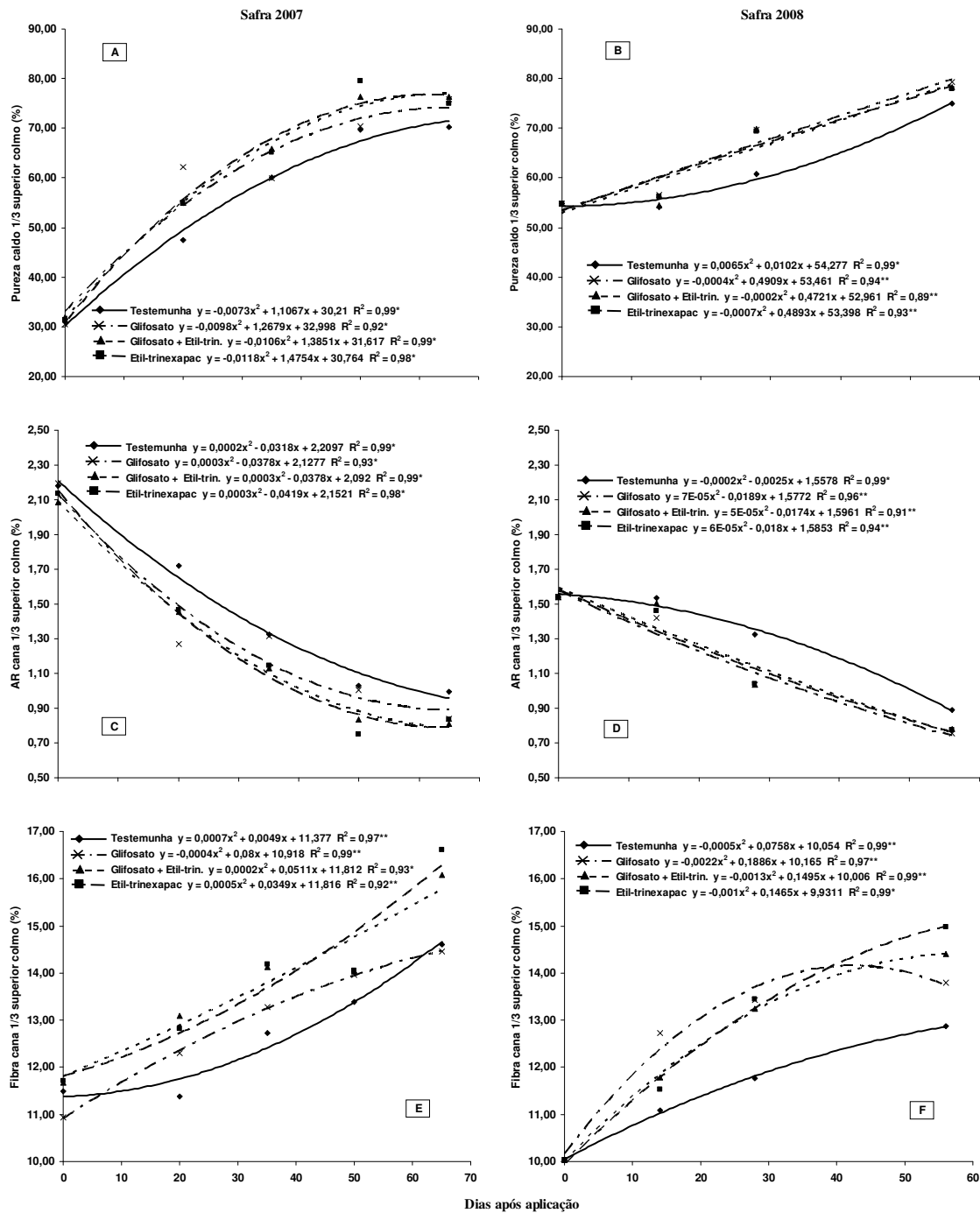


Figura 16. Pureza do caldo (A e B), açúcares redutores cana (AR cana) (C e D) e fibra cana (E e F), do 1/3 superior do colmo de cana-de-açúcar, variedade RB855453, sob efeito de maturadores. Igarauçu do Tietê, SP, safras 2007 e 2008. ** e * são significativos ao nível de 5% e 10% pelo teste T, respectivamente.

O teor de fibra no terço superior do colmo foi influenciado significativamente pelos maturadores nas duas safras. O tratamento etil-trinexapac, aplicado isoladamente ou em mistura ao glifosato, proporcionou o maior teor de fibra a partir dos 20 DAA na safra 2007 e aos 56 DAA na safra 2008 (Figuras 16E e 16F).

Na safra 2007 (Figura 16E) o etil-trinexapac e o glifosato + etil-trinexapac proporcionaram elevado teor de fibra no terço superior do colmo em relação ao glifosato e à testemunha, na ordem de 13% e 15% aos 20 DAA, 12% e 11% aos 35 DAA e 14% e 10% aos 65 DAA, respectivamente.

A aplicação de glifosato, na safra 2008, acrescentou o teor de fibra no terço superior do colmo em 15%, aos 14 DAA, em relação à testemunha. Aos 28 DAA todos os tratamentos elevaram o teor de fibra em relação à testemunha, na ordem de 14% para os tratamentos etil-trinexapac e glifosato e 13% para glifosato + etil-trinexapac. Aos 56 DAA o etil-trinexapac aplicado isoladamente ou em mistura ao glifosato proporcionou aumento no teor de fibra em 16% e 12%, respectivamente (Figura 16F).

As avaliações realizadas nos dois terços inferiores do colmo permitiram verificar que a pureza na safra 2007 aumentou com o decorrer das épocas de amostragem. O desdobramento dos maturadores em relação às épocas de amostragem demonstrou que não houve diferença entre os tratamentos, não havendo influência dos maturadores aplicados em relação a este parâmetro na safra 2007 (Figura 17A).

Na safra subsequente, houve incremento do teor de pureza nos dois terços inferiores do colmo no decorrer do período amostrado, com posterior diminuição, onde os resultados foram ajustados em funções quadráticas para todos os tratamentos (Figura 17B). Os maturadores proporcionaram superioridade no teor de pureza, com destaque para o glifosato, onde o teor foi 4% superior à testemunha. O máximo teor de pureza foi encontrado aos 35, 34 e 37 DAA, em função da aplicação de glifosato, etil-trinexapac e glifosato + etil-trinexapac, cujos valores calculados foram de 90,9%, 90,8% e 90,4%, respectivamente, enquanto para a testemunha a máxima pureza foi de 87,9%, encontrada somente aos 40 DAA.

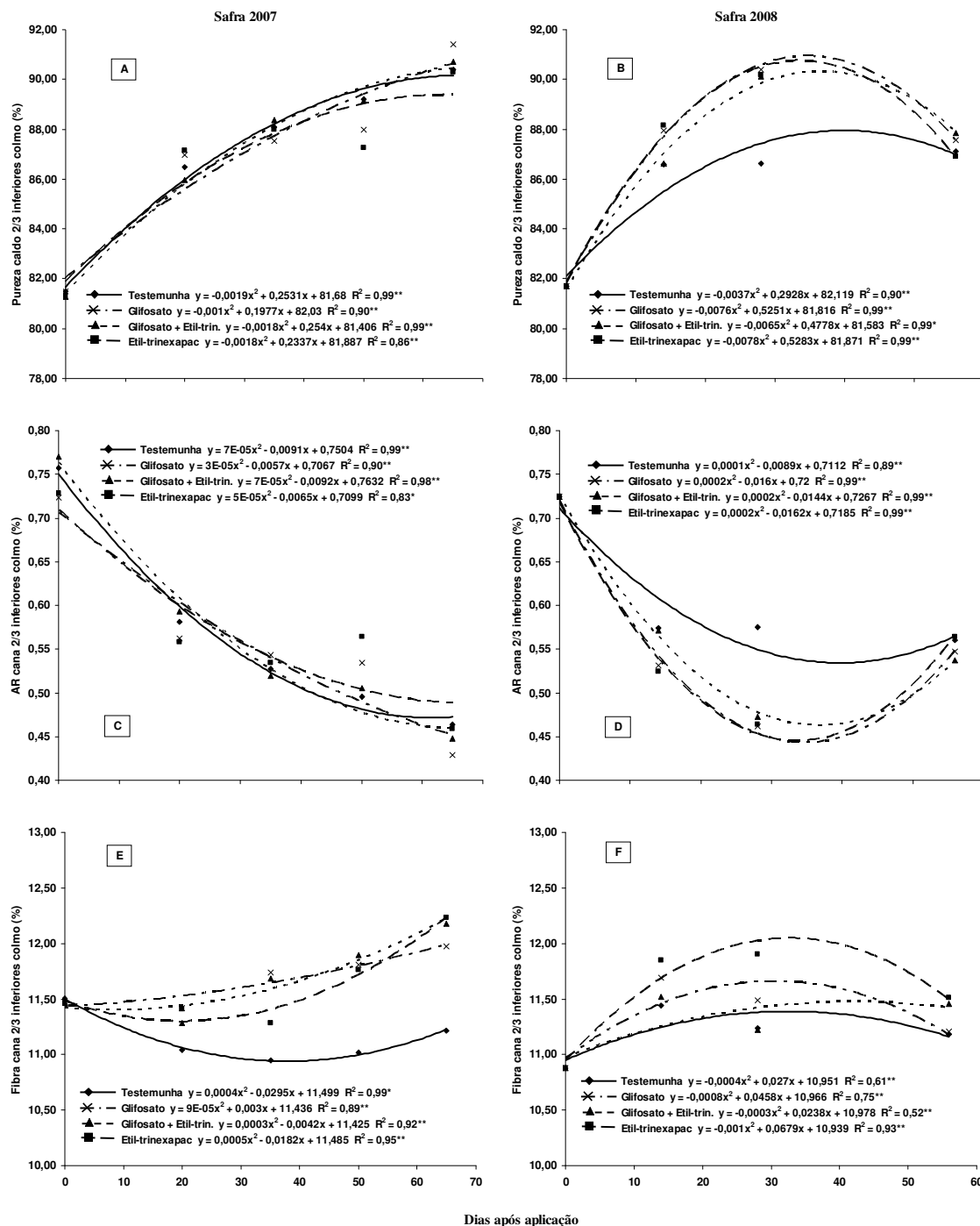


Figura 17. Pureza do caldo (A e B), açúcares redutores cana (AR cana) (C e D) e fibra cana (E e F), dos 2/3 inferiores do colmo de cana-de-açúcar, variedade RB855453, sob efeito de maturadores. Igarauçu do Tietê, SP, safras 2007 e 2008. ** e * são significativos ao nível de 5% e 10% pelo teste T, respectivamente.

O teor de AR nos dois terços inferiores do colmo na safra 2007 foi decrescente ao longo das épocas de amostragem para todos os tratamentos, cujos resultados foram expressos por funções quadráticas, porém não foi possível calcular o valor mínimo de AR, pois até o final do período de amostragem os resultados ainda apresentavam queda (Figura 17C). Dentro de cada época de amostragem não foi observada diferença significativa entre os tratamentos.

Na safra 2008, a aplicação dos maturadores proporcionou decréscimo nos teores de AR nos dois terços inferiores do colmo, com posterior aumento, enquanto a testemunha continuou decrescendo até o final do período experimental (Figura 17D).

As análises de desdobramento demonstraram que houve diferença significativa entre os tratamentos aos 28 DAA, onde os menores valores foram obtidos pelos tratamentos etil-trinexapac e glifosato, com redução de 24% em relação à testemunha. Os tratamentos com etil-trinexapac, glifosato e glifosato + etil-trinexapac proporcionaram, de modo geral, redução nos teores de AR em relação à testemunha, onde os valores mínimos foram encontrados aos 34, 35, 36 e 40 DAA, cujos valores foram 0,44%, 0,44%, 0,46% e 0,53%, respectivamente. O maior teor de AR obtido pela testemunha se deve à continuidade do processo de maturação e maior demanda por glicose e frutose, já que o crescimento é contínuo e o acúmulo de sacarose é menor em relação às plantas tratadas com maturadores (Figura 17D).

De modo geral, houve incremento no teor de fibra dos dois terços inferiores do colmo na safra 2007 (Figura 17E) e o desdobramento dos resultados demonstrou diferença entre os tratamentos a partir dos 35 DAA, sendo que todos os maturadores aumentaram o teor de fibra cana em relação à testemunha, porém este aumento foi menos acentuado que no terço superior do colmo. Aos 35 DAA, os resultados dos tratamentos glifosato + etil-trinexapac foram superiores à testemunha, na ordem de 7%. Aos 50 DAA, a aplicação de etil-trinexapac, glifosato + etil-trinexapac e glifosato aumentou o teor de fibra dos dois terços inferiores do colmo em relação à testemunha na ordem de 7%, 8% e 7%, respectivamente, e aos 65 DAA este aumento foi de 9%, 9% e 7%, respectivamente.

Na safra 2008, houve pouca variação dos teores de fibra dos dois terços inferiores do colmo com o decorrer das épocas de amostragem (Figura 17F). Com

relação às épocas amostradas, não foi constatada diferença significativa entre os tratamentos, o que indica que os maturadores não exerceram influência sobre este parâmetro.

6.2.4 Pol cana

O teor de sacarose no terço superior dos colmos, na safra 2007, aumentou com o transcorrer das épocas de amostragem, até os 50 DAA e depois passou a sofrer queda, com exceção ao tratamento com glifosato, que foi crescente até o final da experimentação (Figura 18A). Na safra 2008, o teor de sacarose do terço superior dos colmos aumentou ao longo do período experimental (Figura 18B).

Através da interação maturador dentro de dias após aplicação, verifica-se que, na safra 2007, houve diferença significativa entre os maturadores empregados aos 20 DAA, 50 DAA e 65 DAA e, na safra subsequente houve diferença entre os tratamentos somente aos 28 DAA (Figuras 18A e 18B).

A aplicação de glifosato na safra 2007 incrementou o teor de Pol no terço superior dos colmos em relação à testemunha na ordem de 62 % aos 20 DAA e de 20% aos 65 DAA. Aos 50 DAA, a aplicação de etil-trinexapac se destacou em relação à testemunha, elevando o teor de Pol em 18%, valor este, também superior em relação à aplicação de glifosato (Figura 18A).

Na safra 2008, observou-se incremento no valor da Pol do terço superior dos colmos aos 28 DAA (Figura 18B) pela aplicação de glifosato e da mistura glifosato + etil-trinexapac em relação à testemunha, na ordem de 38% e 34%, respectivamente.

Villegas & Torres (1993) constataram que o efeito da aplicação de glifosato se concentra principalmente no terço superior dos colmos, porém também proporcionou incrementos importantes nos dois terços restantes.

O teor de pol dos dois terços inferiores do colmo, nas safras 2007 e 2008 (Figura 18C e 18D), aumentou com o transcorrer das épocas de amostragem, sendo os resultados ajustados por modelos quadráticos para todos os tratamentos, com exceção à testemunha.

Na safra 2007, houve incremento no teor da Pol dos dois terços inferiores do colmo até o final do período amostrado, e os tratamentos demonstraram

diferenças significativas aos 20 DAA e 50 DAA. Verificou-se que, aos 20 DAA, o incremento no valor da Pol, mediante a aplicação de glifosato, foi cerca de 10% superior em relação à aplicação da mistura glifosato + etil-trinexapac. Aos 50 DAA, observou-se incremento de 10% no teor de Pol com a aplicação da mistura glifosato + etil-trinexapac em relação à testemunha (Figura 18C).

Na safra subsequente (Figura 18D), observou-se diferença significativa somente aos 28 DAA, onde a aplicação de glifosato e da mistura glifosato + etil-trinexapac incrementaram o teor de Pol dos dois terços inferiores do colmo em relação à testemunha, na ordem de 19% e 17%, respectivamente. O máximo acúmulo nos dois terços inferiores do colmo, foi observado aos 47 DAA para os tratamentos etil-trinexapac e glifosato, atingindo 16,0 % e 17,2 % de pol, respectivamente, e aos 49 DAA para o glifosato + etil-trinexapac, onde a pol chegou a 16,7 %.

O teor de Pol no colmo inteiro, nas safras 2007 e 2008, aumentou com o transcorrer das épocas de amostragens, e foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos em algumas épocas, verificadas mediante o desdobramento da interação maturador dentro de dias após aplicação (Figuras 18E e 18F).

Observou-se na safra 2007 (Figura 18E), que aos 20 DAA o tratamento com glifosato proporcionou Pol do colmo inteiro 11% superior em relação ao tratamento com a mistura glifosato + etil-trinexapac. Aos 65 DAA o glifosato também se destacou aumentando o teor de Pol em 10% em relação à testemunha.

Na safra 2008 (Figura 18F), observou-se diferença significativa entre os maturadores a partir dos 28 DAA, e o tratamento com glifosato, assim como na safra anterior, proporcionou superioridade no teor de Pol do colmo inteiro em relação à testemunha, na ordem de 23% e 9 %, aos 28 e 56 DAA, respectivamente. Aos 28 DAA, os tratamentos com etil-trinexapac e com a mistura glifosato + etil-trinexapac, também incrementaram o teor de Pol em relação à testemunha, na ordem de 15% e 20%, respectivamente.

Este incremento no teor de Pol do colmo inteiro mediante a aplicação de glifosato também foi observado por Villegas & Torres (1993), que constataram aumento de 12 a 25% em relação à testemunha, por Leite (2005) que observou incremento de 5,6%, 12% e 7,6%, aos 30, 75 e 90 DAA, respectivamente, e por Castro et al. (2002) que verificaram aumento na ordem de 17,7% e 14,6%, aos 20 e 62 DAA, respectivamente.

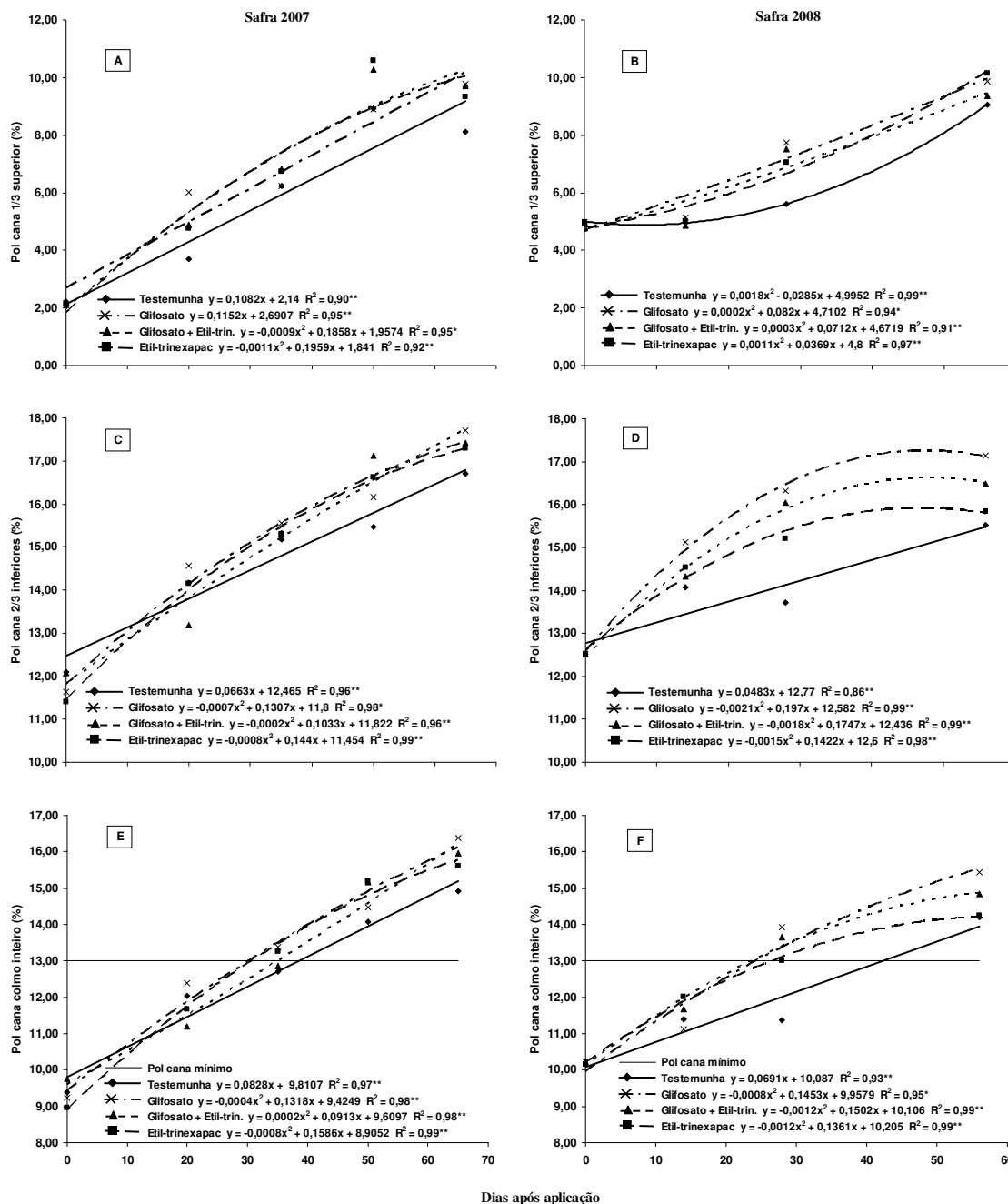


Figura 18. Pol cana (%), no 1/3 superior do colmo (A e B), nos 2/3 inferiores do colmo (C e D) e no colmo inteiro (E e F), em cana-de-açúcar, variedade RB855453, sob efeito de maturadores. Igarapu do Tietê, SP, safras 2007 e 2008. ** e * são significativos ao nível de 5% e 10% pelo teste T, respectivamente.

Mediante o desdobramento da interação maturador dentro de dias após aplicação, foram estimadas as curvas de maturação para cada tratamento nas safras 2007 e 2008 (Figuras 18E e 18F), e observou-se antecipação da maturação da cana-de-açúcar quando da utilização dos maturadores.

Na safra 2007, as condições climáticas foram favoráveis à maturação da cana-de-açúcar, devido à diminuição da precipitação e da temperatura e do consequente déficit hídrico (Figuras 1 e 2), e a aplicação dos maturadores, pouco influenciou a antecipação da maturação. A testemunha atingiu a pol necessária para efetuar a colheita aos 38 DAA (Figura 18E) e a maior antecipação da maturação foi observada pela aplicação do glifosato (8 dias), seguido do etil-trinexapac (7 dias) e da mistura glifosato + etil-trinexapac (3 dias).

As condições climáticas na safra 2008 (Figuras 1 e 2) foram favoráveis ao desenvolvimento vegetativo, já que a precipitação pluvial permaneceu relativamente alta, e houve excedente hídrico devido à alta capacidade de retenção do solo, fazendo com que a aplicação dos maturadores antecipasse a maturação de maneira mais pronunciada comparando-se à safra anterior. O ponto de colheita foi atingido pela testemunha aos 42 DAA. A aplicação de glifosato e da mistura glifosato + etil-trinexapac antecipou a colheita em 18 dias e a aplicação de etil-trinexapac antecipou em 15 dias (Figura 18F).

6.2.5 Açúcar teórico recuperável

Através da análise de desdobramento da interação, observou-se aumento significativo do ATR cana nas duas safras de avaliação e nas duas partes em que o colmo foi seccionado, porém o incremento observado no terço superior do colmo foi mais acentuado em relação aos dois terços inferiores, o que se deve à Pol cana que influencia diretamente este parâmetro, uma vez que representa uma das variáveis do cálculo de ATR (Figura 19).

Leite (2005) observou influência da pol nos valores de ATR, sendo que os maiores incrementos proporcionados pelos maturadores no ATR cana foram relatados também para a pol, nas mesmas épocas de amostragem.

Galdiano (2008), através da aplicação de maturadores isolados ou em mistura em final de safra, observou estabilidade no ATR até os 15 DAA, com posterior

declínio nos valores. Já Viana et al. (2008), aplicando etil-trinexapac em início de safra, observou queda considerável nos valores médios de ATR a partir dos 90 DAA.

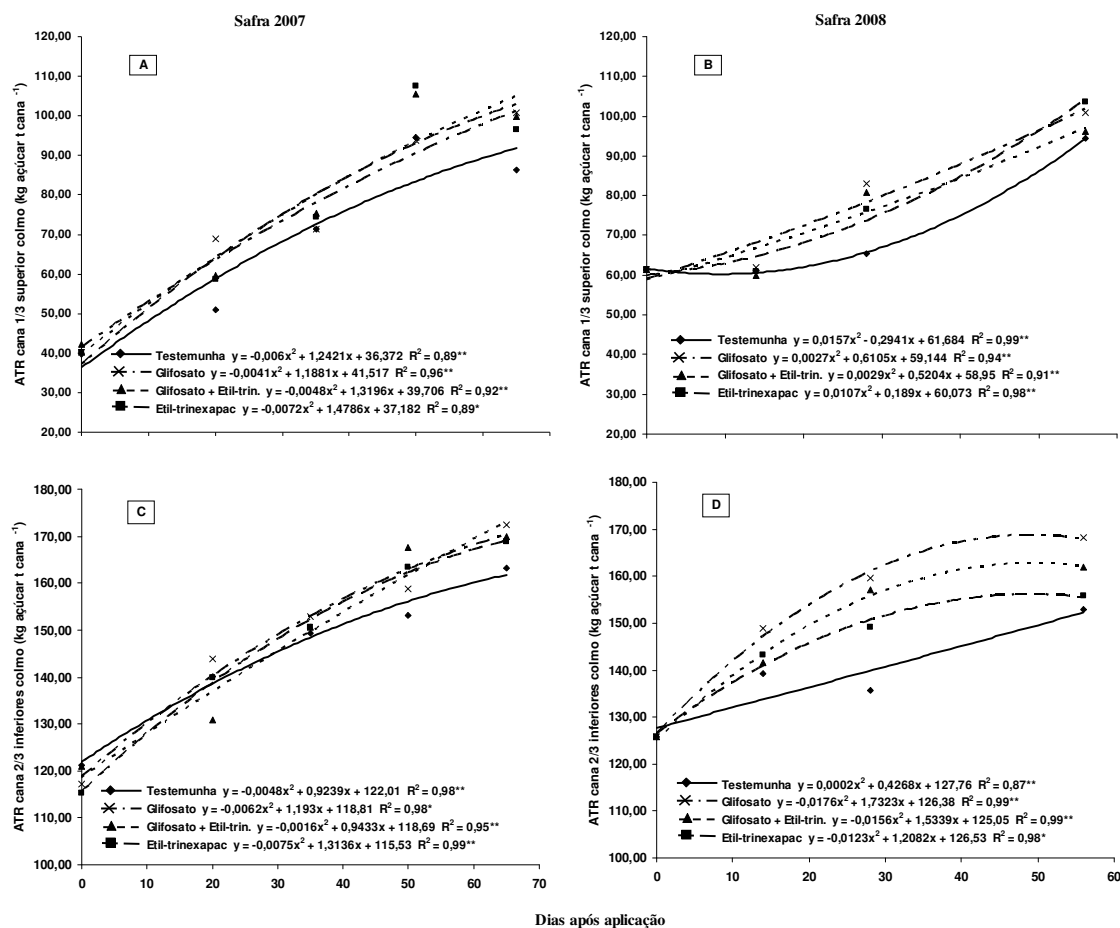


Figura 19. Açúcar teórico recuperável cana, no 1/3 superior do colmo de cana-de-açúcar (A e B) e nos 2/3 inferiores do colmo (C e D), variedade RB855453, sob efeito de maturadores. Igarapu do Tietê, SP, safras 2007 e 2008. ** e * são significativos ao nível de 5% e 10% pelo teste T, respectivamente.

Foram constadas diferenças significativas entre os tratamentos no ATR do terço superior do colmo dentro das épocas de amostragem na safra 2007, com exceção às avaliações aos 0 e 35 DAA. O tratamento com glifosato proporcionou aumento no ATR em relação à testemunha aos 20 e 65 DAA, na ordem de 35% e 17%, respectivamente. Aos 50 DAA o maior ATR foi obtido mediante aplicação de etil-trinexapac, cujo valor foi 15%

superior ao obtido com o glifosato, porém não houve diferença significativa dos maturadores em relação à testemunha (Figura 19A).

Na safra 2008 também observou-se influência dos maturadores no ATR do terço superior do colmo e, através do desdobramento da interação, observou-se diferença significativa aos 28 DAA, onde o glifosato superou a testemunha em 27% (Figura 19B).

Com relação ao ATR dos dois terços inferiores do colmo, na safra 2007, o glifosato proporcionou, aos 20 DAA, incremento de 10% em relação à mistura glifosato + etil-trinexapac. Após esta avaliação, o tratamento glifosato + etil-trinexapac começou a se destacar, sendo que aos 50 DAA proporcionou o maior ATR, com aumento de 10% em relação à testemunha (Figura 19C).

Os maturadores proporcionaram incremento no ATR dos dois terços inferiores, mas foram observadas diferenças significativas somente aos 28 DAA. O destaque foi constatado para o glifosato, aplicado isoladamente ou em mistura ao etil-trinexapac, com incremento de 18% e 16%, respectivamente, em relação à testemunha (Figura 19D).

Leite (2005), trabalhando com a mesma cultivar, também observou efeito quadrático significativo através da aplicação de etil-trinexapac e glifosato, com tendência à estabilização. O mesmo autor constatou incremento significativo do etil-trinexapac em relação à testemunha somente aos 60 DAA.

6.2.6 Amido

A aplicação de reguladores de crescimento influenciou o teor de amido do 1/3 superior do caldo de cana-de-açúcar, onde, mediante o desdobramento da interação maturadores dentro de dias após aplicação, observou-se que os maturadores químicos proporcionaram valores significativamente superiores aos obtidos pela testemunha nas safras 2007 e 2008. Houve incremento do teor de amido com o decorrer das épocas de amostragem, nas duas safras de avaliação, o que indica que o processo de maturação da cana-de-açúcar interfere significativamente no aumento deste polissacarídeo presente no caldo de cana-de-açúcar (Figura 20).

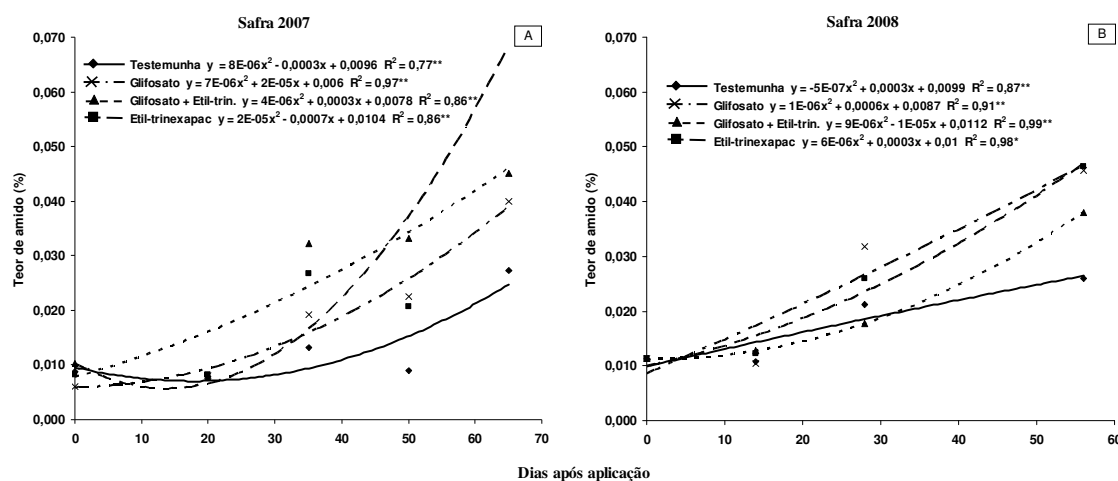


Figura 20. Teor de amido no 1/3 superior do colmo de cana-de-açúcar, variedade RB855453 sob efeito de maturadores. Igarçu do Tietê, SP, safras 2007 e 2008. ** e * são significativos ao nível de 5% e 10% pelo teste T, respectivamente.

César e Mazzari (1972) relataram incremento no teor de amido do caldo de cana até um determinado período de avaliação, com posterior decréscimo e comportamento irregular. Os mesmos autores não observaram correlação entre o teor de amido e os parâmetros Brix, pol, AR cana e açúcar provável % de cana.

O teor de amido no terço superior do colmo na safra 2007 (Figura 20A) foi influenciado pelos maturadores químicos a partir dos 35 DAA. A mistura glifosato + etil-trinexapac se destacou aos 35 e 50 DAA e a partir dos 50 DAA, o etil-trinexapac proporcionou aumento acentuado, até o final do período experimental. Aos 35 DAA o etil-trinexapac e o glifosato + etil-trinexapac proporcionaram valores significativamente superiores à testemunha (108% e 146%, respectivamente) e ao glifosato (42% e 68%, respectivamente). Aos 50 DAA, os maiores teores de amido foram proporcionados pela mistura glifosato + etil-trinexapac, que incrementou o teor de amido em relação ao glifosato (43%), ao etil-trinexapac (57%) e à testemunha (267%), seguido pelo etil-trinexapac e glifosato que incrementaram o teor de amido em relação à testemunha na ordem de 133% e 156%, respectivamente. Aos 65 DAA o etil-trinexapac se destacou, aumentando o teor de amido em relação ao glifosato + etil-trinexapac (67%), ao glifosato (88%) e à testemunha (178%), seguido pelo glifosato em

mistura ao etil-trinexapac ou aplicado isoladamente, que aumentaram o teor de amido em relação à testemunha em 67% e 48%, respectivamente.

Na safra 2008 observou-se diferença significativa entre os tratamentos a partir dos 35 DAA, onde o glifosato proporcionou teor de amido no terço superior do colmo superior à mistura glifosato + etil-trinexapac e à testemunha, na ordem de 78% e 52%, respectivamente. Aos 65 DAA, o etil-trinexapac proporcionou o maior valor, aumentando o teor de amido em 24% e 81%, em relação ao glifosato + etil-trinexapac e à testemunha, respectivamente, seguido pelo glifosato + etil-trinexapac, que diferenciou-se da testemunha incrementando o amido em 46% (Figura 20B).

Segundo Onna e Hashimoto (1993), maturadores dessecam as folhas durante o processo de maturação, portanto, o conteúdo de amido no caldo de cana também depende do nível de dessecamento das folhas. No entanto, não existem relatos de avaliações do efeito de maturadores químicos no nível de dessecamento das folhas e no teor de amido do caldo de cana-de-açúcar.

O máximo teor de amido observado neste estudo foi de 0,075% para o etil-trinexapac na safra 2007, aos 65 DAA (Figura 20), porém até, aproximadamente, 55 DAA este tratamento e os demais não atingiram valores de amido considerados prejudiciais para obtenção de açúcar na indústria, já que, segundo Ripoli & Ripoli (2004), a indicação de matéria-prima de qualidade para a indústria tolera teores de amido até 0,5%.

6.2.7 Produtividade de colmos e açúcar e Margem de contribuição agrícola

A aplicação de etil-trinexapac na safra 2007 influenciou a produtividade de colmos (TCH), proporcionando redução de aproximadamente 21 t cana ha⁻¹ em relação à testemunha (Tabela 5). A paralisação do crescimento em altura das plantas tratadas com etil-trinexapac (Tabela 4) levou a um menor desenvolvimento vegetativo e, conseqüentemente, pode ter influenciado na TCH. Na safra 2008, a TCH foi semelhante aos resultados da safra anterior, porém, além do etil-trinexapac, a mistura glifosato + etil-trinexapac também proporcionou menor TCH em relação à testemunha, reduzindo a produtividade em 10 e 13 t cana ha⁻¹, respectivamente.

A aplicação de glifosato não afetou a TCH em nenhuma safra, o que corrobora com Leite e Crusciol (2008) e Leite et al. (2009c) que constataram que a aplicação de glifosato, na dose $0,4 \text{ L ha}^{-1}$, não exerce influência sobre este parâmetro.

A produtividade de açúcar (TPH) também foi influenciada pela aplicação dos maturadores, sendo que nas duas safras o glifosato proporcionou os melhores resultados. No primeiro ano de avaliação, verificou-se que a testemunha e o glifosato proporcionaram incremento na TPH, em 2,6 e 3,1 t açúcar ha^{-1} , respectivamente, em relação ao tratamento com etil-trinexapac. Na safra subsequente, a aplicação de glifosato incrementou a TPH em 2,0 e 1,7 t açúcar ha^{-1} em relação ao etil-trinexapac e glifosato + etil-trinexapac, respectivamente (Tabela 5).

Tabela 5. Produtividade de colmos (TCH), produtividade de açúcar (TPH) e margem de contribuição agrícola (MCA) na colheita da cana-de-açúcar, variedade RB855453, sob efeito de maturadores. Igarapu do Tietê, SP, safras 2007 e 2008.

Safra 2007 ⁽¹⁾			
Tratamentos	TCH (t cana ha^{-1})	TPH (t açúcar ha^{-1})	MCA (US\$ ha^{-1})
Testemunha	142,41 a	21,54 a	1009,46 ab
Glifosato	135,04 ab	22,10 a	1079,16 a
Glif. + Etil-trinex.	131,03 ab	20,80 ab	986,13 ab
Etil-trinexapac	121,87 b	18,97 b	866,09 b
CV (%)	5,65	4,97	8,51
Safra 2008 ⁽²⁾			
Tratamentos	TCH (t cana ha^{-1})	TPH (t açúcar ha^{-1})	MCA (US\$ ha^{-1})
Testemunha	128,42 a	18,18 ab	784,47 ab
Glifosato	121,62 ab	18,80 a	851,53 a
Glif. + Etil-trinex.	115,22 b	17,06 b	733,86 ab
Etil-trinexapac	118,13 b	16,83 b	701,65 b
CV (%)	4,01	4,23	8,30

Médias seguidas de letras iguais, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 10 % de probabilidade.

⁽¹⁾ Colheita do experimento aos 65 dias após a aplicação.

⁽²⁾ Colheita do experimento aos 56 dias após a aplicação.

Deve-se atentar à época em que o experimento foi colhido, pois não foi realizado o planejamento da colheita conforme a curva de maturação de cada composto. O máximo incremento no teor de pol em relação à testemunha, na safra 2008 (Figura 18F), ocorreu entre os 28 e 40 DAA e, após este período, houve tendência à queda nos valores e, na colheita do experimento praticamente se igualaram à testemunha, com exceção ao glifosato. Este atraso na colheita pode ter prejudicado o efeito dos maturadores e, o fato das plantas controle terem continuado o processo de maturação natural, fez com que as mesmas atingissem o mesmo patamar de produtividade dos tratamentos com maturadores ou até superiores, como ocorreu neste estudo, o que não ocorreria caso a colheita fosse realizada na época adequada.

Os maturadores proporcionaram resultados semelhantes à TPH com relação à margem de contribuição agrícola (MCA) nas duas safras, sendo que o glifosato acarretou em melhor retorno econômico em relação ao etil-trinexapac (Tabela 5).

Leite et al (2008) também constatou menor TPH através da aplicação de etil-trinexapac em meio de safra, em relação à testemunha e ao KNO_3 , com reflexo direto na MCA, porém Leite et al (2009b) concluíram que a aplicação de etil-trinexapac em início de safra proporcionou incremento na TPH e, conseqüentemente na MCA, comparado ao KNO_3 e à testemunha.

6.2.8 Rebrotas da soqueira

Os maturadores químicos, de modo geral, influenciaram a rebrota da soqueira na safra 2007, onde os tratamentos etil-trinexapac, glifosato + etil-trinexapac e glifosato proporcionaram melhoria na rebrota da soqueira em relação à testemunha, comprovado pelo aumento no número de brotos por metro das plantas tratadas (Tabela 6).

Na safra subsequente (Tabela 6), a aplicação de etil-trinexapac proporcionou a melhor rebrota, com valores superiores à testemunha e ao glifosato, sendo que este último demonstrou queda na brotação da soqueira em relação à testemunha. Estes resultados corroboram com Leite (2005), que também observou que o maturador etil-trinexapac proporcionou a maior rebrota na cultura, com resultados significativamente superiores à aplicação de glifosato.

Tabela 6. Rebrota da soqueira da cana-de-açúcar, variedade RB855453, sob efeito de maturadores. Igarauçu do Tietê, SP, safras 2007 e 2008.

Tratamentos	Safra 2007	Safra 2008
	n° de brotos m ⁻¹	
	60 DAC ⁽¹⁾	
Testemunha	8,50 b	12,90 b
Glifosato	10,28 a	11,45 c
Glifosato + Etil-trinex.	10,63 a	13,33 ab
Etil-trinexapac	10,45 a	14,25 a
CV (%)	8,69	4,41

Médias seguidas de letras iguais, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 10 % de probabilidade.

⁽¹⁾ Dias após a colheita.

O glifosato pode ter prejudicado a rebrota da soqueira pelo seu efeito residual na cultura. A rota em que o glifosato atua (ácido chiquímico) leva a um desbalanço na produção dos compostos pertencentes ao metabolismo secundário das plantas, como os carotenóides e a lignina, o que pode acarretar em prejuízo à fotossíntese e à formação de novos tecidos nas plantas e, conseqüentemente, à brotação da soqueira.

Além disso, a lignina é um composto essencial para as plantas e confere rigidez ao caule e ao tecido vascular, permitindo o crescimento em altura e a absorção de água e minerais pelo xilema sob pressão negativa, sem rompimento dos tecidos (TAIZ & ZEIGER, 2004).

Neste contexto, a queda da brotação da soqueira proporcionada pela aplicação do glifosato pode acarretar em grandes prejuízos na produtividade final da cana-de-açúcar além de antecipar a necessidade de reforma do canavial.

7 CONCLUSÕES

A aplicação de glifosato, associado ao sulfometuron metil ou ao etil-trinexapac, na variedade de cana-de-açúcar RB855453, possibilitou as seguintes conclusões:

a) A atividade das invertases ácida e neutra foi afetada de forma distinta para cada princípio ativo utilizado e houve similaridade entre a atividade destas isoenzimas com o acúmulo de sacarose nos colmos.

b) Os maturadores, aplicados isoladamente ou em mistura, interromperam o crescimento das plantas em condições ambientais favoráveis à maturação e em condições desfavoráveis à maturação ocorreu crescimento, porém mais lento que a testemunha.

c) A aplicação dos maturadores, isoladamente ou em misturas, antecipou a maturação em época chuvosa.

d) A mistura de sulfometuron metil ou etil-trinexapac ao glifosato não proporcionou melhoria na qualidade, bem como na produtividade de colmos, de açúcar e na margem de contribuição agrícola da cana-de-açúcar, quando comparado ao glifosato isoladamente.

e) O emprego do glifosato na dose $0,4 \text{ L ha}^{-1}$ em duas safras sucessivas diminuiu a rebrota da soqueira após o segundo ano.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL 2009. **Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira**. Cana-de-açúcar. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2008. p.235-258.

ALEXANDER, A.G. **Sugarcane Physiology**. Amsterdam: Elsevier, 1973. 752p.

ALMEIDA, J.C.V.; SANOMYA, R.; LEITE, C.F.; CASSINELLI, N.F. Eficiência agronômica de sulfometuron methyl como maturador na cultura da cana-de-açúcar. **STAB**, v.21, n.3, p.36-37, 2003.

ANDRADE, L.A. de B. Cultura da cana-de-açúcar. In: Cardoso, M. das G. (Ed). **Produção de aguardente de cana-de-açúcar**. 2.ed. rev. e amp. Lavras: UFLA, 2006. Cap.1, p.25-67.

ANYANGWA, E.M.; KAPSEU, C.; ELEMVA; MUSONGE, P. The effect and removal of starch in the sugar refinig industry. **Int. Sugar Jnl**, 1993, v.95, n.1134, p.210-213.

BENNETT, P.G.; MONTES, G. Effect of glifosato formulation on sugarcane ripening. **Sugar J.**, v.66, n.1, p.22, 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.

CÂMARA, G.M.S.; OLIVEIRA, E.A.M. **Produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: ESALQ/FEALQ, 1993. 242p.

CAPUTO, M.M.; BEAUCLAIR, E.G.F.; SILVA, M.A.; PIEDADE, S.M.S. Resposta de genótipos de cana-de-açúcar à aplicação de indutores de maturação. *Bragantia*, São Paulo, v. 67, p. 15-23, 2008.

CAPUTO, M.M. **Indução da maturação por produtos químicos e sua consequência na qualidade tecnológica de diferentes genótipos de cana-de-açúcar**. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2006. 137p.

CAPUTO, M.M.; SILVA, M.A.; BEAUCLAIR, E.G.F.; GAVA, G.J.C. Acúmulo de sacarose, produtividade e florescimento de cana-de-açúcar sob reguladores vegetais. **Interciência**, v.32, n.12, p.834-840, Dec. 2007.

CARVALHO, L.C.C. Cana-de-açúcar, um mundo de oportunidades. **Atualidades Agrícolas**, abril, p.4-9, 2004.

CASTRO, P.R.C.; DONADONI, P.C.I.; PAGGIARO, C.M.; WATANABE, S.; TAVARES, S.; PANINI, E.L. Afinidade do sulfometuron metil com adjuvantes. **STAB**, v.22, n.2, p.42-43, 2003.

CASTRO, P.R.C.; MIYASAKI, J.M.; BEMARDI, M.; MARENGO, D.; NOGUEIRA, M.C.S. Efeito do Etefon na maturação e produtividade da cana-de-açúcar. **Rev. Agric. (Piracicaba)**, v.76, n.2, p.277-290, 2001.

CASTRO, P.R.C.; OLIVEIRA, D.A.; PANINI, E.L. Ação do sulfometuron methyl como maturador da cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 6, 1996, Maceió. **Anais...**, p.363-369.

CASTRO, P.R.C.; ZAMBON, S.; SANSÍDOLO, M.A.; BELTRAME, J.A.; NOGUEIRA, M.C.S. Ação comparada de Ethrel, Fuzilade e glifosato, em duas épocas de aplicação, na maturação e produtividade da cana-de-açúcar, variedade SP 70-1143. **Rev. de Agric. (Piracicaba)**, v.77, n.1, p.23-38, 2002.

CESAR, M.A.A.; MAZZARI, M.R. O teor de amido em função do estágio de maturação da cana. **Brasil Açucareiro**, 1972. n.1, p.54-67.

CONSECANA. **Preços Agrícolas**. Piracicaba, v.14, n.148, p.14-16, fev. 1999.

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

DILLEWIJN, C. Van. Botany of sugar cane. Waltham: **Chronica Botanica**, 1952. 371p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPS, 1999. 412 p.

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

FERNANDES, A.C.; STUPIELLO, J.P.; UCHOA, P.E. de A. Utilização do Curavial para melhoria da qualidade da cana-de-açúcar. **STAB**, v.20, n.4, p.43-46, 2002.

GALDIANO, L.C. **Qualidade da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) submetida à aplicação de maturadores químicos**. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Produção Vegetal). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, SP, 2008. 45p.

GALLI, A.J.B. Roundup como maturador de cana-de-açúcar. A melhor opção para flexibilizar o manejo de corte. In: SEMINÁRIO ROUNDUP EFEITO MATURADOR, 1., 1993, Guarujá. **Anais...** Guarujá, 1993. p.18-23.

GLASZIOU, K.T.; WALDRON, J.C. Regulation of acid invertase-levels in sugar cane stalks by auxin- and metabolite-mediated control systems. **Nature** **203**, p.541-542, 1964.

GHELLER, A.C.A.; NASCIMENTO, R. do. Resultados da aplicação de maturadores vegetais em cana-de-açúcar, variedades RB72454 e RB 835486 na região de Araras, SP. 4ª Jornada Científica e IX Congresso de Iniciação Científica da Ufscar. **Resumos...** Universidade federal de São Carlos, Araras, SP, 2001.

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.

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

JAMES G.; MADI, I.; SRIJANTO, F.; SETIARSO, W. Chemical ripening in South Sumatra. **Int. Sugar Jnl.**, 2001, v.103, n.1233.

KRUSE, N. D.; MICHELANGELO, M. T.; VIDAL, A. V. Herbicidas Inibidores da EPSPs: Revisão de literatura. **Rev. Bras. herb.**, v.1, n.2, p.139-46, 2000.

LEITE, G.H.P. **Maturação induzida, alterações fisiológicas, produtividade e qualidade tecnológica da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, 2005. 141p.

LEITE, G.H.P.; CRUSCIOL, C.A.C. Reguladores vegetais no desenvolvimento e produtividade da cana-de-açúcar. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.43, n.8, p.995-1001, ago. 2008.

LEITE, G.H.P.; CRUSCIOL, C.A.C.; SILVA, M.A.; VENTURINI FILHO, W.G. Reguladores vegetais e qualidade tecnológica da cana-de-açúcar em meio de safra. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v.32, n.6, p.1843-1850, nov./dez., 2008.

LEITE, G.H.P.; CRUSCIOL, C.A.C.; LIMA, G.P.P.; SILVA, M.A. Reguladores vegetais e atividade de invertases em cana-de-açúcar em meio de safra. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.3, p.718-725, mai-jun, 2009a.

LEITE, G.H.P.; CRUSCIOL, C.A.C.; SILVA, M.A.; VENTURINI FILHO, W.G.; SURIANO, A. Qualidade tecnológica, produtividade e margem de contribuição agrícola da cana-de-açúcar em função da aplicação de reguladores vegetais no início da safra. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.3, p.726-732, mai-jun, 2009b.

LEITE, G.H.P.; CRUSCIOL, C.A.C.; SILVA, M.A.; VENTURINI FILHO, W.G. Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar em função da aplicação de maturadores em meio de safra. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.2, p.527-534, 2009c.

LINGLE, S.E. Seasonal internode development and sugar metabolism in sugarcane. **Crop Sci.**, v.37, p.1222-1227, 1997.

LINGLE, S.E. Sugar metabolism during growth and development in sugarcane internodes. **Crop Sci.**, v.39, p.480-486, 1999.

MA, H.; ALBERT, H.H.; PAULL, R.; MOORE, P.H. Metabolic engineering of invertase activities in different subcellular compartments affects sucrose accumulation in sugarcane cells. **Plant Physiol.**, 2000, v.27, p. 1021-1030.

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.

MOUSDALE , D.M. & COGGINS, J.R. Amino Acid Synthesis. In: **Kirkwood, R.C.** Target sites for herbicide action. Premium Press. New York. 339 p, 1991.

MUTTON, M.J.R. **Efeitos da queima, manejo e armazenamento sobre as características tecnológicas dos colmos de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)**. 1984. 95f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

NELSON, N. A fotometric adaptation of somogyi method for determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**. v.153, p.375-380, 1944.

OLIVEIRA, D.A. **Relatório de pesquisa com Sulfometurom Methyl em ensaios preliminares**. Campinas, 1992. 23 p.

ONNA, K.M.; HASHIMOTO, W.K. Starch content of Hawaiian raw sugar. **Int. Sugar. Jnl.**, 1993, v.95, n.1139, p.447-450.

OSSIPOV, V.; SALMINEN, J.P.; OSSIPOVA, S.; HAUKIOJA, E.; PIHLAJA, K. 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.

PETERSON, M. L.; COREY, S. D.; FONT, J. L.; WALKER, M. C.; SIKORSKI, J. A. New simplified inhibitors of EPSP synthase: The importance of ring size for recognition at the shikimate 3-phosphate site. **Bioorg. & medic. Chem. Letters**. v. 6, n. 23, p. 2853-58, 1996.

PONTIN, J.C. Avaliação de maturadores vegetais na cana-de-açúcar. **Álcool e Açúcar**, n.77, p.16-18, 1995.

RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996. 285 p.

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

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

ROMERO, E.R.; SCANDALIARIS, J.; OLEA, I.; DIAZ, H.; SOTILLO, S.; DURÁN, A. La maduración en caña de azúcar. II. El glifosato como madurador químico. **Av. Agroind.**, v.17, n.66, p.14-18, 1996.

ROMERO, E.R.; SCANDALIARIS, J.; RUFINO, M.; DURÁN, A.; DIAZ, F. Respuesta de la caña de azúcar a la aplicación de glifosato como madurador. I. Efectos en la calidad fabril e influencia de los factores ambientales. **Av. Agroind.**, v.19, n.74, p.7-10, 1998.

ROMERO, E.R.; SCANDALIARIS, J.; RUFINO, M.; DURÁN, A.; SOTOMAYOR, L.; QUIROGA, V.; MORALES, M. Actualización de las recomendaciones de manejo de glifosato como madurador de la caña de azúcar. **Av. Agroind.**, v.21, n.22, p.22-27, 2000.

ROMERO, E.R.; SOTOMAYOR, L.; TONATTO, J.; ALONSO, L.; SCANDALIARIS, J.; NEME, M.F.L. Maduración química de los cañaverales: criterios y recomendaciones para implementar un programa de manejo. **Av. Agroind.**, v.24, n.1, p.10-14, 2003.

ROSE, S.; BOTHA, F.C. Distribution patterns of neutral invertase and sugar content in sugarcane internodal tissues. **Plant Physiol. Biochem.**, v.38, p.819-824, 2000.

SOMOGYI, M. A new reagent for the determination of sugars. **Journal of Biological Chemistry**. v.160, p.61-68, 1945.

STAUFFER, M. E.; YOUNG, J. K. ; HELMS, G. L.; EVANS, J. N. S. Chemical shift mapping of shikimate-3-phosphate binding to the isolated N-terminal domain of 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase. **Fed. of Eurp. Biochem. Soc.** v. 499, p. 182-86. 2001.

SU, L.Y. et al. The relationship of glyphosate treatment to sugar metabolism in sugarcane: new physiological insights. **J Plant Physiol**, n.140, p. 168-173, 1992.

SUZUKI, J. **Biossíntese e acúmulo de sacarose em cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*): Influência do íon Potássio durante diferentes estádios de crescimento em solução nutritiva**. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1983. 96p.

TANNER, G.J.; FRANCKI, K.T.; ABRAHAMS, S.; WATSON, J.M.; LARKIN, P.J.; ASHTON, 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.

TERAUCHI, T.; MATSUOKA, M.; KOBAYASHI, M.; NAKANO, H. Activity of sucrose phosphate synthase in relation to sucrose concentration in sugarcane internodes. **Jpn. J. Trop. Agric.**, v.44, n.3, p.141-151, 2000.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. trad. Eliane Romato Santarém et. al.. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS. **Catálogo de variedades RB**. São Carlos: Departamento de Biotecnologia Vegetal, 1998. Não paginado (Apostila).

VENKATARAMANA, S.; MOHAN NAIDU, K.; SINGH, S. Invertases and growth factors dependent sucrose accumulation in sugarcane. **Plant Science**, Ireland, v.74, p.65-72, 1991.

VENTURINI FILHO, W.G.; NOGUEIRA, A.M.P. **Aguardente de cana**. Apostila, 2005. Disponível em: <<http://dgta.fca.unesp.br/docentes/waldemar/aguardente/Aguardente.pdf>>. Acesso em: 28 jan. 2009.

VIANA, R.S.; SILVA, P.H.; MUTTON, M.A.; MUTTON, M.J.R.; GUIMARÃES, E.R.; BENTO, M. Efeito da aplicação de maturadores químicos na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) variedade SP81-3250. **Acta Sci. Agron**. Maringá, v.30, n.1, p.65-71, 2008.

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

VIEIRA, I.M.S.; OLIVEIRA, E.T.; GALLO, L.A.; BATISTA, T.F.C.; RODRIGUES, R.C.; CROCOMO, O.J. Níveis de açúcares e atividade de invertases em cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). I. Cultivares NA56-79 e CB41-76. **Rev. Agric. (Piracicaba)**, v.71, n.1, p.67-92, 1996a.

VIEIRA, I.M.S.; OLIVEIRA, E.T.; GALLO, L.A.; BATISTA, T.F.C.; RODRIGUES, R.C.; CROCOMO, O.J. Níveis de açúcares e atividade de invertases em cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). II. Cultivares SP70-1143 e SP71-799. **Rev. Agric. (Piracicaba)**, v.71, n.2, p.197-224, 1996b.

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

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.

ZHU, Y.J.; KOMOR, E.; MOORE, P.H. Sucrose accumulation in the sugarcane stem is regulated by the difference between the activities of soluble acid invertase and sucrose phosphate synthase. **Plant Physiol.** v.115, n.609-616, 1997.