

UNIOESTE
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO EM AGRONOMIA

PAULO BARBOSA DE OLIVEIRA FILHO

APLICAÇÃO DE MATURADORES QUÍMICOS E DIFERENTES
ÉPOCAS DE COLHEITA EM CANA-DE-AÇÚCAR

MARECHAL CÂNDIDO RONDON
FEVEREIRO/2011

UNIOESTE
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO EM AGRONOMIA

PAULO BARBOSA DE OLIVEIRA FILHO

APLICAÇÃO DE MATURADORES QUÍMICOS E DIFERENTES
ÉPOCAS DE COLHEITA EM CANA-DE-AÇÚCAR

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Nível de Mestrado, para a obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. José Barbosa Duarte Júnior.

MARECHAL CÂNDIDO RONDON
FEVEREIRO / 2011

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca da UNIOESTE – Campus de Marechal Cândido Rondon – PR., Brasil)

O48a	<p>Oliveira Filho, Paulo Barbosa de Aplicação de maturadores químicos e diferentes épocas de colheita em cana-de-açúcar / Paulo Barbosa de Oliveira Filho. - Marechal Cândido Rondon, 2011. 65 p.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. José Barbosa Duarte Júnior</p> <p>Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon, 2011.</p> <p>1. Cana-de-açúcar - Reguladores vegetais. 2. <i>Saccharum spp.</i> I. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. II. Título.</p> <p>CDD 21. ed. 633.61 CIP-NBR 12899</p>
------	--

Ficha catalográfica elaborado por Marcia Elisa Sbaraini Leitzke CRB-9/539



unioeste

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46
Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>
Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000
Marechal Cândido Rondon - PR.



Estado do Paraná

Ata da reunião da Comissão Julgadora da Defesa de Dissertação do Engenheiro Agrônomo **Paulo Barbosa de Oliveira Filho**. Aos vinte e oito dias do mês de fevereiro de 2011, às 13:30 horas, sob a presidência do Prof. Dr. José Barbosa Duarte Júnior, em sessão pública reuniu-se a Comissão Julgadora da defesa da Dissertação do Engenheiro Agrônomo Paulo Barbosa de Oliveira Filho, discente do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Agronomia – Nível Mestrado e Doutorado com área de concentração em **"PRODUÇÃO VEGETAL"**, visando à obtenção do título de **"MESTRE EM AGRONOMIA"**, constituída pelos membros: Prof. Dr. Fábio Cunha Coelho (UENF), Prof. Dr. Paulo Sérgio Rabello de Oliveira, Prof. Dr. Antonio Carlos Torres da Costa e Prof. Dr. José Barbosa Duarte Júnior (Orientador).

Iniciados os trabalhos, o candidato apresentou seminário referente aos resultados obtidos e submeteu-se à defesa de sua Dissertação, intitulada: **"Aplicação de maturadores químicos e diferentes épocas de colheita em cana-de-açúcar"**.

Terminada a defesa, procedeu-se ao julgamento dessa prova, cujo resultado foi o seguinte, observada a ordem de arguição:

Prof. Dr. Fábio Cunha Coelho.....Aprovado
Prof. Dr. Paulo Sérgio Rabello de Oliveira.....Aprovado
Prof. Dr. Antonio Carlos Torres da CostaAprovado
Prof. Dr. José Barbosa Duarte Júnior (Orientador).....Aprovado

Apurados os resultados, verificou-se que o candidato foi habilitado, fazendo jus, portanto, ao título de **"MESTRE EM AGRONOMIA"**, área de concentração: **"PRODUÇÃO VEGETAL"**. Do que, para constar, lavrou-se a presente ata, que vai assinada pelos senhores membros da Comissão Julgadora.

Marechal Cândido Rondon, 28 de fevereiro de 2011.

Prof. Dr. Fábio Cunha Coelho

Prof. Dr. Paulo Sérgio Rabello de Oliveira

Prof. Dr. Antonio Carlos Torres da Costa (Co-Orientador)

Prof. Dr. José Barbosa Duarte Júnior (Orientador)

Aos meus pais, Paulo Barbosa de Oliveira (*in memoriam*) e Ivandy Xavier de Oliveira, que sempre foram o maior exemplo de coragem, determinação e honestidade.

À minha esposa Iria, pelo apoio nos momentos de dificuldade que juntos enfrentamos.

Aos meus filhos Bruno e Ana Paula, por quem sempre busquei forças para enfrentar os desafios pessoais, pelo carinhoso apoio.

Ao mais novo membro da família, meu neto Eduardo, por quem buscarei ainda mais por forças para lutar.

Aos amigos, em bom número e que fica difícil de nominar, pelo apoio moral e espiritual para que nossa jornada chegasse a bom termo.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, pela saúde e pela força para vencer os obstáculos.

Ao Prof. Dr. José Barbosa Duarte Júnior, por sua orientação, confiança e paciência, fundamentais para o desenvolvimento do projeto, confiando em nosso trabalho e nos indicando o melhor caminho para que chegasse até aqui.

À UNIOESTE, pela oportunidade do curso de Mestrado.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação Mestrado em Agronomia – PPGA – da UNIOESTE pelos ensinamentos ministrados.

Ao Grupo USACUCAR - Usina Santa Terezinha, em Ivaté - PR, representado pelos senhores Paulo Rogério Trindade, Gerente Agrícola; Valdir Raymundo Paz, Supervisor de Planejamento e Desenvolvimento e Aguinaldo Brito, Encarregado de Viveiros e pela equipe operacional e do laboratório de análises tecnológicas da Usina Santa Terezinha por ceder a área de cana e pelo devido apoio técnico e operacional, sem o qual não seria possível realizar este experimento.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro da bolsa de estudo.

Ao acadêmico de Agronomia da UNIOESTE Willian Bosquette por sua amizade e precioso auxílio nos trabalhos de campo.

Aos colegas dos cursos de Mestrado e Doutorado em Agronomia da UNIOESTE com quem convivi e realizei estudos e trabalhos durante a nossa estada na instituição.

A todos aqueles que, de alguma maneira, nos apoiaram dando a sua contribuição e tornando possível a obtenção do título de Mestre em Agronomia.

APLICAÇÃO DE MATURADORES QUÍMICOS E DIFERENTES ÉPOCAS DE COLHEITA EM CANA-DE-AÇÚCAR

RESUMO

O objetivo da realização deste experimento foi avaliar os efeitos da ação da testemunha (sem a aplicação de maturadores) e dos maturadores glifosato, paraquat, fluazifop-p-butil, ethephon, etyl-trinexapac, sulfometuron metil e KNO_3 sobre o número de colmos por área, diâmetro do terço médio de colmos e produtividade ou toneladas de colmos por hectare, e o brix, pol da cana e açúcar total recuperável da cana-soca. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições, num esquema de parcelas subdivididas sendo as parcelas quatro épocas de colheita 15, 30, 60 e 120 dias após a aplicação (DAA) dos maturadores e as subparcelas sete tipos de maturadores químicos utilizando as suas dosagens comerciais recomendadas pelos respectivos fabricantes glifosato ($0,4 \text{ L ha}^{-1}$), paraquat ($2,0 \text{ L ha}^{-1}$), fluazifop-p-butil ($0,4 \text{ L ha}^{-1}$), ethephon ($0,67 \text{ L ha}^{-1}$), etyl-trinexapac ($1,0 \text{ L ha}^{-1}$), sulfometuron metil ($0,02 \text{ kg ha}^{-1}$) e KNO_3 ($3,0 \text{ kg ha}^{-1}$), além de testemunha (sem a aplicação de maturadores). Em todas as aplicações foram utilizado 0,1% v/v de espalhante adesivo etilenoxi-etanol. Os maturadores foram aplicados na data de 22/05/10 em cana-soca de 3º corte com o auxílio de um pulverizador costal manual, com um tubo do tipo lança metálica com 1,20 m de comprimento e saída dupla, cada qual com uma ponta de pulverização do tipo ADIA leque 11002 e volume de calda de 220 L ha^{-1} em vazão constante. O KNO_3 contribuiu para a melhoria da qualidade agrônômica aumentando a produtividade de colmos (TCH) em 43% em relação à testemunha e a época de colheita mais favorável à variável ficou compreendida dos 60 aos 120 dias após a aplicação (DAA) do maturador, comparado às outras épocas de colheita. A aplicação de etyl-trinexapac, sulfometuron metil e KNO_3 resultaram em aumento de 12, 13 e 14% para as variáveis ATR, Brix e PC, respectivamente, em comparação à testemunha e a melhor época de colheita foi aos 120 dias após a aplicação (DAA) destes maturadores. Desta forma, a época de colheita mais adequada para a cana-soca foi aos 120 dias após a aplicação (DAA) dos maturadores e testemunha, pois proporcionou, nestas condições ganhos de 40, 32 e 42% para ATR, Brix e PC em comparação às respectivas épocas iniciais de referência El_{atr} , El_{brix} e El_{PC} .

Palavras-chave: *Saccharum* spp., reguladores vegetais, qualidade tecnológica.

APPLICATION OF CHEMICAL MATURATORS AND DIFERENT HARVESTING TIMES IN SUGARCANE

ABSTRACT

The purpose of the present work was to evaluate the effects of the control (without the application of maturators) and maturators glyphosate, paraquat, ethephon, KNO_3 , sulphometuron methyl, fluazifop-p-butyl and etyl-trinexapac on the number of stems per area, diameter of the middle third of stem and productivity or tons of cane per hectare, and the brix, the pol cane and total recoverable sugar from sugarcane. The experimental design was randomized blocks with four replications in a split plot with four times the cutting portions 15, 30, 60 and 120 days after application (DAA) and subplots seven types of chemical maturators in their respective strengths per hectare: glyphosate (0.4 L ha^{-1}), paraquat (2.0 L ha^{-1}), fluazifop-p-butyl (0.4 L ha^{-1}), ethephon (0.67 L ha^{-1}), etyl-trinexapac (1.0 L ha^{-1}), sulfometuron methyl (0.02 kg ha^{-1}), KNO_3 (3.0 kg ha^{-1}) and control (without the application of maturators). In all applications was used 0.1% v/v wetting agent etilenoxi-ethanol. The maturators were applied on the date of 22 May 10 in sugarcane ratoon 3rd cut with the aid of a knapsack sprayer with a metal tube with 1.20 m boom length and dual output each with a spray tip range ADIA type 11002 and spray 220 L ha^{-1} at constant rate. The KNO_3 contributed to improving the productivity (TCH) by 43% compared to the control and the more favorable harvesting time to TCH was comprised of 60 to 120 days after application (DAA), compared to other times of harvest. The use of etyl-trinexapac, sulfometuron methyl and KNO_3 resulted in an increase of 12, 13 and 14% for the variables ATR, Brix and PC, respectively, compared to the control at 120 days after application (DAA) of the maturators. In this way, the harvesting time most suitable for ratoon cane was at 120 days after application (DAA) of maturators and the control as provided in these conditions gains of 40, 32 and 42% for ATR, Brix and PC compared to their respective earliest epochs of reference (EER) – EER_{atr} , EER_{brix} and EER_{pc} .

Key words: *Saccharum* spp., plant regulators, technological quality.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Imagem da área experimental com cana-soca, safra 2009/2010, USACUCAR/UNIOESTE, no Município de Icaraíma – PR. UNIOESTE, 2011.31
- Figura 2: Resistência à penetração em função da profundidade, área de cana-soca, safra 2009/2010, USACUCAR/UNIOESTE, no Município de Icaraíma – PR. UNIOESTE, 2011.33
- Figura 3: Croquis da área experimental, área de cana-soca, durante a safra 2009/2010, USACUCAR/UNIOESTE, no Município de Icaraíma – PR. UNIOESTE, 2011.35
- Figura 4: Croquis da parcela experimental, área de cana-soca, durante a safra 2009/2010, USACUCAR/UNIOESTE, no Município de Icaraíma – PR. UNIOESTE, 2011.36
- Figura 5: Açúcar Total Recuperável (ATR), Pol da cana (PC) e Brix da cana-soca não submetida à aplicação de maturadores (testemunha) após a colheita aos 15, 30, 60 e 120 dias após a aplicação (DAA) em comparação às respectivas épocas iniciais de referência El_{atr} , El_{pc} e El_{brix} na safra 2009/2010. USACUCAR/UNIOESTE, no Município de Icaraíma – PR. UNIOESTE, 201151
- Figura 6: Açúcar Total Recuperável (ATR), Pol da cana (PC) e Brix da cana após a aplicação do glifosato e colheita da cana-soca aos 15, 30, 60 e 120 dias após a aplicação (DAA) em comparação às respectivas épocas iniciais de referência El_{atr} , El_{pc} e El_{brix} , na safra 2009/2010. USACUCAR/UNIOESTE, no Município de Icaraíma – PR. UNIOESTE, 201152

Figura 7: Açúcar Total Recuperável (ATR), Pol da cana (PC) e Brix da cana após a aplicação do paraquat e colheita da cana-soca aos 15, 30, 60 e 120 dias após a aplicação (DAA) em comparação às respectivas épocas iniciais de referência EI_{atr} , EI_{pc} e EI_{brix} , na safra 2009/2010. USACUCAR/UNIOESTE, no Município de Icaraíma – PR. UNIOESTE, 201153

Figura 8: Açúcar Total Recuperável (ATR), Pol da cana (PC) e Brix da cana após a aplicação do fluazifop-p-butyl e colheita da cana-soca aos 15, 30, 60 e 120 dias após a aplicação (DAA) em comparação às respectivas épocas iniciais de referência EI_{atr} , EI_{pc} e EI_{brix} , na safra 2009/2010, USACUCAR/UNIOESTE, no Município de Icaraíma – PR. UNIOESTE, 201154

Figura 9: Açúcar Total Recuperável (ATR), Pol da cana (PC) e Brix da cana após a aplicação do ethephon e colheita da cana-soca 15, 30, 60 e 120 dias após a aplicação (DAA) em comparação às respectivas épocas iniciais de referência EI_{atr} , EI_{pc} e EI_{brix} , na safra 2009/2010, USACUCAR/UNIOESTE, no Município de Icaraíma – PR. UNIOESTE, 201155

Figura10: Açúcar Total Recuperável (ATR), Pol da cana (PC) e Brix da cana após a aplicação do etyl-trinexapac e colheita da cana-soca aos 15, 30, 60 e 120 dias após a aplicação (DAA) em comparação às respectivas épocas iniciais de referência EI_{atr} , EI_{pc} e EI_{brix} , na safra 2009/2010, USACUCAR/UNIOESTE, no Município de Icaraíma – PR. UNIOESTE, 201156

Figura 11: Açúcar Total Recuperável (ATR), Pol da cana (PC) e Brix da cana após a aplicação do sulfometuron metil e colheita da cana-soca aos 15, 30, 60 e 120 dias após a aplicação (DAA) em comparação às respectivas épocas iniciais de referência EI_{atr} , EI_{pc} e EI_{brix} , na safra 2009/2010, USACUCAR/UNIOESTE, no Município de Icaraíma – PR. UNIOESTE, 201157

Figura 12: Açúcar Total Recuperável (ATR), Pol da cana (PC) e Brix da cana após a aplicação do KNO_3 e colheita da cana-soca aos 15, 30, 60 e 120 dias após a aplicação (DAA) em comparação às respectivas épocas iniciais de referência E_{atr} , E_{pc} e E_{brix} , na safra 2009/2010, USACUCAR/UNIOESTE, no Município de Icaraíma – PR. UNIOESTE, 201158

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1: Produtividade ou toneladas de colmos por hectare (TCH) da cana-soca em função da aplicação de maturadores e época de colheita em dias após a aplicação (DAA), na safra 2009/2010, USACUCAR/UNIOESTE, no Município de Icaraíma – PR. UNIOESTE, 201140
- Tabela 2: Brix da cana-soca em função da aplicação de maturadores e época de colheita em dias após a aplicação (DAA), na safra 2009/2010, USACUCAR/UNIOESTE, no Município de Icaraíma – PR. UNIOESTE, 201143
- Tabela 3: Pol da cana (PC) da cana-soca em função da aplicação de maturadores e época de colheita em dias após a aplicação (DAA), na safra 2009/2010, USACUCAR/UNIOESTE, no Município de Icaraíma – PR. UNIOESTE, 201145
- Tabela 4: Açúcar total recuperável (ATR) da cana-soca em função da aplicação de maturadores e época de colheita em dias após a aplicação (DAA), na safra 2009/2010, USACUCAR/UNIOESTE, no Município de Icaraíma – PR. UNIOESTE, 201148

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

- ACCCase – enzima Acetil Coenzima A Carboxilase.
- ACC – ácido aminociclopropano carboxílico.
- ADIA – ponta de pulverização com duplo leque e indução de ar.
- AHAS – enzima acetohidroxi sintase.
- Al – Alumínio
- ALS – enzima acetolactato sintase.
- ATR – açúcar total recuperável.
- cm – centímetros.
- CO₂ – Dióxido de Carbono.
- cmol_c dm⁻³ – centimoles de carga por decímetro cúbico de solo.
- Ca²⁺ - Cálcio.
- Cu – Cobre.
- CaCl₂ – Cloreto de Cálcio.
- CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO.
- DAA – dias após a aplicação dos maturadores.
- DMC – diâmetro do terço médio dos colmos de cana-de-açúcar.
- DNA – ácido desoxirribonucléico
- E_n – épocas de colheita (15, 30, 60 e 120) dias após a aplicação (DAA).
- EI – épocas iniciais de referência para as variáveis tecnológicas ATR, Pol e Brix.
- EPSPs – enzima Enol-piruvil-chiquimato-fosfato-sintase.
- FAOSTAT – Food and Agriculture Organization of The United Nations: Statistics.
- Fe – Ferro.
- FS_I – Fotossistema I
- g i.a. ha⁻¹ – gramas de ingrediente ativo por hectare.
- g dm⁻³ – gramas por decímetro cúbico de solo.
- GA's – Giberelinas.
- GA₁ – Giberelina Hum.
- GA₂₀ – Giberelina Vinte.
- °C – Graus Celsius.
- H+Al – Acidez Potencial.
- ha – hectares.
- kg ha⁻¹ – quilogramas por hectare.

kg p.c. ha⁻¹ – quilogramas de produto comercial por hectare.

km h⁻¹ – quilômetros por hora.

K⁺ - Potássio.

Kg t⁻¹ – quilogramas de ATR por toneladas de colmos de cana-de-açúcar.

KNO₃ – Nitrato de Potássio.

L ha⁻¹ – litros por hectare.

L p.c. ha⁻¹ – litros de produto comercial por hectare.

m – metros.

m² – metros quadrados.

m³ – metros cúbicos.

m³ ha⁻¹ – metros cúbicos por hectare.

mg dm⁻³ – miligramas por decímetro cúbico de solo.

mm – milímetros.

Mg²⁺ - Magnésio.

Mn – Manganês.

M_n – Maturador.

mRNA – ácido ribonucléico mensageiro.

MPa – Mega Pascal.

NCH – número de colmos de cana-de-açúcar por hectare.

%v/v – porcentagem de volume por volume.

PAL – enzima fenilalanina amoniolinas.

pH – Potencial Hidrogeniônico.

P – Fósforo

PC – Pol da cana.

RB – variedade de cana-de-açúcar 'RB' (República do Brasil)

RNA – ácido ribonucléico.

SAM – aminoácido S-adenosilmetionina.

SEAB – Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná.

t ha⁻¹ – toneladas por hectare.

TCH – toneladas de colmos de cana-de-açúcar por hectare.

UFSCAR – PMGCA - Universidade Federal de São Carlos – Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-Açúcar.

Zn – Zinco.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 ASPECTOS GERAIS DA CANA-DE-AÇÚCAR	17
2.1.1 Origem e História	17
2.1.2 Botânica e morfologia.....	17
2.1.3 Agronegócio da cana-de-açúcar	18
2.2 ECOFISIOLOGIA DA CANA-DE-AÇÚCAR	19
2.2.1 Ecofisiologia da maturação da cana-de-açúcar.....	23
2.3 USO DE MATURADORES EM CANA-DE-AÇÚCAR	25
3 MATERIAL E MÉTODOS	31
3.1 LOCAL DO EXPERIMENTO	31
3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL	32
3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	34
3.4 DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO.....	34
3.5 IMPLANTAÇÃO E TRATOS CULTURAIS.....	36
3.6 VARIÁVEIS AGRONÔMICAS E TECNOLÓGICAS DA CANA-DE-AÇÚCAR ANALISADAS.....	38
3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA	39
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
5 CONCLUSÕES	60
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
7 ANEXOS	67

1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp. L.) é uma das mais antigas e importantes plantas cultivadas no Brasil, sendo que os seus principais produtos comerciais, o açúcar e o álcool, são obtidos do processamento industrial da sacarose acumulada no colmo (MARTINS; CASTRO, 1999).

Segundo Leite et al. (2008), para haver o processo de maturação natural da cana com repouso fisiológico e acúmulo de sacarose no colmo é necessário a ocorrência de baixas temperaturas e/ou déficit hídrico. Também conforme citado por Rodrigues (1995), na região Centro Sul do Brasil a condição climática favorável à maturação natural da cana ocorre entre os meses de abril e novembro, com o seu ponto máximo em agosto, e qualquer oscilação térmica e/ou hídrica nessa fase favorece a vegetação, em detrimento do acúmulo de sacarose.

Deuber (1988) esclarece que é necessário o manejo adequado da maturação, estágio fenológico quando se define a sacarose qualitativa e quantitativamente acumulada no colmo, para o fornecimento contínuo de colmos industrializáveis às usinas.

Com o aumento das áreas de plantio e expansão das safras de cana é essencial aumentar o rendimento agrônomico e tecnológico da cultura, disponibilizando matéria-prima com teores adequados de sacarose e viabilizando o rendimento industrial e a atividade econômica das usinas (LEITE et al., 2008).

Os maturadores têm sido utilizados como compostos químicos que induzem a cana à maturação artificial favorecendo o acúmulo de sacarose no colmo em detrimento dos efeitos indesejáveis ao processo de maturação tais como vegetação ou mesmo florescimento (DUKE; BAERSON; RIMADO, 2003).

Os maturadores químicos são um importante instrumento auxiliar no planejamento da colheita, por antecipar o corte da cana e aumentar significativamente o teor qualitativo e quantitativo de sacarose, com reflexos positivos nas atividades industriais das usinas (MARTINS; CASTRO, 1999).

O estudo sobre a interação entre maturadores e épocas de colheita é necessário para avaliar os produtos e épocas de colheita mais adequadas à obtenção de respostas significativas às principais características agrônomicas e tecnológicas da cana-de-açúcar.

O objetivo desta pesquisa é avaliar os efeitos da ação da testemunha (sem a aplicação de maturadores) e dos maturadores glifosato, paraquat, fluazifop-p-butil, ethephon, etyl-trinexapac, sulfometuron metil e nitrato de potássio - KNO_3 - sobre o número de colmos por área, diâmetro do terço médio de colmos e produtividade ou toneladas de colmos por hectare, e o brix, pol da cana e açúcar total recuperável da cana-de-açúcar.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ASPECTOS GERAIS DA CANA-DE-AÇÚCAR

2.1.1 Origem e História

A cana-de-açúcar tem origem na Nova Guiné e foi levada para o sul da Ásia. Através de mercadores árabes foi propagada pelo norte da África, sul da Europa e regiões marginais ao Mediterrâneo durante as conquistas árabes a partir do Século VIII, ao mesmo tempo em que chineses a levaram para Java e as Filipinas. Durante as descobertas de portugueses e espanhóis inicialmente disseminaram seu cultivo na ilha da Madeira e nas Canárias, até a expansão para as Américas através da segunda expedição de Cristóvão Colombo, em 1493, e no Brasil em 1502, por Martim Afonso de Souza. Típica de climas tropicais e subtropicais, a cana aclimatou-se muito bem naquelas regiões, com lavouras em contínua expansão pelo Caribe e América Central e restante da América do Sul. No Brasil, introduzida inicialmente na Capitania Hereditária de São Vicente, expandiu-se pelas demais regiões do Brasil, notadamente no Nordeste e no final do Século XIX, no Estado de São Paulo (MOZAMBANI et al., 2006).

2.1.2 Botânica e morfologia

A cana-de-açúcar foi descrita por Linneu, em 1753, e classificada como *Saccharum officinarum* e *Saccharum spicatum* (MOZAMBANI et al., 2006).

A cana-de-açúcar está classificada segundo Cronquist (1981): Divisão Manoliophyta, Classe Magnoliopsida, Ordem Graminales, Família Poaceae, Gênero *Saccharum*, Espécies *Saccharum officinarum*, *Saccharum spontaneum*, *Saccharum sinensis*, *Saccharum barberi* e *Saccharum robustum*. As variedades comerciais da cana-de-açúcar são híbridas do gênero *Saccharum*, daí ser denominada atualmente por *Saccharum* spp. (LUCHESE, 2001).

A cana-de-açúcar é uma planta monocotiledônea e alógama, de reprodução sexuada que pode ser multiplicada assexuadamente por propagação vegetativa quando cultivada comercialmente (CAIEIRO et al., 2010).

A cana se desenvolve em forma de touceira, sendo sua parte aérea formada por colmos (caule típico de gramíneas), folhas e inflorescência. Já a parte subterrânea é formada por raízes e rizomas (caules subterrâneos, espessados, ricos

em reservas, providos de nós e entrenós e de crescimento horizontal) (LUCCHESI, 2001).

As raízes da cana-de-açúcar são do tipo fasciculado ou em “cabeleiras”, sendo que 85% delas encontram-se nos primeiros 50 cm, e aproximadamente 60% entre os primeiros 20-30 cm de profundidade. Os rizomas são constituídos por nós, internos, e gemas, as quais darão origem aos perfilhos, responsáveis pela formação das touceiras. As novas touceiras da soca ou ressoca se originam dos rizomas que brotam após a colheita (LUCCHESI, 2001).

O colmo da cana-de-açúcar é o responsável pela sustentação das folhas, formadas por lâmina e bainha (que se encontram no colmo de modo alternado e oposto) e da inflorescência, do tipo panícula (MILLER; GILBERT, 2010). Apresenta crescimento cilíndrico, sendo composto de nós e entrenós em diferentes estádios fisiológicos: entrenós maduros (base), em maturação (meio) e imaturos (ponta), que se formam a cada dez dias produzindo uma folha nova a cada internódio. O número constante de folhas em um colmo de cana-de-açúcar é em média de oito a nove, sendo que a interceptação solar necessária à realização da fotossíntese ocorre nas seis folhas mais apical com máxima eficiência (GOLINSKI, 2009). O colmo constitui-se num reservatório onde, em condições favoráveis à maturação, é acumulada grande quantidade de sacarose; durante o seu crescimento o teor de sacarose é maior nos entrenós basais e menor nos apicais, invertendo-se o processo à medida que a cana amadurece (MACHADO, 1987)

2.1.3 Agronegócio da cana-de-açúcar

A área mundial plantada com cana-de-açúcar é de aproximadamente 24 milhões de hectares, com uma produção de 1.683 milhões toneladas e produtividade média de 70 t ha⁻¹ (FAOSTAT, 2010).

Na América do Norte a área plantada com cana-de-açúcar é de 354 mil hectares, com produção de 27,50 milhões de toneladas e produtividade média de 78 t ha⁻¹, aproximadamente (FAOSTAT, 2010)

Na América Central a área plantada com cana-de-açúcar é de 1,26 milhões de hectares, produção de 99,6 milhões de toneladas e produtividade de 79,0 t ha⁻¹, aproximadamente. Já no Caribe a área total de cultivo chegou a 610 mil hectares,

com produção de 25 milhões de toneladas e produtividade aproximada de 41 t ha⁻¹ (FAOSTAT, 2010).

No âmbito do MERCOSUL (Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai) a área de plantio de cana-de-açúcar é de 9 milhões de hectares, com produção de 725 milhões de toneladas e produtividade de 80 t ha⁻¹, aproximadamente (FAOSTAT, 2010).

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar e na safra 2009/2010 foi cultivado uma área de 7,5 milhões de hectares, com produção aproximada de 612 milhões de toneladas e produtividade média de 81 t ha⁻¹ (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB, 2010).

O Paraná é o terceiro maior produtor nacional de cana-de-açúcar e apresentou na safra 2009/2010 área plantada de 629 mil hectares, produção de 52 milhões de toneladas e produtividade de 83 t ha⁻¹, aproximadamente (SECRETARIA DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO DO PARANÁ – SEAB, 2010).

Desde a safra 1998/1999 o sistema de pagamento de cana-de-açúcar no Brasil se baseia no cálculo de açúcar total recuperável (ATR), expresso em quilogramas de ATR por tonelada de colmos de cana (ISEJIMA; COSTA; SOUZA JUNIOR, 2002).

2.2 ECOFISIOLOGIA DA CANA-DE-AÇÚCAR

A cana-de-açúcar se desenvolve melhor em solos de boa fertilidade, profundos, argilosos ou mistos, com boa capacidade de retenção de água sem ocorrer encharcamento e com pH variando entre 6,0 a 6,5 (LUCCHESI, 2001). A cultura apresenta comportamento vegetativo altamente dependente de fatores climáticos, sendo que as variações na disponibilidade térmica, pluviosidade, intensidade de luz exercem grande influência sobre o desenvolvimento fenológico da cultura afetando sua produtividade (LIU; KINGSTON; BULL, 1998).

Segundo Gascho e Shih¹ (1983 apud SILVA et al., 2010), a cana-de-açúcar apresenta quatro diferentes estádios em sua fenologia, conhecidos por: brotação,

¹GASCHO, G. J.; SHIH, S. F. Sugarcane. In: TEARE, I. D.; PEET, M. M. (Coord.). **Crop-water relations**. New York: Wiley: Interscience, 1983, p. 445-479.

perfilhamento, crescimento dos colmos e maturação – intenso acúmulo de sacarose nos colmo.

A cana se propaga vegetativamente pela brotação de suas gemas, a partir de toletes de colmo plantados, e se constitui em fase importante, pois a boa brotação reflete uma área cultivada com plantas vigorosas (SILVA et al., 2010). De acordo com Casagrande (1991), a falta de umidade do solo pode prejudicar a brotação dos toletes, do mesmo modo que o excesso de irrigação, a drenagem irregular ou o acúmulo devido à pluviosidade excessiva.

A brotação das gemas também sofre forte influência da temperatura ambiente, sendo que a temperatura ótima para a brotação das gemas é de 32°C a 38°C. Esta é paralisada quando a temperatura é inferior a 20°C (BARBIERI, 1981). Conforme Liu, Kingston e Bull (1998), a temperatura ótima para a brotação das gemas está entre 28°C e 30°C.

Com boas condições de umidade e temperatura inicia-se a brotação das gemas dos toletes com a simultânea emissão de raízes de fixação a partir do tolete. Nesta fase de desenvolvimento inicial o broto depende das reservas de carboidratos, lipídeos e proteínas presentes no tolete (LIU; KINGSTON; BULL, 1998). Após 20 a 30 dias se inicia a emergência do perfilho primário na superfície do solo e, simultaneamente ao seu crescimento, a partir da base do colmo, observa-se o desenvolvimento de novas raízes e de outros perfilhos (SEGATO; MATTIUZ; MOZAMBANI, 2006).

O perfilhamento é o processo de emissão de colmos, originário da base da planta ou da região axilar da folha basal por uma mesma planta, que recebem a denominação de perfilhos (BEZUIDENHOUT et al., 2003). Segundo Câmara (1993), o perfilhamento permite o estabelecimento da cana em condições de campo com o número de colmos por touceira adequados à produção. O perfilhamento é regulado pela auxina, que exerce as funções relacionadas ao alongamento do colmo e inibição das gemas laterais pela dominância apical (MILLER; GILBERT, 2009). Castro & Christofletti (2005), explicam que o perfilhamento intenso das touceiras ocorre quando atingem o máximo de produção de novos perfilhos. A competição entre perfilhos por luz, água, nutrientes e espaço físico torna-se elevada, paralisando o processo e matando os perfilhos mais jovens.

A radiação solar é um fator climático importante na formação e crescimento dos perfilhos, sendo que a variação da densidade de perfilhos varia de acordo com a

intensidade luminosa: em condição de maior intensidade luminosa a cana-de-açúcar pode promover a foto-oxidação do ápice, reduzindo o alongamento e aumentando o número de perfilhos (BEZUIDENHOUT et al., 2003). Rodrigues (1995) cita que a baixa luminosidade, devido ao auto-sombreamento, induz inibição do perfilhamento por competição intraespecífica e acelera o crescimento do colmo principal. Inman-Bamber (2004) observou que o perfilhamento reduz-se drasticamente quando o dossel intercepta menos de 70% da radiação recebida.

A formação e crescimento dos perfilhos em cana-de-açúcar são fortemente influenciados pelo aumento da temperatura até um máximo de 30°C (LIU, KINGSTON e BULL, 1998). Câmara (1993) cita que temperaturas abaixo de 20°C podem promover a paralisação do crescimento dos perfilhos, e Almeida et al. (2008) verificaram que temperaturas ótimas para o desenvolvimento do perfilho, combinados com suprimento hídrico adequado, situam-se entre 25°C e 27°C.

O estresse hídrico pode causar redução na emissão de novos perfilhos, pois a falta de água cessa a divisão e o alongamento celular impedindo a diferenciação e o crescimento dos tecidos que darão origem as novas estruturas dos perfilhos. Durante o perfilhamento a cana exige uma grande quantidade de água para que ocorra o seu pleno estágio de desenvolvimento vegetativo (BEZUIDENHOUT et al., 2003).

As relações hídricas têm importante participação na alongação dos perfilhos e no crescimento final dos colmos da cana-de-açúcar (SILVA et al., 2010). Ramesh e Mahadevaswamy (2000) relatam que sob condição de estresse hídrico os tecidos de alongamento meristemático – encontrados em maior quantidade nos entrenós em expansão – são os mais afetados. Inman-Bamber (2004), observou redução no alongamento do colmo e menor desenvolvimento foliar em cana sob condição de déficit hídrico.

Em estudo de diferentes estádios fenológicos da cana em condição de deficiência hídrica do solo, Machado et al. (2009) verificaram a redução da matéria seca do colmo e no conteúdo de sólidos solúveis causada pela redução da fotossíntese, o que causou menor produção de fotoassimilados necessários para o crescimento do colmo e produção de sacarose. Em estudo similar, Inman-Bamber e Smith (2005), relataram que a suscetibilidade da cana à deficiência hídrica é maior quando as plantas estão na fase de alongamento dos colmos, com sérios prejuízos à produção de fitomassa e no rendimento de sacarose. A alongação celular e o

crescimento da cultura são relacionados aos níveis de umidade do solo, sendo que quanto maior a disponibilidade hídrica do solo maior o crescimento da cultura; quanto menor for a disponibilidade hídrica, maior será a formação de nós e entrenós muito curtos e próximos entre si, diminuindo drasticamente o volume de parênquima para o armazenamento de sacarose (CÂMARA, 1993).

A restrição hídrica severa afeta negativamente o desenvolvimento foliar, comprometendo o dossel pela desaceleração da produção de novos brotos e folhas e pela aceleração da senescência da parte aérea da cana (INMAN-BAMBER, 2004). Este comportamento está de acordo com Machado et al. (2009), que também constataram uma acentuada senescência foliar e restrição ao surgimento de novas folhas em período de seca na cana-de-açúcar.

A eficiência de crescimento da cana é determinada pela quantidade de radiação solar interceptada e sua conversão em matéria seca, sendo a eficiência de seu uso no processo de fotossíntese o principal responsável pelo acúmulo de biomassa (SINCLAIR et al., 2004). Conforme Singels et al. (2005), o desenvolvimento do dossel é regulado pela temperatura e radiação, podendo sofrer interferência no seu desenvolvimento pela cultivar, densidade de plantio (espaçamento), estado hídrico e nutricional.

O aumento do índice de área foliar em cana é rápido, ocorrendo de três a cinco meses do seu cultivo (INMAN-BAMBER, 2004). A área foliar da cana aumenta no período de grande crescimento da cultura, com alta eficiência fotossintética devido aos maiores índices de área foliar e do número de folhas nessa fase (SINCLAIR et al., 2004).

A temperatura atua sobre a emissão de folhas, sendo considerado que a temperatura mínima base necessária para o início do desenvolvimento foliar é de 10,8°C. Quando a cana é submetida a temperaturas mais baixas resulta em restrição sobre a taxa de desenvolvimento da área foliar (INMAN-BAMBER, 2004).

Em relação ao fotoperíodo a maioria dos cultivares de cana-de-açúcar é considerada de dias curtos, necessitando de um fotoperíodo inferior a 12,5 horas para a indução do florescimento (LUCCHESI, 2001).

A ação dos ventos, sê forte, pode ser prejudicial por dilacerarem parte do limbo foliar, diminuindo a área foliar efetiva para a realização da absorção energética para a fotossíntese. As brisas e ventos leves favorecem a transpiração e absorção de água e nutrientes (RODRIGUES, 1995).

O florescimento é uma característica genética da cana-de-açúcar existindo variedades floríferas e não floríferas. Trata-se de um fenômeno indesejável em áreas comerciais, uma vez que nos processos de formação e emissão da inflorescência ocorre elevado consumo de sacarose e redução do volume de caldo, resultando no aumento do teor de fibras. Muitos fatores contribuem para o florescimento da cana, mas o fotoperíodo é considerado o fator crítico que determina o momento da indução (ARALDI et al., 2010).

Após o corte da cana-planta inicia-se um novo ciclo de aproximadamente 12 meses, o ciclo da cana das soqueiras ou cana-soca. Fatores ambientais que afetam o ciclo da cana-planta também afetam o ciclo da cana-soca, que dura aproximadamente 12 meses; as fases e processos ocorrem de modo semelhante e mais rápido (SEGATO et al., 2006).

2.2.1 Ecofisiologia da maturação da cana-de-açúcar

Os colmos que sobrevivem à forte competição da fase de perfilhamento intenso continuam seus processos de crescimento e desenvolvimento, acumulando cada vez mais sacarose em seus entrenós à medida que estes vão amadurecendo (SILVA et al., 2010).

Cultura semiperene, a cana-de-açúcar sofre influência das variações climáticas. Para atingir alta produção de sacarose precisa de temperatura e umidade adequadas para permitir o máximo crescimento na fase vegetativa, seguida de restrição hídrica e/ou baixa temperatura (inferior a 20°C) para favorecer o acúmulo de sacarose no colmo na época de maturação (INMAN-BAMBER; SMITH, 2005).

A cana-de-açúcar é considerada apta, em termos agronômicos e econômicos, para ser industrializada quando apresenta teor mínimo de 13% do peso do colmo em sacarose sob a condição de maturação natural, que na Região Sudeste do Brasil ocorre entre os meses de abril e setembro, quando a somatória das quedas gradativas de temperatura com a redução e término das precipitações diminui o processo de crescimento da cana, favorecendo à produção e acúmulo de sacarose nos espaços disponíveis dos colmos; e ao conseqüente aumento da matéria seca acumulada (DEUBER, 1988). A capacidade de acumular sacarose nos colmos também fica na dependência da associação com outros fatores naturais

indutores, além da temperatura e umidade, tais como luminosidade e nutrientes minerais; e de fatores naturais não indutores, como a floração ou a excessiva variabilidade térmico-hídrica (RAMOS, 2006).

Por ser uma planta do tipo C4, a cana é considerada de alta eficiência fotossintética na conversão de energia radiante em energia química, com taxas calculadas em até 100 miligramas de CO₂ por decímetro quadrado de área foliar por hora (MAGALHÃES, 1987). Com a fotossíntese ocorre a produção de carboidratos, usados inicialmente no desenvolvimento de folhas e raízes e, em seguida, na formação de matéria seca estrutural e acúmulo na forma de açúcares no colmo; quanto maior for o ponto de saturação lumínico, mais fotossíntese será realizada contribuindo para o aumento da sacarose acumulada durante a maturação dos entrenós (McCORMICK et al., 2008). Para Nickell² (1975), citado por Lucchesi (2001), a cana-de-açúcar apresenta elevado ponto de saturação lumínico, que pode variar conforme a cultivar.

A temperatura é o fator mais efetivo para explicar o acúmulo de sacarose na cana-de-açúcar. O tempo frio retarda o desenvolvimento do colmo e melhora o teor de sacarose (SILVA et al., 2010), e em estudo realizado sobre a influência da baixa temperatura na maturação Uehara et al. (2009), verificaram que quando a cana foi aclimatada em temperatura abaixo de 15,3°C no período da noite e 26,6°C durante o dia, essas temperaturas induziram baixas taxas fotossintéticas durante o dia, e as taxas de respiração foram maiores durante a noite quando comparadas à testemunha. Os autores constataram também que a temperatura baixa diminuiu tanto o comprimento de caule quanto o de matéria fresca, aumentando a concentração de sacarose, apesar da supressão do crescimento do caule. Portanto os autores sugerem que quando o crescimento do caule é suprimido, a síntese de sacarose é ativada por baixa temperatura de dia ou à noite e mais fotoassimilados são direcionados para a produção de sacarose.

Câmara (1993) confirma que, quando as condições ambientais começam a ficar desfavoráveis ao desenvolvimento vegetativo da cana, isto é, baixas temperaturas e baixa umidade do solo, a planta intensifica o acúmulo de sacarose, que geralmente ocorre de 11 a 20 meses após o plantio, conforme a época da instalação do canavial e variedade utilizada.

²NICKELL, L.G. Ecophysiology of sugarcane. In: ALVIM, P.T.; KOZLOWSKI, T.T. (Ed.). **Ecophysiology of tropical crops**. Itabuna: CEPLAC, 1975. p.1-52.

Nutrientes minerais influenciam a maturação da cana de acordo com as épocas em que estão disponíveis às plantas. Assim, o excesso de nitrogênio em cobertura estimula o crescimento vegetativo da planta, retardando a maturação; e a aplicação de vinhaça – composta por água, matéria orgânica, nitrogênio e, principalmente, potássio – pode interferir no processo de acúmulo de sacarose, uma vez que o potássio é participante ativo das atividades metabólicas relacionadas à maturação, formação e acúmulo de sacarose (SILVA et al., 2010).

O sistema de produção da indústria sucroalcooleira depende do processo de maturação da cana-de-açúcar para o fornecimento contínuo de matéria prima de elevada qualidade tecnológica, com efeito sobre o seu rendimento industrial (DEUBER, 1988).

2.3 USO DE MATURADORES EM CANA-DE-AÇÚCAR

A maturação é considerada como um dos aspectos mais importantes na produção de cana-de-açúcar, sendo fundamental: temperaturas baixas e/ou déficit hídrico, para que o desenvolvimento vegetativo da cana seja inibido ou retardado e que ocorra um significativo acúmulo de sacarose nos colmos (LEITE et al., 2008).

Como produto final da fotossíntese a glicose percorre o floema sofrendo transformações nas células de armazenamento: antes de ser depositada no vacúolo, o armazenamento da sacarose ocorre através da inversão - interconversão e fosforilação de glicose e frutose; síntese de sacarose fosfato - e acúmulo através do tonoplasto (GAYLER; GLASZIOU, 1972).

Durante a maturação a cana reduz o crescimento do colmo e armazena a sacarose a partir da base para o ápice da planta, sendo que no início o terço basal do colmo mostra teor mais elevado de sacarose do que o terço médio, e este maior do que o terço apical e à medida que a maturação progride, o teor de sacarose tende a se igualar nas diversas partes do colmo, com o ápice apresentando composição similar da base (VIANA et al., 2007). É um processo importante em regiões onde a cultura apresenta demasiado desenvolvimento vegetativo, em razão da não ocorrência de condições climáticas adequadas à maturação natural (ALMEIDA et al., 2003).

Mesmo sob condições que favorecem a vegetação da cana é possível induzir a maturação pela aplicação de maturadores químicos (CASTRO, 2000); ou devido à falta de cultivares com maturação precoce, suprindo as usinas com cana madura todo o ano (NETTO, 2006).

Maturadores, definidos como reguladores vegetais, são compostos químicos capazes de modificar a morfologia e a fisiologia da cana-de-açúcar, paralisando e/ou retardando o desenvolvimento vegetativo da planta; atuar sobre as enzimas invertases, induzindo à translocação e ao armazenamento da sacarose nos colmos, resultando em modificações qualitativas e quantitativas na produção, isto é, na produtividade de colmos e de açúcar (LAVANHOLI et al., 2002).

A utilização de maturadores em cana-de-açúcar ocorre freqüentemente em início de safra. Porém, devido à importância da qualidade tecnológica da matéria prima fornecida e sua significativa contribuição à indústria sucroalcooleira, recentemente os maturadores têm sido empregados em meio e final de safra em decorrência, principalmente, do aumento da área plantada; e como instrumento de flexibilidade – auxiliar o planejamento da colheita – e no manejo varietal (CRUSCIOL; LEITE; SIQUEIRA, 2010).

A eficiência agrônômica dos maturadores é influenciada pela condição climática, época de aplicação, dose do maturador empregada, o comportamento varietal e o planejamento da época de colheita da matéria prima (CÂMARA, 1993).

Dentre os agentes químicos utilizados como maturadores em cana-de-açúcar destacam-se o glifosato, o sulfometuron metil, o ethephon, o etyl-trinexapac, o fluazifop-p-butil, o paraquat e o nitrato de potássio, KNO_3 (LEITE et al., 2008).

Segundo Castro (2000), os principais maturadores químicos utilizados na cana-de-açúcar para restringir seu florescimento e crescimento do colmo são classificados como inibidores de crescimento (paraquat, glifosato e fluazifop-p-butil), que normalmente tem ação estressante e matam a gema apical; e os retardadores de crescimento (ethephon, sulfometuron-metil, etyl-trinexapac). Conforme Crusciol, Leite e Siqueira (2010), o nitrato de potássio (KNO_3) se agrupa como retardador de crescimento por ser menos estressante à cana e obter o mesmo objetivo de reduzir o crescimento vegetativo da planta em favor da translocação e acúmulo de sacarose. Leite et al. (2008) citam a crescente utilização do KNO_3 como substituto de produtos herbicidas utilizados como maturadores em cana-de-açúcar.

Herbicida inibidor da enzima enol-piruvil-chiquimato-fosfato-sintase (EPSPs), o glifosato tem como ingrediente ativo o agente N-(fosfometil) glicina (glyphosate). Com ação sistêmica, é absorvido pela parte aérea das plantas com fácil translocação pelo xilema e floema. O transporte do glifosato através da cutícula ocorre por difusão e a taxa de absorção é influenciada pelo gradiente de concentração entre a região de deposição do produto e o interior da planta, sendo que as proteínas transportadoras de fosfato da plasmalema são as intermediadoras na penetração do agente nas células. No floema o glifosato apresenta mobilidade, seguindo a rota dos produtos da fotossíntese (açúcares) para os tecidos de demanda energética metabólica (RODRIGUES, 1995).

O metabolismo primário dos vegetais é a fotossíntese, na qual a energia solar é utilizada para a produção de compostos orgânicos, e um grupo reduzido destes metabólitos primários tem função importante como precursor para a síntese dos metabólitos secundários através de diversas rotas bioquímicas, dentre elas a do ácido chiquímico, que converte precursores de carboidratos derivados da glicólise; e a rota pentose fosfato em aminoácidos aromáticos. Assim, o glifosato é o mais importante agente químico a afetar a síntese de metabólitos secundários devido ao bloqueio desta rota metabólica (TAIZ; ZEIGER, 2004).

A inibição da enzima EPSPs, presente na rota de síntese dos aminoácidos de cadeia aromática (fenilalanina, tirosina e triptofano), bloqueia a síntese destes aminoácidos na cana ocasionando a inibição da síntese protéica, de outros compostos aromáticos e de produtos secundários importantes (vitaminas, hormônios, clorofila, fitoalexinas, alcalóides, lignina e antocianinas), acumulando um composto secundário chamado chiquimato. O efeito estressante causado pela fitotoxidez estimula a produção de etileno, hormônio vegetal capaz de inibir o metabolismo de fosfolipídios, aumenta a permeabilidade da membrana, causa perda de clorofila, inibe a divisão e a expansão celular e reduz a síntese de DNA. As possíveis associações destes eventos metabólicos culminam na paralisação do desenvolvimento vegetal, deslocamento e acúmulo de sacarose nos colmos de cana-de-açúcar (RODRIGUES, 1995).

A aplicação de glifosato como maturador químico nas dosagens de 0,3 a 0,5 L p.c. ha⁻¹ promove incremento significativo sobre as características tecnológicas da cana-de-açúcar brix, pol, fibra (VIANA et al., 2007) e sobre a variável agrônômica produtividade ou tonelada de colmos por hectare (MESCHEDE; CARBONARI;

VELINI, 2009). Segundo Netto (2006), é um dos maturadores químicos da cana-de-açúcar de menor custo comercial no mercado.

Pertencente ao grupo dos inibidores de crescimento o paraquat (íon 1,1'-dimetil-4,4'-bipiridílio) é inibidor do fotosistema I (FS_I), sendo também utilizado como maturador em cana-de-açúcar, na dosagem de 2,0 L p.c. ha⁻¹, podendo ser um redutor e diminuidor da fixação do dióxido de carbono. É pouco utilizado por ser de contato e dependente da ação de luminosidade como indutor do processo (NETTO, 2006).

Herbicida inibidor de crescimento, que também pode ser utilizado como maturador químico em cana-de-açúcar, o fluazifop-p-butil (butyl(R)-2-[4-(5-trifluoromethyl-2-pyridyloxy) phenoxy] propionato) pertence ao grupo denominado inibidores da síntese de ácidos graxos, compreendendo os ariloxifenoxipropionatos e as ciclohexanodionas, grupos distintos mas semelhantes quanto aos aspectos de espectro de controle, eficiência, seletividade e modo de ação. Têm penetração foliar, rápida ação e translocação via apoplasto e simplasto. O local de ação deste agente químico é a Acetil Coenzima-A Carboxilase (ACCase), enzima encontrada no estroma dos plastídeos com importante atividade na fase inicial de síntese dos ácidos graxos, constituintes dos lipídeos - importantes para a formação das membranas das organelas e das células, além de regular a permeabilidade seletiva das mesmas. Assim, a absorção do produto implica na paralisação do crescimento da parte aérea da cana pela morte da gema apical, como efeito da rápida e inicial ação sobre as regiões meristemáticas (RODRIGUES, 1995).

O fluazifop-p-butil tem sido aplicado como maturador químico em cana-de-açúcar nas dosagens de 0,3 a 0,4 L.p.c. ha⁻¹. Pode promover em período de tempo inferior a 30 dias uma grande alocação de sacarose para o colmo; mas o seu manejo operacional incorreto – sobreposição e/ou erro de dosagem no canavial – associado ou não a condições climáticas desfavoráveis à maturação pode resultar em inversões de sacarose no campo, e obtenção de matéria prima de baixa qualidade industrial (NETTO, 2006).

O sulfometuron metil, regulador vegetal do grupo das sulfoniluréias, de elevada eficiência em doses reduzidas (tem sido trabalhado com dosagens de 0,015 – 0,02 kg i.a ha⁻¹) e baixa toxicidade para mamíferos, é um potente inibidor de crescimento vegetal com absorção rápida através das raízes, folhas e caule (RODRIGUES, 1995).

O sulfometurom metil {metil-2-[[[(4,6-dimetil-2-pirimidinil)-amino] carbonil] amino] sulfonil] benzoate} atua inibindo de forma irreversível a ação da enzima acetolactato sintase (ALS) ou acetohidroxi sintase (AHAS), bloqueando a síntese de aminoácidos de cadeia ramificada (valina, leucina e isoleucina) a partir dos substratos piruvato e α -cetobutarato, resultando na interrupção da síntese protéica, inibição da fotossíntese de DNA e da divisão celular com paralisação do crescimento vegetal. A resultante fitotoxidez, causada pelo efeito estressante, estimula a produção de etileno que atua sobre os promotores de crescimento auxinas, giberelinas e citocininas, bloqueando de forma indireta suas ações fisiológicas (TAIZ; ZEIGER, 2004).

O ethephon, ácido 2-cloroetilfosfônico, é um regulador vegetal da classe dos retardantes de crescimento com propriedades sistêmicas, utilizado em produtos comerciais com diferentes concentrações do ingrediente ativo, os quais podem apresentar diferenças quanto à manutenção da estabilidade da formulação, de modo que sob pH menor ou igual a 3,5 (ácido) não há liberação de etileno gasoso (C_2H_4); tal reação ocorre quando em contato com o tecido vegetal, com o pH superior a 3,5 (CRUSCIOL; LEITE; SIQUEIRA, 2010).

Produzido em todos os órgãos vegetais e sintetizado a partir do aminoácido metionina, o etileno é capaz de promover alterações nas estruturas de microtúbulos, na orientação de microfibrilas e no metabolismo do DNA. Também induz o aumento de mRNAs, responsáveis por codificar e ativar enzimas pré-formadas como a celulase, hemicelulase e a poligacturonase, modificando a permeabilidade da membrana. Assim, os efeitos metabólicos culminam na inibição temporária ou redução do ritmo de crescimento em altura dos colmos e engrossamento dos entrenós (RODRIGUES, 1995).

Utilizado na dosagem de 0,67 L p.c. ha⁻¹, o ethephon reduz a isoporização e aumenta o teor de sacarose no colmo (MARTINS; CASTRO, 1999). Caputo et al. (2007) definem isoporização como uma desidratação dos tecidos no colmo da cana-de-açúcar que, ao perderem água, vão adquirindo coloração branca. Este fenômeno se inicia nas partes internas do colmo, podendo evoluir do centro para a periferia; ao longo do comprimento do colmo esta evolução se dá da ponta para a base, variando conforme a cultivar.

O etyl-trinexapac é um regulador vegetal da classe dos retardantes de crescimento e do grupo químico do ciclohexano ou ciclohexadiona. Derivado do

ácido carboxílico, seu nome químico é o 4-ciclopropil- α -hidroxi-metileno-3,5-dioxociclohexanocarboxílico-ácidoétil-éster, uma vez aplicado é absorvido pela cana-de-açúcar predominantemente através das folhas e gemas terminais, caracterizando-se pela facilidade de translocação para as áreas meristemáticas e de crescimento ativo, atuando seletivamente através da redução do nível de giberelinas biologicamente ativas e sem afetar a fotossíntese (RODRIGUES, 1995). Segundo Netto (2006), o etyl-trinexapac é um dos principais reguladores em uso atualmente sendo recomendado para a cana-de-açúcar na dose 0,8 a 1,2 L p.c. ha⁻¹, em um intervalo médio de 45-50 dias entre a aplicação e a colheita.

De acordo com Rodrigues (1995), as giberelinas (GAs) são terpenóides cuja substância inicial para a biossíntese é o ácido mevalônico, com efeito sobre a promoção do alongamento e divisão celular. Também segundo o autor, o etyl-trinexapac atua impedindo a síntese das giberelinas de elevada atividade biológicas, mais eficientes na promoção do alongamento e divisão celular; culminando na inibição temporária ou redução de ritmo de crescimento vegetal. Viana et al. (2008) complementam que a ação deste agente químico sobre o metabolismo da cana-de-açúcar alarga as paredes celulares, favorecendo um maior acúmulo de sacarose e rendimento de açúcar. E Leite et al. (2008) acrescentam que o etyl-trinexapac induz à melhoria significativa da qualidade tecnológica da matéria prima.

Produtos que em sua composição química há o nitrato de potássio (KNO₃) também têm sido utilizados como maturadores em cana-de-açúcar, por apresentar a vantagem de substituir o uso de herbicidas para tal finalidade, sem o risco de atingir culturas sensíveis ao modo de ação destes produtos químicos (CRUSCIOL; LEITE; SIQUEIRA, 2010).

O KNO₃ é o indutor do processo de maturação, uma vez que causa injúria química (ou estresse químico) na cana-de-açúcar e é capaz de estimular a síntese de etileno endógeno. A produção de etileno pela planta é favorecida por diversos fatores bióticos e/ou abióticos, que aumentam a atividade da ACC-sintase, enzima diretamente relacionada à síntese de etileno (RODRIGUES, 1995). Atua inibindo ou reduzindo temporariamente o ritmo de crescimento vegetal devido às conseqüências bioquímicas e morfológicas decorrentes da ação do etileno na cana-de-açúcar, de modo a favorecer o armazenamento de sacarose nos colmos (CRUSCIOL; LEITE; SIQUEIRA, 2010). Leite et al. (2008) citam que a dosagem aplicada para o KNO₃ como maturador químico em cana-de-açúcar é de 3,0 kg p.c. ha⁻¹.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCAL DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido na Fazenda Guaíçara, pertencente à Usina Santa Terezinha, do Grupo USACUCAR, no município de Icaraíma, Estado do Paraná, situada a 23°25'49" de latitude Sul e 53°28'50" de longitude Oeste e altitude de 371 metros acima do nível do mar, durante a safra 2009/2010 (Figura 1).

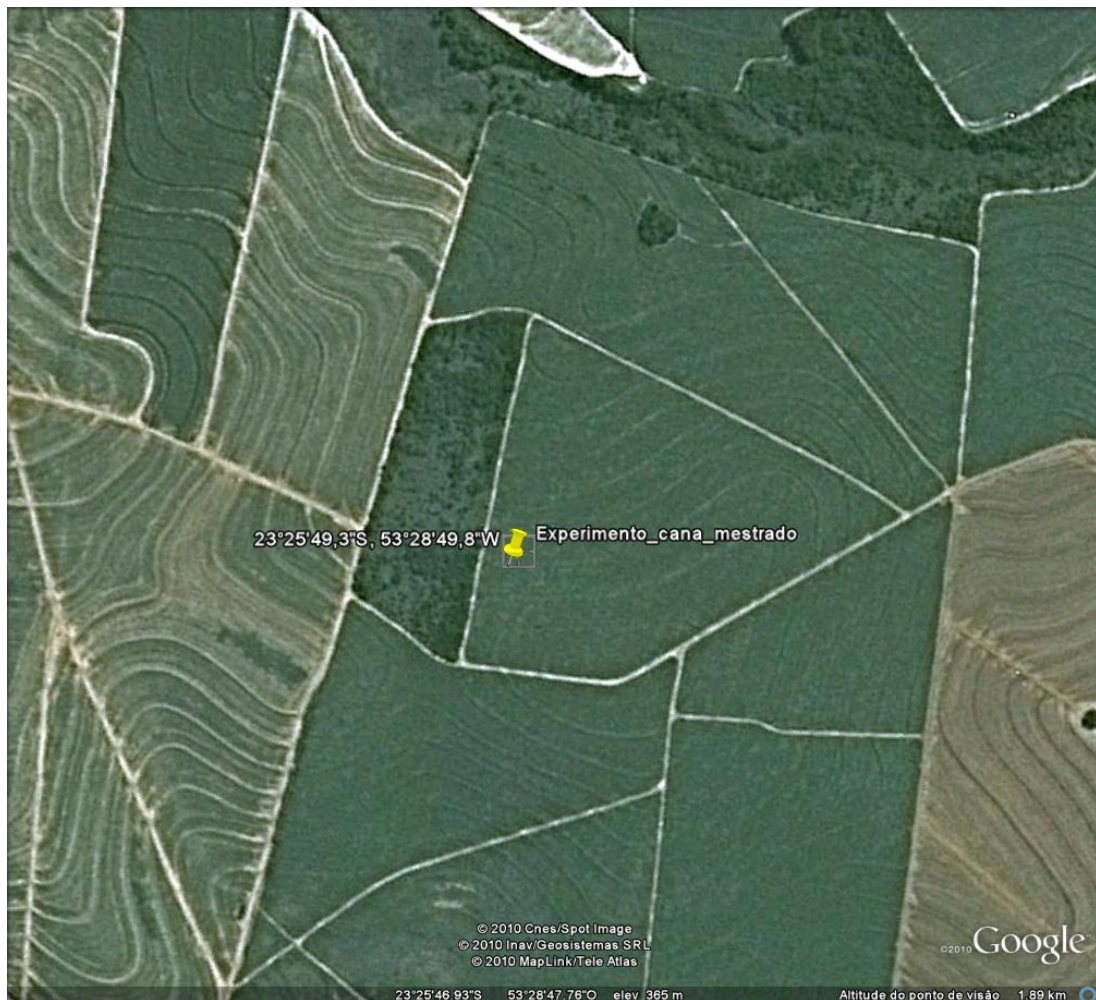


Figura 1: Imagem da área experimental com cana-soca, safra 2009/2010, USACUCAR/UNIOESTE, no Município de Icaraíma - PR. UNIOESTE, 2011 (Fonte: Google Earth, 2010).

3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O solo da região onde foi conduzido o experimento é o ARGISSOLO VERMELHO distrófico (PVd), segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA, 2006). Segundo a classificação de Köppen, o clima predominante na região é o mesotérmico subtropical úmido (Cfa) e que apresenta temperatura mínima inferior a 18°C e a temperatura máxima acima de 22°C e precipitação pluviométrica de 1.200 a 1.500 mm anuais (INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ – IAPAR, 2009). O resultado da análise granulométrica do solo apresentou 180; 770 e 50 g dm⁻³ de argila, areia e silte, respectivamente. O resultado da análise química do solo na profundidade de 0 – 20 cm apresentaram os seguintes resultados: P (mg dm⁻³) = 13,29; M.O. (g dm⁻³) = 10,70; pH (CaCl₂) = 5,47; H + Al (cmol_c dm⁻³) = 2,34; Al (cmol_c dm⁻³) = 0,0; K⁺ (cmol_c dm⁻³) = 0,06; Ca²⁺ (cmol_c dm⁻³) = 1,12; Mg²⁺ (cmol_c dm⁻³) = 0,42; Cu (mg dm⁻³) = 0,7; Zn (mg dm⁻³) = 1,72; Mn (mg dm⁻³) = 105 e Fe (mg dm⁻³) = 16,05.

Foi realizada a avaliação da resistência à penetração do solo logo após a montagem do experimento, antes das aplicações dos tratamentos, com o uso de um penetrógrafo, sendo possível verificar que o solo da área experimental apresenta uma razoável resistência à penetração até a profundidade média de 20 cm. Porém, não foram observados comportamentos nas plantas de cana-soca do experimento que indicassem eventual comprometimento produtivo ou de qualidade da matéria prima (Figura 2).

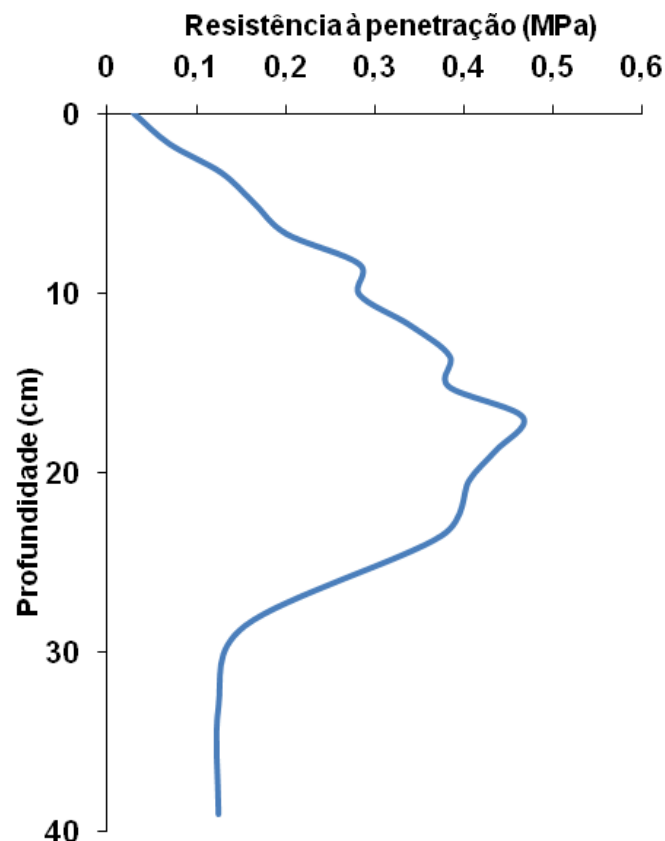


Figura 2: Resistência à penetração em função da profundidade, em área de cana-soca, safra 2009/2010, USACUCAR/UNIOESTE, no Município de Icaraíma – PR. UNIOESTE, 2011.

A resistência do solo à penetração é uma das propriedades físicas do solo diretamente relacionada com o crescimento das plantas (LETEY, 1985) e modificada pelo sistema de preparo do solo (TORMENA et al., 2002). Valores excessivos de resistência do solo à penetração podem influenciar o crescimento das raízes em comprimento e diâmetro (MEROTTO; MUNDSTOCK, 1999), bem como ao crescimento da parte aérea das plantas (MASLE & PASSIOURA, 1987); os valores críticos de resistência variam conforme a espécie e, desta forma, a resistência do solo à penetração é fundamental para a avaliação dos sistemas de preparo do solo para o crescimento das plantas (TORMENA et al., 2002).

3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições em esquema de parcelas subdivididas, sendo constituído da seguinte forma: as parcelas foram quatro épocas de colheita, expressas em dias após a aplicação (DAA) dos maturadores ($E_1= 15$ DAA, $E_2= 30$ DAA, $E_3= 60$ DAA e $E_4= 120$ DAA), e as subparcelas foram testemunha ($M_1=$ sem a aplicação de maturadores) e sete tipos de maturadores ($M_2=$ glifosato, $M_3=$ paraquat, $M_4=$ fluazifop-p-butil, $M_5=$ ethephon, $M_6=$ etyl-trinexapac, $M_7=$ sulfometuron metil, $M_8=$ nitrato de potássio - KNO_3).

Os maturadores foram aplicados em suas doses comerciais, recomendadas pelos respectivos fabricantes: testemunha (sem a aplicação de maturadores), glifosato ($0,4L$ p.c. ha^{-1}), paraquat ($2,0$ L p.c. ha^{-1}), fluazifop-p-butil ($0,4$ L p.c. ha^{-1}), ethephon ($0,67$ L p.c. ha^{-1}), etyl-trinexapac ($1,0$ L p.c. ha^{-1}), sulfometuron metil ($0,02$ kg p.c. ha^{-1}) e KNO_3 ($3,0$ kg p.c. ha^{-1}). Em todas as aplicações foi utilizado $0,1\%$ do espalhante adesivo etilenoxi-etanol.

3.4 DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO

A área experimental foi de $3.379,20$ m^2 com quatro blocos de $844,80$ m^2 cada (Figura 3).

A parcela ou unidade experimental foi de 26,40 m² e constituída de quatro linhas de 6,00 m de comprimento espaçadas de 1,10 m e a área útil foi de 8,80 m², constituída de duas linhas centrais de 4,00 m de comprimento espaçadas de 1,10 m (Figura 4).

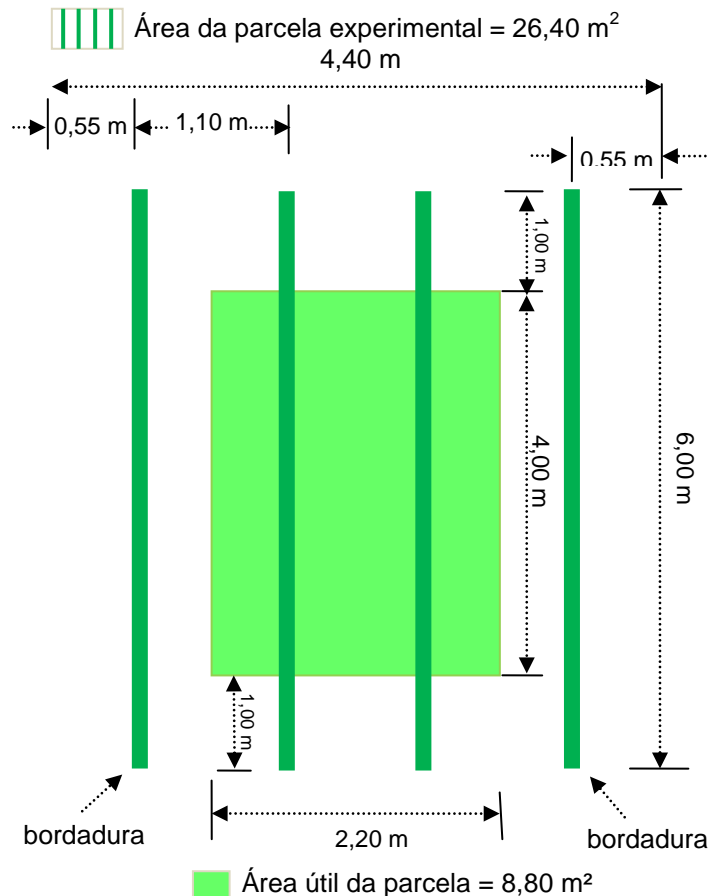


Figura 4. Croquis da parcela experimental e área útil da parcela, área de canasoca, durante a safra 2009/2010, USACUCAR/UNIOESTE, no Município de Icaraíma – PR. UNIOESTE, 2011.

3.5 IMPLANTAÇÃO E TRATOS CULTURAIS

O experimento foi implantado em área cujo preparo de solo constou de aração e duas gradagens niveladoras, com a aplicação de 1.500 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico incorporado através da última gradagem niveladora. O plantio da cana foi

realizado em 20 de novembro de 2006 com a cultivar 'RB 86 7515', que apresenta as seguintes características: o ciclo médio, mas com um período de utilização industrial (PUI) superior a 150 dias; a alta produtividade; ótima adaptabilidade e estabilidade de produção em solos de baixa fertilidade natural; menor capacidade de retenção de água. Além de ser muito responsiva a aplicação de maturadores, possibilitando a antecipação da colheita (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS – UFSCAR, 2010).

Os demais tratamentos culturais constaram de adubação, mediante análise de solo e de acordo com recomendação da equipe técnica da Usina Santa Terezinha, para o plantio da cana-planta com 300 kg ha^{-1} do fertilizante 22-00-30; aplicação em cobertura na cana-soca (1ª) com 400 kg ha^{-1} do fertilizante 22-00-30; aplicação em cobertura na cana-soca (2ª) com 450 kg ha^{-1} do fertilizante 22-00-30; aplicação em cobertura na cana-soca (3ª) com 200 kg ha^{-1} do fertilizante 46-00-00, baseada em análise de solo e de acordo com a orientação da equipe técnica da Usina Santa Terezinha; além de $205 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de vinhaça diluída em água (proporção de 3:1), aplicada por meio de irrigação com canhão aspersor. Também foram aplicados os herbicidas pré-emergentes Ametryn e Tebuthiuron nas dosagens de 7 L p.c. ha^{-1} e $1,8 \text{ L p.c. ha}^{-1}$, respectivamente, com volume de calda 200 L ha^{-1} . Todos os tratamentos foram realizados pela equipe operacional da Usina Santa Terezinha.

A cana planta foi colhida em agosto de 2007, com produtividade média de 74 toneladas de colmos por hectare (TCH). A cana-soca (1ª) foi colhida em julho de 2008, apresentando média de produtividade de 68 toneladas de colmos por hectare (TCH). A cana-soca (2ª) foi colhida em julho de 2009, com produtividade média de 62 toneladas de colmos por hectare (TCH).

Os maturadores foram aplicados em 22 de maio de 2010 em cana-soca de 3º corte com o auxílio de um pulverizador costal manual, com um tubo do tipo lança metálica com 1,20 m de comprimento e saída dupla, cada uma com uma ponta de pulverização do tipo ADIA leque 11002 e volume de calda de 220 L ha^{-1} em vazão constante. A aplicação dos maturadores foi realizada no início da manhã e no final da tarde, em período durante o qual foi feito o acompanhamento das condições de umidade do ar, temperatura ambiente e velocidade do vento medidos com o auxílio de aparelhos portáteis termo-higrógrafo e anemômetro, respectivamente, com os resultados médios de 64% de umidade relativa do ar, 27°C de temperatura ambiente

e 5 km h⁻¹ de velocidade do vento, valores considerados dentro das condições adequadas para pulverizações agrícolas.

3.6 VARIÁVEIS AGRONÔMICAS E TECNOLÓGICAS DA CANA-DE-AÇÚCAR ANALISADAS

Foi avaliadas as variáveis agronômicas número de colmos por hectare (NCH), diâmetro do terço médio de colmos (DMC) e produtividade ou toneladas de colmos por hectare (TCH), assim como as variáveis tecnológicas brix da cana, pol da cana (PC) e açúcares totais recuperáveis (ATR).

Antecedendo à colheita foram contados todos os colmos de cana-de-açúcar industrializáveis nas duas linhas centrais da área útil da parcela experimental para a obtenção do número de colmos por hectare (NCH), sendo que em 10 colmos amostrados aleatoriamente na área útil da parcela foram medidos os diâmetros com paquímetro digital (precisão de 0,01 mm) no terço médio do colmo, para a obtenção do diâmetro do terço médio dos colmos (DMC). Todos os colmos da área útil por parcela foram cortados, pesados com uma balança manual do tipo “balança romana” com capacidade de pesagem de até 150 ± 0,5 kg, para a obtenção da variável agrônômica produtividade ou toneladas de colmos por hectare (TCH). Os 10 colmos amostrados foram enfeixados e etiquetados para envio ao laboratório de análises tecnológicas na sede da Usina Santa Terezinha, em Ivaté - PR para os procedimentos de trituração e análise laboratorial dos colmos, obtendo-se as variáveis tecnológicas brix da cana, pol da cana e açúcar total recuperável (ATR).

No laboratório, para a obtenção das variáveis tecnológicas da cana-de-açúcar, cada amostra foi desintegrada e homogeneizada, retirando-se cerca de 500 g de sub-amostra que foi prensada para a avaliação de Brix da cana (porcentagem, em peso, de sólidos solúveis no caldo de cana dissolvidos em 100 g de solução; determinado pelo aerômetro de Brix), Polarização ou Pol (porcentagem de sacarose aparente ou a soma algébrica dos desvios provocados no plano de polarização pelas substâncias opticamente ativas (açúcares), contidos no caldo, por leitura direta), sacarose encontrada em 100 g da solução do caldo (determinada pelo sacarímetro) e açúcar total recuperável (ATR), formado por sacarose e açúcares redutores frutose e glicose (ISEJIMA; COSTA; SOUZA JUNIOR, 2002).

3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (Anexos), sendo que as épocas de colheita foram avaliadas por meio de análise de regressão para verificar o efeito dos maturadores. Utilizou-se o Teste de Tukey a 5% de probabilidade quando houve significância de $F_{Cal} > F_{Tab}$. Foi utilizado o software Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG) para a realização das análises estatísticas (RIBEIRO JÚNIOR, 2001).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo da aplicação de diferentes maturadores e as colheitas da cana-soca em diferentes épocas resultou em número de colmos por hectare (NCH) e diâmetro médio de colmos (DMC) semelhantes estatisticamente ($P < 0,05$). Portanto, foram obtidos em média 59.797 colmos por hectare com o diâmetro médio de 25,3 mm avaliados no terço intermediário dos colmos. Semelhantemente, estes resultados também foram observados por Leite e Crusciol (2008).

O resultado da produtividade de colmos (TCH) demonstra que houve efeitos significativos ($P < 0,05$) da interação aplicação dos maturadores versus épocas de colheita da cana-soca, e podendo ser observado na Tabela 1.

Tabela 1. Produtividade ou toneladas de colmos por hectare (TCH) da cana-soca em função da aplicação de maturadores e épocas de colheita em dias após a aplicação (DDA), na safra 2009/2010, USACUCAR/UNIOESTE, no Município de Icaraíma – PR. UNIOESTE, 2011

Épocas de colheita (DDA)	Maturadores								Média
	Testemunha	Glifosato	Paraquat	Fluazifop-p-butil	Ethephon	Etyl trinexapac	Sulfometuron metil	KNO ₃	
	----- TCH -----								
15	56,10 aA	53,12 bA	60,79 bA	55,54 bA	56,65 bA	63,63 bA	67,90 aA	53,27 bA	58,38
30	74,86 aA	75,57 abA	79,40 abA	93,75 aA	90,62 aA	78,98 abA	76,99 aA	74,29abA	80,56
60	70,31 aB	80,40abAB	96,85 aAB	75,14abAB	96,17 aAB	85,65abAB	77,99 aAB	100,57aA	85,39
120	67,61 aB	90,49 aAB	80,68abAB	81,82abAB	86,38abAB	96,73 aA	90,62 aAB	97,16aA	86,40
Médias	67,22	74,90	79,43	76,56	82,46	81,25	78,38	81,32	
C.V. (%)	15,94								

¹ Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem significativamente no nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Pode-se verificar que a cana-soca quando não submetida à aplicação de maturadores, mesmo em ordem cronológica crescente da época de colheita, não apresentou a produtividade de colmos (TCH) com diferenças significativas ($P < 0,05$) e resultou em 67.220 kg ha⁻¹ de rendimento médio de colmos. Sob a mesma condição, a variável agrônômica TCH também não apresentou diferença significativa ($P < 0,05$) quando submetida à aplicação do sulfometuron metil e resultou em 78.380 kg ha⁻¹ de rendimento médio de colmos. Meschede, Velini e Carbonari (2010) não observaram efeito do sulfometuron metil em nenhuma das épocas de colheita analisadas, de modo similar ao resultado deste estudo. Leite e Crusciol (2008),

concluíram que o efeito do sulfometuron metil resultou em ganho significativo ($P < 0,05$) de produtividade aos 15 DAA, num resultado contrário à conclusão deste estudo.

Quando foi aplicado o KNO_3 observou-se que houve em média 43% de aumento de TCH em relação à testemunha e que a melhor época de colheita ficou compreendida dos 60 aos 120 dias após aplicação (DAA) em comparação as outras épocas de colheita. Com resultados similares entre si, Rodrigues (1995) e Crusciol, Leite e Siqueira (2010) citam sobre o aumento significativo ($P < 0,05$) da TCH aos 60 DAA com a aplicação deste agente químico, o que corrobora apenas a respectiva época de colheita observada neste estudo. Já os maturadores glifosato, paraquat, fluazifop-p-butil, ethephon, sulfometuron metil não proporcionaram ganhos significativos ($P < 0,05$) de rendimento em comparação a testemunha (sem a aplicação de maturadores) aos 60 e 120 DAA, o que não corrobora os resultados similares obtidos por Meschede, Carbonari e Velini (2009). Porém o ethyl-trinexapac proporcionou ganho significativo ($P < 0,05$) de rendimento de 43% comparado à testemunha aos 120 DAA, resultado que também não é corroborado por Meschede, Carbonari e Velini (2009), mas é confirmado por Viana et al. (2008).

Quando foram aplicados o glifosato e o ethyl trinexapac verificou-se, respectivamente, 70 e 52% de aumento na produtividade quando a cana foi colhida aos 120 DAA em relação aos 15 DAA, mas não apresentou diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os dois tipos de produtos e as demais épocas de colheita (Tabela 1). Em relação ao glifosato Rodrigues (1995), Netto (2006) e Meschede, Carbonari e Velini (2009) citam sobre resultados significativos ($P < 0,05$) de produtividade aos 30 DAA, não corroborando o resultado deste estudo. Mas para o ethyl-trinexapac Viana et al. (2008), observaram resultado significativo ($P < 0,05$) aos 120 DAA, em concordância com a resposta observada neste estudo.

As aplicações de paraquat, fluazifop-p-butil e ethephon apesar de não proporcionarem aumentos significativos ($P < 0,05$) de TCH em comparação com a testemunha e demais maturadores, pelo menos proporcionaram, respectivamente, 59, 68 e 64% a mais de rendimento quando a cana-de-açúcar foi colhida aos 60, 30 e 30-60 DAA, respectivamente (Tabela 1). Netto (2006) cita sobre ganho de rendimento em época de colheita inferior aos 30 DAA pelo uso do paraquat, o que não confirma o resultado deste estudo. Meschede, Carbonari e Velini (2009) não confirmaram o resultado significativo ($P < 0,05$) obtido aos 30 DAA pela ação do

fluazifop-p-butyl neste estudo. Sobre a aplicação do ethephon, Silva et al. (2007) corroboram o resultado significativo ($P < 0,05$) obtido neste estudo aos 30 DAA, e Caputo et al. (2007) confirmam a resposta significativa ($P < 0,05$) deste estudo para o rendimento de colmos aos 60 DAA.

A aplicação de sulfometuron metil não proporcionou ganhos significativos ($P < 0,05$) de TCH em relação à testemunha e aos outros maturadores, além da cana apresentar rendimento estatisticamente ($P < 0,05$) semelhante nas diferentes épocas de colheita, como pode ser observado na Tabela 1. Meschede, Velini e Carbonari (2010) observaram em uma cana-soca que a TCH não foi afetada significativamente ($P < 0,05$) pelo sulfometuron metil numa avaliação de épocas de colheita similar, corroborando o resultado deste estudo, mas Leite & Crusciol (2008) citam sobre a resposta significativa ($P < 0,05$) do maturador para a variável agrônômica aos 15 DAA, não confirmando o resultado deste estudo.

As variáveis tecnológicas Brix da cana, Pol da cana (PC) e Açúcar Total Recuperável (ATR) apresentaram diferença significativa ($P < 0,05$) pelo teste F para maturadores, época de colheita e interação entre os fatores.

O resultado do Brix da cana-soca demonstra que houve efeitos significativos ($P < 0,05$) da interação aplicação dos diferentes maturadores em relação à testemunha versus épocas de colheita 30, 60 e 120 dias após a aplicação (DAA) dos maturadores. Por outro lado, os resultados de Brix foram estatisticamente semelhantes ($P < 0,05$) quando da ação dos maturadores - comparados à testemunha - aos 15 DAA, apresentando valor médio de 18,40%. Viana et al. (2008) observaram resultados estatisticamente semelhantes ($P < 0,05$) para a testemunha, glifosato e sulfometuron metil aos 15 DAA, corroborando parcialmente a resposta deste estudo.

Todos os resultados para o componente tecnológico Brix da cana encontram-se detalhados na Tabela 2.

Tabela 2: Brix da cana-soca em função da aplicação de maturadores e épocas de colheita em dias após a aplicação (DAA), na safra 2009/2010, USACUCAR/UNIOESTE, no Município de Icaraíma – PR. UNIOESTE, 2011

Épocas de colheita (DAA)	Maturadores								Média
	Testemunha	Glifosato	Paraquat	Fluazifop-p-butil	Ethephon	Etyl trinexapac	Sulfometuron metil	KNO ₃	
	----- Brix (%) -----								
15	18,45 bA	18,83 cA	17,28 bA	18,64 cA	18,36 bA	18,37 cA	18,69 cA	18,55 cA	18,40
30	19,34 abA	19,88bcA	16,38 bB	19,83 bcA	18,70 bA	19,47 bcA	18,88 cA	19,06 cA	18,94
60	19,29 abB	20,50bAB	20,20aAB	20,92 abA	19,61 bAB	20,68 bAB	20,97 bA	20,71bAB	20,36
120	20,40 aC	22,68aAB	21,54aBC	22,08 aAB	23,10 aAB	23,49 aA	23,40 aA	23,61 aA	22,53
Médias	19,37	20,47	18,84	20,37	19,94	20,50	20,49	20,48	
C.V. (%)	3,67								

¹ Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem significativamente no nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

O resultado de Brix da cana-soca demonstrou os efeitos significativos ($P < 0,05$) da interação aplicação de maturadores versus épocas de colheita. A cana-soca testemunha, não submetida à aplicação de maturadores, apresentou aos 120 dias após a aplicação (DAA) a variável tecnológica Brix com aumento significativo ($P < 0,05$) de 10% em comparação à época inicial de 15 DAA, sendo que não houve diferença significativa ($P < 0,05$) proporcionada à variável aos 30 e 60 DAA em relação a 15 DAA. Deuber (1988) infere sobre o ganho cronológico quantitativo e qualitativo de sacarose devido às condições naturais de maturação, baixas temperaturas e redução de precipitação. E sua irregularidade devido à dependência do processo de maturação a fatores tais como luminosidade, nutrientes minerais, floração e/ou excessiva variabilidade térmico-hídrica (RAMOS, 2006).

Quando foram aplicados os maturadores químicos paraquat, ethephon e fluazifop-p-butil verificaram-se acréscimos significativos ($P < 0,05$) à variável Brix de 23, 22 e 12% aos 120 dias após a aplicação (DAA) dos maturadores, comparativamente a 15 DAA, respectivamente. Do mesmo modo que as aplicações de glifosato e etyl-trinexapac, além de sulfometuron metil e KNO₃ conferiram aumentos médios significativos ($P < 0,05$) para o Brix de 20 e 18% em relação a 15 DAA, respectivamente (Tabela 2). Autores como Netto (2006), Meschede; Carbonari; Velini (2009) e Castro et al. (2005) encontraram respostas significativas ($P < 0,05$), mas contraditórias aos resultados deste estudo sobre a ação de paraquat e glifosato, fluazifop-p-butil, sulfometuron metil e ethephon, respectivamente, sobre o Brix da

cana-soca. Leite et al. (2008) inferiram a ação indutora do etyl-trinexapac sobre o Brix da cana-de-açúcar, do mesmo modo que Silva et al. (2007) citam a obtenção de resultado significativo para o Brix da cana aos 120 dias após a sua aplicação (DAA), corroborando a resposta deste estudo. Por outro lado, Viana et al. (2008), Golinski (2009) e Crusciol, Leite e Siqueira (2010) inferiram sobre o efeito significativo ($P < 0,05$) do maturador químico KNO_3 aos 60 DAA, em relação à primeira colheita (15 DAA), não corroborando o resultado deste estudo.

Aos 30 dias após a aplicação (DAA) o paraquat influenciou para o resultado significativo ($P < 0,05$) 15% menor da variável tecnológica Brix, comparado à testemunha. Os demais produtos utilizados como maturadores não apresentaram diferença significativa ($P < 0,05$) quanto a resultado sobre o Brix, em relação à testemunha (Tabela 2). Netto (2006) cita o efeito positivo deste agente químico sobre o Brix da cana até os 30 DAA, não corroborando a resposta observada neste estudo. Por outro lado, autores tais como Rodrigues (1995), Castro et al. (2005), Leite e Crusciol (2008), Viana et al. (2008), Golinski (2009) e Crusciol, Leite e Siqueira (2010) confirmam que obtiveram resultados significativos ($P < 0,05$) até os 45 dias após a aplicação (DAA) dos diferentes maturadores em foco, em média, resultados que não corroboram os resultados observados neste estudo.

Aos 60 DAA o fluazifop-p-butil e o sulfometuron metil proporcionaram acréscimo significativo ($P < 0,05$) médio à variável Brix de 9%, comparável à testemunha. Os demais maturadores apresentaram semelhança significativa ($P < 0,05$) com a testemunha (sem a aplicação de maturadores), conforme é mostrado na Tabela 2. Castro et al. (2005) infere sobre o modo de ação do fluazifop-p-butil, inibidor da enzima ACCase e do crescimento com a morte da gema apical da cana-de-açúcar e acúmulo qualitativo de sacarose em períodos de tempo inferiores a 30 dias após a aplicação (DAA), mas Meschede; Carbonari e Velini (2009) citam sobre a obtenção de resultados significativos ($P < 0,05$) de Brix com o uso daquele maturador principalmente aos 60 DAA, o que corrobora o resultado deste estudo. Por sua vez, há controvérsias para a resposta do sulfometuron metil aos 60 DAA, pois Silva et al. (2007) inferem sobre respostas significativas ($P < 0,05$) para o Brix até os 60 DAA, e Meschede; Velini e Carbonari (2010) citam terem observado semelhanças significativas para a variável Brix em todas as épocas estudadas, inclusive acima de 60 DAA. Não confirmando o resultado deste estudo.

Aos 120 DAA os maturadores glifosato, fluazifop-p-butil e ethephon apresentaram semelhança significativa ($P < 0,05$) entre si, mas com diferença significativa ($P < 0,05$) em relação à testemunha de 11% de acréscimo do Brix da cana-soca em relação à época inicial de 15 DAA. Do mesmo modo, o etyl-trinexapac, sulfometuron metil e o KNO_3 não apresentaram diferenças significativas ($P < 0,05$) entre si, mas sua ação resultou num acréscimo médio estatisticamente significativo ($P < 0,05$) de 15% para a variável tecnológica Brix, comparativamente à primeira época de colheita - 15 dias após a aplicação (DAA) dos maturadores (Tabela 2).

A época de corte mais adequada à variável Brix foi aos 120 dias após a aplicação (DAA) dos maturadores, sendo destacado o desempenho dos maturadores químicos etyl-trinexapac, sulfometuron metil e KNO_3 sobre a variável tecnológica em estudo (Tabela 2).

O estudo da aplicação de diferentes maturadores químicos, em comparação à testemunha, e as colheitas da cana-soca em diferentes épocas culminou em diferença significativa ($P < 0,05$) para o Pol da cana (PC) aos 30, 60 e 120 dias após a aplicação (DAA) dos maturadores, do mesmo modo que a variável demonstrou efeito significativo ($P < 0,05$) da interação das épocas de colheita com cada um dos maturadores e testemunha (Tabela 3).

Tabela 3: Pol da cana (PC) da cana-soca em função da aplicação de maturadores e épocas de colheita em dias após a aplicação (DAA), na safra 2009/2010, USACUCAR/UNIOESTE, no Município de Icaraíma – PR. UNIOESTE, 2011

Épocas de colheita (DAA)	Maturadores								Média
	Testemunha	Glifosato	Paraquat	Fluazifop-p-butil	Ethephon	Etyl trinexapac	Sulfo Meturon metil	KNO_3	
----- PC (%) -----									
15	13,81 bA	13,73 cA	12,63 bA	13,67 cA	13,44 cA	13,48 cA	13,85 cA	13,77 cA	13,60
30	14,52 abA	14,89 bcA	11,84 bB	14,90 bA	13,88 bcA	14,54 bcA	14,14 cA	14,68 bcA	14,20
60	14,50 abB	15,84 bAB	15,22aAB	16,01 abA	14,91 bAB	15,69 bAB	16,00 bA	15,86 bAB	15,50
120	15,35 aC	17,20 aAB	16,26aBC	16,51 aABC	17,52 aAB	17,77 aA	17,79 aA	17,95 aA	17,00
Médias	14,54	15,42	13,99	15,27	14,94	15,37	15,45	15,57	
C.V. (%)	4,46								

¹ Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem significativamente no nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Por outro lado, a variável PC não apresentou efeito significativo ($P < 0,05$) para a ação dos maturadores aos 15 dias após as aplicações (DAA) em comparação à testemunha resultando em 13,60% de Pol, em média (Tabela 3). Ainda em relação aos 15 DAA, há controvérsias entre os diferentes autores com relação ao resultado deste estudo, tomando-se como exemplo Leite & Crusciol (2008) inferindo sobre o resultado significativo ($P < 0,05$) da ação de glifosato, ou sobre o efeito não significativo ($P < 0,05$) citado por Almeida et al. (2005) para a ação do ethephon, respectivamente, não confirmando o resultado deste estudo.

O resultado de Pol da cana-soca (PC) demonstrou que houve efeitos significativos ($P < 0,05$) da interação aplicação de maturadores químicos versus épocas de colheita. Pode-se verificar que a cana-soca não submetida à aplicação de maturadores (testemunha) apresentou a variável PC com acréscimo significativo ($P < 0,05$) de 11% aos 120 dias após a aplicação (DAA), em relação à época inicial de 15 DAA. Entretanto a testemunha da cana-soca não proporcionou ganho significativo ($P < 0,05$) a PC aos 30 e 60 DAA, também em comparação à época inicial de 15 DAA, variando conforme as condições climáticas reinantes durante o seu ciclo natural, principalmente. A cana-de-açúcar fica apta para a colheita quando se apresenta em condições de temperatura e umidade favoráveis à maturação natural (DEUBER, 1988) e a capacidade qualitativa de acumular sacarose nos colmos também fica na dependência de outros fatores naturais indutores - luminosidade e nutrientes minerais - e não indutores, tais como a floração ou a excessiva variabilidade térmico-hídrica (RAMOS, 2006).

Todos os maturadores conferiram ganho significativo ($P < 0,05$) médio de 23% aos 120 dias após as aplicações (DAA) dos agentes químicos, comparativamente à colheita inicial aos 15 DAA (Tabela 3). Autores como Rodrigues (1995), Romero et al. (2003) e Viana et al. (2008), inferiram sobre respostas significativas ($P < 0,05$) dos principais maturadores em estudo sobre a variável tecnológica PC num período de 30 a 60 DAA, o que corrobora parcialmente a resposta deste estudo. Por outro lado, Crusciol; Leite E Siqueira (2010) e Meschede; Carbonari e Velini (2009) citam especificamente sobre a resposta significativa ($P < 0,05$) resultante da ação do sulfometuron metil, e do KNO_3 , sobre o Pol da cana aos 60-120 DAA, o que também confirma parcialmente o resultado deste estudo.

Aos 30 dias após a aplicação (DAA) o efeito do paraquat sobre a variável PC culminou num resultado estatisticamente diferenciado ($P < 0,05$), mas cerca de 20%

menor do que testemunha. Para os demais maturadores as respostas do Pol da cana-soca não foram significativas ($P < 0,05$), conforme exposto na Tabela 3. Netto (2006) cita a obtenção de resposta positiva para a variável com o uso do agente químico, o que contraria o resultado deste estudo; do mesmo modo que as respostas deste estudo entram em contradição aos resultados obtidos por Oliveira (1993), Rodrigues (1995), Leite et al. (2008) e Meschede; Carbonari e Velini (2009), que inferiram sobre resultados estatisticamente diferenciados ($P < 0,05$) aos 30 DAA também comparado a não aplicação de maturadores, o que não confirma as respostas obtidas neste estudo.

Aos 60 dias após a aplicação (DAA) do fluazifop-p-butil e do sulfometuron metil verificou-se, respectivamente, 10% de aumento médio significativo ($P < 0,05$) sobre a variável tecnológica PC devido à ação de ambos os agentes químicos em comparação à testemunha. Houve semelhança estatística ($P < 0,05$) entre a testemunha e os demais maturadores (Tabela 3). Em relação ao fluazifop-p-butil Almeida et al. (2005) e Meschede; Carbonari e Velini (2009) inferiram sobre respostas significativas ($P < 0,05$), em comparação a testemunha (maturação natural), do maturador aos 60 DAA, o que confirma a resposta deste estudo. Por outro lado, Almeida et al. (2003), Romero et al. (2003), e Silva et al. (2010) inferiram sobre respostas significativas ($P < 0,05$) para a variável analisada devido à ação do sulfometuron metil num período de colheita de 15 a 45 DAA, não corroborando o resultado deste estudo. Do mesmo modo, autores como Almeida et al. (2005); Meschede, Carbonari e Velini (2009) e Crusciol, Leite e Siqueira (2010) confirmaram sobre resultados significativos ($P < 0,05$) para PC para os demais maturadores aos 60 DAA, não confirmando as respostas obtidas neste estudo.

Aos 120 dias após a aplicação do glifosato e ethephon foram observadas aumentos significativos ($P < 0,05$) para a variável PC de 12 e 14%, respectivamente, em relação à testemunha. Os demais maturadores apresentaram semelhança estatística ($P < 0,05$) na comparação com a cana-soca não submetida à aplicação de maturadores (Tabela 3). Autores como Viana et al. (2008) e Almeida et al. (2005) observaram resultados significativos ($P < 0,05$) para Pol da cana até os 60 dias após a aplicação (DAA) do glifosato e ethephon, respectivamente, não confirmaram a resposta observada neste estudo.

A época de colheita mais adequada foi aos 120 dias após a aplicação (DAA) dos maturadores em comparação às demais épocas de colheita, sendo que o

maturador que proporcionou maior ganho significativo ($P < 0,05$) foi o KNO_3 , com 17% de Pol da cana (Tabela 3). Mas este resultado não é corroborado por Leite et al. (2009), que obteve respostas significativas ($P < 0,05$) até os 60 DAA.

O estudo da aplicação de diferentes maturadores químicos, comparado a cana-soca não submetida à aplicação de reguladores (testemunha), e as distintas épocas de colheita resultou em resultado diferença significativa ($P < 0,05$) para a variável tecnológica açúcar total recuperável (ATR) aos 30, 60 e 120 dias após a aplicação (DAA) dos produtos químicos. Do mesmo modo que a variável ATR demonstrou efeito significativo ($P < 0,05$) da interação das épocas de corte da cana-soca com cada maturador e testemunha. Por outro lado, a variável ATR apresentou semelhança significativa ($P < 0,05$) na ação dos maturadores aos 15 DAA, em comparação à testemunha, resultando em 134,91 kg t^{-1} de ATR em média (Tabela 4). Leite & Crusciol (2008) citam que o modo de ação dos inibidores de crescimento, principalmente o glifosato e o fluazifop-p-butil, favorece a uma rápida translocação e acúmulo de sacarose e açúcar num espaço de tempo compreendido entre 15 e 30 dias após a aplicação (DAA) dos maturadores, e Meschede; Velini e Carbonari (2010) confirmam a obtenção de resultado significativo ($P < 0,05$) para ATR aos 15 DAA devido à ação do glifosato, o que não confirma as respostas observadas neste estudo.

Tabela 4: Açúcar total recuperável (ATR) da cana-soca em função da aplicação de maturadores e épocas de colheita em dias após a aplicação (DAA), na safra 2009/2010, USACUCAR/UNIOESTE, no Município de Icaraíma – PR. UNIOESTE, 2011

Épocas de colheita (DAA)	Maturadores								Média
	Testemunha	Glifosato	Paraquat	Fluazifop-p-butil	Ethephon	Etyl trinexapac	Sulfometuron metil	KNO_3	
	----- ATR (kg t^{-1}) -----								
15	137,02 bA	136,70 cA	126,47 bA	136,12 cA	133,97 cA	134,36 cA	137,72 cA	136,91 cA	134,91
30	143,42 abA	147,08bcA	119,24 bB	147,35 bcA	137,81bcA	143,83bcA	141,13 cA	145,27bcA	140,64
60	143,20 abB	155,70bAB	149,88aAB	157,27 abA	147,02bAB	154,22bAB	157,15 bA	155,84bAB	152,54
120	151,30 aC	168,29aAB	159,11aBC	161,96aABC	171,29aAB	173,65 aA	173,73 aA	175,46 aA	166,85
Médias	143,74	151,94	138,68	150,68	147,52	151,52	152,43	153,37	
C.V. (%)	4,18								

^{1/} Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem significativamente nível de probabilidade pelo Teste de Tukey.

A cana-soca testemunha, não submetida à ação dos maturadores, apresentou a variável tecnológica ATR com acréscimo estatisticamente significativo ($P < 0,05$) médio de 10% aos 120 dias após a aplicação (DAA), comparado a 15 DAA; apresentando semelhança estatística ($P < 0,05$) entre as épocas de corte 30 e 60 DAA, em comparação a 15 DAA (Tabela 4). Submetida à condição climática normal, a cana-soca encontra-se apta para a colheita sob condições de baixa temperatura e precipitação pluviométrica (DEUBER, 1988), e a qualidade da matéria prima (sacarose e, principalmente, açúcar) também é subordinada às condições naturais de luminosidade, excessiva variabilidade térmico-hídrica; floração ou nutrientes do solo, fatores que podem favorecer a vegetação em detrimento da maturação natural (RAMOS, 2006).

Os maturadores glifosato e sulfometuron metil conferiram ganho estatisticamente significativo ($P < 0,05$) à variável ATR de 24% aos 120 dias após a aplicação (DAA) e 12% aos 60 DAA, comparativamente a 15 DAA. Por outro lado, os produtos paraquat, fluazifop-p-butil, ethephon, etyl-trinexapac e KNO_3 proporcionaram aumento significativo ($P < 0,05$) médio de 26% a ATR aos 120 DAA, respectivamente, comparado à primeira época de corte – 15 DAA (Tabela 4). Autores como Caputo et al. (2008) e Meschede; Velini e Carbonari (2010) corroboram as respostas deste estudo até os 60 DAA pela ação do glifosato e do sulfometuron metil, do mesmo modo que Netto (2006) observou ação positiva do paraquat até os 30 DAA, não confirmando a resposta deste estudo. Meschede; Carbonari e Velini (2009), Almeida et al. (2005) e Leite et al. (2009) inferiram sobre respostas significativas ($P < 0,05$) de ATR até os 60 DAA pela a ação do fluazifop-p-butil, ethephon e KNO_3 , respectivamente, não corroborando as respostas observadas neste estudo.

Aos 30 dias após a aplicação (DAA) o paraquat proporcionou um resultado estatisticamente diferenciado ($P < 0,05$) à variável tecnológica ATR cerca de 20% menor que os demais maturadores e testemunha. E os demais maturadores não apresentaram diferenças significativas ($P < 0,05$) entre si e a testemunha (Tabela 4). Rodrigues (1995), Leite et al. (2008) e Crusciol, Leite e Siqueira (2010), citam sobre respostas positivas obtidas pela ação dos maturadores para a variável em estudo naquela época de colheita, contrariando o resultado encontrado neste estudo.

Aos 60 DAA os maturadores fluazifop-p-butil e sulfometuron metil proporcionaram, individualmente, um ganho significativo ($P < 0,05$) médio de 10%

para açúcar total recuperável (ATR), sendo que os demais maturadores apresentaram semelhança estatística ($P < 0,05$) entre si e a testemunha (Tabela 4). Meschede, Carbonari e Velini (2009) e Caputo et al. (2008) inferiram sobre resultados significativos ($P < 0,05$) pela ação do fluazifop-p-butil e do sulfometuron metil, respectivamente, sobre a variável tecnológica açúcar total recuperável aos 60 dias após a aplicação (DAA) dos maturadores, corroborando as respostas observadas neste estudo.

Aos 120 dias após a aplicação (DAA) os maturadores glifosato e ethephon; resultaram em respostas significativas ($P < 0,05$) de 11 e 13% sobre ATR em comparação à testemunha. Do mesmo modo que a ação do etyl-trinexapac, sulfometuron metil e KNO_3 culminaram num ganho médio de 15% também em comparação à testemunha. Os demais maturadores apresentaram semelhanças estatisticamente significativas ($P < 0,05$) em relação à testemunha (Tabela 4). Meschede, Carbonari e Velini (2009) inferiram sobre dos maturadores citados, observando respostas significativas ($P < 0,05$) até os 60 DAA, em comparação a testemunha (maturação natural), não corroborando o resultado deste estudo.

A época de colheita mais adequada foi aos 120 dias após a aplicação (DAA), sendo que os maturadores que proporcionaram o aumento significativo ($P < 0,05$) da variável tecnológica ATR foram o etyl-trinexapac, o sulfometuron metil e o KNO_3 (Tabela 4).

As épocas de colheita de 15, 30, 60 e 120 dias após a aplicação (DAA) dos maturadores também foram avaliadas por análise de regressão para verificar o efeito dos maturadores sobre as variáveis tecnológicas Açúcar Total Recuperável (ATR), Pol da cana (PC) e Brix da cana-soca em comparação às respectivas épocas iniciais de referência El_{atr} , El_{pc} e El_{brix} , avaliadas anteriormente à aplicação dos maturadores, cujos valores correspondentes são 119 kg t^{-1} , 12% e 17%. Foi determinado o ajuste quadrático para todos os tratamentos.

A cana-soca testemunha, não submetida à aplicação de maturadores, apresentou as variáveis tecnológicas ATR, PC e Brix com diferenças significativas ($P < 0,05$) em relação às respectivas épocas iniciais de referência El_{atr} , El_{pc} e El_{brix} para as colheitas realizadas aos 15, 30, 60 e 120 dias após a aplicação (DAA). Com a maturação natural verificou-se 27, 28 e 20% de aumento sobre as variáveis ATR, PC e Brix, respectivamente, aos 120 dias após a aplicação (DAA), conforme pode ser verificado na Figura 5.

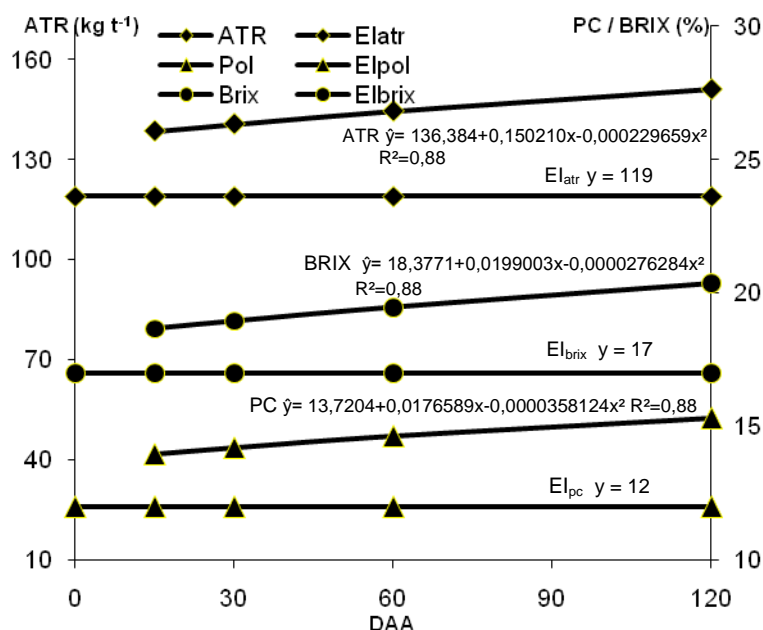


Figura 5. Açúcar Total Recuperável (ATR), Pol da cana (PC) e Brix da cana-soca não submetida à aplicação de maturadores (testemunha) após a colheita aos 15, 30, 60 e 120 dias após a aplicação (DAA) em comparação às respectivas épocas iniciais de referência El_{atr} , El_{pc} e El_{brix} , na safra 2009/2010. USACUCAR/UNIOESTE, no Município de Icaraíma – PR. UNIOESTE, 2011.

Rodrigues (1995) cita sobre a ação natural das condições ambientais - baixa temperatura e redução da umidade – sobre a maturação da cana-de-açúcar. Meschede; Carbonari e Velini (2009) inferiram sobre a ação significativa ($P < 0,05$) dos maturadores sobre a época de colheita de 60 DAA, em relação à época de referência de 0 DAA, não corroborando o resultado deste estudo.

A aplicação do glifosato aos 15, 30, 60 e 120 dias após a aplicação (DAA) proporcionou uma escalada ganhos significativos ($P < 0,05$) para as variáveis tecnológicas ATR, PC e Brix, em comparação às respectivas épocas iniciais de referência El_{atr} , El_{pc} e El_{brix} (Figura 6).

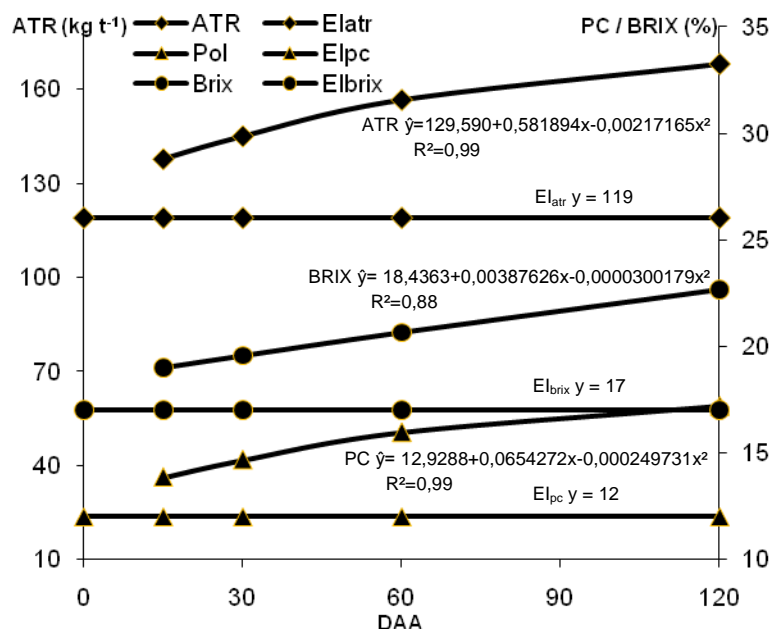


Figura 6. Açúcar Total Recuperável (ATR), Pol da cana (PC) e Brix da cana após a aplicação do glifosato e colheita da cana-soca aos 15, 30, 60 e 120 dias após a aplicação (DAA) em comparação às respectivas épocas iniciais de referência El_{atr} , El_{pc} e El_{brix} , na safra 2009/2010. USACUCAR/UNIOESTE, no Município de Icaraíma – PR. UNIOESTE, 2011.

Com a aplicação deste agente químico observou-se que a melhor época de colheita, em ordem cronológica, foi aos 120 dias após a aplicação (DAA). A ação do maturador contribuiu para o aumento da qualidade tecnológica da cana-soca com ganhos estatisticamente significativos ($P < 0,05$) de 41, 43 e 33%, respectivamente, sobre as variáveis tecnológicas ATR, PC e Brix da cana-soca (Figura 6). Meschede, Velini e Carbonari (2010) inferiram sobre resultados similares, corroborando as respostas obtidas por este estudo.

O resultado das variáveis ATR, PC e Brix demonstram que houve efeito significativo ($P < 0,05$) da interação entre as épocas de colheita da cana-soca 15, 30, 60 e 120 dias após a aplicação (DAA) e o maturador paraquat, comparado às respectivas épocas iniciais de referência El_{atr} , El_{pc} e El_{brix} . Dessa forma, foi observado que a melhor época de colheita ficou compreendida dos 60 aos 120 dias após a aplicação (DAA) do paraquat (Figura 7).

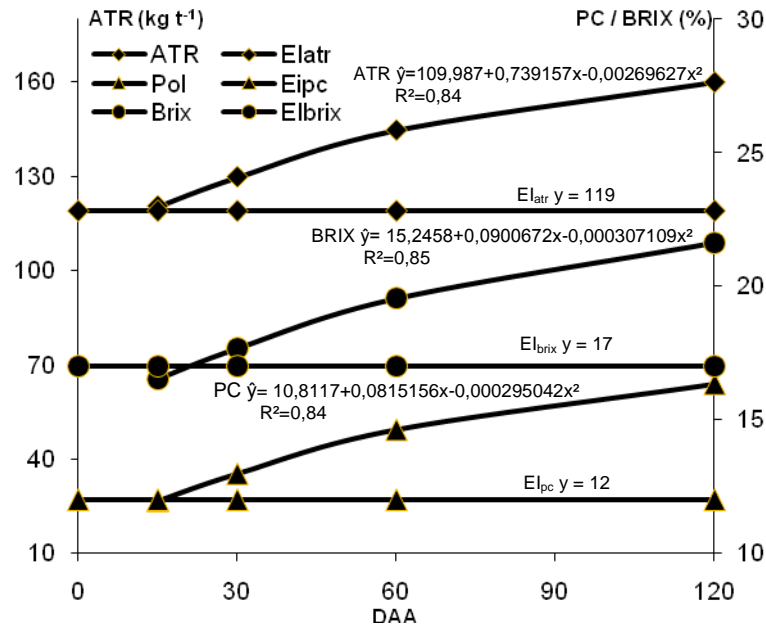


Figura 7. Açúcar Total Recuperável (ATR), Pol da cana (PC) e Brix da cana após a aplicação do paraquat e colheita da cana-soca aos 15, 30, 60 e 120 dias após a aplicação (DAA) em comparação às respectivas épocas iniciais de referência El_{atr}, El_{pc} e El_{brix}, na safra 2009/2010. USACUCAR/UNIOESTE, no Município de Icaraíma – PR. UNIOESTE, 2011.

A aplicação deste agente químico contribuiu para o aumento em 34, 36 e 27% aos 120 dias após a aplicação (DAA) para as variáveis ATR, PC e Brix da cana-soca, comparativamente às respectivas épocas iniciais El_{atr}, El_{pc} e El_{brix} (Figura 7). Netto (2006) cita que as respostas mais positivas para as épocas de corte da cana-de-açúcar foram aos 30 DAA, o que não corrobora os resultados deste estudo.

Os resultados das variáveis tecnológicas ATR, PC e Brix da cana-soca demonstram que houve efeito significativo ($P < 0,05$) da interação entre o maturador fluazifop-p-butil e as épocas de colheita 15, 30, 60 e 120 dias após a aplicação (DAA) do agente químico, comparativamente às respectivas épocas iniciais de referência El_{atr}, El_{pc} e El_{brix} (Figura 8).

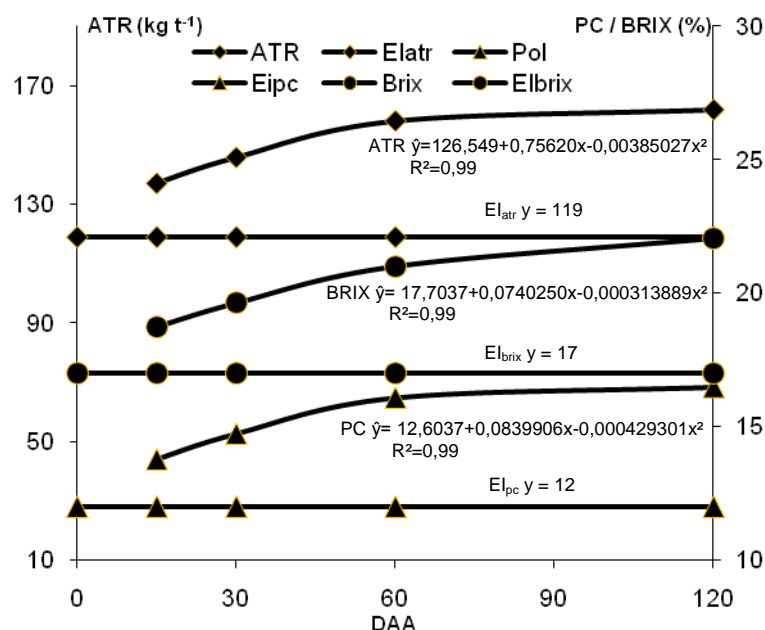


Figura 8. Açúcar Total Recuperável (ATR), Pol da cana (PC) e Brix da cana após a aplicação do fluazifop-p-butil e colheita da cana-soca aos 15, 30, 60 e 120 dias após a aplicação (DAA) em comparação às respectivas épocas iniciais de referência El_{atr} , El_{pc} e El_{brix} , na safra 2009/2010. USACUCAR/UNIOESTE, no Município de Icaraíma – PR. UNIOESTE, 2011.

Observou-se que a melhor época de colheita foi aos 120 dias após a aplicação (DAA) do fluazifop-p-butil, pois a aplicação deste agente químico contribuiu para a melhoria da qualidade tecnológica da cana-soca ao conferir acréscimos estatisticamente significativos ($P < 0,05$) de 36% para ATR, 38% para Pol da cana-soca e 30% para o Brix aos 120 dias após a aplicação (DAA) deste maturador, em relação às respectivas épocas iniciais de referência El_{atr} , El_{pc} e El_{brix} (Figura 8). Castro et al. (2005) inferiram sobre as respostas significativas ($P < 0,05$) que o fluazifop-p-butil confere ao Pol e ATR até os 60 DAA e Meschede, Carbonari e Velini (2009) citam sobre resposta significativa ($P < 0,05$) de Brix aos 60 DAA pela ação deste agente químico. Porém, os resultados destes autores não corroboram as respostas encontradas neste estudo.

Com a aplicação do ethephon verificou-se que houve resultados significativos ($P < 0,05$) sobre as variáveis tecnológicas ATR, PC e Brix da cana-soca aos 15, 30, 60 e 120 DAA, em comparação às épocas iniciais de referência de cada uma das variáveis (Figura 9)

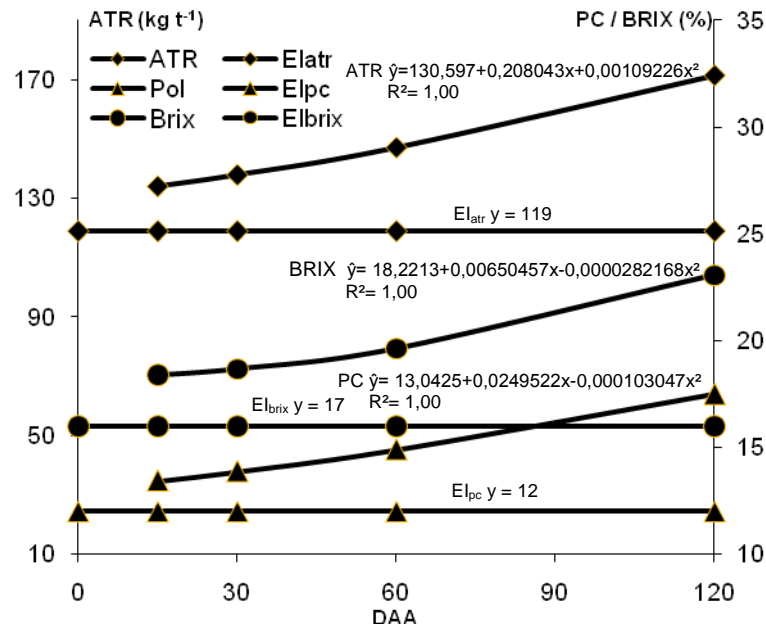


Figura 9. Açúcar Total Recuperável (ATR), Pol da cana (PC) e Brix da cana após a aplicação do ethephon e colheita da cana-soca aos 15, 30, 60 e 120 dias após a aplicação (DAA) em comparação às respectivas épocas iniciais de referência El_{atr} , El_{pc} e El_{brix} , na safra 2009/2010. USACUCAR/UNIOESTE, no Município de Icaraíma – PR. UNIOESTE, 2011.

A época de colheita da cana-soca mais adequada foi aos 120 dias após a aplicação (DAA) do ethephon, pois contribuiu para o aumento significativo ($P < 0,05$) das variáveis ATR, PC e Brix em 44, 46 e 36% em relação às épocas iniciais El_{atr} , El_{pc} e El_{brix} , respectivamente (Figura 9). Rodrigues (1995) cita sobre o modo de ação do maturador, na liberação de etileno e atuação no metabolismo da cana-soca. Possivelmente com reflexos positivos e acumulativos sobre as variáveis tecnológicas em estudo. Porém, Leite et al. (2009) inferiram sobre o efeito significativo ($P < 0,05$) do ethephon sobre o Pol da cana (PC) na antecipação da colheita em até 25 dias, resultado que não corrobora as respostas obtidas neste estudo. Por outro lado, Meschede, Carbonari e Velini (2009) citam sobre o efeito favorável do ethephon sobre as variáveis PC e ATR com efeito crescente e acumulativo até os 60 DAA, bem como Leite et al. (2009), que inferiram sobre as respostas significativas ($P < 0,05$) do Pol da cana até 90 DAA; ambos corroboram em parte o resultado deste estudo.

O resultado das variáveis tecnológicas ATR, PC e Brix para as épocas de colheita 15, 30, 60 e 120 dias após a aplicação (DAA) do maturador etyl-trinexapac demonstra que houve respostas significativas ($P < 0,05$) da interação entre os fatores, comparativamente às respectivas épocas iniciais de referência de cada variável (Figura 10).

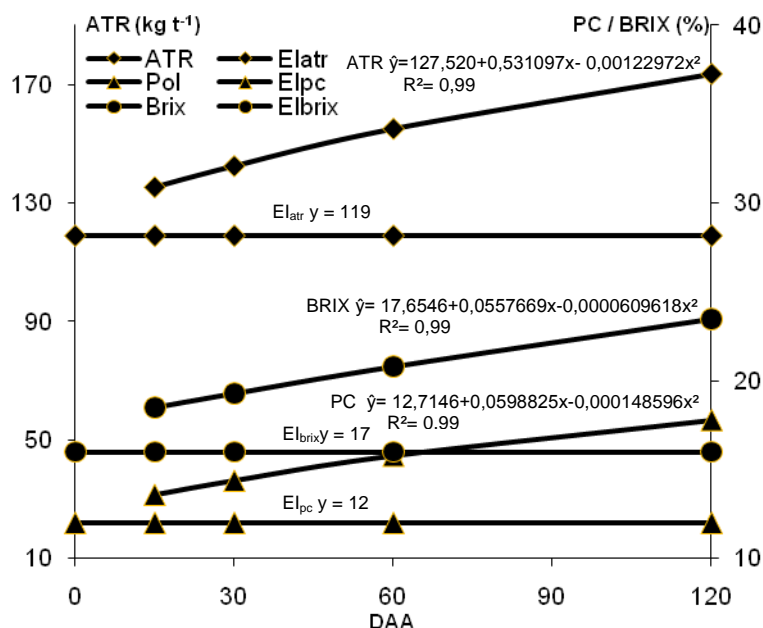


Figura 10. Açúcar Total Recuperável (ATR), Pol da cana (PC) e Brix da cana após a aplicação do etyl-trinexapac e colheita da cana-soca aos 15, 30, 60 e 120 dias após a aplicação (DAA) em comparação às respectivas épocas iniciais de referência El_{atr} , El_{pc} e El_{brix} , na safra 2009/2010. USACUCAR/UNIOESTE, no Município de Icaraíma – PR. UNIOESTE, 2011.

Devido à ação do produto a época de colheita mais adequada foi aos 120 dias após a aplicação (DAA) do etyl-trinexapac, pois proporcionou ganhos estatisticamente significativos ($P < 0,05$) de 45, 47 e 38%, respectivamente, em relação às correspondentes épocas iniciais de referência El_{atr} , El_{pc} e El_{brix} (Figura 10). Viana et al. (2008) cita que o modo de ação do maturador favorece as variáveis tecnológicas da cana-de-açúcar em estudo. Os mesmos autores inferiram sobre respostas significativas ($P < 0,05$) de ATR entre os 46 e os 117 DAA, corroborando parcialmente as respostas encontradas neste estudo.

Para as variáveis tecnológicas ATR, PC e Brix houve efeitos significativos ($P < 0,05$) na interação entre as épocas de corte 15, 30, 60 e 120 dias após a aplicação (DAA) e o maturador químico sulfometuron metil, quando na comparação com as épocas iniciais de referência daquelas variáveis (Figura 11).

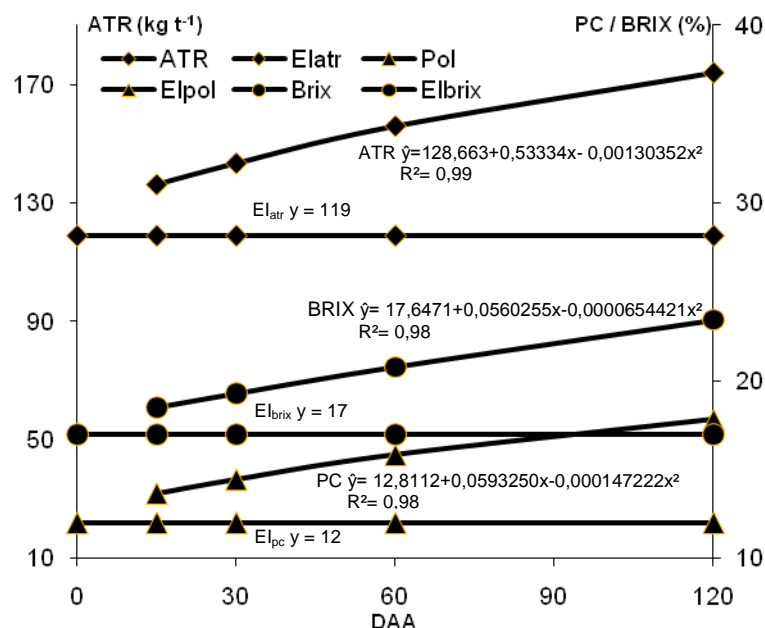


Figura 11. Açúcar Total Recuperável (ATR), Pol da cana (PC) e Brix da cana após a aplicação do sulfometuron metil e colheita da cana-soca aos 15, 30, 60 e 120 dias após a aplicação (DAA) em comparação às respectivas épocas iniciais de referência El_{atr} , El_{pc} e El_{brix} , na safra 2009/2010. USACUCAR/UNIOESTE, no Município de Icaraíma – PR. UNIOESTE, 2011.

Dessa forma, a época de corte da cana-soca mais adequada foi aos 120 dias após a aplicação (DAA) do sulfometuron metil, pois proporcionou às variáveis ATR, PC e Brix da cana-soca ganhos significativos ($P < 0,05$) de 46, 48 e 38% em relação às épocas iniciais El_{atr} , El_{pc} e El_{brix} , respectivamente (Figura 11). Taiz & Zeiger (2004) e Rodrigues (1995) citam sobre o modo de ação deste agente químico que inibe o crescimento e a ação enzimática, alterando a fisiologia da cana-de-açúcar e favorecendo quantitativamente e em termos de qualidade tecnológica o acúmulo de sacarose, possivelmente confira efeito acumulativo das variáveis tecnológicas em ordem cronológica crescente de épocas de colheita. Meschede, Velini e Carbonari (2010) verificaram que o ATR apresentou incrementos

significativos ($P < 0,05$) nos tratamentos com este agente químico em época de corte da cana de até 120 DAA, corroborando o resultado deste estudo, o que também foi confirmado por Caputo et al. (2008) para as mesmas condições e variável tecnológica ATR. Por outro lado, Silva et al. (2010) inferiram sobre respostas positivas ao Pol da cana pela ação deste agente químico até os 45 DAA, o que não confirma os resultados obtidos neste estudo. Do mesmo modo que Viana et al. (2007) inferiram sobre resultados positivos de Brix sob a ação deste maturador apenas até os 45 DAA, também não confirmando as respostas obtidas neste estudo.

Observaram-se resultados significativos ($P < 0,05$) para as variáveis tecnológicas da cana-soca, em relação às épocas de colheita 15, 30, 60 e 120 dias após a aplicação (DAA) do KNO_3 , comparativamente às épocas iniciais de referência de Açúcar Total Recuperável (ATR), Pol da cana (PC) e Brix da cana (Figura 12).

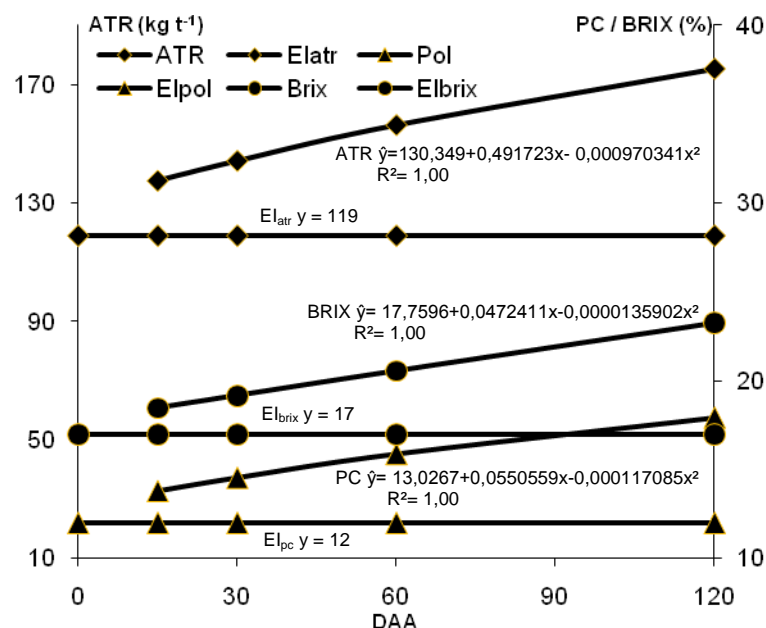


Figura 12. Açúcar Total Recuperável (ATR), Pol da cana (PC) e Brix da cana após a aplicação do KNO_3 e colheita da cana-soca aos 15, 30, 60 e 120 dias após a aplicação (DAA) em comparação às respectivas épocas iniciais de referência E_{atr} , E_{pc} e E_{brix} , na safra 2009/2010. USACUCAR/UNIOESTE, no Município de Icaraíma – PR. UNIOESTE, 2011.

Como resultado, verificou-se que a época de colheita mais adequada foi aos 120 dias após a aplicação (DAA) do KNO_3 , que proporcionou ganhos estatisticamente

significativos ($P < 0,05$) de 47, 50 e 37% para as variáveis tecnológicas ATR, PC e Brix da cana-soca, em comparação às épocas de referência El_{atr} , El_{pc} e El_{brix} , respectivamente (Figura 12). Para Rodrigues (1995) e Crusciol, Leite e Siqueira (2010) o KNO_3 como indutor da maturação pela liberação de etileno endógeno devido à injúria química atua inibindo ou reduzindo temporariamente o ritmo de crescimento vegetal, de modo a favorecer o armazenamento de sacarose com qualidade tecnológica nos colmos. Possivelmente com efeito acumulativo na ordem cronológica das épocas de colheita. Mas Leite et al. (2008) confirmaram ter obtido resultados significativos ($P < 0,05$) para Pol da cana e ATR até 30 DAA, o que não confirma as respostas obtidas neste estudo.

5 CONCLUSÕES

O KNO_3 contribuiu para a melhoria da qualidade agrônômica aumentando a produtividade de colmos (TCH) em 43% em relação à testemunha e a época de colheita mais favorável à variável ficou compreendida dos 60 aos 120 dias após a aplicação (DAA) do maturador, comparado às outras épocas de colheita.

A aplicação de etyl-trinexapac, sulfometuron metil e KNO_3 resultaram em aumento de 12, 13 e 14% para as variáveis ATR, Brix e PC, respectivamente, em comparação à testemunha e a melhor época de colheita foi aos 120 dias após a aplicação (DAA) destes maturadores.

Desta forma, a época de colheita mais adequada para a cana-soca foi aos 120 dias após a aplicação (DAA) dos maturadores e testemunha, pois proporcionou, nestas condições ganhos de 40, 32 e 42% para ATR, Brix e PC em comparação às respectivas épocas iniciais de referência El_{atr} , El_{brix} e El_{PC} .

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, A. C. S. et al. Desenvolvimento vegetativo e produção de variedades de cana-de-açúcar em relação à disponibilidade hídrica e unidades térmicas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 05, p. 1441-1448, Set/Out. 2008.
- ALMEIDA, J. C. V. de.; SANOMYA, R.; LEITE, C.F.; CASSINELLI, N.F. Eficiência agrônômica de sulfometuron-metil como maturador na cultura da cana-de-açúcar. **Revista STAB**. Piracicaba, v. 21, 61d. 3, p. 36-37, Jan./Fev. 2003.
- ALMEIDA, J. C. V. de; LEITE, C. R. F.; SOUZA, J. R. D. de. Efeito de maturadores nas características tecnológicas da cana-de-açúcar com e sem estresse hídrico. **Semina Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 04, p. 441-448, out./dez. 2005.
- ARALDI, R.; SILVA, F. M. L.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Florescimento em cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.3, p.694-702, mar., 2010.
- BARBIERI, V. **Medidas e estimativas de consumo hídrico em cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)**. 1981, 142 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), Universidade de São Paulo. Piracicaba, 1981.
- BEZUIDENHOUT, C.N.; OLEARY, G.J.; SINGELS, A.; BAJIC, V.B. A process-based model to stimulate changes in tiller density and light interception of sugarcane. **Crops and Agricultural Systems**, v.76, p.589-599, 2003.
- CAIEIRO, J. T.; PANOBIANCO, M.; BESPALHOK FILHO, J.C.; OHLSON, O.C. Physical purity and germination of sugarcane seeds (Caryopses) (*Saccharum spp.*). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 02, p. 140-145, Jun. 2010.
- CÂMARA, G. M. S. Ecofisiologia da cultura da cana-de-açúcar. In: CÂMARA, G. M. S.; OLIVEIRA, E. A. M. (Ed.). **Produção da cana-de-açúcar**. Piracicaba: FEALQ, 1993, p. 31-64.
- CAPUTO, M. M. **Indução da maturação por produtos químicos e sua consequência na qualidade tecnológica de diferentes genótipos de cana-de-açúcar**. 2006. 137 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2006.
- 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**, Caracas, v. 32, n. 02, p. 834-849, 2007.
- CASAGRANDE, A. A. **Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar**. Jaboticabal: Funep, 1991. 157 p.

CASTRO, P. R. C. Utilização de reguladores vegetais no sistema de produção da cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE FISILOGIA DA CANA-DE-AÇÚCAR. 1., 2010, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba: STAB, 2000. P. 10.

CASTRO, P. R. C.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Fisiologia da cana-de-açúcar. In: MENDONÇA, A. F. **Cigarrinhas da cana-de-açúcar: controle biológico**. Maceió: Insecta, 2005. P. 03-48.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da Safra Brasileira – 3º Levantamento cana-de-açúcar dez/2009**. Disponível em: <www.conab.gov.br>. Acesso em: 26. Nov. 2010.

CRONQUIST, A. **An integrated system of classification of flowering plants**. New York: Columbia University Press, 1981. 126 p.

CRUSCIOL, C. A. C.; LEITE, G. H. P.; SIQUEIRA, G. F. de. Uso de maturadores com ou sem mistura. In: CRUSCIOL, C.A.C. et al. (Ed.). **Tópicos em ecofisiologia da cana-de-açúcar**. Botucatu: FEPAF, 2010. P. 93-102.

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

DUKE, S. O.; BAERSON, S. R.; RIMADO, A. M. Herbicidas: Glyphosate. In: PLIMMER, J. R.; GAMMON, D. W.; RASGSDALE, N. N. (Ed.). **Encyclopedia of Agrochemicals**. New York: John Wiley & Sons, 2003. Disponível em: <<http://www.mrw.interscience.wiley.com/eoa/articles/agr119/frame.html>>. Acesso em: 23 jul. 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. SANTOS, H. G. dos et al. (Ed.téc.). Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 2.ed.

FAOSTAT. **Production: crops**. 2010. Disponível em: <<http://www.faostat.fao.org>>. Acesso em: 06. Out. 2010.

IAPAR. **Cartas climáticas**. Disponível em <<http://www.iapar.br>>. Acesso em 24. Jul.2009.

GAYLER, K.R.; GLASZIOU, K.T. Physiological functions of acid and neutral invertases in growth and sugar cane. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.27, n.1, p.25-31, ago.1972.

GOLINSKI, N. G. **Indução da maturação de dois genótipos de cana-de-açúcar em função da interação entre doses de etefon e Ph da calda de aplicação**. 2009. 56 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

HARO, M.; MAFLA, H.; FORS, A.; MÁRQUEZ, C. Aplicación de madurantes en canteros con riesgo por cultivos colindantes. **Sugar Journal**, v.64, n.5, p.12-21, out. 2001.

INMAN-BAMBER, N.G. Sugarcane water stress criteria for irrigation and drying off. **Field Crops Research**, v.89, p.107-122, 2004.

INMAN-BAMBER, N.G. & SMITH, D.M. Water relations in sugarcane and response to water deficits. **Field Crops Research**, v.92, p.185-202, 2005.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ (IAPAR). **Cartas climáticas**. 2009. Disponível em: <<http://www.iapar.br>>. Acesso em: 24 jul. 2010.

ISEJIMA, E. M.; COSTA, J. A. B.; SOUZA JUNIOR, D. I. de. Método de determinação de açúcares redutores aplicável no sistema de pagamento de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 05. Maio. 2002.

LAVANHOLI, M. das G. D. P.; CASAGRANDE, A. A.; OLIVEIRA, L. A. F.; FERNANDES, G. A.; ROSA, R. F. Aplicação de Ethephon e Imazapyr em cana-de-açúcar em diferentes épocas e sua influência no florescimento, acidez do caldo e teores de açúcares nos colmos – variedade SP70-1143. **STAB**, v.20, e.5, p.42-45, 2002.

LEITE, G. H. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Reguladores vegetais no desenvolvimento e produtividade da cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 08, p. 995-1001, ago. 2008.

LEITE, G. P. H.; CRUSCIOL, C. A. C.; SILVA, M. de A.; VENTURINI FILHO, W. G. V. Reguladores vegetais e qualidade tecnológica da cana-de-açúcar em meio de safra. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 06, p. 1843-1850, nov./dez. 2008.

LEITE, G. P. H.; CRUSCIOL, C. A. C.; LIMA, G. P. P. L.; SILVA, M. de A. Reguladores vegetais e atividade de invertases em cana-de-açúcar em meio de safra. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 03, p. 718-725, maio/jun. 2009.

LEITE, G. P. H.; CRUSCIOL, C. A. C.; SILVA, M. de A.; VENTURINI FILHO, W. G. V.; SURIANO, A. Qualidade tecnológica, produtividade e margem de contribuição agrícola da cana-de-açúcar, em função da aplicação de regulador vegetal no início da safra. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 03, p. 726-732, maio/jun. 2009.

LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop production. **Advances in Soil Science**. New York, v.1, p.277-294, 1985.

LUCCHESI, A. A. Cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). In: CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A. (coord.). **Ecofisiologia de culturas estrativistas: cana-de-açúcar; seringueira; coqueiro; dendezeiro e oliveira**. Cosmópolis: Stoller do Brasil, 2001, p. 13-45.

MACHADO, E. C. Fisiologia de produção de cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S. B. **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. P. 56-87. V. 01.

MACHADO, R. S.; RIBEIRO, R. V.; MARCHIORI, P. E. R.; MACHADO, D. F. S. P.; MACHADO, E.C.; LANDELL, M. G. de A. Respostas biométricas e fisiológicas ao déficit hídrico em cana-de-açúcar em diferentes fases fenológicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 12, p. 1575-1582, dez. 2009.

MAGALHÃES, A.C.N. Ecofisiologia da cana-de-açúcar: aspectos do metabolismo do carbono na planta. In: CASTRO, P.R.C.; FERREIRA, S.O.; YAMADA, T. (editores). **Ecofisiologia da Produção Agrícola**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. 249p.: il.

MARTINS, M. B. G.; CASTRO, P. R. de C. e. Efeitos de giberelina e ethefon na anatomia de plantas de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, p.1855-1863, out. 1999.

MASLE, J.; PASSIOURA, J.B. The effect of soil strength on the growth of Young wheat plants. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.14, n.6, p. 643-656, 1987.

MAcCORMICK, A. J.; CRAMER, M. D.; WATT, D. A. Culm sucrose accumulation promotes physiological decline of mature leaves in ripening sugarcane. **Field Crops Research**, v. 108, p.250-258, set. 2008.

MEROTTO, A.; MUNDSTOCK, C.M. Wheat root growth as effected by soil strength. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v.23, p.197-202, 1999.

MESCHEDE, D. K.; CARBONARI, C. A.; VELINI, E. D. Ação de diferentes maturadores na produtividade e qualidade tecnológica da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Maringá, v. 08, n. 02, p. 62-67, mai./ago. 2009.

MESCHEDE, D. K.; VELINI, E. D.; CARBONARI, C. A. Efeitos do Glyphosate e Sulfometuron-Methyl no Crescimento e na Qualidade Tecnológica da Cana-De-Açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, no.spe, p. 1135-1141. 2010.

MILLER, J. D.; GILBERT, R. A. **Sugarcane botany**: a brief view. University of Florida, IFAS extension, 2009. Disponível em: <<http://edis.ifas.ufl.edu/SC034>>. Acessado em: 27 dez. 2010.

MOZAMBANI, A. E.; PINTO, A. de S.; SEGATO, S.V.; MATTIUZ, F.M. História e morfologia da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S. V.; PINTO, A. de S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J.C.M. de. (coord.). **Atualização em cana-de-açúcar**. Piracicaba: Livrocere, 2006. P. 11-18.

NETTO, J. M. Maturadores e reguladores vegetais na cultura da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S. V. et al. (Coord.). **Atualização em cana-de-açúcar**. Piracicaba: Livrocere, 2006, p. 307-318.

OLIVEIRA, D. A. Efeito do sulfometuron-metil em cultura de cana-de-açúcar, cultivada em Podzólico vermelho-amarelo, como maturador vegetal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 1., 1993, Londrina, PR. **Anais...** Londrina: UEL, 1993. P. 221-223.

RAMESH, P.; MAHADEVASWAMY, M. Effect of formative phase drought on different classes shoots, shoot mortality, cane attributes, yield and quality of four sugarcane cultivars. **Journal of Agronomy and Crop Science**, New Jersey, v. 185, n. 04, p. 249-258, dec. 2000.

RAMOS, F. de A. P. **Comportamento da cana-de-açúcar SP79-1011, submetida a diferentes épocas de plantio em duas condições edafoclimáticas**. 2006. 51 f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2006.

RIBEIRO JÚNIOR, J. I. **Análises estatísticas no SAEG**. Viçosa: UFV, 2001. 301 p.

RODRIGUES, J. D. **Fisiologia da cana-de-açúcar**. Botucatu: Instituto de Biociências, UNESP, 101 p., 1995.

SECRETARIA DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO DO PARANÁ (SEAB). **Agropecuária: Estatísticas – 2010**. Disponível em: <www.seab.pr.gov.br>. Acesso em: 23 nov. 2010.

SEGATO, S. V.; MATTIUZ, C. F. M.; MOZAMBANI, A. E. Aspectos fenológicos da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S.V. et al. (Coord.). **Atualização em cana-de-açúcar**. Piracicaba: Livroceres, 2006, p. 19-36.

SILVA, M. de A.; SANTOS, C. M. dos; ARANTES, M. T.; PINCELLI, R. T. Fenologia da cana-de-açúcar. In: CRUSCIOL, C. A. C. et al. (Coord.). **Tópicos em ecofisiologia da cana-de-açúcar**. Botucatu: FEPAF, 2010. P. 93-102.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3. 65d. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TORMENA, C. A.; BARBOSA, M. C.; COSTA, A. C. S. da; GONÇALVES, A. C. A. Densidade, porosidade e resistência à penetração em latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo de solo. **Scientia Agricola**. Piracicaba, v.59, n.4, p.795-801, out./dez. 2002.

UEHARA, N.; SASAKI, N.; AOKI, N.; OHSUG, R. Effects of the temperature lowered in the daytime and night-time on sugar accumulation in sugarcane. **Plant Production Science**, Tokyo, v.12, n.4, p.420-427, 2009.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS (UFSCAR). **Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-Açúcar**. Variedades RB de cana-de-açúcar, nov. 2008. Disponível em: <http://pmgca.dbv.cca.ufscar.br/dow/VariedadesRB_2008.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2010.

VIANA, R. da S. **Aplicação de maturadores químicos no final de safra, associado à eliminação de soqueira em área de reforma do canavial**. 2007. 56 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal, 2007.

VIANA, R. da S.; MUTTON, M. A.; BARBOSA, V.; DURIGAN, A. M. P. R. Maturadores químicos na cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) aplicados em final de safra. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 07, n. 02, jul./dez. 2007.

VIANA, R. da 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 Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 01, p. 65-71, 2008.

7 ANEXOS

Anexo 1: Esquema de análise de variância utilizado no experimento com cana-soca para as variáveis agrônômicas número de colmos por hectare (NCH), diâmetro do terço médio de colmos (DMC) e produtividade ou toneladas de colmos por hectare (TCH), na safra 2009/2010, UNIOESTE/USACUCAR, no Município de Icaraíma – PR. UNIOESTE, 2011.

Fontes de Variação	GL	NCH	DMC	TCH
		QM	QM	QM
Bloco	3	51.994.260*	35, 83149 ^{ns}	1.404,557*
Época de colheita (Epc)	3	7.865.127*	76, 47555*	5.514,436*
Resíduo (a) (Parcelas)	9 (15)	4.150.907	63, 72071	1.098,588
Maturador (Mat)	7	4.361.013*	73, 47574*	390, 2305*
Epc. x Mat. (Subparcelas)	21 (43)	3.626.807 ^{ns}	50, 48777 ^{ns}	276, 8293*
Resíduo (b)	84	7.526.195*	57, 79025*	911, 3791*
Total	127	4.282.148	52, 15142	153, 2503

*Significativo a 5% de probabilidade

^{ns}Não significativo a 5% de probabilidade

Anexo 2: Esquema de análise de variância utilizado no experimento com cana-soca para as variáveis tecnológicas Brix, Pol da cana (PC) e Açúcar Total Recuperável (ATR), na safra 2009/2010, UNIOESTE/USACUCAR, no Município de Icaraíma – PR. UNIOESTE, 2011.

Fontes de Variação	GL	BRIX	PC	ATR
		QM	QM	QM
Bloco	3	0, 2272487 ^{ns}	0, 2555115 ^{ns}	18, 46029 ^{ns}
Época de corte (Epc)	3	109, 0648*	76, 91119*	6.391,209*
Resíduo (a) (Parcelas)	9 (15)	0, 3689501	0, 2807760	22, 60317
Maturador (Mat)	7	6, 390750*	4, 815312*	421, 9605*
Epc. x Mat. (Subparcelas)	21 (43)	2, 071914*	1, 513923*	124, 6150*
Resíduo (b)	84	9, 754465*	6, 965736*	581, 4668*
Total	127	0, 5413134	0, 4517218	38, 56327

*Significativo a 5% de probabilidade

^{ns}Não significativo a 5% de probabilidade