

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

**APLICAÇÃO DE BORO E MATURADORES NA PRÉ-COLHEITA DA
CANA-DE-AÇÚCAR EM INÍCIO E FINAL DE SAFRA**

GABRIELA FERRAZ DE SIQUEIRA

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

BOTUCATU - SP
Março - 2014

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

**APLICAÇÃO DE BORO E MATURADORES NA PRÉ-COLHEITA DA
CANA-DE-AÇÚCAR EM INÍCIO E FINAL DE SAFRA**

GABRIELA FERRAZ DE SIQUEIRA

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alexandre Costa Crusciol

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

BOTUCATU - SP
Março – 2014

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

S618a Siqueira, Gabriela Ferraz de, 1980-
Aplicação de boro e maturadores na pré-colheita da cana-de-açúcar em início e final de safra / Gabriela Ferraz de Siqueira. - Botucatu : [s.n.], 2014
viii, 139 f. : tabs., grafs., fots. color.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2014
Orientador: Carlos Alexandre Costa Crusciol
Inclui bibliografia

1. Cana-de-açúcar - Maturação. 2. Plantas - Reguladores. 3. Lignina. 4. Invertase. I. Crusciol, Carlos Alexandre Costa. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

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

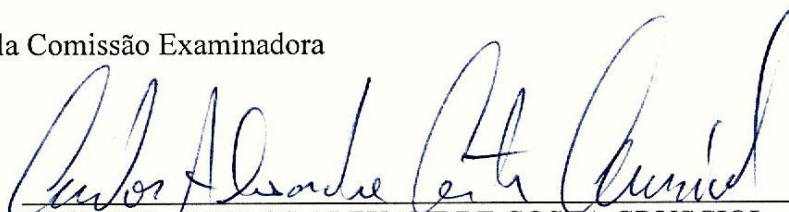
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "APLICAÇÃO DE BORO E MATURADORES NA PRÉ-COLHEITA DA
CANA-DE-AÇÚCAR EM INÍCIO E FINAL DE SAFRA"

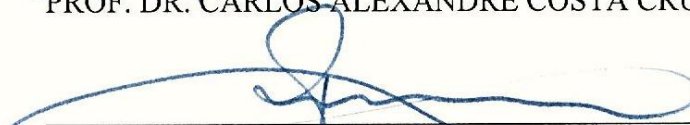
ALUNA: GABRIELA FERRAZ DE SIQUEIRA

ORIENTADOR: PROF. DR. CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL

Aprovado pela Comissão Examinadora




PROF. DR. CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL



PROF. DR. JOÃO DOMINGOS RODRIGUES



PROF. DR. GODOFREDO CESAR VITTI



PROF. DR. GASPARE HENRIQUE KORNDORFER



PROF^a DR^a RAFFAELLA ROSSETTO

Data da Realização: 24 de março de 2014.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Bernardo Ferraz de Siqueira e Dulcinéia Comparotto Ferraz de Siqueira e às minhas irmãs Patricia, Ana Claudia, Toninha (*in memoriam*) e Olga.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que com sua infinita bondade colocou as melhores pessoas no meu caminho e me deu todo o suporte para uma vida plena.

Ao Prof. Dr. Carlos Alexandre Costa Crusciol, por sua orientação em todo o sentido da palavra. Além de ser um grande profissional, é um ser humano com as melhores qualidades e após todo esse tempo trabalhando juntos tornou-se, além de mestre, um grande amigo.

Aos orientadores da Austrália, Dr. Graham Bonnett e Dr. Anne Rae e ao Pós-doc Johann Pierre, por terem me recebido tão bem durante o período em que realizei o Doutorado Sanduíche no Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO).

A meus pais Bernardo Ferraz de Siqueira e Dulcinéia Comparotto Ferraz de Siqueira, minhas irmãs Patrícia, Ana Claudia, Toninha, Olga e Nini, meus cunhados Alexandre, Fábio, Eduardo e Carlos Henrique, meus sobrinhos queridos Matheus, Thaís, Maria Júlia, Isabela, Enrico, Carolina e Gabriela.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo apoio financeiro, concedido através de auxílio à Pesquisa e bolsa de doutorado e à Capes, pelo apoio financeiro concedido através de bolsa de Doutorado Sanduíche na Austrália.

Ao Grupo Raízen / Usina da Barra / Unidade Barra, pela cessão das áreas agrícolas, apoio e contribuição para o desenvolvimento deste estudo e agradecimento especial ao Sebastião Santos Ribeiro (coordenador de desenvolvimento técnico), Adauto Aparecido Biega (encarregado de desenvolvimento técnico) e aos auxiliares de desenvolvimento técnico de campo, Dirceu Olímpio, Cleber Zola, Vacari, Wardo, Rodrigo Bixiguinha, Tonho e tantos outros que foram imprescindíveis para a condução dos experimentos.

Ao Grupo Tereos / Usina Guarani / Unidade Cruz Alta, pela cessão das áreas agrícolas, apoio e contribuição para o desenvolvimento deste estudo e agradecimento especial ao Leonardo Cintra, César Choueiri, Marcel Chiovato e José Augusto Buissa.

Ao meu amigo/irmão Glauber Henrique Pereira Leite pelos ensinamentos, amizade e companheirismo. Foi ele que me transmitiu o amor pela pesquisa, a garra para trabalhar pesado e a importância do trabalho em equipe.

Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal (Agricultura), em especial à Ilanir Rosane R. Bocetto, Vera Lúcia Rossi, Dorival de Arruda Pires, Eliane Gonçalves, Valeria Cristina R. Giandoni e Amanda Bedette, pela disponibilidade infinita e sempre com um sorriso amigo no rosto.

Aos professores Ciro Antônio Rosolem, Waldemar Gastoni Venturini Filho e Giuseppina Pace Pereira Lima pelos ensinamentos e auxílio.

Aos estagiários Bruno Adamantino (23), Daniel Lorenzo (pederasta), Luciana Nunes (acabada), Guilherme Pompermayer (miga) e Gilberto Conte (feição), por toda ajuda e pelos bons momentos e um agradecimento especial à Camila Cristina Bueno Sacomani (técnica em química), por todo o auxílio no laboratório.

Aos amigos do curso de pós-graduação, especialmente à Deise Paula da Silva e Rodrigo Foltran, pela amizade, colaboração e companheirismo, ao pessoal da salinha da PG, Gustavo Spadotti, Jayme Ferrari Neto, Mauricio Mancuso, Claudio Hideo, Bruno Aires, Camila, Renatinha, Renake, Rubiana, Letusa, Sueko e Toni pela colaboração e por fazerem com que o trabalho ficasse mais leve e divertido, às minhas amigas de república Fran e Angélica, por todo carinho e paciência, aos amigos de todas as horas Natália Corniani, Rosilaine Araldi e Marcelo Giroto e um agradecimento especial à Anne Caroline Arruda e Karoline Gonçalves, que estiveram sempre juntas em todas as horas e se transformaram em irmãs de coração.

A toda minha família, avós, tios, primos, em especial à minha prima Aninha que dividiu comigo muitos momentos bons e outros nem tanto, sempre com muito carinho e aquele sorriso que faz tornar tudo mais fácil e a todos, que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Sumário

1 RESUMO	1
2 SUMMARY	3
3 INTRODUÇÃO	5
4 REVISÃO DE LITERATURA.....	8
4.1 Importância da cultura da cana-de-açúcar	8
4.2 Boro: Absorção, translocação e funções na planta	9
4.3 Maturadores químicos	14
4.4 Invertases ácida e neutra (SAI e NI).....	17
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	19
5.1 Característica e localização da área experimental.....	19
5.2 Caracterização das variedades utilizadas	23
5.3 Delineamento experimental e tratamentos	24
5.4 Instalação e condução dos experimentos	25
5.5 Avaliações experimentais	26
5.5.1 Altura de colmos	26
5.5.2 Teor de B em folhas de cana-de-açúcar	27
5.5.3 Atividade das enzimas invertases ácida solúvel (SAI) e neutra (NI) em caldo de cana-de-açúcar	27
5.5.4 Variáveis tecnológicas	29
5.5.5 Produtividade de colmos (TCH) e de açúcar (TAH)	31
5.5.6 Rebrotas e teor de lignina e celulose na soqueira	31
5.6 Análise estatística.....	32
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
6.1 Aplicação de Boro e Etil-trinexapac na pré-colheita da cana-de-açúcar	33
6.1.1 Início de safra	33
6.1.1.1 Teor de boro em folhas de cana-de-açúcar	33
6.1.1.2 Altura de colmos.....	35
6.1.1.3 Atividade das enzimas invertases ácida solúvel (SAI) e neutra (NI) em caldo de cana-de-açúcar	36
6.1.1.4 Variáveis tecnológicas (pol, pureza, fibra e AR).....	38
6.1.1.5 Produtividade de colmos (TCH) e de açúcar (TAH).....	43
6.1.1.6 Rebrotas e teor de lignina e celulose na soqueira.....	47
6.1.2 Final de safra.....	49

6.1.2.1 Teor de boro em folhas de cana-de-açúcar	49
6.1.2.2 Altura de colmos	50
6.1.2.3 Atividade das enzimas invertases ácida solúvel (SAI) e neutra (NI) em caldo de cana-de-açúcar	52
6.1.2.4 Variáveis tecnológicas (pol, pureza, fibra e AR)	54
6.1.2.5 Produtividade de colmos (TCH) e de açúcar (TAH)	59
6.1.2.6 Rebrotas e teor de lignina e celulose na soqueira	63
6.2 Aplicação de Boro e Etefon na pré-colheita da cana-de-açúcar	65
6.2.1 Início de safra	65
6.2.1.1 Teor de boro em folhas de cana-de-açúcar	65
6.2.1.2 Altura de colmos	66
6.2.1.3 Atividade das enzimas invertases ácida solúvel (SAI) e neutra (NI) em caldo de cana-de-açúcar	68
6.2.1.4 Variáveis tecnológicas (pol, pureza, fibra e AR)	70
6.2.1.5 Produtividade de colmos (TCH) e de açúcar (TAH)	75
6.2.1.6 Rebrotas e teor de lignina e celulose na soqueira	79
6.2.2 Final de safra	81
6.2.2.1 Teor de boro em folhas de cana-de-açúcar	81
6.2.2.2 Altura de colmos	83
6.2.2.3 Atividade das enzimas invertases ácida solúvel (SAI) e neutra (NI) em caldo de cana-de-açúcar	84
6.2.2.4 Variáveis tecnológicas (pol, pureza, fibra e AR)	87
6.2.2.5 Produtividade de colmos (TCH) e de açúcar (TAH)	92
6.2.2.6 Rebrotas e teor de lignina e celulose na soqueira	95
6.3 Aplicação de Boro e Sulfometuron metil na pré-colheita da cana-de-açúcar	97
6.3.1 Início de safra	97
6.3.1.1 Teor de boro em folhas de cana-de-açúcar	97
6.3.1.2 Altura de colmos	100
6.3.1.3 Atividade das enzimas invertases ácida solúvel (SAI) e neutra (NI) em caldo de cana-de-açúcar	101
6.3.1.4 Variáveis tecnológicas (pol, pureza, fibra e AR)	103
6.3.1.5 Produtividade de colmos (TCH) e de açúcar (TAH)	109
6.3.1.6 Rebrotas e teor de lignina e celulose na soqueira	112
6.3.2 Final de safra	114
6.3.2.1 Teor de boro em folhas de cana-de-açúcar	114
6.3.2.2 Altura de colmos	116

6.3.2.3 Atividade das enzimas invertases ácida solúvel (SAI) e neutra (NI) em caldo de cana-de-açúcar	117
6.3.2.4 Variáveis tecnológicas (pol, pureza, fibra e AR).....	119
6.3.2.5 Produtividade de colmos (TCH) e de açúcar (TAH).....	124
6.3.2.6 Rebrotas e teor de lignina e celulose na soqueira.....	128
7 CONCLUSÕES	130
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	132

1 RESUMO

Objetivou-se, mediante o presente estudo, avaliar a eficácia da aplicação foliar de boro (B) associado, ou não, aos maturadores etil-trinexapac, etefon e sulfometuron metil na pré colheita da cana-de-açúcar, as alterações fisiológicas e suas implicações na qualidade e produtividade de colmos. O presente projeto foi composto de três subprojetos, sendo o primeiro abordando o uso de B associado ao etil-trinexapac, o segundo ao etefon e o terceiro ao sulfometuron metil. Para cada subprojeto foram conduzidos 4 experimentos em início e 4 em final de safra (2 locais e 2 anos), totalizando 12 experimentos em início de safra e 12 em final de safra, ou seja, 24 experimentos. Nos experimentos em início de safra, foi utilizada a variedade de cana-de-açúcar RB855453 (maturação precoce) nos dois locais e em final de safra foi utilizada a variedade SP80-3280 (maturação tardia) no Grupo Raízen e a variedade RB867515 (maturação média-tardia) no Grupo Tereos. Os tratamentos foram constituídos da aplicação dos maturadores etil-trinexapac, etefon, sulfometuron metil e do controle (maturação natural), associados à aplicação de B foliar. As doses empregadas foram, respectivamente, 200 g i.a. ha⁻¹ (0,8 L p.c. Moddus ha⁻¹), 480 g i.a. ha⁻¹ (0,66 L p.c. Ethrel ha⁻¹), 0,15 g i.a. ha⁻¹ (0,20 g p.c. Curavial ha⁻¹) e para o B, a dose foi 0,18 kg ha⁻¹ (1060 g ácido bórico ha⁻¹). Foram avaliados os parâmetros bioquímicos, biométricos, tecnológicos e nutricionais. Concluiu-se que a deficiência de B limita o acúmulo de sacarose em início e final de safra; a aplicação de maturadores em início de safra, isoladamente ou em associação ao B, possibilitou antecipação no corte da matéria-prima em cerca de 15 dias e o B aplicado isoladamente foi ainda mais eficiente, antecipando a maturação em cerca de 18 dias; em final de safra, os

maturadores foram eficientes em manter o teor de pol elevado por maior período de tempo, bem como o B, aplicado isoladamente ou em associação aos maturadores; o maior incremento no teor de pol mediante aplicação de B e maturadores, associados ou não, foi observado entre 30 e 45 DAA, aumentando em cerca de 10% e 6% comparados ao controle, em início e final de safra, respectivamente; os tratamentos não proporcionaram incremento na produtividade de colmos, mas houve aumento da produtividade de açúcar em início ou final de safra; de modo geral, não se observou influência dos tratamentos na rebrota da soqueira.

Palavras-chave: *Saccharum* spp., regulador vegetal, rebrota, produtividade de açúcar, lignina, invertases.

BORON AND RIPENERS APPLICATION IN PRE-HARVEST OF SUGARCANE AT EARLY AND AT LATE SEASON. Botucatu, 2014. 139 f. Tese (Doutorado em Agronomia / Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: GABRIELA FERRAZ DE SIQUEIRA

Adviser: CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL

2 SUMMARY

The aim, through this study, was to evaluate the effectiveness of foliar application of boron (B), associated or not to the ripeners trinexapac-ethyl, ethephon and sulfometuron methyl in pre harvest of sugarcane, the physiological changes and their implications on quality and stalk yield. This project was composed of three subprojects, the first evaluating the use of B associated with trinexapac-ethyl, the second to ethephon and the third to sulfometuron methyl. For each subproject 4 experiments were carried out at the early and at the late season (2 places and 2 years), so were 12 experiments at early season and 12 at late season, totaling 24 experiments. In the experiments at early season, was used the variety of sugarcane RB855453 (early ripening) in both locations and at late season was used the variety SP80-3280 (late ripening) in Raízen Group and variety RB867515 (middle-late season) in Tereos group. The treatments consisted in the application of the ripeners trinexapac-ethyl, ethephon, sulfometuron methyl and control (natural ripening) associated with the application of B. The doses used were, respectively, 200 g i.e. ha⁻¹ (0,8 L c.p. Moddus ha⁻¹), 480 g i.e. ha⁻¹ (0,66 L c.p. Ethrel ha⁻¹), 0,15 g i.e. ha⁻¹ (0,20 g c.p. Curavial ha⁻¹) and for B the dose was 0,18 kg ha⁻¹ (1060 g boric acid ha⁻¹). Biochemical, biometric, technological and nutritional parameters were evaluated. It was concluded that B deficiency in pre-harvest of sugarcane limits the accumulation of sucrose at early and at late season; at early season the ripeners applied alone or in association with B enabled anticipation in the raw material harvesting in about 15 days and B applied alone was even more efficient, anticipating in about 18 days; at late season the ripeners were effective in maintaining the high sucrose concentration longer than control treatment, as well as B applied alone or in association with ripeners; the largest increase in sucrose content by

applying B and ripeners, in association or not, was observed between 30 and 45 DAA, increasing about 10% and 6% compared to control, in early and late season, respectively; the application of B and ripeners did not increase the stalk yield but there was an increase in the sugar yield at early and at end season; in general the treatments did not affected the ratoon regrowth.

Keywords: *Saccharum* spp., plant growth regulator, regrowth, sugar yield, lignin, invertase.

3 INTRODUÇÃO

A necessidade da substituição dos derivados de petróleo por um combustível mais “limpo” estimulou a demanda global pelo etanol que, além de agredir menos o meio ambiente por não conter certos poluentes como o benzeno, consiste em uma fonte de energia renovável. Além de se caracterizar como um biocombustível mais vantajoso ao ambiente, o etanol brasileiro tem rendimento final em produtividade superior ao etanol oriundo do milho. Na média, um hectare plantado com cana gera 7.200 litros de etanol; com milho, a mesma área produz 3.100 litros. Essa maior produtividade energética se reflete nos custos e na contabilidade ambiental.

Apesar do sucesso da tecnologia de produção de etanol, o Brasil vem enfrentando a maior crise no setor de sua história, que se deve a combinação de alguns fatores como a intervenção do governo para segurar o aumento do preço da gasolina em uma tentativa de reduzir a inflação, fazendo com que o etanol perdesse competitividade frente ao combustível fóssil, clima severo nos últimos três anos e alto custo com investimentos em mecanização. Segundo a União da Indústria da Cana-de-Açúcar (UNICA), nas últimas safras, 44 usinas encerraram suas atividades, 25 delas em São Paulo e mais de 30 usinas estão em recuperação judicial.

Com as perspectivas desanimadoras para o etanol, a produção de açúcar deve aumentar e a utilização de tecnologias que elevem a qualidade tecnológica do canavial torna-se imprescindível para que o retorno econômico seja satisfatório. Sendo assim, a utilização de maturadores químicos consiste em uma ferramenta fundamental, já que o processo de maturação da cana-de-açúcar interfere diretamente no sistema de

produção sucroenergética. O rendimento industrial depende do fornecimento contínuo de matéria-prima de alta qualidade tecnológica e, conseqüentemente, teores adequados de sacarose.

Os maturadores, definidos como reguladores vegetais, podem alterar a atividade de enzimas (invertases) que catalisam o acúmulo de sacarose nos colmos, bem como promover alterações morfológicas e fisiológicas na planta, podendo implicar em modificações qualitativas e quantitativas na produção. Estas alterações podem promover, em início de safra, a diminuição da taxa de crescimento da planta, possibilitando incrementos no teor de sacarose, precocidade de maturação e aumento na produtividade. Em final de safra, os maturadores são utilizados para inibir a retomada do desenvolvimento vegetativo e manter o teor de sacarose que a planta apresentava no período de baixa disponibilidade hídrica e temperaturas amenas, notadamente, no outono/inverno e início de primavera da região centro-sul brasileira. A aplicação destes compostos químicos, no sistema de produção da cana-de-açúcar, tem proporcionado maior flexibilidade no gerenciamento da colheita, altamente relevante para o planejamento da safra, além de propiciar a industrialização de matéria-prima de melhor qualidade.

A aplicação dos maturadores químicos pode causar desarranjos fisiológicos nas plantas, como no processo de lignificação, síntese e estrutura das paredes celulares, integridade e permeabilidade das membranas. Neste contexto, o suprimento adequado de B pode minimizar estes efeitos indesejáveis, já que há na literatura vários relatos do envolvimento do B nestes processos, além de que a sua deficiência pode ocasionar menor acúmulo de sacarose e desarranjo no desenvolvimento dos vasos condutores, tanto xilema quanto floema, dificultando o transporte de sacarose até o vacúolo das células parenquimáticas.

A intensificação da agricultura e o incremento da produtividade, associados ao esgotamento dos micronutrientes do solo, decorrente da maior remoção e exportação pelas plantas e da expansão da cultura em áreas com solos de baixa fertilidade, aceleram o aparecimento de deficiências induzidas. O boro (B) é o micronutriente que, juntamente com o zinco, tem mais limitado a produção agrícola em solos brasileiros, por serem altamente intemperizados e pobres em matéria orgânica.

Assim, é provável que o resultado obtido mediante aplicação de maturadores seja limitado pela deficiência de B e, provavelmente, a aplicação de B

associado aos maturadores proporcione resultado superior ao emprego exclusivo do maturador.

Neste contexto, objetivou-se, mediante o presente trabalho, avaliar a eficácia da aplicação de B associado, ou não, a maturadores químicos, em pré-colheita da cana-de-açúcar, as alterações fisiológicas e a implicação na qualidade e produtividade de colmos.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Importância da cultura da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é uma das principais culturas para a economia agrícola brasileira, exercendo importante papel no contexto social nacional, uma vez que a indústria sucroenergética é responsável pela geração de milhões de empregos diretos e indiretos e a competitividade e adequação ambiental fazem do etanol uma alternativa aos combustíveis de origem fóssil. A necessidade da substituição destes derivados de petróleo pelos países desenvolvidos estimulou a demanda global pelo etanol.

Os estoques mundiais de açúcar estão altos devido ao aumento da produção em alguns países como Índia, Rússia e Tailândia, fazendo com que houvesse queda significativa dos preços do produto no mercado. Contudo, os mercados de açúcar e etanol têm grande potencial de crescimento, porém é necessário grande investimento em eficiência para que mantenha a competitividade (Agrianual, 2013).

O etanol, que vinha sendo apontado como uma opção para a crise de combustíveis, passa pela pior crise de sua história, e as principais causas apontadas são a estiagem climática que atingiu grande parte das lavouras brasileiras reduzindo as previsões de produção de cana-de-açúcar para a safra 2014/15, alto custo de investimentos com mecanização com a proibição das queimadas e devido ao preço do etanol que vem sendo comercializado abaixo do custo de produção para não perder competitividade frente à gasolina, gerando um endividamento bilionário para o setor.

O último levantamento realizado pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2013), em dezembro de 2013, aponta que a área cultivada com cana-de-açúcar destinada à atividade sucroenergética na safra 2013/14, distribuída em todos estados produtores, está estimada em 8.810,79 mil hectares. O maior produtor ainda é o estado de São Paulo com 51,66% (4.552.040 hectares) da área plantada, seguido por Goiás com 9,29%, Minas Gerais com 8,85%, Paraná com 6,66%, Mato Grosso do Sul com 7,08%, Alagoas com 5,02% e Pernambuco com 3,25%. Os demais estados produtores representam abaixo de 3,0% das áreas. Estes números representam crescimento de 3,80% ou 325,8 mil hectares em relação à safra 2012/13 e se deve às novas unidades e à consolidação das áreas destas novas indústrias, concentrado nos estados de São Paulo, Goiás, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais. O percentual de ATR destinado à produção de açúcar foi estimado em 46,11% do total, o que equivale a 304,24 milhões de toneladas e o restante, 53,89%, para a produção de etanol, equivalente a 355,61 milhões de toneladas de cana-de-açúcar.

A produtividade média da cana de açúcar, de 74 t ha⁻¹ (CONAB, 2013), ainda é baixa e poderá ser melhorada. Um dos fatores que contribui para essa baixa produtividade é a expansão da cultura em áreas com solos de baixa fertilidade, especialmente no Estado de São Paulo. Esses solos exigem manejo mais aprimorado da fertilidade para se obter produções economicamente viáveis, portanto, além da correção da acidez do solo com a calagem, adubação NPK e rotação de culturas com leguminosas como a soja, amendoim ou adubos verdes, os micronutrientes como B, cobre, manganês, molibdênio e zinco estão se tornando cada vez mais necessários à produtividade e qualidade da cana-de-açúcar. Além disso, a cana-de-açúcar apresenta freqüentemente o fenômeno da “fome oculta” em relação aos micronutrientes, ou seja, a deficiência existe, limitando economicamente a produtividade, mas a planta não mostra sintomas visíveis. (MELLIS; QUAGGIO, 2009).

4.2 Boro: Absorção, translocação e funções na planta

A cana-de-açúcar disseminou-se em quase todos os estados brasileiros, tendo-se estabelecido sobre os mais diferentes tipos de solos, muitas vezes com características bastante distintas dos padrões adequados. Muitas são as técnicas

agronômicas empregadas na produção de cana-de-açúcar visando máxima produtividade, tais como a escolha de variedades adequadas ao solo e clima, conservação e correção química do solo, controle de pragas e plantas daninhas, etc. Neste contexto, a busca pelo fertilizante mais adequado, bem como de adubação balanceada são imprescindíveis para elevar a produtividade, sendo que a utilização de micronutrientes torna-se ferramenta indispensável (SEGATO et al, 2006).

O B é micronutriente essencial às plantas superiores e sua importância não se resume somente à função estrutural que o elemento representa, mas também à sua participação em diversas fases do metabolismo das plantas.

As formas em que o B pode ser encontrado no solo são: minerais primários como turmalina e micas ricas em B; minerais secundários, principalmente dentro da estrutura das argilas; adsorvido às argilas, na superfície de hidróxidos e na matéria orgânica; em solução como ácido bórico e como borato; bem como na matéria orgânica e biomassa microbiana (SHORROCKS, 1997).

Para Alleoni e Camargo (2000) a adsorção do B aos colóides minerais e orgânicos controla a concentração dos íons e complexos na solução do solo exercendo, então, grande influência na absorção deste nutriente pelas plantas. GOLDBERG (1997) argumenta que a absorção de B pelas plantas depende da sua concentração na solução do solo e que essa, por sua vez, depende das reações de adsorção entre o B e seus adsorventes no solo, tais como os óxidos de ferro e alumínio, os minerais de argila, a matéria orgânica, o hidróxido de magnésio e o carbonato de cálcio.

O B é considerado móvel no floema de espécies que sintetizam polióis (açúcares simples, como manitol, sorbitol e dulcitol) como um metabólito fotossintético primário, ou seja, o complexo poliol-B-poliol formado nos tecidos fotossintéticos é transportado no floema para drenos ativos, como meristemas vegetativos ou reprodutivos. Por outro lado, em espécies cuja produção de polióis é mínima, o B, uma vez transportado até a folha através do fluxo transpiratório, não pode entrar no floema, resultando na sua completa imobilidade na folha (BROWN e HU, 1998). Desse modo, se o nutriente for imóvel, uma única aplicação foliar pode não ser efetiva, uma vez que a exigência é contínua, contudo o maior número de aplicações pode constituir uma alternativa (ROSOLEM; BASTOS, 1997).

Marino et al. (2003), com o objetivo de procurar seqüências no banco de dados SugarCane EST Genome Project (SUCEST), que codificam enzimas

participantes na via metabólica dos açúcares álcoois sorbitol e manitol, através da comparação de enzimas de outros organismos, encontrou similaridade de 18 "contigs" de cana-de-açúcar com 11 sequências de enzimas que compõem a provável via metabólica de sorbitol e manitol a partir de frutose. O mesmo autor detectou manitol e o sorbitol em folhas cana-de-açúcar em uma concentração de $0,02 \text{ mol L}^{-1}$ e $0,04 \text{ mol L}^{-1}$, respectivamente. Neste contexto, a presença dos polióis sorbitol e manitol em cana-de-açúcar pode explicar a eficiência da aplicação foliar de B na cultura e sua aparente mobilidade no floema.

A absorção de B é um processo não metabólico e controlado pela formação de complexos de B não trocáveis no citoplasma e parede celular (BROWN et al., 1992). A difusão do ácido bórico sem carga através da bicamada lipídica da membrana, com a permeabilidade da membrana sendo principalmente determinada pelo caráter lipofílico do ácido bórico, é capaz de explicar a absorção passiva de B; no entanto outros mecanismos de transporte transmembrana podem estar envolvidos em sua absorção, isto é, pode ocorrer pela entrada facilitada do ácido bórico através de canais iônicos e, em baixo suprimento de B, através de transportadores dependentes de energia (DORDAS; BROWN, 2000). Outra importante propriedade do ácido bórico, capaz de influenciar a absorção de B, é sua habilidade em formar complexos *cis*-diol com moléculas orgânicas (açúcares e seus derivados (açúcar álcoois), fenóis, ácidos orgânicos e alguns polímeros), no citoplasma ou na parede celular. Exemplos comuns são o sorbitol, manitol, glicerol, ribose, apiose e frutose. Complexos-B de baixo peso molecular formados com manitol, sorbitol, e frutose têm sido isolados e caracterizados em tecidos vegetais (RAVEN, 1980; LOOMIS; DURST, 1992; HU et al., 1997).

De acordo com Brown et al. (1992), o emprego de isótopo estável mostrou-se como alternativa eficiente e de baixo custo para o monitoramento do movimento de B nas plantas e no solo. Estes autores demonstraram que este nutriente pode ser pelo menos parcialmente móvel no floema, através da aplicação de B enriquecido, via foliar ou em solução nutritiva, e sua recuperação em frutos e castanhas. Da mesma forma Brown e Hu (1996) e Brown e Hu (1998) verificaram que, em espécies cujo açúcar mais abundante era o sorbitol, o B apresentou-se livremente móvel, enquanto que naquelas que apresentavam menor ou nenhuma quantidade de sorbitol, o B apresentou-se imóvel. Brown e Hu (1997) afirmaram que aplicações foliares de B podem ser empregadas de forma efetiva em espécies vegetais que produzam sorbitol ou manitol, atribuindo tal relato à

mobilidade do B nessas espécies, enquanto que em espécies onde o B é imóvel, somente quando o nutriente for aplicado sobre o tecido que o necessita, a aplicação foliar será eficaz.

A distribuição de B nas plantas ocorre pelo xilema que é, predominantemente, transportado via fluxo de transpiração, sendo afetado, principalmente, pela temperatura e intensidade luminosa, pelo conteúdo de água no solo e pela umidade relativa (ASAD et al., 2001; SHELP; BROWN, 1995).

O B encontra-se principalmente ligado à parede celular (95 a 98 %), restando uma pequena porção que pode estar envolvida em outras funções na planta, quando há restrição de sua disponibilidade (MATOH et al., 1992; HU; BROWN, 1994). São apontadas como principais funções do B nas plantas o seu papel na estrutura da parede celular, na reprodução das plantas (formação do tubo polínico), no metabolismo das plantas (ciclo da ascorbato glutationa, metabolismo de fenóis, metabolismo do nitrogênio, fotossíntese) e na estrutura da membrana celular (BROWN et al., 2002).

A extração de micronutrientes pela planta cana é relativamente pequena, apesar do grande volume de material vegetal produzido e a parte aérea da cultura acumula cerca de 500 g de boro, para produzir 100 t de colmos. (ORLANDO FILHO, 1983; FRANCO et al., 2008; MOURA FILHO et al, 2008).

A deficiência de B interfere em vários processos, principalmente na síntese protéica e na atividade da peroxidase. Em plantas de girassol, deficientes em B, Dutta e McIlrath (1964) constataram redução sensível no conteúdo total de lignina e da enzima POD, catalisadora da síntese de lignina. Da mesma forma outros autores revelaram que a deficiência de B ocasiona aumento no nível dessa enzima (AGUIRRE et al., 1977; GOLDBACH; AMBERGER, 1986). Por outro lado, Fumis e Brasil (1995) relataram que a atividade da POD decresce com o incremento da concentração de B.

A inibição rápida e específica no crescimento das plantas que ocorre devido à deficiência de B é consequência de duas importantes características fisiológicas: a função estrutural específica que o nutriente desempenha na composição da parede celular (LOOMIS; DURST, 1992; HU; BROWN., 1994; MARSCHNER, 1995) e sua limitada mobilidade na maioria das espécies vegetais (OERTLI; RICHARDSON, 1970), principalmente as que não produzem quantidades suficientes de polióis (manitol, sorbitol e dulcitol) na seiva do floema (SHU et al., 1997).

Há na literatura relatos de diversos desarranjos fisiológicos atribuídos à deficiência de B, tais como transporte de açúcares e auxinas, síntese e estrutura da parede celular, divisão e alongamento celular, lignificação, metabolismo de carboidratos, RNA, IAA e fenóis, respiração e integridade das membranas (PARR; LOUGHMAN, 1983; TANG; FUENTE, 1986; DECHEN et al., 1991; RÖMHELD, 2001), sendo particularmente importante na germinação do grão de pólen, assim como no crescimento do tubo polínico (AGARWALA et al., 1981).

A via do ácido chiquímico é uma rota sintética que exige B para alguns passos na síntese de fenol e a deficiência deste micronutriente tem sido incriminada como causador de uma lignificação ineficiente (BACHA, 2006).

Cakmak e Römheld (1997) correlacionaram a má formação de membranas e perda de sua integridade funcional com a deficiência de B, isto é, a formação de complexos entre B e compostos polióis semelhantes à pectina em parede celular, glicoproteínas ou glicolipídios em membranas e o-difenóis (ácido caféico e hidroxiferúlico), como responsáveis pela estabilidade da mesma. Leite et al. (2007) atribuiu à deficiência de B a má formação de parede celular, envolvido na formação de compostos pécticos.

A formação de quinonas, consequência da união de B aos blocos de ácido caféico, facilitam a síntese de álcoois fenólicos, precursores da biossíntese de lignina. A deficiência de B pode limitar a biossíntese de álcoois fenólicos e implicar em aumento na concentração de fenóis (PILBEAN; KIRKBY, 1983). Harkim e Obst (1973) demonstraram a presença de peroxidases nas células lignificadas e sugeriram serem as únicas enzimas que polimerizam os álcoois em lignina.

O B pode afetar indiretamente o processo de fotossíntese, isto é, em plantas deficientes promove a redução parcial da atividade de compostos nitrogenados, como, por exemplo, a uracila, precursora da UDPG (uridina difosfato glicose), responsável pela síntese de sacarose (DUGGER, 1983). Com a diminuição da UDPG, pela ausência de B, ocorre o acúmulo de amido e redução na translocação de fotoassimilados (MORAES-DALLAQUA, 1992). Há diversos relatos na literatura referindo-se a decréscimos na taxa de assimilação de CO₂, com redução na translocação de fotoassimilados, em condições de deficiência de B, sendo tal fato explicado pela redução na frequência e no número de estômatos presentes na folha (SHARMA; RAMCHANDRA, 1990; LEITE et al., 2007; ZHAO; OOSTERHUIS, 2002).

Alguns autores defendem a hipótese de que em condições de deficiência de B ocorre redução no transporte da sacarose das folhas para outras partes da planta, pela maior produção de calose, a qual provoca a obstrução do floema, principal via de transporte da sacarose (VENTER; CURRIER, 1977; LOUÉ, 1993), ou pela redução da síntese de sacarose por inibição da ação de fosforilases ou redução na síntese de uracila, precursora da uridina difosfato glicose, coenzima essencial na formação da sacarose (LOUÉ, 1993; MARSCHNER, 1995).

O primeiro trabalho realizado no Brasil associando B a maturadores evidenciou a possibilidade da utilização do produto na pré-maturação da cana-de-açúcar, aumentando a eficiência dos maturadores Glifosate e Sulfometuron metil, com melhoria na qualidade tecnológica da matéria-prima (LEITE, 2010).

4.3 Maturadores químicos

A gradativa queda de temperatura e redução das precipitações são fatores determinantes para a ocorrência do processo de maturação, dessa forma, na região Sudeste do Brasil, o processo tem ocorrência natural a partir de abril/maio, com clímax no mês de agosto. O emprego de maturadores químicos destaca-se como ferramenta importante para o processo agroindustrial da cana-de-açúcar, pois promove melhorias na qualidade da matéria-prima a ser processada, otimiza os resultados agro-industriais e econômicos e auxilia no planejamento da safra, permitindo o manejo da cultura em seu moderno sistema de produção (PONTIN, 1995).

Os maturadores podem ser utilizados em início, meio ou final de safra e seus efeitos são variáveis dependendo da época de aplicação. Em início de safra a maturação natural pode ser deficiente, mesmo em variedades precoces e, neste contexto, os maturadores têm como finalidade antecipar o processo de maturação e elevar o teor de sacarose dos colmos. Em meio de safra o maturador potencializa o processo de maturação da cana-de-açúcar, em regiões que apresentam outono/inverno chuvoso, elevando a qualidade da matéria-prima em condições climáticas desfavoráveis a este processo fisiológico, com maior período de moagem. Em final de safra, os maturadores são utilizados para inibir a retomada do desenvolvimento vegetativo e manter o teor de sacarose que a planta apresentava no período de baixa disponibilidade hídrica e

temperaturas amenas, notadamente no outono/inverno e início de primavera, da região centro-sul brasileira.

Fatores como época de aplicação dos produtos químicos, doses utilizadas e época de corte da matéria-prima podem influir na eficiência dos produtos químicos inibidores de florescimento e maturadores da cana-de-açúcar. Vários produtos vêm sendo empregados na cultura nos últimos anos, sendo os principais o etefon, o glifosato, o imazapyr, a hidrazida maleica, o sulfometuron metil, o etil-trinexapac, entre outros.

A aplicação de maturadores e inibidores de florescimento é uma técnica agrícola altamente utilizada para melhorar a qualidade tecnológica da matéria-prima e o uso de maturadores no sistema de produção de cana depende de vários fatores, inclusive climáticos, técnicos, variáveis econômicas e das respostas que cada variedade pode proporcionar à esta técnica (SILVA; CAPUTO, 2012).

Os maturadores retardam o processo de crescimento em altura das plantas e influenciam a ocorrência do processo de florescimento e chochamento das plantas (LEITE e CRUSCIOL, 2008), além de influenciar de forma significativa a produtividade de açúcar, aumentando o retorno econômico por hectare (LEITE et al., 2009b).

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

Pesquisas realizadas têm relatado o produto químico Sulfometurom Metil (SM), grupo químico sulfoniluréia, quanto ao potencial efeito maturador em variedades de cana-de-açúcar, não havendo prejuízos à produção ($t\ ha^{-1}$) e influência sobre as características agrônômicas da cultura. Os resultados obtidos indicam consistência no incremento na pol cana, brix e redução do índice de chochamento (OLIVEIRA, 1992; PONTIN, 1995; LEITE, 2005; CAPUTO et al., 2007).

O produto químico sulfometuron metil, quando aplicado em diferentes variedades de cana-de-açúcar, possibilita melhoria da qualidade tecnológica da cana e determina resposta significativa com relação a ganhos de pol, aumentos da pureza e redução no teor de ácidos orgânicos do caldo, e maior possibilidade de se produzir açúcar de melhor qualidade (FERNANDES et al., 2002).

Meschede et al. (2012) afirma que a redução na síntese de lignina pode ocorrer através do uso de um inibidor da rota do ácido chiquímico, sendo esta rota fundamental para a produção de aminoácidos aromáticos e de todos os compostos fenólicos das plantas. Esta rota é inibida, principalmente, pela aplicação do Glifosato, mas pode sofrer influência indireta através da aplicação de outros inibidores de crescimento. Estes autores constataram ainda que a aplicação de glifosato diminuiu o teor de lignina na rebrota da cana-de-açúcar, porém o sulfometuron metil proporcionou incremento no teor comparado ao controle, ao glifosato e ao etil-trinexapac.

O etil-trinexapac é um regulador de crescimento que, se aplicado corretamente, na época e dose adequada, induz maior acúmulo de sacarose nos colmos, permitindo o planejamento e o aproveitamento agroindustrial da cana-de-açúcar. Atua inibindo a síntese de formas ativas do ácido giberélico, principalmente GA1, um regulador vegetal envolvido com o crescimento e divisão celular. Gheller e Nascimento (2001) enfatizaram encurtamento dos entrenós após a aplicação de etil-trinexapac em diferentes variedades de cana-de-açúcar, na região de Araras, Estado de São Paulo. Este composto químico também influenciou negativamente o desenvolvimento dos colmos, melhorando sua qualidade tecnológica e proporcionando ganhos de ATR ton⁻¹ de cana. Leite et al. (2008) observaram melhoria significativa na qualidade da matéria-prima de cana-de-açúcar tratada com este composto.

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

Avaliando o uso de etil-trinexapac em alternativa ao glyphosate como maturador em cana-de-açúcar em Louisiana, Orgeron et al. (2011) detectaram incremento no teor de ATR oito semanas após a aplicação, porém tanto o etil-trinexapac quanto o glyphosate reduziram a produtividade de colmos por ha comparados com a cana não tratada.

O etefon (ácido-2-cloroetilfosfônico) penetra nos tecidos das plantas, é translocado e progressivamente decomposto em etileno, com efeito no processo de crescimento. Sua utilização é justificada pelo fato deste produto químico evitar o florescimento em cana-de-açúcar e aumentar o perfilhamento.

O ácido 2-cloro-etil fosfônico é um produto químico, estável quando mantido sob pH ácido, abaixo de 3,5, que libera etileno em contato com o tecido vegetal, o qual possui um pH mais elevado. O mecanismo de ação do etileno envolve sua ligação com um ou mais receptores protéicos, possivelmente uma proteína contendo cobre no seu sítio ativo, localizada na membrana. O etileno poderia alterar a atividade da ATPase transportadora da membrana a aumentar a hidroxilação da prolina, incrementando peroxidase rica em hidroxiprolina na parede. Assim, pode atuar diretamente no bloqueio do metabolismo do DNA, retardando o alongamento do entrenó. Pode ainda levar à síntese de um mRNA, com suporte do respectivo tRNA, conduzindo à síntese de enzimas capazes de desencadear processos fisiológicos relacionados com o perfilhamento, a florescência, maturação e senescência (RODRIGUES, 1995).

Castro et al. (2001) enfatizaram que a aplicação aérea de etefon (1,0 ou 2,0 L ha⁻¹) mostrou-se eficiente em antecipar a maturação e incrementar o teor de sacarose na cana-de-açúcar, com redução significativa no chochamento do colmo e Gheller e Nascimento (2001) observaram aumento no perfilhamento da soqueira e intensa brotação lateral através da aplicação de etefon em diferentes variedades de cana-de-açúcar.

A eficiência agrônômica dos maturadores etefon e etil-trinexapac depende das condições climáticas no momento da aplicação, sendo que o processo de maturação é favorecido em condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento vegetativo das plantas (alta precipitação e temperatura), implicando em melhorias da qualidade tecnológica dos colmos além de permitir explorar o potencial genético da cana-de-açúcar quanto ao acúmulo de sacarose nos colmos (LEITE et al., 2008; LEITE et al., 2009b).

4.4 Invertases ácida e neutra (SAI e NI)

As invertases têm função fundamental na partição dos fotossintetizados entre armazenamento e crescimento. A atividade da invertase ácida solúvel (EC 3.2.1.26) pode ser alta ou baixa, respectivamente, em condições favoráveis ao

crescimento ou em condições desfavoráveis (estresse hídrico, fotoperíodo curto, temperaturas baixas, aplicação de maturadores).

Vieira et al. (1996a, 1996b) enfatizaram a função das invertases ácida e neutra solúveis (SAI e NI (EC 3.2.1.26), respectivamente) e da invertase ácida ligada à parede celular na mobilização, utilização e acúmulo de sacarose em diferentes cultivares de cana-de-açúcar. Para Lingle (1999) a SAI e a sacarose sintase (SS) apresentaram correlação positiva com a taxa de alongamento enquanto que, para esta mesma fase, a atividade da sacarose fosfato sintetase (SPS ou UDP-glicose: D-frutose-6-P-2-D-glicosiltransferase, EC 2.4.1.14) revelou correlação inversa. Terauchi et al. (2000) relataram que a atividade da SAI diminuiu sobre condições frias, provavelmente a maior atividade da SPS e menor atividade da SAI resultou em aumento na concentração de sacarose no inverno, sobre baixas temperaturas, sugerindo que a atividade da SPS é um dos fatores envolvidos no controle do acúmulo de sacarose em cana-de-açúcar.

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

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

Os reguladores vegetais promovem alterações de intensidades distintas e significativas na atividade enzimática das invertases ácida e neutra em cana-de-açúcar e, de forma geral, podem elevar os níveis da invertase ácida em relação à invertase neutra, porém, sem comprometer o acúmulo de sacarose nos colmos (LEITE et al., 2009a; LEITE et al., 2011).

De acordo com Leite (2010), a associação do B com os maturadores glifosate e sulfometuron metil elevou os níveis da invertase neutra no caldo do terço superior dos colmos, levando ao maior acúmulo de sacarose nos colmos e, conseqüentemente, na antecipação do corte da matéria-prima.

5. MATERIAL E MÉTODOS

O presente projeto foi composto de três subprojetos, sendo o primeiro abordando o tema “Aplicação de boro e etil-trinexapac na pré-colheita da cana-de-açúcar”, o segundo o tema “Aplicação de boro e etefon na pré-colheita da cana-de-açúcar” e o terceiro o tema “Aplicação de boro e sulfometuron metil na pré-colheita da cana-de-açúcar”. Para cada subprojeto foram conduzidos 4 experimentos em início e 4 em final de safra (2 locais e 2 anos), sendo assim, foram 12 experimentos em início de safra e 12 em final de safra, totalizando 24 experimentos.

Metade dos experimentos foi conduzido em áreas pertencentes ao Grupo RAÍZEN/Usina da Barra/Unidade Barra (final de safra 2008 e 2009 e início de safra e 2009 e 2010) e a outra metade em áreas pertencentes ao Grupo TEREOS/Usina Guarani/Unidade Cruz Alta (início e final de safra 2008 e 2009).

5.1 Característica e localização da área experimental

Os experimentos foram instalados em duas áreas pertencentes ao Grupo Raízen / Usina da Barra S/A Açúcar e Álcool / Unidade Barra, uma no município de Igaráçu do Tietê-SP, com as seguintes características: latitude 22° 33' 18''S e longitude 48° 31' 51''W numa altitude de 509 m, clima predominante da região é o Aw (Köppen), clima seco definido, temperatura média anual de 21,6 °C, umidade relativa média de 70%, com extremos de 77% em fevereiro e 59% em agosto e média pluvial é próxima de 1.344 mm, e

outra no município de Macatuba-SP, com as seguintes características: latitude 22° 30' 08''S e longitude 48° 42' 41''W numa altitude de 515 m, clima predominante da região é o Aw (Köppen), clima quente com inverno seco, temperatura média anual de oscilando entre 21 °C a 25 °C e média pluvial é próxima de 1.244 mm e em duas áreas pertencentes ao Grupo Tereos / Usina Guarani S/A / Unidade Cruz Alta, ambas no município de Olímpia-SP, com as seguintes características: latitude 20° 46' 96''S e longitude 49° 49' 15''W numa altitude de 506 m, clima predominante da região é o CWA (Köppen), temperatura média anual de 23,4 °C e média pluvial é próxima de 1.285 mm.

A área onde foram conduzidos os experimentos em início de safra, pertencente ao GRUPO RAÍZEN (Usina da Barra), no município de Igarapé do Tietê-SP, possui as seguintes características: solo classificado como Latossolo roxo eutrófico, textura argilosa, com ambiente de produção classificado como A. Os experimentos conduzidos em final de safra, instalados em área pertencente ao GRUPO RAÍZEN (Usina da Barra), no município de Macatuba-SP, possui as seguintes características: solo classificado como Latossolo roxo eutrófico, textura argilosa, com ambiente de produção classificado como A.

Os experimentos conduzidos em início de safra, em área pertencente ao GRUPO TEREOS (Usina Guarani), situada no município de Olímpia, São Paulo, possui as seguintes características: solo classificado como Argissolo vermelho-amarelo eutrófico, textura média/argilosa, com ambiente de produção classificado como B. Os experimentos conduzidos em final de safra, em área pertencente ao GRUPO TEREOS (Usina Guarani), situada no município de Olímpia, São Paulo, possui as seguintes características: solo classificado como Argissolo vermelho-amarelo distrófico, textura média, com ambiente de produção classificado como C.

Na Tabela 1 encontram-se os resultados das análises químicas de solo para as profundidades de 0-0,25 m e 0,25-0,50 m, referente às áreas pertencentes ao Grupo RAÍZEN - Unidade Barra, nos municípios de Igarapé do Tietê (SP) e Macatuba (SP).

Tabela 1. Atributos químicos do solo antes da implantação dos experimentos do Grupo Raízen / Usina da Barra / Unidade Barra, nos município de Igaracú do Tietê-SP, início de safra, 2009 e Macatuba, final de safra, 2008.

Prof.	pH (CaCl ₂)	M.O.	P _{resina}	K	Ca	Mg	H+Al	B	V
Igaracú do Tietê - Início de safra 2009									
(m)		(g dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)	----(mmol _c dm ⁻³)	---	(mg dm ⁻³)	(%)		
0 - 0,25	5,0	29	18	11,3	41	13	52	0,17	55
0,25-0,50	5,3	22	16	6,9	43	10	34	0,08	63
Macatuba - Final de safra 2008									
0 - 0,25	5,9	28	7	1,4	36	15	22	0,09	70
0,25-0,50	5,7	19	5	0,7	29	11	28	0,07	58

Na Tabela 2 encontram-se os resultados da análise química do solo para as profundidades de 0-0,25 m e 0,25-0,50 m, referente às áreas pertencentes ao Grupo TEREOS / Usina Guarani / Unidade Cruz Alta, município de Olímpia (SP).

Tabela 2. Atributos químicos do solo antes da implantação dos experimentos no Grupo Tereos (Usina Guarani), no município de Olímpia-SP, início e final de safra, 2008.

Prof.	pH (CaCl ₂)	M.O.	P _{resina}	K	Ca	Mg	H+Al	B	V
Olímpia - Início de safra 2008									
(m)		(g dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)	----(mmol _c dm ⁻³)	---	(mg dm ⁻³)	(%)		
0 - 0,25	6,0	13	17	2,0	16	4	12	0,20	65
0,25-0,50	6,1	10	9	1,3	24	5	14	0,13	68
Olímpia - Final de safra 2008									
0 - 0,25	5,9	14	16	2,2	14	6	15	0,17	60
0,25-0,50	5,8	12	12	1,8	21	7	18	0,15	62

Os dados climáticos foram registrados durante todo o ciclo da cultura. Na Figura 1 estão contidos os dados de precipitação pluvial e temperaturas (máxima, mínima e média), registrados durante a condução dos experimentos na Estação Meteorológica do Grupo Raízen / Usina da Barra S/A Açúcar e Álcool / Unidade Barra, município de Igaracú do Tietê, SP. Na Figura 2, os dados meteorológicos referentes aos experimentos realizados no Grupo Tereos / Usina Guarani S/A / Unidade Cruz Alta, no município de Olímpia/SP.

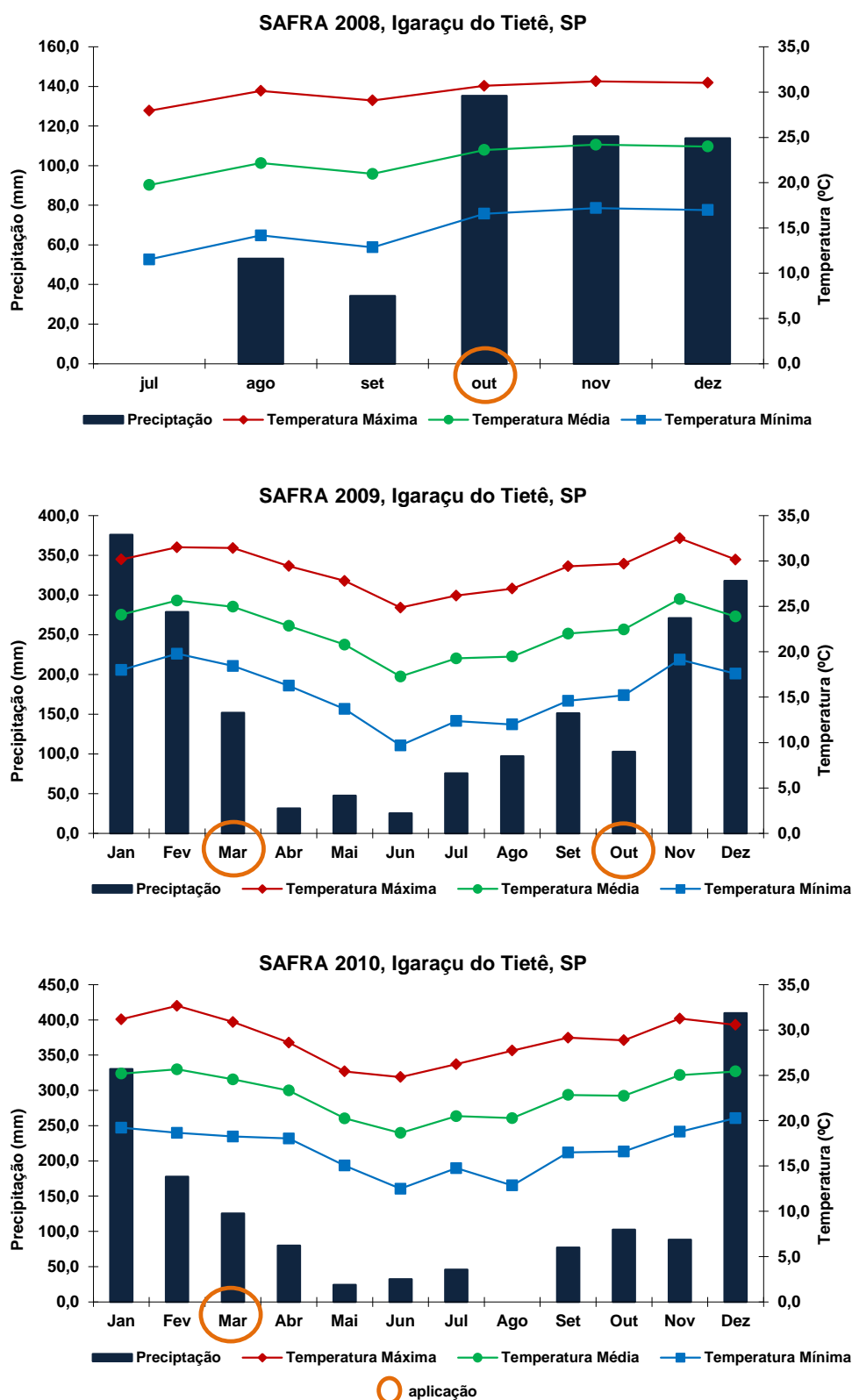


Figura 1. Precipitação pluvial (mm mês^{-1}) e temperaturas máxima, média e mínima registrados na Estação Meteorológica da Fazenda Bosque, Usina da Barra, Grupo Raízen, Igarauçu do Tietê (SP).

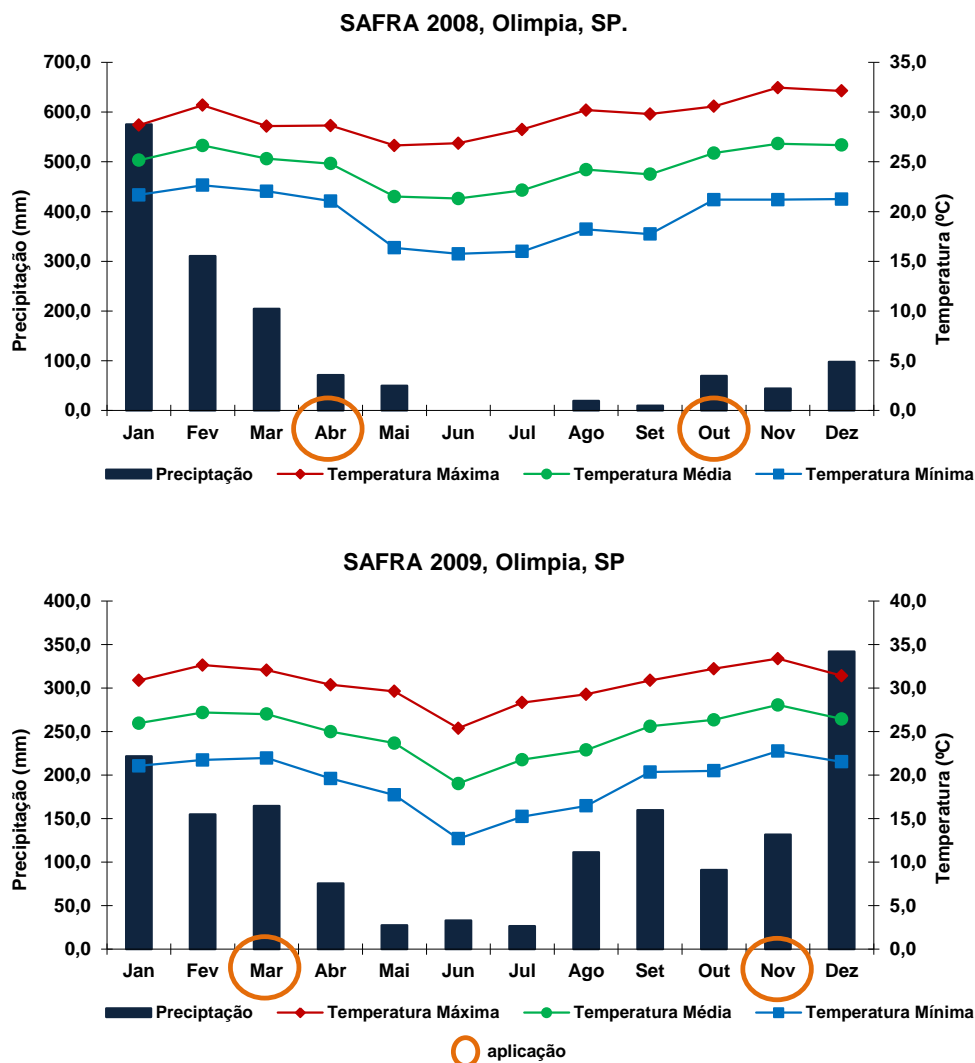


Figura 2. Precipitação pluvial (mm mês⁻¹) e temperaturas máxima, média e mínima registrados na Usina Guarani, Grupo Tereos, Olímpia (SP).

5.2 Caracterização das variedades utilizadas

Os experimentos foram conduzidos em início e final de safra, por dois anos agrícolas consecutivos. Assim, em ambos os locais foi utilizada a variedade RB855453 (maturação precoce), nos experimentos de início de safra e, para os experimentos de final de safra, foi utilizada a variedade SP80-3280 (maturação tardia), na área pertencente ao Grupo Raizen (Usina da Barra/Unidade Barra) e a variedade RB867515 (maturação tardia) na área pertencente ao Grupo Tereos (Usina Guarani/Unidade Cruz Alta).

A variedade RB855453 caracteriza-se por apresentar média produtividade de colmos, altíssimo teor de sacarose com alta precocidade de maturação, média exigência em fertilidade de solos, com boa brotação de soqueira e bom perfilhamento, touceiras eretas, florescimento intenso e chochamento médio (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, 1998).

A variedade SP80-3280 tem como características alto teor de sacarose e produtividade em soqueira, maturação média para tardia, média exigência em fertilidade de solos, boa brotação de soqueiras, floresce, no entanto apresenta pouco chochamento, além de um perfilhamento intermediário (COOPERATIVA DE PRODUTORES DE CANA, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1997).

A variedade RB867515 tem como características alta produtividade agroindustrial e boa produtividade em soqueira, maturação média para tardia, baixa exigência em fertilidade de solos, boa brotação de soqueiras, florescimento eventual, com médio chochamento, além de baixa intensidade de perfilhamento (UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA, 2001).

5.3 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com cinco repetições. As parcelas foram constituídas de 8 linhas de 10 metros de comprimento com espaçamento entrelinhas de 1,5 metros, considerando-se 02 linhas de bordadura e 06 linhas de área útil, desprezando-se 1 metro na extremidade de cada linha de plantas.

Cada experimento foi constituído de 4 tratamentos (1- controle (maturação natural), 2- B, 3- maturador e 4- maturador + B).

A aplicação e a dosagem dos produtos seguiram as especificações recomendadas pelos fabricantes. Assim, as doses empregadas foram as seguintes: sulfometuron metil 0,15g i.a. ha⁻¹ (produto comercial Curavial, dose 20 g p.c. ha⁻¹), etil-trinexapac 200 g i.a. ha⁻¹ (produto comercial Moddus, dose 0,8 L p.c. ha⁻¹) e etefon 720 g i.a. ha⁻¹ (produto comercial Ethrel 720, dose 0,66 L p.c. ha⁻¹). Quanto ao B, a dose empregada foi de 180 g ha⁻¹ (1060 g ácido bórico ha⁻¹).

5.4 Instalação e condução dos experimentos

Os experimentos foram conduzidos em cana soca de áreas comerciais e foram submetidos aos tratamentos culturais de rotina das empresas envolvidas. Os ensaios foram instalados e conduzidos por anos sucessivos nas mesmas localidades e seguindo a mesma sequência de parcelas nas áreas.

Para a aplicação dos tratamentos utilizou-se equipamento costal pressurizado (CO_2). A barra possui 3 m de comprimento, em forma de T, com seis bicos AXI 11002 amarelo plástico, possibilitando a aplicação simultânea em duas linhas (Figura 3). A pressão de trabalho foi de 50 PSI para a vazão de 100 L ha^{-1} .



Figura 3. Barra utilizada para aplicação de boro e maturadores.

As datas de plantio, aplicação dos tratamentos e da colheita dos experimentos estão contidos na Tabela 3.

Tabela 3. Datas de plantio, aplicação dos tratamentos e colheita.

	Igaraçu do Tietê		Olímpia	
	Grupo Raízen – Unidade Barra		Grupo Tereos – Unidade Cruz Alta	
	Início de safra			
Plantio	20/03/2006		21/01/2006	
	1° ano	2° ano	1° ano	2° ano
Aplicação de B	23/03/2009	18/03/2010	10/04/2008	25/03/2009
Aplicação dos maturadores	24/03/2009	19/03/2010	11/04/2008	26/03/2009
Colheita	04/06/2009	19/05/2010	10/06/2008	28/05/2009
	Final de safra			
Plantio	20/11/2004		15/10/2006	
	1° ano	2° ano	1° ano	2° ano
Aplicação de B	23/10/2008	14/10/2009	27/10/2008	02/11/2009
Aplicação dos maturadores	24/10/2008	15/10/2009	28/10/2008	03/11/2009
Colheita	02/12/2008	02/12/2009	04/12/2008	17/12/2009

5.5 Avaliações experimentais

5.5.1 Altura de colmos

Foram definidas, dentro da área útil das parcelas, duas linhas de plantas e, dentro destas, 1 m aleatório para as avaliações de altura.

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

As avaliações foram realizadas na implantação do experimento e na colheita, aos 60 dias após aplicação (DAA) para os experimentos em início de safra e aos 45 DAA para os experimentos em final de safra.

5.5.2 Teor de B em folhas de cana-de-açúcar

A análise do teor de B foi realizada em folhas de cana-de-açúcar, na primeira folha da haste ou barbela da bainha conhecida como folha TVD (Top Visible Dewlap), ou folha +1 (Kuijper), desprezando-se a nervura central, com uso somente do terço médio das folhas, adotando-se o seguinte procedimento: após a coleta das folhas, as mesmas foram acondicionadas em sacos plásticos sob baixa temperatura e antecedendo a análise realizou-se a lavagem em água corrente e acondicionamento do material vegetal em sacos de papel, os quais foram dispostos em estufa de circulação forçada de ar à 60 °C até atingirem peso constante e, em seguida o material foi moído em equipamento dotado de peneira com crivo de 1 mm. As análises nutricionais foram realizadas no Laboratório de Relação Solo-Planta do Departamento de Produção Vegetal (Agricultura) (FCA/UNESP).

As amostragens foram feitas no momento de instalação do experimento (aplicação dos tratamentos) e posteriormente aos 7, 15 e 30 DAA, tanto para os experimentos em início de safra quanto em final de safra.

O método por colorimetria pela azometina H foi utilizado para determinação de B no tecido vegetal da cana-de-açúcar, conforme Malavolta et al. (1997). A quantidade de 0,2 g de amostra foi transferida para cadinho de porcelana e incinerada em forno elétrico a 550°C por 3 horas e, após o esfriamento, adicionou-se 10 mL de HCl 0,1N para dissolução da cinza, com transferência do extrato para tubo de ensaio seguido do repouso por 24 horas. A alíquota de 2 mL do extrato foi retirada, adicionando-se 2 mL de solução tampão (ácido acético glacial), procedeu-se a homogeneização e adicionou-se 2 mL de azometina H 0,45 seguido de agitação. A solução (amostra) foi transferida para tubo colorimétrico após 30 minutos em repouso e realizou-se a leitura com filtro azul no comprimento de onda de 420 nm, acertando o zero no espectrofotômetro de emissão atômica com HCl 0,1N.

5.5.3 Atividade das enzimas invertases ácida solúvel (SAI) e neutra (NI) em caldo de cana-de-açúcar

Nesta avaliação os colmos inseridos na área útil das parcelas foram coletados, submetidos ao desponte na altura da gema apical e seccionados, separando o

terço superior do restante do colmo. Após a moagem de cada uma destas partes separadamente para extração do caldo bruto e o caldo foi armazenado a -80°C até o momento das determinações. As amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Análises Bioquímicas do Departamento de Química e Bioquímica do Instituto de Biociências (IB/UNESP), onde foram realizadas as determinações bioquímicas referentes às enzimas SAI e NI.

Devido à grande distância entre as áreas experimentais dos experimentos realizados no Grupo Tereos e do Laboratório de Análises Bioquímicas, bem como da dificuldade de logística das amostras, as avaliações das enzimas SAI e NI foram realizadas somente nos experimentos do Grupo Raízen.

As amostragens foram realizadas no momento de instalação do experimento e posteriormente aos 30 DAA e 60 DAA, somente nos experimentos conduzidos nas áreas pertencentes ao grupo Raízen, tanto em início de safra quanto em final de safra.

A metodologia para determinação das atividades da SAI e da NI em caldo de cana foi adaptada de Nelson (1944), Hatch et al. (1963), Ricardo & ap Rees (1970), Bradford (1976), Vieira (1983) e Albertson et al. (2001).

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

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

b) Reação para invertase neutra (NI): em tubos de ensaio foram pipetados 1,25 ml do extrato, 6,25 ml do tampão fosfato de sódio (pH 7,5) e 2,5 ml sacarose 200mM; em seguida foram colocados em um banho Maria a uma temperatura de 37°C por 30 minutos; após esse tempo foi tirado do banho e acrescentado 1 ml do reativo de Somogy; foi colocado novamente no banho Maria por mais 10 minutos a 37°C; passado esse tempo, foi retirado do banho e acrescentado 1 ml do reativo de Nelson; em seguida foi feita a leitura no espectrofotômetro a 530nm.

5.5.4 Variáveis tecnológicas

Foram definidas, dentro da área útil das parcelas, duas linhas de plantas e, dentro destas, 1 m aleatório para as avaliações tecnológicas. Os colmos inseridos neste 1 m de linha foram coletados, submetidos ao desponte na altura da gema apical e encaminhados para o Laboratório de Bebidas do Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial da FCA/UNESP, Câmpus de Botucatu, onde foram realizadas as determinações tecnológicas conforme o Sistema de Pagamento de Cana pelo Teor de Sacarose (SPCTS) e atualizações semestrais da CONSECANA, segundo descrito em Fernandes (2003).

As amostragens foram realizadas no momento de instalação do experimento e posteriormente a cada 15 dias até o momento da colheita, sendo 60 DAA para os experimentos em início de safra e 45 DAA para os experimentos em final de safra.

Foram realizadas as seguintes determinações:

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

Obtida através da fórmula $PCC (Pol \% cana) = Pol \% caldo * (1 - 0,01 * Fibra) * C$, onde C = coeficiente de transformação da pol do caldo extraído em pol

do caldo absoluto, calculado pela equação $C = 1,0313 - 0,00575 * \text{Fibra}$. A Pol % caldo refere-se à sacarose aparente por cento do caldo e foi determinada em sacarímetro digital automático.

Pureza do caldo (%): A pureza reflete a porcentagem de sacarose contida nos sólidos solúveis, sendo denominada “pureza real”, entretanto quando esta determinação é realizada numa solução açucarada impura, diz-se “pureza aparente”. A pureza expressa quantos por cento dos sólidos solúveis (°Brix) são representados pela sacarose (pol) (FERNANDES, 2003).

Determinada através do emprego da fórmula, $P (\text{Pureza}) = (\text{Pol \% caldo} / \text{Brix \% caldo}) \times 100$. O Brix % caldo refere-se aos sólidos solúveis por cento do caldo e foi determinado em refratômetro digital de leitura automática.

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

O teor de AR foi calculado pela equação $\text{ARC} (\text{AR \% cana}) = \text{AR \% caldo} * (1 - 0,01 * \text{Fibra}) * C$, onde C foi descrito anteriormente. O AR % caldo refere-se aos açúcares redutores por cento caldo, expresso em glicose, e dosados pelo cálculo $\text{AR \% caldo} = 3,641 - 0,0343 * Q$, onde Q refere-se à Pureza do caldo expressa em porcentagem.

Fibra cana (%): A fibra é a matéria insolúvel em água contida na cana. No colmo de cana, as fibras do parênquima são de estrutura mais frágil e fina, e formam as células isodiamétricas de estocagem do caldo de alto teor de sacarose

(FERNANDES, 2003). No sistema de pagamento de cana pelo teor de sacarose (PCTS) a fibra é estimada em função do peso de bagaço úmido da prensa.

O teor de fibra foi determinado pelo método da prensa hidráulica, conforme determinado no Ato 13/83, de 21/04/1983 – IAA, citado por Mutton (1984) e atualizações semestrais do CONSECANA.

5.5.5 Produtividade de colmos (TCH) e de açúcar (TAH)

Foram definidas, dentro da área útil das parcelas, duas linhas de plantas e, dentro destas, 1 m aleatório para as avaliações de massa do colmo. As amostragens foram realizadas no momento de instalação do experimento e posteriormente a cada 15 dias até o momento da colheita, sendo 60 DAA para os experimentos em início de safra e 45 DAA para os experimentos em final de safra.

Na colheita dos experimentos, com célula de carga, realizou-se a pesagem dos colmos nos 5 sulcos centrais na área útil de cada parcela, sendo a massa determinada em 50 m de linha e extrapolada para a obtenção da produtividade em toneladas de cana por hectare (TCH) e, em seguida, incluindo os valores mensurados para a massa de colmos, determinou-se a TCH para cada época de amostragem.

Com base nos parâmetros TCH e na curva de maturação (pol cana) calculou-se a produtividade de açúcar em tonelada de açúcar por hectare (TAH) para cada época de amostragem.

5.5.6 Rebrotas e teor de lignina e celulose na soqueira

A rebrota foi avaliada por meio da contagem do número de brotos, sendo determinada em 10 metros de linha de cada parcela (área útil) e, posteriormente, calculou-se o número de brotos por metro, aos 80 DAC (dias após a colheita) do experimento. No mesmo dia, foi realizada a coleta do material vegetal (parte aérea) da rebrota da soqueira, aleatoriamente em 10 plantas por parcela, para determinação do teor de lignina.

As folhas foram colocadas para secar em estufa de circulação forçada a 60°C por 72 horas. Posteriormente, as folhas foram moídas em moinhos de rotor circular com facas (Marconi MA340) e, em seguida, realizaram-se as análises dos teores de lignina e celulose pelo procedimento lignina detergente ácido (LDA) preconizado por Soest (1963).

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

5.6 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância usando o software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2008), considerando os seguintes fatores: bloco, dias após aplicação (DAA), tratamentos (controle, B, maturador e maturador + B), experimento (local e ano) e as interações.

Para o fator DAA, os dados foram ajustados a equações matemáticas a 10% de significância pelo teste F. Para os fatores tratamento e experimento os dados foram submetidos a comparação de médias pelo teste t (LSD) a 10% de significância. Para o fator DAA, com menos de quatro níveis, os dados foram submetidos a comparação de médias pelo teste t (LSD) a 10% de significância.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Aplicação de Boro e Etil-trinexapac na pré-colheita da cana-de-açúcar

6.1.1 Início de safra

6.1.1.1 Teor de boro em folhas de cana-de-açúcar

O teor de B foi influenciado pelos tratamentos (T), pelo DAA, bem como pela interação DAA x T, porém não houve efeito dos experimentos e das interações com este fator (Tabela 4).

Tabela 4. Análise de variância do teor de boro em folhas (folha +1) de cana-de-açúcar em função da aplicação de boro e etil-trinexapac na pré-colheita da cana-de-açúcar em início de safra.

	<u>ANAVA (Probabilidade de F)</u>
Bloco	0,3537
DAA	< 0,0001
Tratamento (T)	< 0,0001
Experimento (E)	0,2649
DAA x T	0,0039
DAA x E	0,9473
T x E	0,5083
T x DAA x E	0,9481

A aplicação de B, isolado ou associado ao etil-trinexapac, proporcionou aumento do teor foliar, cujos valores foram estatisticamente superiores em

comparação aos tratamentos caracterizados pela ausência do uso do micronutriente (controle e etil-trinexapac aplicado isoladamente) e os resultados foram ajustados a modelos quadráticos (Figura 4).

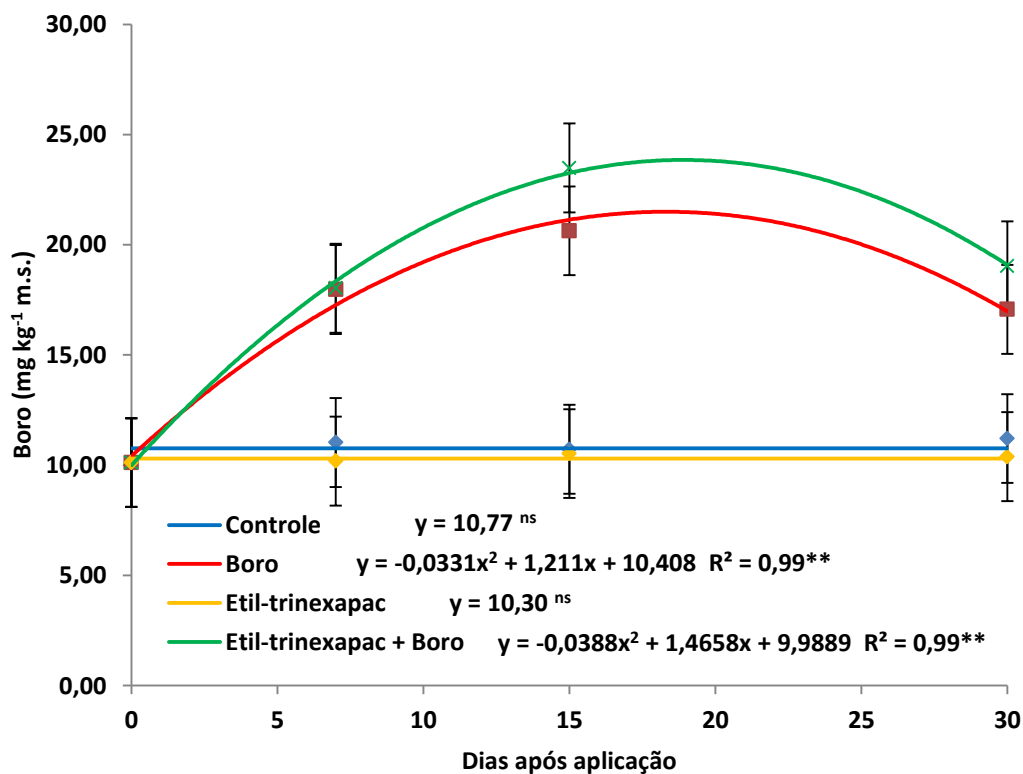


Figura 4. Teor de boro em folhas (+1), em função da aplicação de boro e etil-trinexapac na pré-colheita da cana-de-açúcar em início de safra. Variedade RB855453, Raízen soca 3^o/4^o corte e Tereos soca 2^o/3^o corte. Média de 2 locais e 2 anos de experimentação. ^{ns} não significativo e ^{**} significativo a 5% pelo teste t (LSD).

O ponto de máximo acúmulo do micronutriente foi de 21,5 mg kg⁻¹ e 23,8 mg kg⁻¹ aos 18 e 19 DAA, respectivamente, para o B e etil-trinexapac + B. Para os tratamentos etil-trinexapac e controle o teor médio de B foi 10,54 mg kg⁻¹ (Figura 4).

Nos tratamentos que não receberam a aplicação de B, os teores estavam abaixo do nível adequado, entretanto a aplicação foliar do micronutriente, isolado ou associado etil-trinexapac, mostrou-se eficiente em elevar os teores do elemento para o nível adequado (10 a 30 mg kg⁻¹), segundo Raij et al. (1996).

A absorção de B é um processo não metabólico e controlado pela formação de complexos de B não trocáveis no citoplasma e parede celular (BROWN et al., 1992), no entanto outros mecanismos de transporte transmembrana podem estar envolvidos

em sua absorção. Pode ocorrer pela entrada facilitada do ácido bórico através de canais iônicos e, em baixo suprimento de B, através de transportadores dependentes de energia (DORDAS; BROWN, 2000). A propriedade do ácido bórico em formar complexos com moléculas orgânicas, como açúcares e seus derivados (açúcar álcoois sorbitol, manitol, glicerol, ribose, apiose e frutose), fenóis, ácidos orgânicos e alguns polímeros, no citoplasma ou na parede celular, pode influenciar a absorção de B (HU et al., 1997; LOOMIS; DURST, 1992, RAVEN, 1980).

6.1.1.2 Altura de colmos

A análise conjunta dos resultados de altura de colmos (Tabela 5) aponta que houve efeito de DAA, tratamentos (T), experimentos (E) e da interação DAA x T.

Nos experimentos do Grupo Raízen houve influência dos tratamentos na safra 2009 (Tabela 5), onde houve paralisação do crescimento das plantas mediante aplicação de etil-trinexapac, aplicado isoladamente ou em associação ao B. As plantas do tratamento controle e as tratadas com B mantiveram o processo de crescimento em altura e aos 60 DAA, o tratamento com B proporcionou plantas mais altas quando comparado ao etil-trinexapac, aplicado isoladamente ou em associação ao B.

Na safra 2010 da Raízen, as plantas do tratamento controle e as tratadas com etefon, aplicado isoladamente ou em associação ao B, sofreram paralisação em seu crescimento, porém o tratamento com B permitiu às plantas continuarem seu desenvolvimento em altura proporcionando plantas significativamente mais altas quando comparadas às plantas do tratamento com etil-trinexapac + B (Tabela 5).

No experimento do Grupo Tereos, safra 2008 (Tabela 5), não houve paralisação do crescimento das plantas e tanto as plantas controle quanto as tratadas mantiveram seu desenvolvimento natural, porém, aos 60 DAA, o tratamento com etil-trinexapac + B proporcionou maior altura das plantas em relação ao etil-trinexapac aplicado isoladamente e ao controle.

Tabela 5. Altura de colmos de cana-de-açúcar, em função da aplicação de boro e etil-trinexapac na pré-colheita da cana-de-açúcar em início de safra.

Altura de plantas (m)				
Tratamentos	Raízen*			
	Safra 2009		Safra 2010	
	0 DAA	60 DAA	0 DAA	60 DAA
Controle	2,27 aB	2,52 abA	2,30 aA	2,42 abA
Boro	2,27 aB	2,55 aA	2,30 aB	2,53 aA
Etil-trinexapac	2,27 aA	2,36 bA	2,30 aA	2,44 abA
Etil-trinexapac + Boro	2,27 aA	2,29 bA	2,30 aA	2,30 bA
Tereos*				
	Safra 2008		Safra 2009	
	0 DAA	60 DAA	0 DAA	60 DAA
Controle	2,56 aB	2,81 bA	2,09 aB	2,31 abA
Boro	2,56 aB	2,84 abA	2,09 aB	2,36 aA
Etil-trinexapac	2,56 aB	2,78 bA	2,09 aA	2,12 bA
Etil-trinexapac + Boro	2,56 aB	2,98 aA	2,09 aB	2,34 aA
ANAVA (Probabilidade de F)				
Bloco	0,2105			
Dias após aplicação (DAA)	< 0,0001			
Tratamento (T)	0,0605			
Experimento (E)	< 0,0001			
DAA x T	0,0615			
DAA x E	0,2305			
T x E	0,6897			
T x DAA x E	0,6893			

* Variedade RB855453

Médias seguidas de letras iguais, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste t (LSD) a 10% de probabilidade.

Na safra 2009 da Tereos, houve paralisação do crescimento das plantas mediante aplicação de etil-trinexapac e aos 60 DAA este tratamento proporcionou as menores alturas de plantas comparadas às plantas tratadas com B, isolado ou em mistura ao etil-trinexapac (Tabela 5).

6.1.1.3 Atividade das enzimas invertases ácida solúvel (SAI) e neutra (NI) em caldo de cana-de-açúcar

A atividade da SAI e da NI (Tabela 6) não foi influenciada pelos tratamentos (T) ou pelas interações com este fator, porém houve influência dos experimentos (E), das diferentes épocas de amostragem (DAA), e a interação entre estes dois fatores foi significativa.

Tabela 6. Atividade das enzimas invertases ácida (SAI) e neutra (NI) do caldo de cana-de-açúcar, em função da aplicação de boro e etil-trinexapac na pré-colheita da cana-de-açúcar em início de safra.

Atividade de invertases ácida e neutra*						
Tratamentos	SAI (ug glicose g material fresca⁻¹)					
	Safra 2009			Safra 2010		
	0 DAA	30 DAA	60 DAA	0 DAA	30 DAA	60 DAA
Controle	90,9 aA	42,0 bC	62,8 bB	52,8 aA	52,4 aA	55,1 aA
Boro	90,9 aA	55,0 aC	65,1 abB	52,8 aAB	50,1 aB	57,8 aA
Etil-trinexapac	90,9 aA	49,8 abC	70,7 aB	52,8 aA	54,3 aA	57,0 aA
Etil-trin. + Boro	90,9 aA	45,4 bC	69,0 abB	52,8 aA	54,5 aA	54,8 aA
NI (ug glicose g material fresca⁻¹)						
Controle	60,2 aA	39,9 aB	58,2 aA	45,7 aA	43,9 aA	46,2 aA
Boro	60,2 aA	44,2 aB	55,3 aA	45,7 aB	46,0 aAB	52,5 aA
Etil-trinexapac	60,2 aA	38,1 aB	62,4 aA	45,7 aA	46,3 aA	52,0 aA
Etil-trin. + Boro	60,2 aA	41,6 aB	56,1 aA	45,7 aA	52,1 aA	49,2 aA
ANAVA (Probabilidade de F)						
	SAI			NI		
Bloco	0,2970			0,1910		
DAA	< 0,0001			< 0,0001		
Tratamento (T)	0,4336			0,8766		
Experimento (E)	< 0,0001			0,0001		
DAA x T	0,9368			0,6717		
DAA x E	< 0,0001			< 0,0001		
T x E	0,6271			0,8070		
T x DAA x E	0,3893			0,8702		

* Variedade RB855453. Avaliações realizadas somente nos experimentos do Grupo Raízen. Médias seguidas de letras iguais, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste t (LSD) a 10% de probabilidade.

Na safra 2009 houve diminuição acentuada dos níveis de atividade da SAI aos 30 DAA e posterior incremento aos 60 DAA para todos os tratamentos, enquanto na safra 2010 os níveis permaneceram constantes até a última avaliação. Esta queda dos níveis da SAI, aos 30 DAA na safra 2009, pode ter ocorrido devido à maturação natural da cana-de-açúcar decorrente das condições climáticas do local (Figura 1), onde ocorreu queda acentuada da precipitação e da temperatura a partir do mês em que o experimento foi instalado (Tabela 6).

A maturação da cana-de-açúcar está associada à paralisação ou retardamento do crescimento das plantas, onde ocorre diminuição da atividade da SAI, sinalizando que a planta diminuiu o processo de degradação da sacarose em glicose e frutose para manutenção do metabolismo de crescimento e passou a acumular sacarose.

Com relação à NI (Tabela 6), o comportamento foi similar ao da SAI nas duas safras de experimentação, onde na safra 2009 observou-se queda dos níveis de atividade aos 30 DAA com posterior incremento aos 60 DAA, enquanto na safra 2010 os níveis permaneceram constantes da primeira a última avaliação.

6.1.1.4 Variáveis tecnológicas (pol, pureza, fibra e AR)

A análise de variância das variáveis tecnológicas (Tabela 7) revelou interação significativa para DAA x T de todos os parâmetros avaliados, com exceção ao teor de AR. Todos os parâmetros tecnológicos apresentaram diferença significativa com relação às diferentes épocas de amostragem (DAA) e somente o teor de pol foi influenciado pela aplicação dos tratamentos (T).

Tabela 7. Análise de variância dos parâmetros tecnológicos do caldo de cana-de-açúcar em função da aplicação de boro e etil-trinexapac na pré-colheita da cana-de-açúcar em início de safra.

	ANAVA (Probabilidade de F)			
	Pol	Pureza	Fibra	AR
Bloco	0,2826	0,2367	0,3092	0,1652
Dias após aplicação (DAA)	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Tratamento (T)	< 0,0001	0,4526	0,5458	0,2181
Experimento (E)	0,1348	0,1853	0,1442	0,1418
DAA x T	0,0001	0,1007	0,1019	0,3303
DAA x E	0,1763	0,1641	0,1278	0,1863
T x E	0,2869	0,3164	0,2964	0,3044
T x DAA x E	0,8032	0,8396	0,9635	0,7814

O teor de pol foi influenciado significativamente pela aplicação dos tratamentos, com os resultados ajustados a modelos quadráticos, com exceção ao tratamento controle, que foi ajustado a modelo linear crescente (Figura 5).

As plantas do tratamento controle atingiram o teor de pol de 13%, mínimo adequado para a indústria, aos 32 DAA, enquanto as plantas tratadas com B, etil-trinexapac + B e etil-trinexapac atingiram os 13% de pol aos 14, 16 e 17 DAA, o que representa antecipação da maturação em 18, 16 e 15 dias, respectivamente (Figura 5).

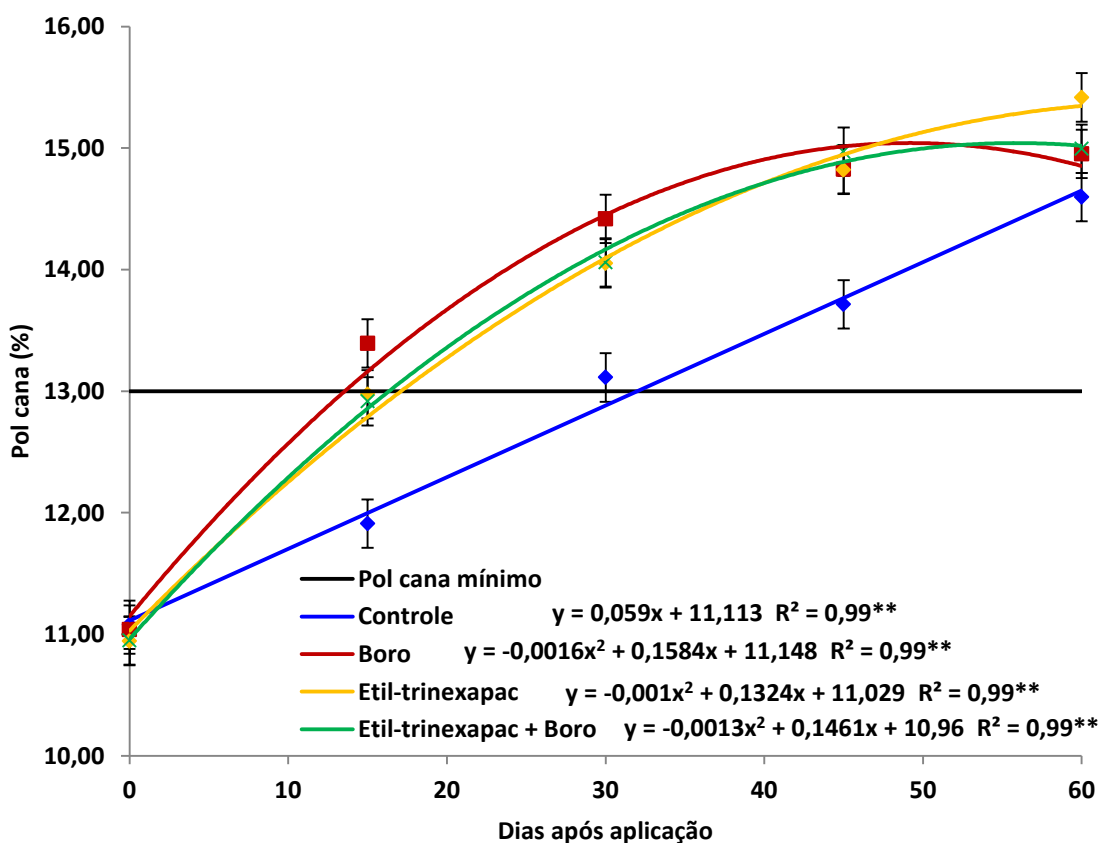


Figura 5. Pol cana (%), em função da aplicação de boro e etil-trinexapac na pré-colheita da cana-de-açúcar em início de safra. Variedade RB855453, Raízen soca 3º/4º corte e Tereos soca 2º/3º corte. Média de 2 locais e 2 anos de experimentação. ** significativo a 5% pelo teste t (LSD).

Aos 15, 30 e 45 DAA os tratamentos proporcionaram teor de pol significativamente superior ao controle, porém não houve diferença entre os tratamentos com B, etil-trinexapac e etil-trinexapac + B. Aos 60 DAA o tratamento com etil-trinexapac, isolado ou em associação ao B, proporcionou pol superior ao controle. O incremento de pol dos tratamentos em relação ao controle aos 32 DAA chegou a 1,6% para o tratamento com B, 1,3% para o etil-trinexapac + B e 1,2% para o etil-trinexapac, o que representa, em média, 11% de ganho de pol dos tratamentos em relação ao controle (Figura 5).

Mesmo havendo queda da precipitação e da temperatura nos meses subsequentes à aplicação dos tratamentos, nas duas áreas em que os experimentos foram realizados e nas duas safras de cada área (Figuras 1 e 2), o maturador etil-trinexapac proporcionou grande eficiência em antecipar a maturação e em incrementar o teor de pol das plantas, demonstrando que mesmo sob condições favoráveis à maturação, o maturador

pode representar uma ferramenta eficiente visando a melhoria da qualidade tecnológica da cana-de-açúcar e o planejamento da colheita (Figura 5).

Embora a aplicação de B tenha proporcionado efeito similar ao do maturador quanto ao teor de pol da cana-de-açúcar (Figura 5), é importante ressaltar que, em todas as áreas em que os experimentos foram conduzidos, a análise foliar demonstrou que os teores estavam abaixo e/ou próximos do nível crítico e adequado para a cultura (Figura 3). Diante disso, é possível que o nível crítico de B nas plantas possam ter afetado indiretamente o processo de fotossíntese, pela redução parcial da atividade da uracila, precursora da UDPG, responsável pela síntese de sacarose levando ao acúmulo de amido e redução na translocação de fotoassimilados (DUGGER, 1983; MORAES-DALLAQUA, 1992).

Para a pureza do caldo, todos os tratamentos proporcionaram incremento com o decorrer das épocas de amostragens, determinados por ajustes quadráticos (Figura 6).

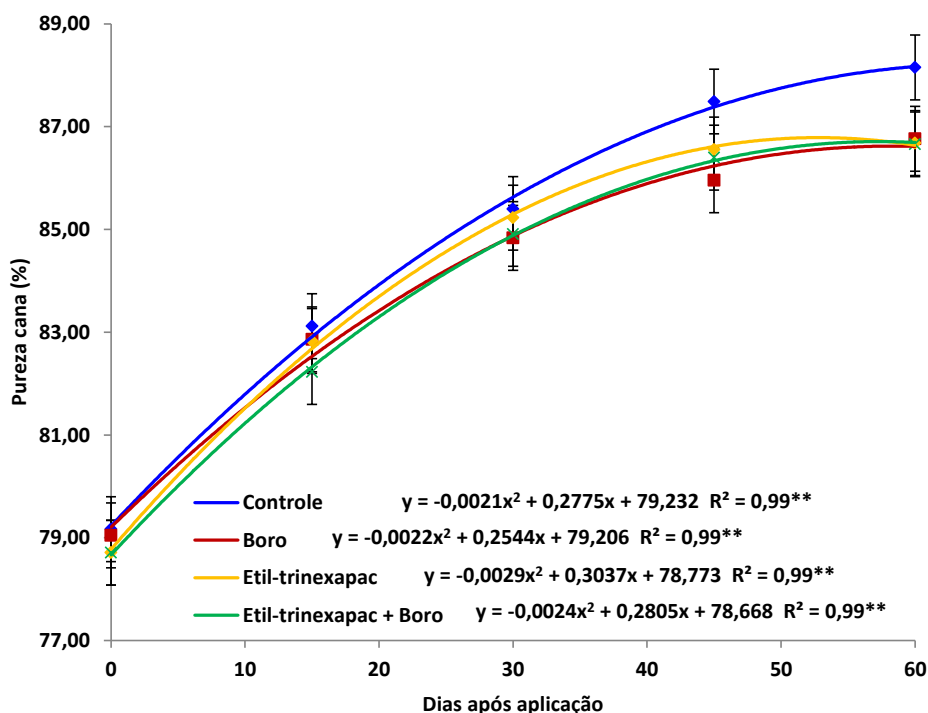


Figura 6. Pureza cana (%), em função da aplicação de boro e etil-trinexapac na pré-colheita da cana-de-açúcar em início de safra. Variedade RB855453, Raízen soca 3º/4º corte e Tereos soca 2º/3º corte. Média de 2 locais e 2 anos de experimentação. ** significativo a 5% pelo teste t (LSD).

Não houve diferença entre os tratamentos até os 30 DAA, mas a partir dos 45 DAA a pureza do caldo obtida para o controle foi significativamente superior ao tratamento com B. Contudo, para todos os tratamentos, a partir dos 30 DAA, o teor de pureza atingiu o recomendado por Ripoli e Ripoli (2004) como sendo indicador de qualidade da matéria-prima para a indústria, acima de 85% (Figura 6).

Quanto ao teor de fibra da cana-de-açúcar (Figura 7), todos os tratamentos proporcionaram incremento significativo com o decorrer das épocas de amostragem, porém para o controle, B e etil-trinexapac os resultados foram ajustados a modelos quadráticos, enquanto para o etil-trinexapac + B os resultados foram ajustados a modelo linear crescente.

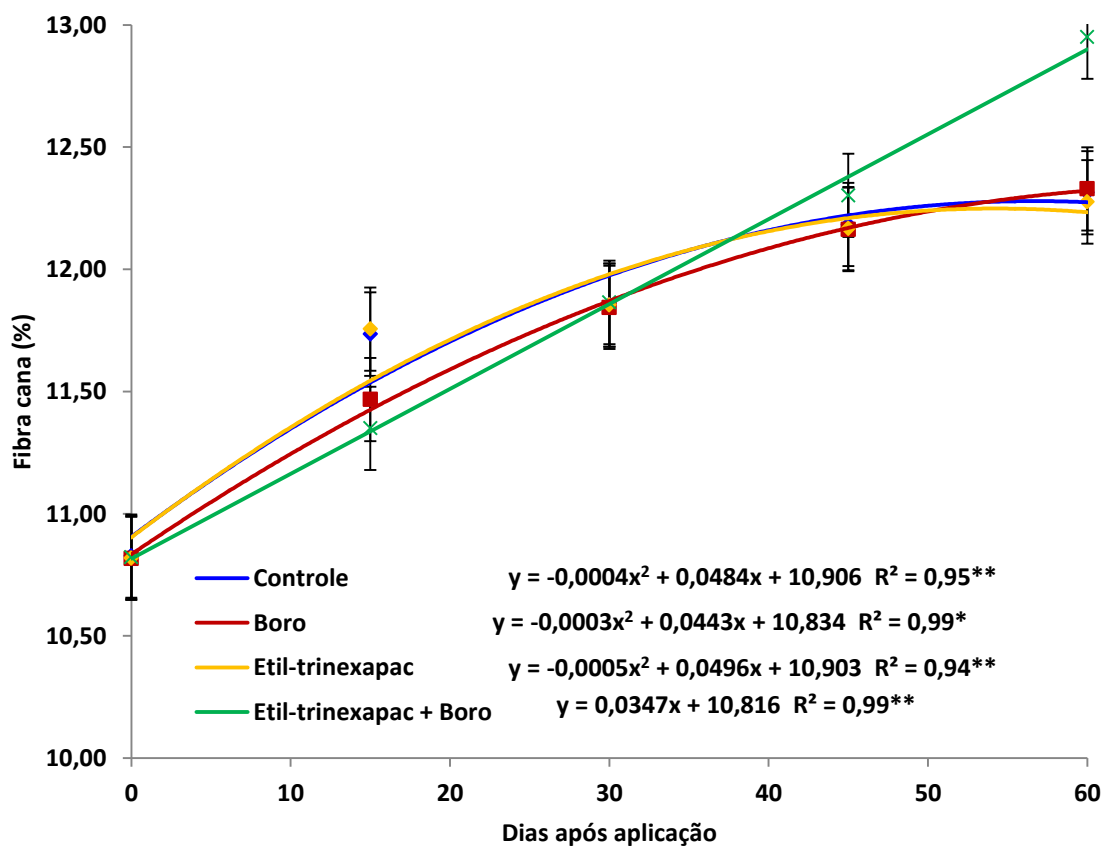


Figura 7. Fibra cana (%), em função da aplicação de boro e etil-trinexapac na pré-colheita da cana-de-açúcar em início de safra. Variedade RB855453, Raízen soca 3^o/4^o corte e Tereos soca 2^o/3^o corte. Média de 2 locais e 2 anos de experimentação. ** e * significativos a 5% e 10%, respectivamente, pelo teste t (LSD).

Aos 15 DAA o teor de fibra do tratamento com etil-trinexapac foi significativamente superior ao controle e aos 60 DAA o etil-trinexapac + B foi significativamente superior a todos os tratamentos, no entanto durante todo o período avaliado, o teor de fibra de todos os tratamentos ficou dentro do valor recomendado para a indústria, entre 11 e 13% (RIPOLI; RIPOLI, 2004) (Figura 7).

Para o teor de açúcares redutores (AR), os tratamentos proporcionaram decréscimos até a colheita da cana-de-açúcar e os resultados foram ajustados a funções quadráticas negativas (Figura 8).

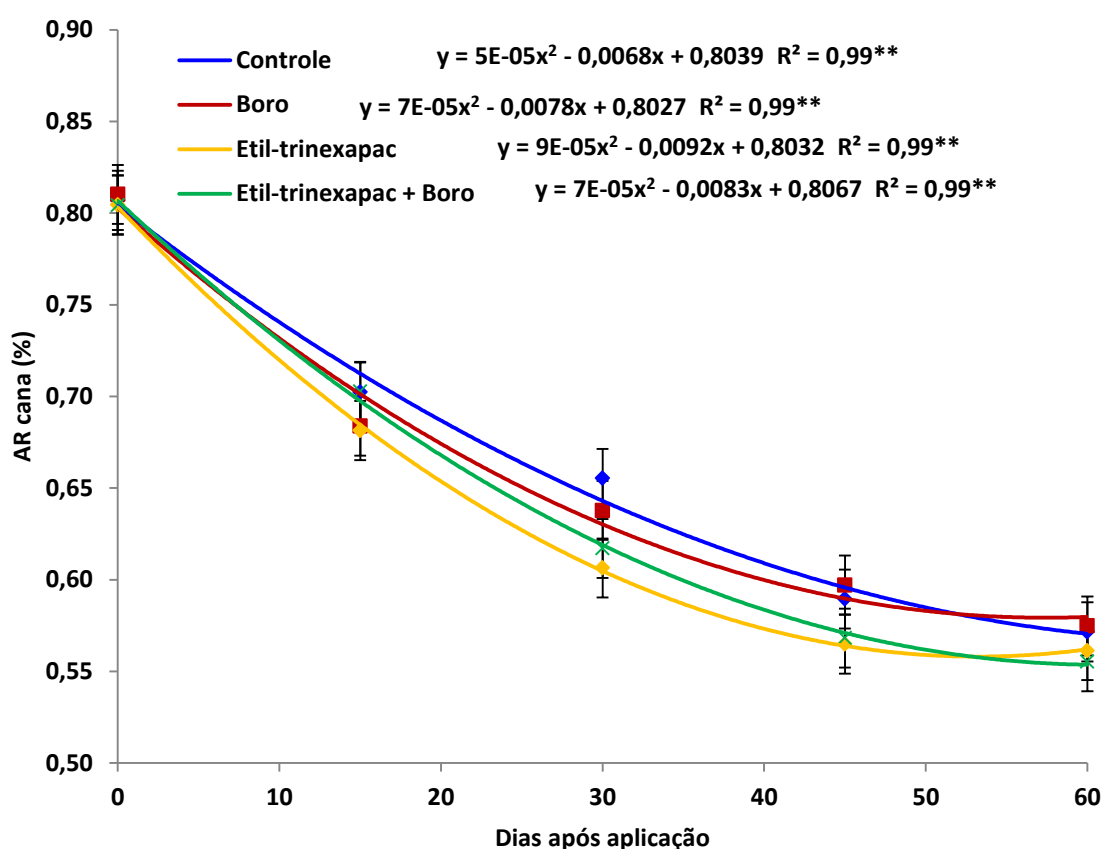


Figura 8. AR cana (%), em função da aplicação de boro e etil-trinexapac na pré-colheita da cana-de-açúcar em início de safra. Variedade RB855453, Raízen soca 3º/4º corte e Tereos soca 2º/3º corte. Média de 2 locais e 2 anos de experimentação. ** significativo a 5% pelo teste t (LSD).

É possível observar pela Figura 8 que houve diferença significativa entre os tratamentos quanto ao teor de AR somente aos 30 DAA, onde o teor obtido para o controle foi significativamente superior ao etil-trinexapac, aplicado isoladamente ou em

mistura ao B. Este resultado é inversamente proporcional ao teor de pol (Figura 5), onde o controle revelou o menor teor em relação aos demais tratamentos, indicando menor síntese de frutose e glicose em sacarose, acarretando em aumento do teor de AR na planta.

6.1.1.5 Produtividade de colmos (TCH) e de açúcar (TAH)

Não houve interação entre nenhum fator analisado para a TCH, mas os resultados foram significativos quanto ao DAA e aos experimentos (E). Para a TAH houve influência dos tratamentos (T), do DAA, dos experimentos (E) e das interações DAA x T e DAA x E (Tabela 8).

Tabela 8. Análise de variância da produtividade de colmos (TCH) e açúcar (TAH) de cana-de-açúcar em função da aplicação de boro e etil-trinexapac na pré-colheita da cana-de-açúcar em início de safra.

	ANAVA (Probabilidade de F)	
	TCH	TAH
Bloco	0,3416	0,2823
Dias após aplicação (DAA)	< 0,0001	< 0,0001
Tratamento (T)	0,1855	< 0,0001
Experimento (E)	< 0,0001	< 0,0001
DAA x T	0,9881	0,0047
DAA x E	0,6513	0,3182
T x E	0,5646	0,0159
T x DAA x E	0,9999	0,2771

Para os quatro experimentos, realizados em áreas do Grupo Raízen e do Grupo Tereos por duas safras consecutivas, houve incremento da TCH com o decorrer das épocas de amostragem e os resultados foram ajustados a funções lineares crescentes (Figura 9).

Observou-se incremento mais acentuado na TCH dos experimentos realizados na Raízen, safra 2010, e Tereos, safra 2009, na ordem de 26,4 e 31,1 t ha⁻¹, resultando em 114,8 e 110,0 t ha⁻¹, respectivamente, ao final do período de avaliação (60 DAA). Para os experimentos realizados na Raízen, safra 2009 e Tereos, safra 2008, o incremento do início ao final do período foi de 8,3 e 5,1 t ha⁻¹, resultando em 113,3 e 92,9 t ha⁻¹, aos 60 DAA, respectivamente (Figura 9).

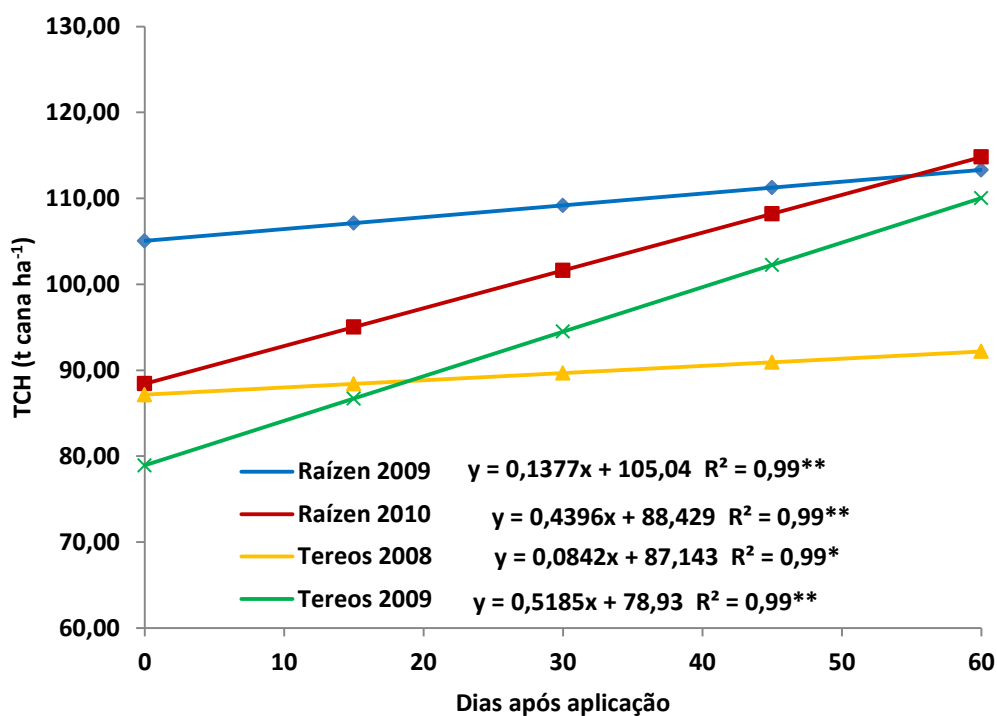


Figura 9. Produtividade de colmos (TCH), em função da aplicação de boro e etil-trinexapac na pré-colheita da cana-de-açúcar em início de safra. Média de 4 tratamentos (Controle, Boro, Etil-trinexapac e Etil-trinexapac + Boro). Variedade RB855453, Raízen soca 3º/4º corte e Tereos soca 2º/3º corte. ** e * significativos a 5% e 10%, respectivamente, pelo teste t (LSD).

O maior incremento da TCH no segundo ano de experimentação (Figura 9), nas duas áreas em que os experimentos foram instalados, pode ter ocorrido devido às condições climáticas dos locais (Figuras 1 e 2), onde, tanto na Raízen, safra 2010, quanto na Tereos, safra 2009, a incidência de chuva foi mais acentuada no mês decorrente da aplicação dos tratamentos quando comparado ao ano anterior.

Com relação à TAH, os tratamentos influenciaram os resultados de maneira diferente para cada experimento realizado, em áreas pertencentes ao Grupo Raízen, safras 2009 e 2010 (Figuras 10A e 10B, respectivamente) ou ao Grupo Tereos, safras 2008 e 2009 (Figuras 10C e 10D, respectivamente).

Na Raízen, safra 2009 (Figura 10A), todos os tratamentos proporcionaram incremento na TAH com o decorrer das épocas de amostragem, porém, para os tratamentos B e etil-trinexapac, os resultados foram ajustados a modelos quadráticos. Já para o controle e o tratamento etil-trinexapac + B, os resultados foram ajustados a modelos lineares crescentes.

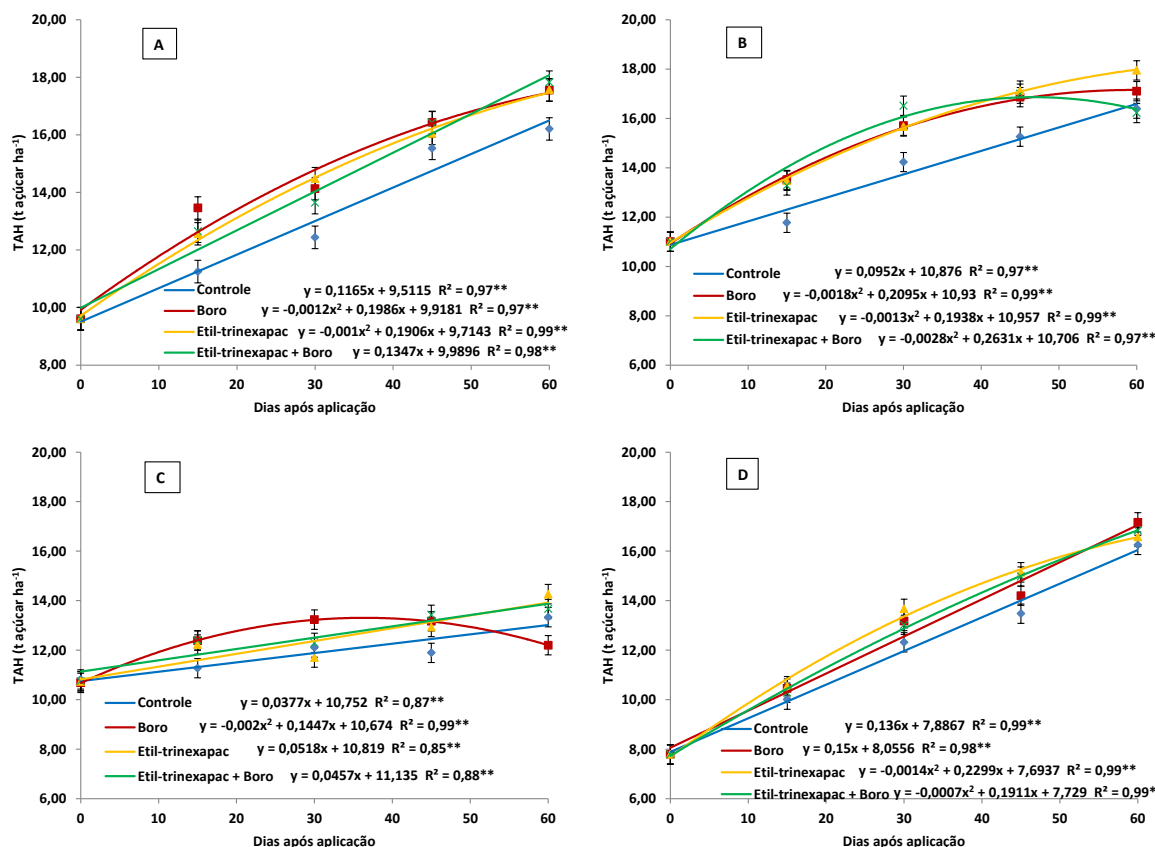


Figura 10. Produtividade de açúcar (TAH), em função da aplicação de boro e etil-trinexapac na pré-colheita da cana-de-açúcar, em áreas pertencentes ao Grupo Raízen (A e B, safras 2009 e 2010, respectivamente) e ao Grupo Tereos (C e D, safras 2008 e 2009, respectivamente), em início de safra. Variedade RB855453, Raízen soca 3^o/4^o corte e Tereos soca 2^o/3^o corte. ** significativo a 5% pelo teste t (LSD).

Todos os tratamentos proporcionaram incremento na TAH em relação ao controle durante todo o período experimental, chegando a 1,65 t pol ha⁻¹ aos 30 DAA, porém não houve diferença entre os tratamentos para cada época de amostragem (Figura 10A).

Sabe-se que para o cálculo da TAH, utilizam-se os parâmetros pol e TCH e observa-se pela Tabela 8, que os tratamentos não influenciaram a TCH, portanto ressalta-se a importância da utilização de B e maturadores, que podem não influenciar a quantidade de massa vegetativa, mas possuem grande relevância quanto à produtividade de açúcar.

Da mesma maneira que na safra 2009, na safra 2010 da Raízen (Figura 10B) todos os tratamentos proporcionaram incremento na TAH quando comparado ao controle, porém este incremento foi ainda mais pronunciado, chegando a 1,74 t pol ha⁻¹

aos 30 e 45 DAA. Todos os resultados foram ajustados a modelos quadráticos, com exceção ao controle onde o ajuste foi linear crescente.

Percebe-se, ainda pela Figura 10B, que ao final do experimento, aos 60 DAA, há tendência da TAH dos tratamentos se igualarem, perdendo o efeito das aplicações em ganho de sacarose sob o controle, portanto é necessário planejamento, para que a colheita seja realizada no período indicado pelo fabricante, que para o etil-trinexapac o adequado seria em torno de 40 DAA, evitando assim que o investimento não seja em vão.

Para o experimento instalado no Grupo Tereos, safra 2008 (Figura 10C), os resultados foram ajustados a funções lineares crescentes, com exceção ao B, onde os resultados foram ajustados à modelo quadrático.

A maior TAH foi obtida pelo tratamento com B aos 36 DAA, onde atingiu 13,29 t pol ha⁻¹, enquanto o controle obteve, na mesma avaliação, 12,11 t pol ha⁻¹, o que representa ganho de 1,18 t pol ha⁻¹. Para os tratamentos com etil-trinexapac, aplicado isoladamente ou em associação ao B, a TAH também foi significativamente superior ao controle durante todo o período experimental e, quando comparados ao B, foram inferiores até os 45 DAA, porém, após esta avaliação, a TAH do B decresceu enquanto para estes tratamentos a TAH continuou a incrementar, proporcionando valores significativamente superiores ao obtido para o B aos 60 DAA (Figura 10C).

Os resultados obtidos no experimento da Tereos, safra 2009, foram similares aos demais experimentos, onde os tratamentos proporcionaram TAH significativamente superior ao controle, chegando a incrementar, em média, 1,3 t pol ha⁻¹ aos 45 DAA (Figura 10D). Ainda, de acordo com os resultados da Figura 10D, o maior incremento na TAH foi proporcionado pelo tratamento etil-trinexapac + B, aos 45 DAA, na ordem de 1,6 t pol ha⁻¹, onde os resultados foram ajustados a modelo quadrático. A aplicação de B e etil-trinexapac não diferiram entre si e ambos tiveram resultados ajustados a modelo linear crescente, bem como o controle.

Da mesma maneira que ocorreu com a pol, a aplicação de B proporcionou resultados de TAH semelhantes aos obtidos mediante aplicação do maturador etil-trinexapac, o que ressalta o benefício que a aplicação de B pode proporcionar na qualidade tecnológica da cana-de-açúcar e no acúmulo de sacarose, em áreas que se encontram com nível crítico ou sob deficiência deste micronutriente.

6.1.1.6 Rebrotas e teor de lignina e celulose na soqueira

Houve influência dos tratamentos e dos experimentos quanto à rebrota da soqueira, mas não houve interação entre os fatores (Tabela 9).

Tabela 9. Rebrotas da soqueira de cana-de-açúcar, em função da aplicação de boro e etil-trinexapac na pré-colheita da cana-de-açúcar em início de safra.

Tratamentos	Número de brotos m ⁻¹ *	
	Raízen**	
	Safra 2009	Safra 2010
Controle	12 a	10 a
Boro	14 a	9 a
Etil-trinexapac	15 a	10 a
Etil-trinexapac + Boro	15 a	10 a
Tratamentos	Tereos**	
	Safra 2008	Safra 2009
	Controle	12 ab
Boro	14 a	21 a
Etil-trinexapac	15 a	18 ab
Etil-trinexapac + Boro	11 b	17 b
	<u>ANAVA (Probabilidade de F)</u>	
Bloco	0,3032	
Tratamento (T)	0,0999	
Experimento (E)	< 0,0001	
T x E	0,1453	

*Avaliação realizada aos 80 DAC (dias após a colheita).

** Variedade RB855453.

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

Para os experimentos conduzidos no Grupo Raízen não houve influência dos tratamentos na rebrota da soqueira da cana-de-açúcar. No Grupo Tereos, nas duas safras consecutivas, houve incremento do número de brotos por metro do tratamento com B quando comparado ao etil-trinexapac + B e na safra 2008 o etil-trinexapac aplicado isoladamente obteve maior número de brotos por metro em relação ao mesmo produto aplicado em associação ao B, porém esta associação não prejudicou a rebrota da soqueira em comparação ao controle (Tabela 9).

Em trabalhos realizados anteriormente (LEITE, 2005; SIQUEIRA 2009) o etil-trinexapac proporcionou incremento na rebrota da soqueira em relação ao controle ou outros maturadores, porém neste trabalho isto não ocorreu.

Tanto para o teor de lignina quanto para o teor de celulose na rebrota, houve efeito de tratamentos e experimentos, porém não houve interação entre os fatores (Tabela 10).

Tabela 10. Teores de lignina e celulose na rebrota da soqueira de cana-de-açúcar, em função da aplicação de boro e etil-trinexapac na pré-colheita da cana-de-açúcar em início de safra*.

Tratamentos	Lignina (%)**	
	Safra 2009	Safra 2010
Controle	3,74 a	4,58 a
Boro	3,15 a	3,13 b
Etil-trinexapac	3,51 a	4,05 ab
Etil-trinexapac + Boro	2,88 a	3,68 ab
Celulose (%)**		
Controle	31,23 a	27,01 b
Boro	31,41 a	26,98 b
Etil-trinexapac	30,66 a	26,72 b
Etil-trinexapac + Boro	30,67 a	28,86 a
ANOVA (Probabilidade de F)		
	Lignina	Celulose
Bloco	0,4236	0,8854
Tratamento (T)	0,1049	0,0468
Experimento (E)	0,1083	< 0,0001
T x E	0,9227	0,1903

* Variedade RB855453. Avaliações realizadas somente nos experimentos do Grupo Raízen.

**Avaliação realizada aos 80 DAC (dias após a colheita).

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

Não houve influência dos tratamentos no teor de lignina na safra 2009, porém na safra 2010, o teor nas plantas do tratamento controle foi superior ao tratamento com B. O teor médio de lignina obtido neste estudo foi de 3,3% e 3,9%, nas safras 2009 e 2010, respectivamente (Tabela 10).

Samamad (2011) observou redução nos teores de lignina no segundo corte da cana-de-açúcar e atribuiu esta diminuição às condições climáticas no período, onde observou temperaturas mais amenas, umidade relativa mais elevada e maior volume pluvial, relatando que estes fatores combinados reduzem a transpiração e, conseqüentemente, a produção de lignina.

Com relação ao teor de celulose, também não houve influência dos tratamentos na safra 2009, porém na safra 2010, o tratamento etil-trinexapac + B

proporcionou resultados significativamente superiores aos demais tratamentos. O teor médio de celulose na rebrota foi de 31,0% na safra 2009 e 27,4% na safra 2010 (Tabela 10).

6.1.2 Final de safra

6.1.2.1 Teor de boro em folhas de cana-de-açúcar

O teor de B em folhas de cana-de-açúcar, em final de safra, foi influenciado pelos tratamentos, pelo DAA, bem como pela interação entre estes fatores DAA x T (Tabela 11).

Tabela 11. Análise de variância do teor de boro em folhas (folha +1) de cana-de-açúcar em função da aplicação de boro e etil-trinexapac na pré-colheita da cana-de-açúcar em final de safra.

	<u>ANAVA (Probabilidade de F)</u>
Bloco	0,3245
DAA	< 0,0001
Tratamento (T)	< 0,0001
Experimento (E)	0,2061
DAA x T	< 0,0001
DAA x E	0,7026
T x E	0,9658
T x DAA x E	0,9995

A aplicação de B, isolado ou associado ao etil-trinexapac, proporcionou aumento no teor de B das folhas, cujos valores foram ajustados a modelos quadráticos. O ponto de máxima obtido para a aplicação dos tratamentos com B e etil-trinexapac + B foi aos 18 DAA, elevando o teor do elemento na folha a 20,4 e 20,7 mg kg⁻¹, respectivamente (Figura 11).

Observa-se, ainda, na Figura 11, que o teor de B do tratamento controle e do etil-trinexapac permaneceu constante durante todo o período experimental e não foram significativos com relação aos dias após aplicação, o que demonstra a eficiência da aplicação foliar de B em aumentar o teor do micronutriente nas folhas.

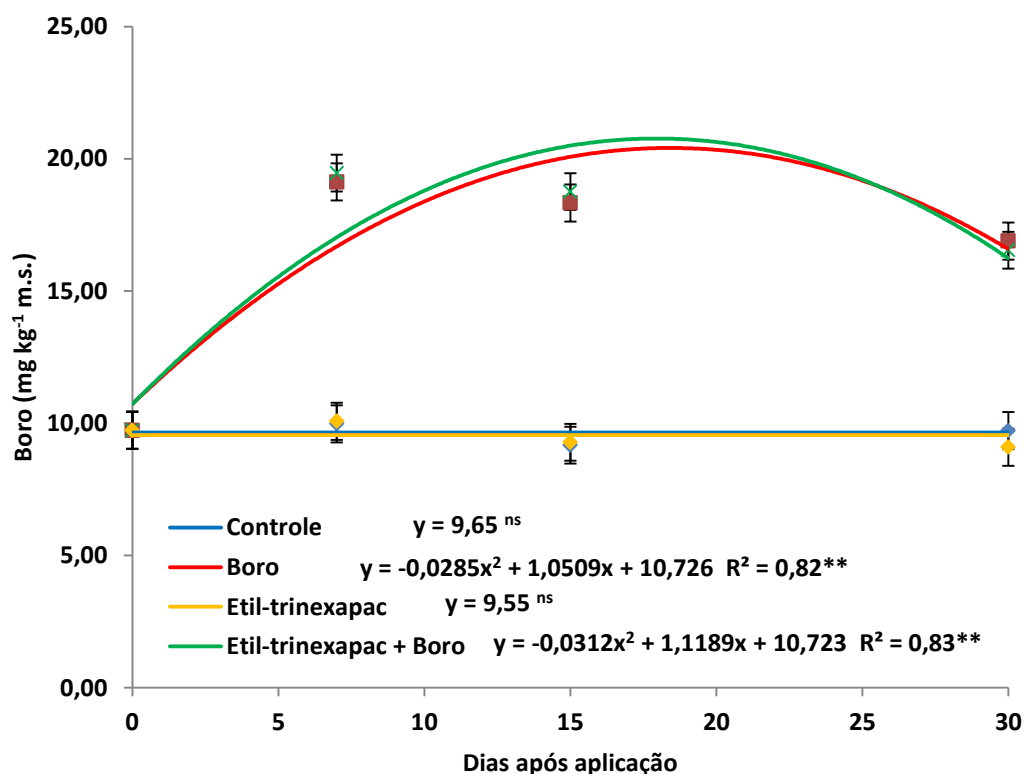


Figura 11. Teor de boro em folhas (+1), em função da aplicação de boro e etil-trinexapac na pré-colheita da cana-de-açúcar em final de safra. Raízen variedade SP80-3280, soca 4º/5º corte e Tereos variedade RB867515, soca 2º/3º corte. Média de 2 locais e 2 anos de experimentação. ^{ns} não significativo e ^{**} significativo a 5% pelo teste t (LSD).

Os teor foliar de B das plantas que não receberam aplicação do micronutriente (controle e etil-trinexapac) foi de $9,6 \text{ mg kg}^{-1}$, valor este considerado crítico para a cultura da cana-de-açúcar, segundo Raji et al. (1996). Para as plantas que receberam aplicação de B, associado ou não ao etil-trinexapac, houve incremento significativo do teor de B nas folhas, chegando ao máximo acúmulo de 20 mg kg^{-1} , em média, aos 18 DAA (Figura 11).

6.1.2.2 Altura de colmos

A análise de variância dos resultados de altura de colmos revela que houve efeito de DAA, tratamentos (T), experimentos (E) e das interações DAA x T e DAA x E (Tabela 12).

Tabela 12. Altura de colmos de cana-de-açúcar, em função da aplicação de boro e etil-trinexapac na pré-colheita da cana-de-açúcar em final de safra.

Altura de plantas (m)				
Tratamentos	Raízen*			
	Safra 2008		Safra 2009	
	0 DAA	45 DAA	0 DAA	45 DAA
Controle	2,50 aB	2,65 aA	1,93 aB	2,37 aA
Boro	2,50 aA	2,52 bA	1,93 aB	2,39 aA
Etil-trinexapac	2,50 aA	2,50 bA	1,93 aB	2,10 bA
Etil-trinexapac + Boro	2,50 aA	2,53 abA	1,93 aB	2,07 bA
Tereos**				
Controle	2,20 aA	2,26 aA	2,14 aA	2,15 aA
Boro	2,20 aA	2,30 aA	2,14 aA	2,17 aA
Etil-trinexapac	2,20 aA	2,35 aA	2,14 aA	2,23 aA
Etil-trinexapac + Boro	2,20 aA	2,20 aA	2,14 aA	2,24 aA
ANAVA (Probabilidade de F)				
Bloco	0,5667			
Dias após aplicação (DAA)	0,0005			
Tratamento (T)	0,0169			
Experimento (E)	< 0,0001			
DAA x T	0,0172			
DAA x E	0,0050			
T x E	0,6770			
T x DAA x E	0,6765			

* Variedade SP80-3280

** Variedade RB867515

Médias seguidas de letras iguais, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste t (LSD) a 10% de probabilidade.

Para os experimentos conduzidos no Grupo Raízen, safra 2008, todos os tratamentos proporcionaram paralisação do crescimento das plantas e somente as plantas do tratamento controle tiveram seu processo de crescimento natural continuado, sendo que estas apresentaram os maiores valores de altura, aos 60 DAA, quando comparadas às do tratamento com B e etil-trinexapac. Na safra 2009 não houve influência dos tratamentos com relação ao processo de crescimento das plantas, sendo que todas mantiveram seu processo de crescimento natural. Houve diferença significativa aos 60 DAA, onde as plantas sem tratamento e as tratadas com B obtiveram maiores valores de altura quando comparadas às do tratamento com etil-trinexapac, associado ou não ao B (Tabela 12).

A aplicação de etil-trinexapac não influenciou a altura das plantas nos experimentos conduzidos nas áreas pertencentes ao Grupo Tereos, em final de safra, em nenhuma das safras. De maneira geral, as plantas já haviam interrompido seu

crescimento em altura, provavelmente devido à época em que o experimento foi conduzido, e nenhum tratamento proporcionou diferença significativa com relação a este parâmetro (Tabela 12).

6.1.2.3 Atividade das enzimas invertases ácida solúvel (SAI) e neutra (NI) em caldo de cana-de-açúcar

A atividade da enzima SAI foi influenciada por todos os fatores analisados e pelas interações entre os fatores, com exceção ao bloco (Tabela 13).

Tabela 13. Atividade das enzimas invertases ácida (SAI) e neutra (NI) do caldo de cana-de-açúcar, em função da aplicação de boro e etil-trinexapac na pré-colheita da cana-de-açúcar em final de safra.

Atividade de invertases ácida e neutra*						
Tratamentos	SAI (ug glicose g material fresca ⁻¹)					
	Safrá 2008			Safrá 2009		
	0 DAA	20 DAA	45 DAA	0 DAA	20 DAA	45 DAA
Controle	42,8 aA	48,1 bA	35,1 bB	183,4 aA	75,2 bcB	63,9 bcC
Boro	42,8 aA	40,8 cA	41,9 bA	183,4 aA	73,4 cB	60,1 cC
Etil-trinexapac	42,8 aB	56,2 aA	37,0 bC	183,4 aA	80,3 bB	69,3 bC
Etil-trin. + Boro	42,8 aA	45,6 bcA	48,5 aA	183,4 aA	96,9 aB	81,4 aC
NI (ug glicose g material fresca ⁻¹)						
Controle	31,6 aA	36,9 aA	30,9 aA	85,8 aA	68,3 aB	56,8 abC
Boro	31,6 aA	33,8 aA	34,2 aA	85,8 aA	66,7 abB	53,3 bC
Etil-trinexapac	31,6 aA	38,2 aA	31,8 aA	85,8 aA	59,0 bB	63,1 aB
Etil-trin. + Boro	31,6 aA	38,0 aA	38,0 aA	85,8 aA	68,4 aB	61,4 aB
ANAVA (Probabilidade de F)						
	SAI			NI		
Bloco	0,1657			0,8698		
DAA	< 0,0001			< 0,0001		
Tratamento (T)	< 0,0001			0,0421		
Experimento (E)	< 0,0001			< 0,0001		
DAA x T	0,0002			0,0296		
DAA x E	< 0,0001			< 0,0001		
T x E	0,0014			0,9815		
T x DAA x E	0,0011			0,3272		

* Variedade SP80-3280. Avaliações realizadas somente nos experimentos do Grupo Raízen.

Médias seguidas de letras iguais, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste t (LSD) a 10% de probabilidade.

Na safra 2008, não houve influência do tratamento com B, associado ou não ao etil-trinexapac, na atividade da SAI, e os valores permaneceram constantes nas três amostragens. Já o tratamento com etil-trinexapac proporcionou incremento aos 20 DAA revelando com o maior valor comparado aos demais tratamentos e posteriormente, aos 45 DAA, a atividade da SAI decresceu significativamente. Para o tratamento controle houve decréscimo na atividade da SAI aos 45 DAA (Tabela 13).

Aos 20 DAA, o tratamento com B proporcionou atividade da SAI inferior ao etil-trinexapac e ao controle e aos 45 DAA o etil-trinexapac proporcionou atividade significativamente superior aos demais tratamentos (Tabela 13).

Na safra 2009, aos 20 e 45 DAA (Tabela 13), o tratamento com etil-trinexapac + B proporcionou atividade da SAI significativamente superior aos demais tratamentos, seguido pelo etil-trinexapac, que foi significativamente superior ao B.

Alguns trabalhos evidenciam a redução da atividade da SAI, diretamente proporcional ao acúmulo de sacarose, já que esta enzima hidrolisa a sacarose para manter ativo o metabolismo de crescimento das plantas, o que corrobora com os resultados obtidos na safra 2009, onde a atividade da SAI de todos os tratamentos decresceu com o decorrer das épocas de amostragem para todos os tratamentos, porém, na safra 2008, esta correlação não foi observada (Tabela 13).

Com relação à atividade da NI (Tabela 13), a análise conjunta dos dados aponta que houve efeito de DAA, tratamentos e experimentos e das interações DAA x T e DAA x E.

Na safra 2008 não houve influência dos tratamentos ou das épocas de amostragem na atividade da NI. Já na safra 2009 houve decréscimo na atividade da NI de todos os tratamentos aos 20 DAA e nesta amostragem a atividade da NI das plantas controle e das tratadas com etil-trinexapac + B foi superior ao maturador aplicado isoladamente. Aos 45 DAA a atividade da NI do tratamento controle e do B decresceu ainda mais e o tratamento com etil-trinexapac, aplicado isoladamente ou em associação ao B, proporcionou níveis de atividade superiores quando comparado ao micronutriente aplicado isoladamente (Tabela 13).

6.1.2.4 Variáveis tecnológicas (pol, pureza, fibra e AR)

A análise de variância das variáveis tecnológicas (Tabela 14), revela que a pol e a pureza do caldo foram influenciadas pelas épocas de amostragem (DAA), pelos tratamentos (T) e pela interação entre estes dois fatores. Para o teor de fibra, os resultados foram significativos somente quanto ao DAA e para o teor de AR, houve influência do DAA e da interação DAA x T.

Tabela 14. Análise de variância dos parâmetros tecnológicos do caldo de cana-de-açúcar em função da aplicação de boro e etil-trinexapac na pré-colheita da cana-de-açúcar em final de safra.

	ANAVA (Probabilidade de F)			
	Pol	Pureza	Fibra	AR
Bloco	0,3215	0,4494	0,4982	0,4219
Dias após aplicação (DAA)	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Tratamento (T)	< 0,0001	0,0120	0,2928	0,6270
Experimento (E)	0,1258	0,1863	0,1344	0,1796
DAA x T	0,0450	0,0108	0,4206	0,0117
DAA x E	0,2201	0,1536	0,1852	0,2018
T x E	0,2981	0,2653	0,3837	0,3458
T x DAA x E	0,3797	0,3122	0,7879	0,7071

A cana-de-açúcar a ser colhida em final de safra, geralmente, já atingiu o ápice da maturação, que ocorre naturalmente, para a região Sudeste do Brasil, em abril/maio, atingindo seu clímax no mês de agosto/setembro, portanto possui níveis elevados de pol. O uso de maturadores nesta época visa manter o teor elevado de pol por maior período, com o objetivo de melhor planejamento da colheita e a possibilidade de estendê-la, caso necessário.

O etil-trinexapac foi eficiente em manter o teor de pol elevado por maior período de tempo, bem como o B, aplicado isoladamente ou em associação ao maturador e durante todo o período em que os experimentos foram conduzidos, os tratamentos proporcionaram teores de pol significativamente superiores quando comparados ao controle. Os resultados obtidos mediante aplicação de B foram ajustados a modelo linear decrescente e para os demais tratamentos e o controle, o ajuste foi quadrático (Figura 12).

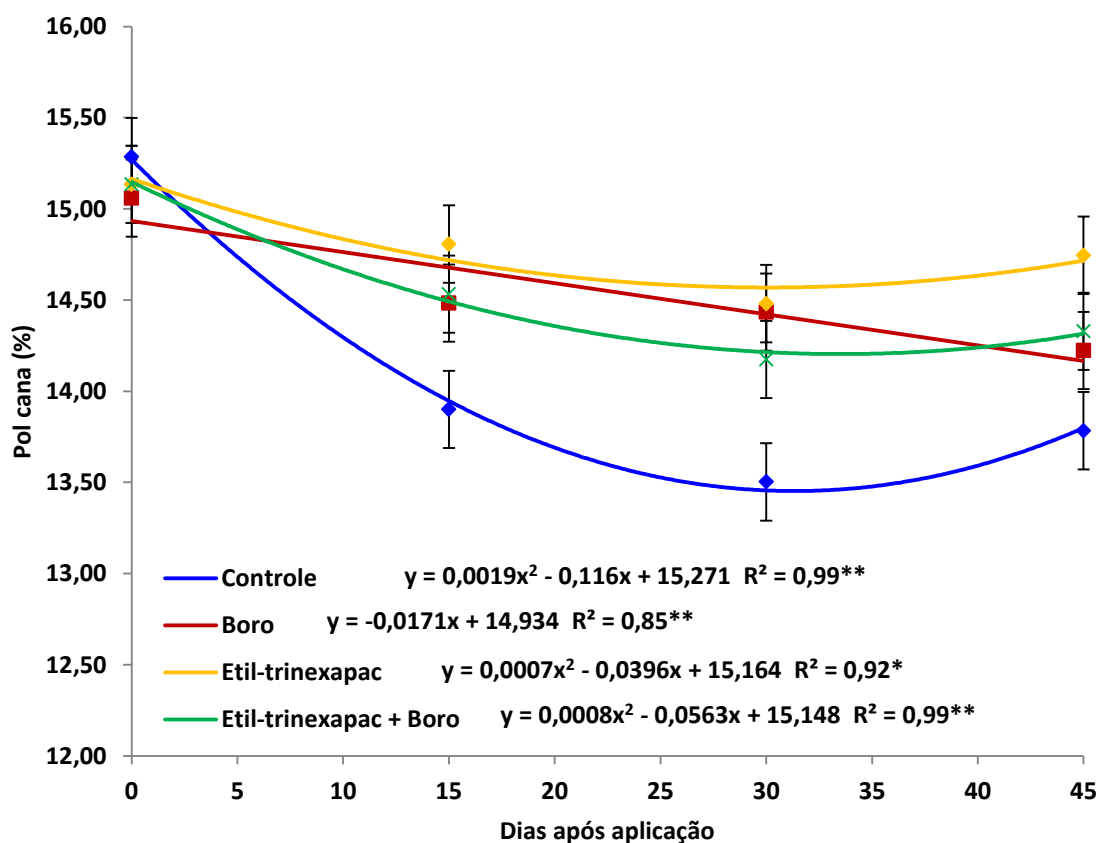


Figura 12. Pol cana (%), em função da aplicação de boro e etil-trinexapac na pré-colheita da cana-de-açúcar em final de safra. Raízen variedade SP80-3280, soca 4º/5º corte e Tereos variedade RB867515, soca 2º/3º corte. Média de 2 locais e 2 anos de experimentação. ** e * significativos a 5% e 10%, respectivamente, pelo teste t (LSD).

Aos 15 DAA, o teor de pol do tratamento controle sofreu queda da ordem de 10% em relação à primeira avaliação, decrescendo de 15,3% para 13,9%, enquanto para os tratamentos com B e etil-trinexapac, associados ou não, esta queda foi, em média, de 15,11% para 14,6%, o que representa 3% de queda. Aos 30 DAA, o decréscimo do teor de pol do controle em relação aos tratamentos foi ainda mais acentuado e houve uma tendência de estabilidade na queda aos 45 DAA, com exceção ao B, onde os valores continuaram a decrescer linearmente (Figura 12).

Mediante análise geral dos resultados obtidos para pol cana (Figura 12), constata-se que o maior ganho de pol dos tratamentos em relação ao controle foi, aproximadamente, aos 30 DAA, com diferença média de 0,86% de pol, o que representa incremento de 6%. Após esta avaliação, esta diferença diminuiu consideravelmente, o que reforça a importância do planejamento correto para se extrair todo o potencial proporcionado pelos tratamentos.

Para a pureza do caldo, observou-se o mesmo padrão de desempenho ao obtido para a pol, onde houve decréscimo com o decorrer das épocas de amostragem, porém, para o controle esta queda foi mais acentuada comparando-se aos tratamentos. Os resultados foram ajustados a modelos quadráticos, com exceção ao B, que foi ajustado a modelo linear decrescente (Figura 13).

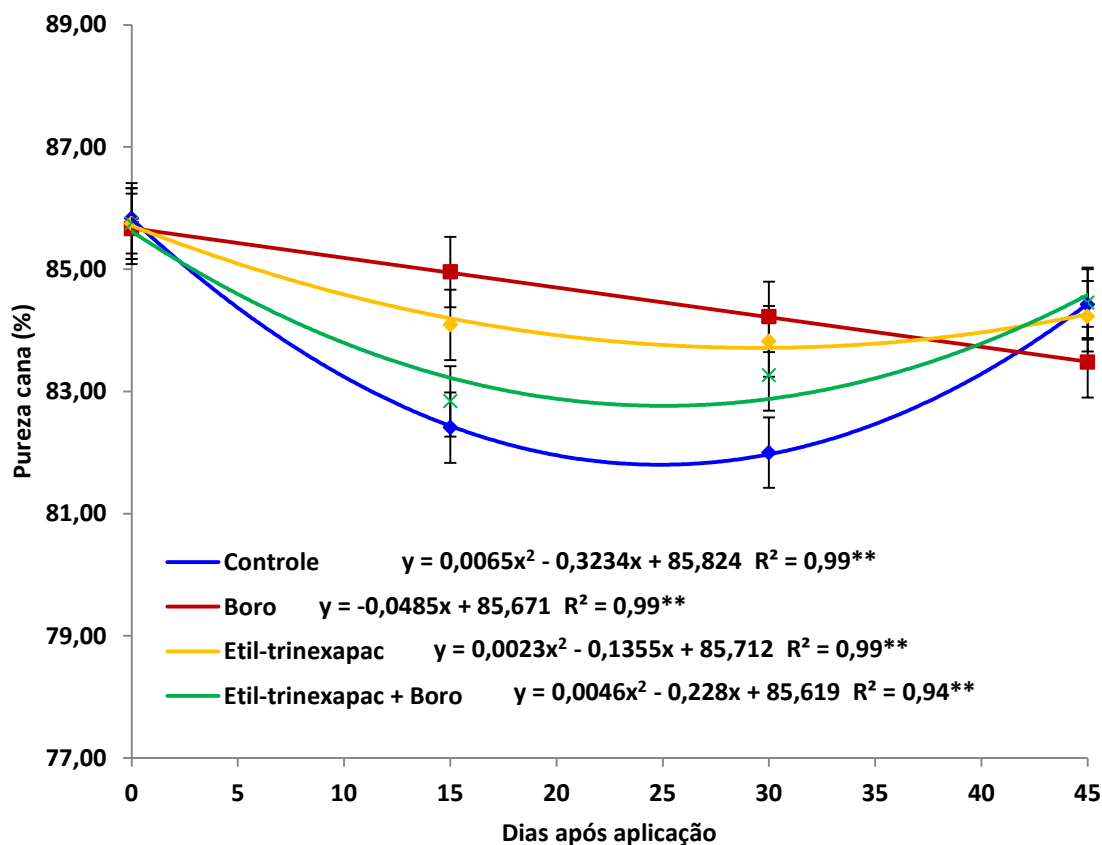


Figura 13. Pureza cana (%), em função da aplicação de boro e etil-trinexapac na pré-colheita da cana-de-açúcar em final de safra. Raízen variedade SP80-3280, soca 4^o/5^o corte e Tereos variedade RB867515, soca 2^o/3^o corte. Média de 2 locais e 2 anos de experimentação. ** significativo a 5% pelo teste t (LSD).

A aplicação de B e etil-trinexapac, aplicados isoladamente, proporcionaram, aos 15 DAA, pureza significativamente superior ao controle e ao etil-trinexapac + B. Aos 30 DAA todos os tratamentos foram superiores ao controle e ao final do período experimental, aos 45 DAA, não houve diferença entre os tratamentos. De modo geral, os tratamentos B e etil-trinexapac se destacaram em relação à associação dos do maturador ao micronutriente e em relação ao controle (Figura 13).

Quanto ao teor de fibra (Figura 14), para o controle, observou-se incremento até os 30 DAA, com posterior decréscimo ao final do período experimental e os resultados foram ajustados à modelo quadrático. Para o tratamento com etil-trinexapac, os resultados foram ajustados à modelo linear decrescente e os tratamentos com B, aplicado isoladamente ou em associação ao etil-trinexapac, não influenciaram o teor de fibra com o decorrer das épocas de amostragem.

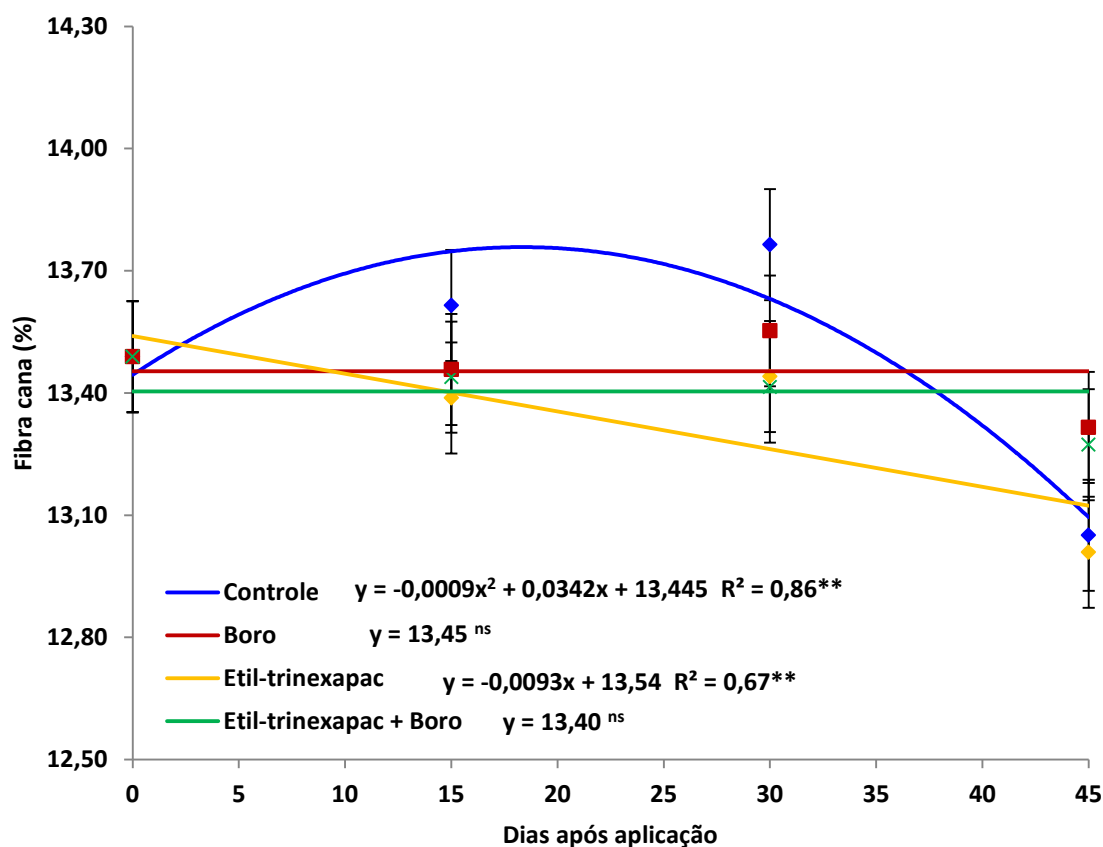


Figura 14. Fibra cana (%), em função da aplicação de boro e etil-trinexapac na pré-colheita da cana-de-açúcar em final de safra. Raízen variedade SP80-3280, soca 4º/5º corte e Tereos variedade RB867515, soca 2º/3º corte. Média de 2 locais e 2 anos de experimentação. ^{ns} não significativo e ^{**} significativo a 5% pelo teste t (LSD).

Os tratamentos influenciaram o teor de fibra de maneira diferente para cada época de amostragem. Aos 15 DAA não foi observada diferença significativa entre os tratamentos, aos 30 DAA, o controle obteve teor significativamente superior ao etil-trinexapac, aplicado isoladamente ou em associação ao B e aos 45 DAA o tratamento

com B proporcionou teor de fibra significativamente superior ao controle, porém não diferiu dos demais tratamentos (Figura 14).

O teor de AR (Figura 15) foi influenciado pelos tratamentos de maneira inversamente proporcional à pol (Figura 12). Isto se deve à indução ao acúmulo de sacarose mediante aplicação dos tratamentos, fazendo com que os açúcares redutores glicose e frutose sejam sintetizados formando a sacarose. Sendo assim, o teor de AR do controle foi superior ao teor de AR das plantas tratadas e ocorreu o inverso para o teor de sacarose, ou teor de pol, destes dois grupos de plantas.

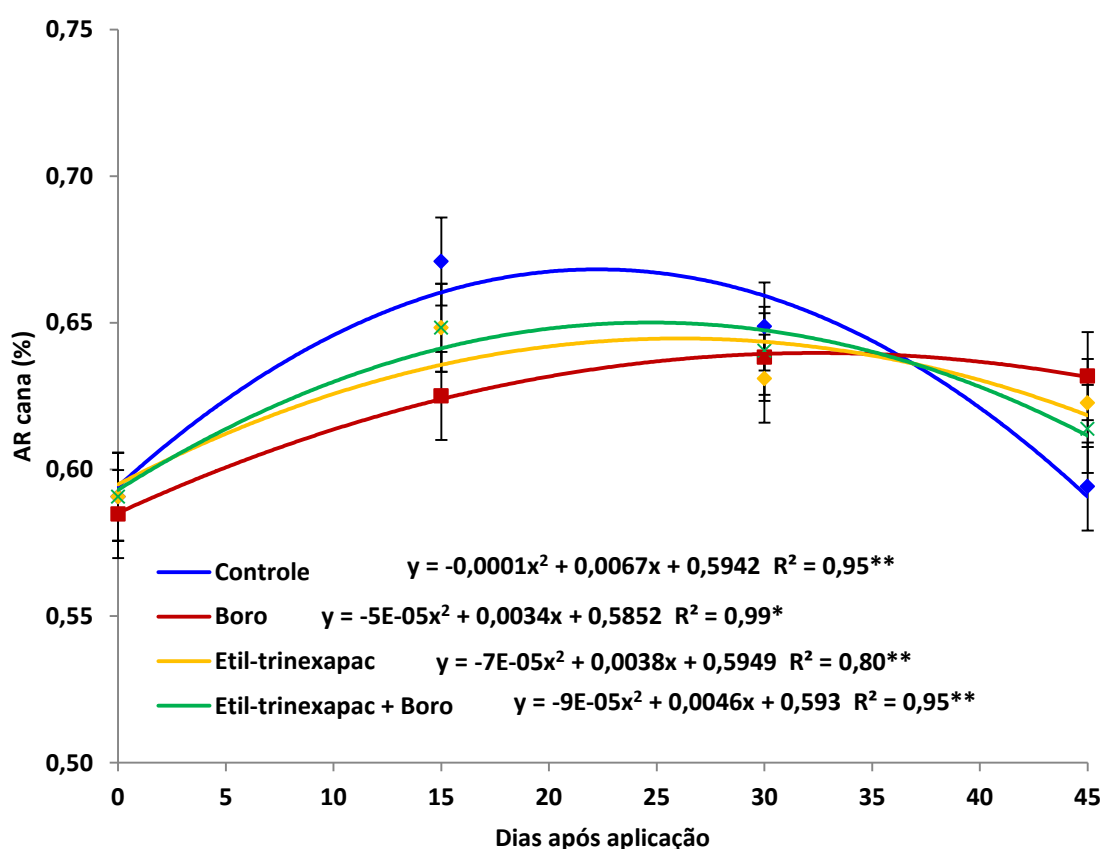


Figura 15. AR cana (%), em função da aplicação de boro e etil-trinexapac na pré-colheita da cana-de-açúcar em final de safra. Raízen variedade SP80-3280, soca 4º/5º corte e Tereos variedade RB867515, soca 2º/3º corte. Média de 2 locais e 2 anos de experimentação. ** e * significativos a 5% e 10%, respectivamente, pelo teste t (LSD).

A aplicação dos tratamentos influenciou o teor de AR das plantas nas diferentes épocas de amostragem. Todos os resultados foram ajustados a funções quadráticas. Aos 15 DAA o teor de AR do controle foi significativamente superior aos

tratamentos e não houve diferença entre estes, aos 30 DAA não houve diferença entre os tratamentos e aos 45 DAA o tratamento com B proporcionou teor de AR superior quando comparado ao controle (Figura 15).

6.1.2.5 Produtividade de colmos (TCH) e de açúcar (TAH)

Para a TCH os resultados foram significativos quanto ao DAA e os experimentos (E), porém não houve influência dos tratamentos e não houve interação entre nenhum dos fatores analisados. Com relação à TAH, todos os fatores avaliados foram significativos, bem como suas interações, com exceção ao bloco e a interação tripla T x DAA x E (Tabela 15).

Tabela 15. Análise de variância da produtividade de colmos (TCH) e açúcar (TAH) de cana-de-açúcar em função da aplicação de boro e etil-trinexapac na pré-colheita da cana-de-açúcar em final de safra.

	ANAVA (Probabilidade de F)	
	TCH	TAH
Bloco	0,2039	0,2170
Dias após aplicação (DAA)	< 0,0001	< 0,0001
Tratamento (T)	0,8958	< 0,0001
Experimento (E)	< 0,0001	< 0,0001
DAA x T	0,9999	0,0152
DAA x E	0,9488	< 0,0001
T x E	0,1696	0,0088
T x DAA x E	0,9993	0,7566

A produtividade de colmos (TCH) aumentou significativamente com o decorrer das épocas de amostragem para todos os experimentos, mas não houve diferença significativa entre os tratamentos. Os resultados foram ajustados a modelos lineares crescentes nas duas áreas e nas duas safras em que os experimentos foram conduzidos (Figura 16).

Em final de safra a cana-de-açúcar já atingiu seu potencial máximo de desenvolvimento vegetativo, portanto o aumento da TCH não é tão acentuado quanto em início de safra. Para os experimentos conduzidos no Grupo Raízen, safras 2008 e 2009, o incremento da TCH aos 45 DAA em relação à avaliação inicial foi de 3,3 e 6,0 t ha⁻¹,

resultando em 79,4 e 81,0 t cana ha⁻¹, respectivamente. Para os experimentos realizados no Grupo Tereos, safras 2008 e 2009, o incremento com o decorrer do período experimental foi de 9,2 e 8,8 t cana ha⁻¹, resultando, aos 45 DAA, em 75,6 e 82,9 t cana ha⁻¹, respectivamente (Figura 16).

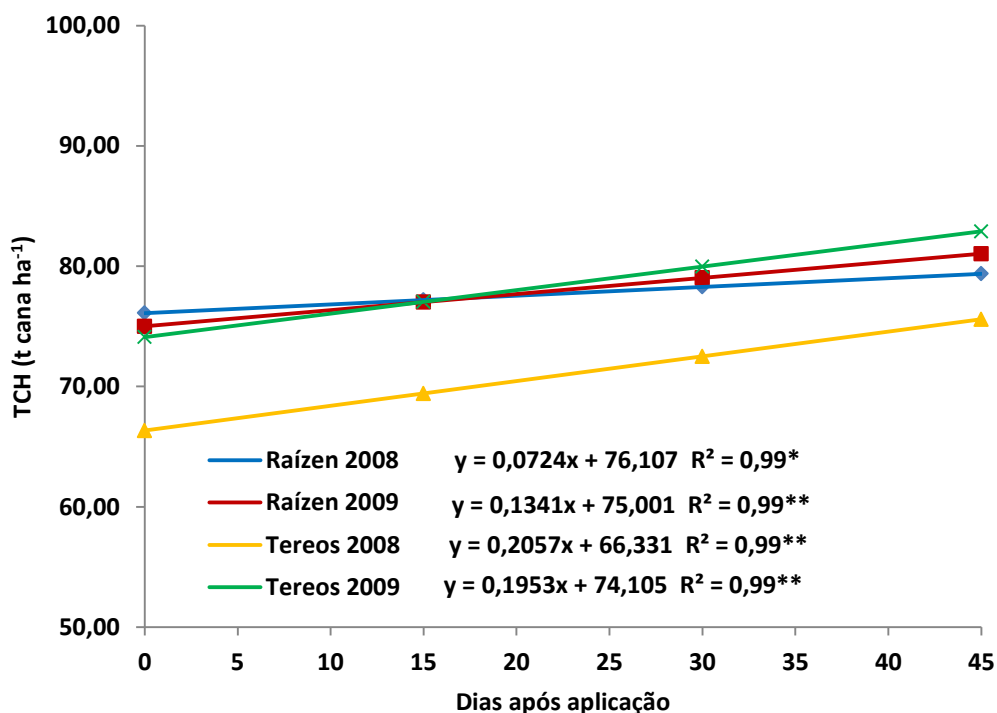


Figura 16. Produtividade de colmos (TCH), em função da aplicação de boro e etil-trinexapac na pré-colheita da cana-de-açúcar em final de safra. Média de 4 tratamentos (Controle, Boro, Sulfometuron metil e Sulfometuron metil + Boro). Raízen variedade SP80-3280, soca 4º/5º corte e Tereos variedade RB867515, soca 2º/3º corte. ** e * significativos a 5% e 10%, respectivamente, pelo teste t (LSD).

A produtividade de açúcar (TAH) foi influenciada pelos tratamentos de maneira diferente para cada local e safra em que os experimentos foram conduzidos (Figura 17).

No experimento conduzido no Grupo Raízen, safra 2008 (Figura 17A), o tratamento com B, aplicado isoladamente, não incrementou a TAH com o decorrer das épocas de amostragem, porém, quando o micronutriente foi associado ao etil-trinexapac, houve incremento significativo na TAH, bem como para o etil-trinexapac aplicado isoladamente, e os resultados destes dois tratamentos foram ajustados a funções lineares crescentes. No caso do controle, os resultados foram ajustados a modelo

quadrático, indicando que houve decréscimo com o decorrer das épocas de amostragem, com posterior estabilidade dos valores.

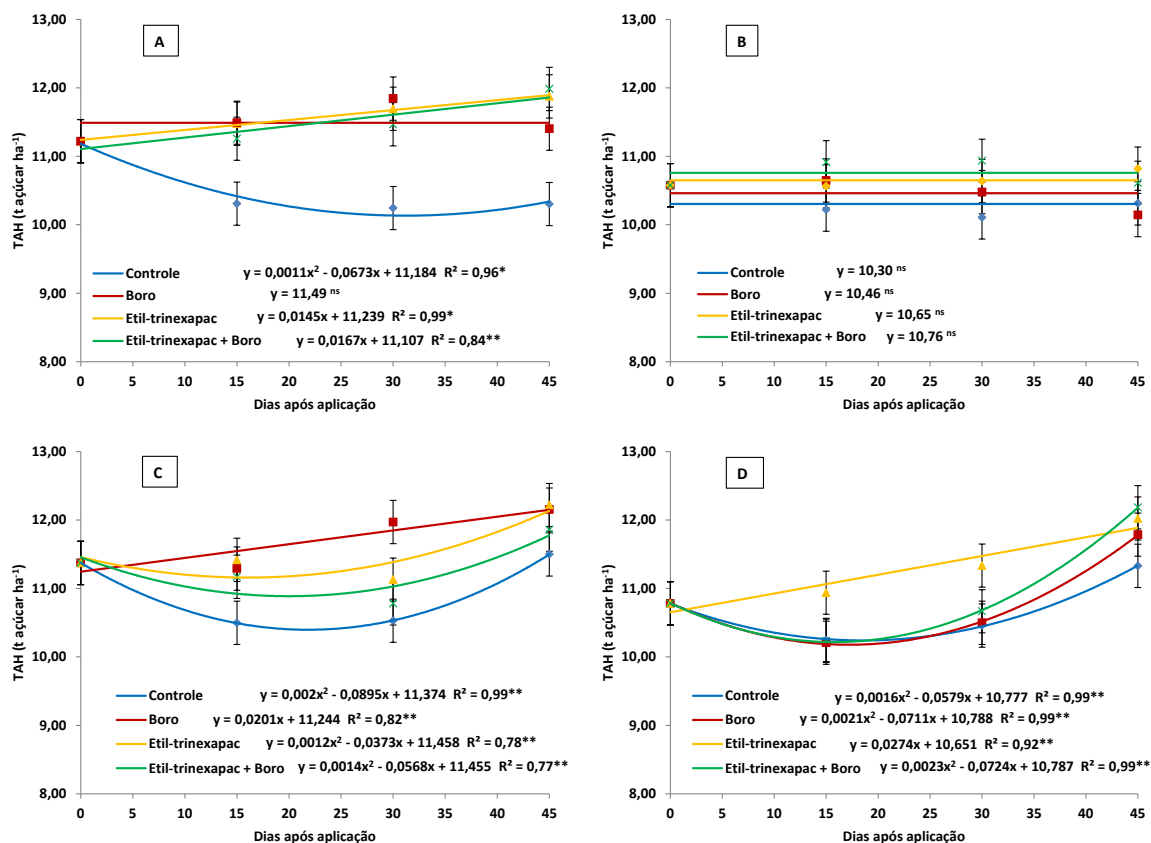


Figura 17. Produtividade de açúcar (TAH), em função da aplicação de boro e etil-trinexapac na pré-colheita da cana-de-açúcar, em áreas pertencentes ao Grupo Raízen (A e B, safras 2008 e 2009, respectivamente) e ao Grupo Tereos (C e D, safras 2008 e 2009, respectivamente), em final de safra. Raízen variedade SP80-3280, soca 4^o/5^o corte e Tereos variedade RB867515, soca 2^o/3^o corte. ns não significativo, ** e * significativos a 5% e 10%, respectivamente, pelo teste t (LSD).

Observa-se ainda, pela Figura 17A, que na Raízen, safra 2008, os tratamentos proporcionaram THP significativamente superior ao controle durante todo o período experimental e não houve diferença significativa entre os tratamentos. O incremento proporcionado pelos tratamentos em relação ao controle foi na ordem de 14% aos 30 DAA, aumentando a TAH de 10,24 t pol ha⁻¹ para 11,67 t pol ha⁻¹.

Na safra subsequente do experimento conduzido na Raízen (Figura 17B), os tratamentos não proporcionaram incremento significativo com o decorrer das épocas de amostragem, porém houve diferença significativa entre os tratamentos nas

diferentes avaliações e, de modo geral, o tratamento com etil-trinexapac + B foi superior ao controle, mas não houve diferença entre os demais tratamentos.

Aos 15 e 30 DAA o tratamento com etil-trinexapac + B proporcionou TAH significativamente superior ao controle, mas não diferiu dos demais tratamentos. Aos 45 DAA o tratamento com etil-trinexapac proporcionou TAH significativamente superior ao B, porém não diferiu dos demais tratamentos (Figura 17B).

Para o experimento conduzido na Tereos, safra 2008 (Figura 17C), a aplicação de B proporcionou incremento na TAH e os resultados foram ajustados a função linear crescente. Para o etil-trinexapac, aplicado isoladamente ou em associação ao B, e o controle, os resultados foram expressos por funções quadráticas.

A aplicação de B proporcionou, de modo geral, os maiores valores de TAH para a Tereos, safra 2008. Aos 15 DAA todos os tratamentos obtiveram TAH significativamente superior ao controle, aos 30 DAA o tratamento com B proporcionou TAH significativamente superior aos demais tratamentos e aos 45 DAA os tratamentos com B e etil-trinexapac, aplicados isoladamente, proporcionaram TAH significativamente superior ao controle (Figura 17C).

Na Figura 17D estão contidos os dados de TAH do Grupo Raízen, safra 2009, onde observa-se que o tratamento com etil-trinexapac proporcionou incremento linear com o decorrer das épocas de amostragem e para o tratamento com B, aplicado isoladamente ou em associação ao etil-trinexapac, e o controle, os resultados foram ajustados a modelos quadráticos.

Houve diferença significativa entre os tratamentos para cada época de amostragem, onde aos 15 e 30 DAA, o tratamento com etil-trinexapac proporcionou THP significativamente superior aos demais tratamentos, incrementando em 0,71 e 0,79 t pol ha⁻¹, respectivamente. Aos 45 DAA o etil-trinexapac, aplicado isoladamente ou em associação ao B, proporcionou TAH significativamente superior ao controle (Figura 17D).

Analisando os resultados de TAH de todos os experimentos (Figura 17), observa-se que o maior ganho de TAH dos tratamentos em relação ao controle foi, aproximadamente, aos 30 DAA.

6.1.2.6 Rebrotas e teor de lignina e celulose na soqueira

Os tratamentos não influenciaram a rebrota da soqueira dos experimentos realizados na Raízen, safras 2008 e 2009, e na Tereos, safra 2008. Somente na Tereos, safra 2009, o tratamento com etil-trinexapac + B proporcionou aumento do número de brotos por metro comparado ao controle (Tabela 16).

Tabela 16. Rebrotas da soqueira de cana-de-açúcar, em função da aplicação de boro e etil-trinexapac na pré-colheita da cana-de-açúcar em final de safra.

Tratamentos	Número de brotos m ⁻¹ *	
	Raízen**	
	Safra 2008	Safra 2009
Controle	11 a	12 a
Boro	13 a	11 a
Etil-trinexapac	14 a	12 a
Etil-trinexapac + Boro	13 a	12 a
	Tereos***	
Controle	18 a	19 b
Boro	19 a	20 ab
Etil-trinexapac	20 a	21 ab
Etil-trinexapac + Boro	20 a	23 a
	ANAVA (Probabilidade de F)	
Bloco	0,2006	
Tratamento (T)	0,6470	
Experimento (E)	< 0,0001	
T x E	0,9412	

* Avaliação realizada aos 80 DAC (dias após a colheita).

** Variedade SP80-3280

*** Variedade RB867515

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

Estes resultados corroboram com os resultados obtidos por Leite et al. (2011), que concluíram que o etil-trinexapac não afetou a rebrota da soqueira da cana-de-açúcar em aplicações realizadas em meio de safra e com Leite (2005) que observou que a aplicação de etil-trinexapac na mesma variedade de cana-de-açúcar em final de safra não promoveu melhoria na rebrota da soqueira.

Quanto ao teor de lignina na rebrota da cana-de-açúcar (Tabela 17), não houve diferença entre os tratamentos na safra 2008, porém na safra 2009, o tratamento com etil-trinexapac + B proporcionou incremento quando comparado ao controle e ao etil-

trinexapac, aplicado isoladamente. O teor médio de lignina na rebrota obtido para este estudo foi de 4,3%.

Tabela 17. Teores de lignina e celulose na rebrota da soqueira de cana-de-açúcar, em função da aplicação de boro e etil-trinexapac na pré-colheita da cana-de-açúcar em final de safra*.

Tratamentos	Lignina (%)**	
	Safra 2008	Safra 2009
Controle	4,41 a	3,43 b
Boro	4,93 a	3,86 ab
Etil-trinexapac	4,90 a	3,67 b
Etil-trinexapac + Boro	4,57 a	4,82 a
Celulose (%)**		
Controle	37,77 a	34,61 a
Boro	38,63 a	36,10 a
Etil-trinexapac	37,92 a	35,06 a
Etil-trinexapac + Boro	37,51 a	35,88 a
ANOVA (Probabilidade de F)		
	Lignina	Celulose
Bloco	0,8048	0,8957
Tratamento (T)	0,4008	0,3691
Experimento (E)	0,0166	< 0,0001
T x E	0,2567	0,7324

* Variedade SP80-3280. Avaliações realizadas somente nos experimentos do Grupo Raízen.

**Avaliação realizada aos 80 DAC (dias após a colheita).

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

Há na literatura alguns trabalhos relatando a influência do B na síntese de lignina (DUTTA; McILRATH, 1964; PILBEAN; KIRKBY, 1983; HARKIM; OBST, 1973), e em alguns destes estudos a redução no teor deste composto foi relacionado à deficiência do B nas plantas. Para este estudo a aplicação isolada de B não influenciou o teor de lignina, mas quando o elemento foi associado ao maturado etil-trinexapac houve aumento (Tabela 17).

Os tratamentos não influenciaram o teor de celulose na rebrota da cana-de-açúcar (Tabela 17) em nenhuma safra em que os experimentos foram conduzidos. O teor médio de celulose obtido para as folhas da rebrota da cana-de-açúcar foi de 36,7%.

6.2 Aplicação de Boro e Etefon na pré-colheita da cana-de-açúcar

6.2.1 Início de safra

6.2.1.1 Teor de boro em folhas de cana-de-açúcar

O teor de B nas folhas foi influenciado pelos tratamentos, pelo DAA e houve interação entre estes dois fatores, porém os resultados não foram significativos para experimentos e para as interações com este fator (Tabela 18).

Tabela 18. Análise de variância do teor de boro em folhas (folha +1) de cana-de-açúcar em função da aplicação de boro e etefon na pré-colheita da cana-de-açúcar em início de safra.

	<u>ANAVA (Probabilidade de F)</u>
Bloco	0,2234
DAA	< 0,0001
Tratamento (T)	< 0,0001
Experimento (E)	0,2470
DAA x T	< 0,0001
DAA x E	0,6113
T x E	0,7408
T x DAA x E	0,9971

A aplicação de B, isolado ou associado ao etil-trinexapac, proporcionou aumento no teor de B das folhas, cujos valores foram estatisticamente superiores em comparação aos tratamentos caracterizados pela ausência do uso do micronutriente (controle e etefon aplicado isoladamente) (Figura 18).

Não houve diferença significativa entre os tratamentos B e etefon + B, porém o teor de B das plantas que receberam a aplicação do micronutriente via foliar aumentou significativamente em comparação às plantas controle e as tratadas somente com etefon, elevando o teor das folhas de 10,25 mg kg⁻¹, nível considerado crítico para a cana-de-açúcar, para 23,3 mg kg⁻¹, teor considerado adequado, segundo Raij et al. (1996) (Figura 18).

O B é considerado móvel no floema de espécies que utilizam polióis como um metabólito fotossintético primário, como é o caso da cana-de-açúcar. O complexo polioliol-B-polioliol formado nos tecidos fotossintéticos é transportado no floema para drenos ativos, como meristemas vegetativos ou reprodutivos (ROSOLEM; BASTOS,

1997). Dessa forma, somente uma aplicação de B pode ser eficiente em promover o acúmulo do micronutriente nas folhas de cana-de-açúcar.

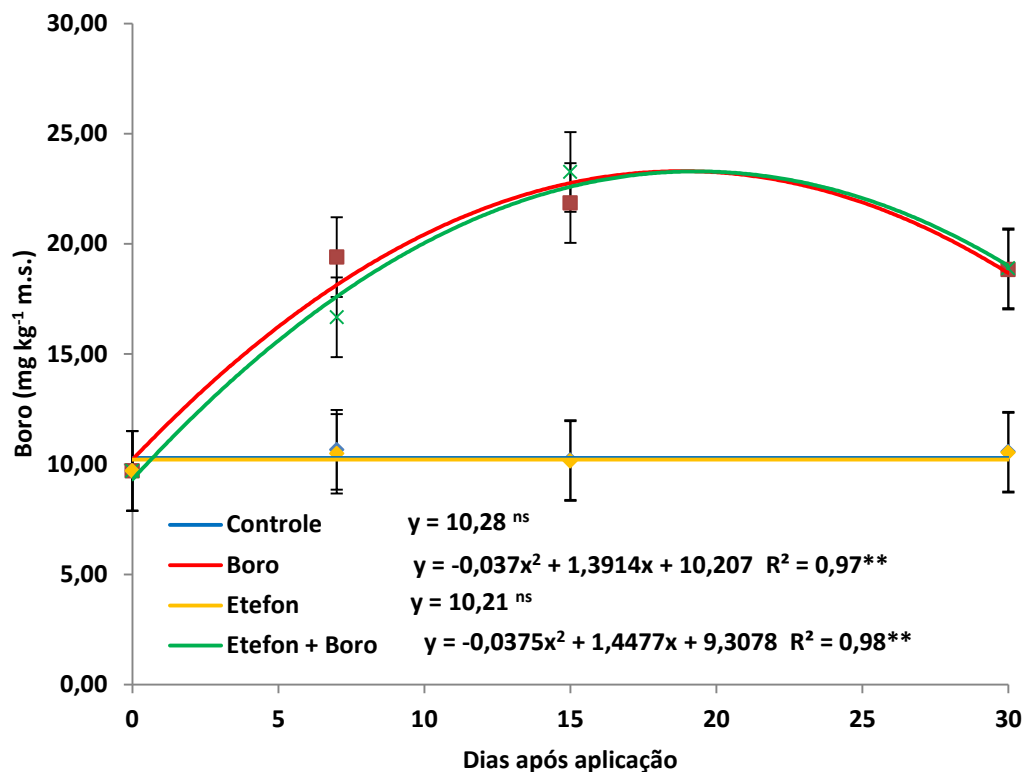


Figura 18. Teor de boro em folhas (+1), em função da aplicação de boro e etefon na pré-colheita da cana-de-açúcar em início de safra. Variedade RB855453, Raízen soca 3º/4º corte e Tereos soca 2º/3º corte. Média de 2 locais e 2 anos de experimentação. ^{ns} não significativo e ****** significativo a 5% pelo teste t (LSD).

Os resultados obtidos neste estudo corroboram com Leite (2010), que observou que a aplicação de B, isolado ou associado a maturadores, em variedade de cana-de-açúcar de final de safra, elevou o teor de B na matéria seca das folhas.

6.2.1.2 Altura de colmos

A altura das plantas (Tabela 19) foi influenciada pela aplicação de etefon, associado ou não ao B, de maneira diferente, dependendo da área e das condições climáticas de cada área em que os experimentos foram conduzidos.

Os resultados foram significativos quanto ao DAA e aos experimentos, mas não houve influência dos tratamentos, bem como interação entre nenhum fator analisado (Tabela 19).

Tabela 19. Altura de colmos de cana-de-açúcar, em função da aplicação de boro e etefon na pré-colheita da cana-de-açúcar em início de safra.

Tratamentos	Altura de plantas (m)			
	Raízen*			
	Safra 2009		Safra 2010	
	0 DAA	60 DAA	0 DAA	60 DAA
Controle	2,30 aB	2,50 aA	2,28 aA	2,39 aA
Boro	2,30 aB	2,53 aA	2,28 aB	2,52 aA
Etefon	2,30 aB	2,54 aA	2,28 aB	2,51 aA
Etefon + Boro	2,30 aB	2,62 aA	2,28 aA	2,43 aA
	Tereos*			
	Safra 2008		Safra 2009	
Controle	2,51 aB	2,83 aA	2,12 aB	2,28 aA
Boro	2,51 aB	2,82 aA	2,12 aB	2,39 aA
Etefon	2,51 aB	2,82 aA	2,12 aA	2,22 aA
Etefon + Boro	2,51 aB	2,96 aA	2,12 aA	2,22 aA
ANAVA (Probabilidade de F)				
Bloco	0,1900			
Dias após aplicação (DAA)	< 0,0001			
Tratamento (T)	0,9241			
Experimento (E)	< 0,0001			
DAA x T	0,9237			
DAA x E	0,3378			
T x E	0,9844			
T x DAA x E	0,9840			

* Variedade RB855453

Médias seguidas de letras iguais, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste t (LSD) a 10% de probabilidade.

Nos experimentos conduzidos nas áreas pertencentes ao Grupo Raízen, não houve influência dos tratamentos na safra 2009, onde todas as plantas mantiveram seu processo de crescimento em altura. Já na safra 2010, as plantas controle e as tratadas com etefon + B sofreram paralisação em seu crescimento, provavelmente devido às condições climáticas do local, e os tratamentos com B e etefon proporcionaram maior crescimento das plantas, porém, não revelando diferença estatística em relação aos demais tratamentos (Tabela 19).

No Grupo Tereos, safra 2008, não houve paralisação do crescimento das plantas e tanto o controle quanto as plantas tratadas mantiveram seu

desenvolvimento natural. Na safra 2009, houve paralisação do crescimento das plantas mediante aplicação de etefon, associado ou não ao B (Tabela 19).

Estes resultados demonstram que o efeito proporcionado pelo regulador vegetal está diretamente relacionado às condições edafoclimáticas, podendo agir paralisando o crescimento vegetativo das plantas ou mantendo seu desenvolvimento natural, dependendo do local e ano em que os experimentos forem conduzidos.

6.2.1.3 Atividade das enzimas invertases ácida solúvel (SAI) e neutra (NI) em caldo de cana-de-açúcar

A análise de variância revela que, tanto para a SAI quanto para a NI, houve diferença significativa na atividade das enzimas quanto às diferentes épocas de amostragem (DAA), às safras em que os experimentos foram conduzidos e na interação entre os dois fatores (DAA x Experimento). Os resultados não foram significativos para os tratamentos, bem como para nenhuma interação com este fator (Tabela 20).

Em condições naturais de maturação, com a diminuição da precipitação e da temperatura, ocorre redução ou paralisação do crescimento vegetativo das plantas e acúmulo de sacarose nos colmos. A SAI está diretamente relacionada a este processo, pois atua catalisando a quebra da sacarose em glicose e frutose para manutenção do metabolismo de crescimento, portanto, na fase de maturação, sua atividade é reduzida havendo maior acúmulo de sacarose nos colmos (TERAUCH et al., 2000; LINGLE, 1997).

Para este estudo, na safra 2009 (Tabela 20), a atividade da SAI diminuiu significativamente aos 30 DAA e depois elevou novamente, aos 60 DAA e na safra subsequente os níveis de atividade da SAI permaneceram constantes nas três avaliações, com exceção ao tratamento com B, que obteve atividade significativamente mais elevada aos 60 DAA.

Estes resultados revelam que mesmo não havendo redução da atividade da SAI, houve maior acúmulo de sacarose nos colmos, mostrando que há outros processos envolvidos no metabolismo de sacarose das plantas e não pode ser baseado somente com a atividade desta enzima. Para Leite et al. (2011) os reguladores vegetais podem elevar os níveis da invertase ácida em relação à invertase neutra, porém, sem comprometer o acúmulo de sacarose nos colmos.

Tabela 20. Atividade das enzimas invertases ácida (SAI) e neutra (NI) do caldo de cana-de-açúcar, em função da aplicação de boro e etefon na pré-colheita da cana-de-açúcar em início de safra.

Atividade de invertases ácida e neutra*						
Tratamentos	SAI (ug glicose g material fresca⁻¹)					
	Safra 2009			Safra 2010		
	0 DAA	30 DAA	60 DAA	0 DAA	30 DAA	60 DAA
Controle	98,3 aA	43,7 bC	63,3 aB	52,1 aA	52,1 abA	55,6 aA
Boro	98,3 aA	54,5 aC	65,8 aB	52,1 aAB	49,8 bB	57,6 aA
Etefon	98,3 aA	49,4 abC	63,8 aB	52,1 aA	59,5 aA	59,5 aA
Etefon + Boro	98,3 aA	45,2 bC	60,3 aB	52,1 aA	56,3 abA	54,8 aA
NI (ug glicose g material fresca⁻¹)						
Controle	59,7 aA	40,4 aB	58,9 aA	44,2 aA	44,2 bA	47,0 aA
Boro	59,7 aA	43,5 aB	56,0 aA	44,2 aA	46,1 abA	52,3 aA
Etefon	59,7 aA	37,6 aB	59,8 aA	44,2 aB	54,1 aA	51,7 aAB
Etefon + Boro	59,7 aA	41,0 aB	56,5 aA	44,2 aA	49,4 abA	47,8 aA
ANAVA (Probabilidade de F)						
	SAI			NI		
Bloco	0,1760			0,2111		
DAA	< 0,0001			< 0,0001		
Tratamento (T)	0,3576			0,7667		
Experimento (E)	< 0,0001			0,0005		
DAA x T	0,8069			0,9757		
DAA x E	< 0,0001			< 0,0001		
T x E	0,3278			0,6059		
T x DAA x E	0,6306			0,6374		

* Variedade RB855453. Avaliações realizadas somente nos experimentos do Grupo Raízen.

Médias seguidas de letras iguais, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste t (LSD) a 10% de probabilidade.

Leite (2010) constatou que, de modo geral, os níveis da SAI foram superiores aos níveis da NI, corroborando com este estudo, porém o autor observou que os níveis de atividade da SAI foram superiores para os tratamentos com maturadores associados ao B, o que não ocorreu neste experimento para o tratamento etefon + B.

Com relação à NI (Tabela 20), na safra 2009 observou-se padrão semelhante ao obtido para a SAI, havendo diminuição na atividade aos 30 DAA e posterior incremento aos 60 DAA, porém os valores obtidos para a NI foram, em média, inferiores aos obtidos para a SAI nas três avaliações. Na safra 2010, a atividade da NI permaneceu constante nas três amostragens, com exceção ao tratamento com etefon, que promoveu atividade significativamente superior aos 30 DAA.

6.2.1.4 Variáveis tecnológicas (pol, pureza, fibra e AR)

Para nenhum das variáveis tecnológicas avaliadas (pol, pureza, fibra e AR) houve variação significativa entre os resultados para os diferentes experimentos e não houve interação deste fator com nenhum outro analisado. Os tratamentos influenciaram o teor de pol e a pureza do caldo e os resultados foram significativos para o fator DAA em todos os parâmetros avaliados. Houve interação entre os fatores DAA x T para os parâmetros pol, pureza e AR (Tabela 21).

Tabela 21. Análise de variância dos parâmetros tecnológicos do caldo de cana-de-açúcar em função da aplicação de boro e etefon na pré-colheita da cana-de-açúcar em início de safra.

	ANAVA (Probabilidade de F)			
	Pol	Pureza	Fibra	AR
Bloco	0,1432	0,1694	0,1604	0,1987
Dias após aplicação (DAA)	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Tratamento (T)	< 0,0001	0,0226	0,4480	0,3360
Experimento (E)	0,1425	0,1731	0,1845	0,1596
DAA x T	0,0042	0,0902	0,9299	0,0661
DAA x E	0,1674	0,1352	0,1771	0,1621
T x E	0,3733	0,3350	0,4784	0,4228
T x DAA x E	0,6975	0,6735	0,8065	0,7321

Os tratamentos proporcionaram incremento no teor de pol em relação às plantas não tratadas, com destaque para o B, que obteve valores significativamente superiores aos demais tratamentos aos 15 e 30 DAA e ao controle até os 45 DAA. O tratamento com etefon, isolado ou em associação ao B, incrementou significativamente o teor de pol em relação ao controle durante todo o período experimental (Figura 19).

Todos os tratamentos proporcionaram incremento significativo no teor de pol com o decorrer das épocas de amostragem. Para os tratamentos com etefon e B, aplicados isoladamente ou em associação, os resultados foram expressos por funções quadráticas e para o controle por função linear crescente (Figura 19).

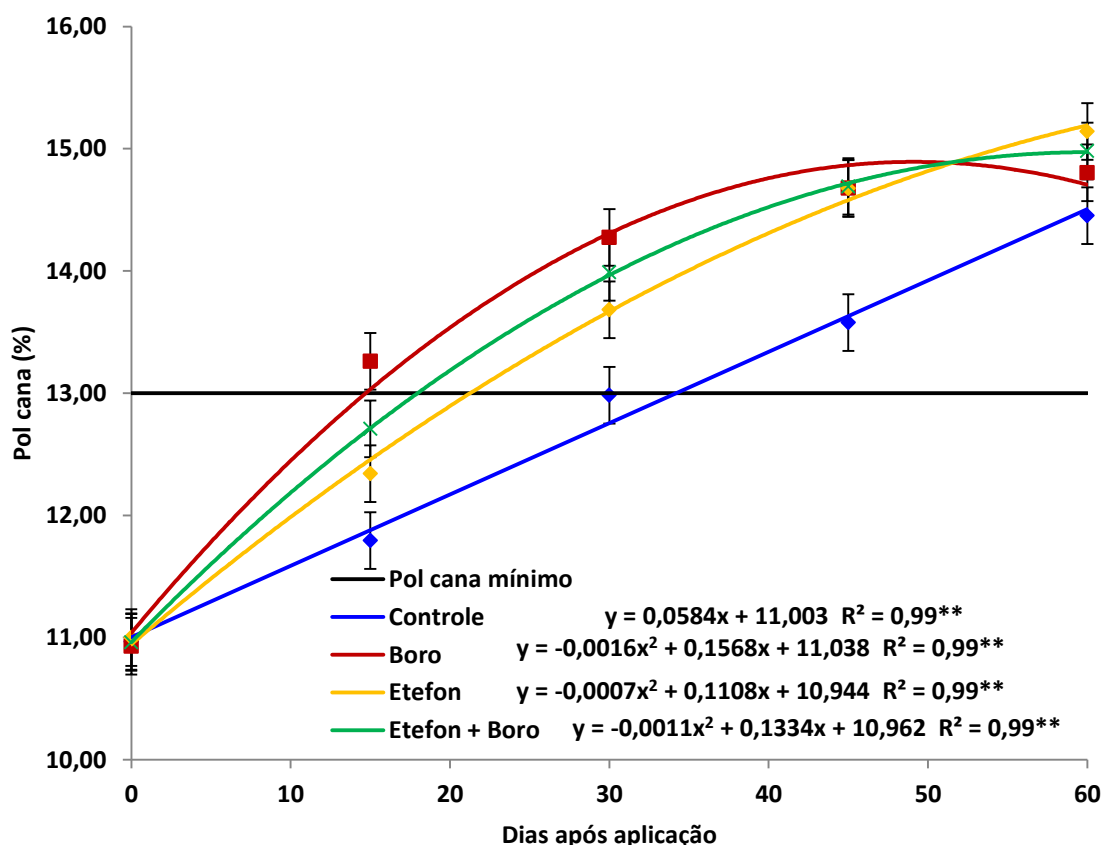


Figura 19. Pol cana (%), em função da aplicação de boro e etefon na pré-colheita da cana-de-açúcar em início de safra. Variedade RB855453, Raízen soca 3º/4º corte e Tereos soca 2º/3º corte. Média de 2 locais e 2 anos de experimentação. ** significativo a 5% pelo teste t (LSD).

As plantas controle atingiram o teor de 13% de pol, considerado o mínimo adequado para a indústria, aos 34 DAA, enquanto para os tratamentos com B, etefon + B e etefon, este teor foi obtido aos 15, 18 e 22 DAA, o que representa antecipação da colheita de 19, 16 e 12 dias, respectivamente. Neste período, os teores obtidos para os tratamentos foram de 14,6%, 14,3% e 14%, revelando que o incremento de pol proporcionado pelos tratamentos em relação ao controle chegou a 12%, 10% e 8%, respectivamente (Figura 19).

A maturação da cana-de-açúcar é um dos aspectos dos mais importantes dentro do sistema de produção da indústria açucareira, pois é dele que depende o fornecimento de um fluxo contínuo de matéria-prima durante o período de colheita para o funcionamento constante da usina (ALMEIDA et al., 2003). É possível realizar uma estimativa do estágio ideal de maturação para obtenção de maior rendimento industrial,

correlacionando-se a pol cana, que é um indicativo da quantidade de sacarose na cana-de-açúcar, a outros parâmetros tecnológicos como brix (teor de sólidos solúveis), pureza e açúcares redutores (AR) (FERNANDES, 2003).

Sob condições de deficiência de B, a via da pentose fosfato torna-se o meio predominante de degradação dos carboidratos em vez da via glicólise, levando à formação de compostos fenólicos pela via do ácido chiquímico, o que causa acúmulo de fenóis e aumento da atividade da polifenoloxidase. Em decorrência disso, há maior formação de compostos intermediários altamente reativos como as quinonas, que bem como os fenóis fotoativados, são altamente efetivos na produção de radicais superóxido, os quais são potencialmente capazes de danificar as membranas em decorrência da peroxidação de lipídeos (SHELP et al., 1992; KIRKBY & RÖMHELD, 2007).

Para Venter e Currier (1977) e Loué (1993), em condições de deficiência de B ocorre maior produção de calose levando a redução no transporte de sacarose das folhas para outras partes da planta, a qual provoca a obstrução do floema, principal via de transporte da sacarose. Loué (1993) e Marschner (1995) acreditam que a redução da síntese de sacarose ocorre por inibição da ação de fosforilases ou redução na síntese de uracila, precursora da uridina difosfato glicose, coenzima essencial na formação da sacarose.

Caputo et al. (2007), estudando o efeito do etefon na maturação e produtividade da cana-de-açúcar, revelaram que o maturador foi efetivo em promover maturação e aumento do teor de sacarose, permitindo a antecipação de 21 dias na colheita.

De modo geral, houve incremento na pureza do caldo (Figura 20) das plantas controle e das tratadas com etefon e B, aplicados isoladamente ou em associação, onde os níveis foram elevados de 78% a 87%, em média. Os resultados obtidos foram ajustados a modelos quadráticos, com exceção ao tratamento com etefon, que foi ajustado ao modelo linear crescente.

Aos 15 DAA a pureza do caldo obtida para o controle e para o tratamento com B foi significativamente superior ao etefon, aplicado isoladamente ou em associação ao B. Aos 45 DAA o tratamento com B, aplicado isoladamente ou em associação ao etefon, proporcionou pureza do caldo inferior ao controle. Aos 30 e 60 DAA não observou-se diferença significativa entre os tratamentos (Figura 20).

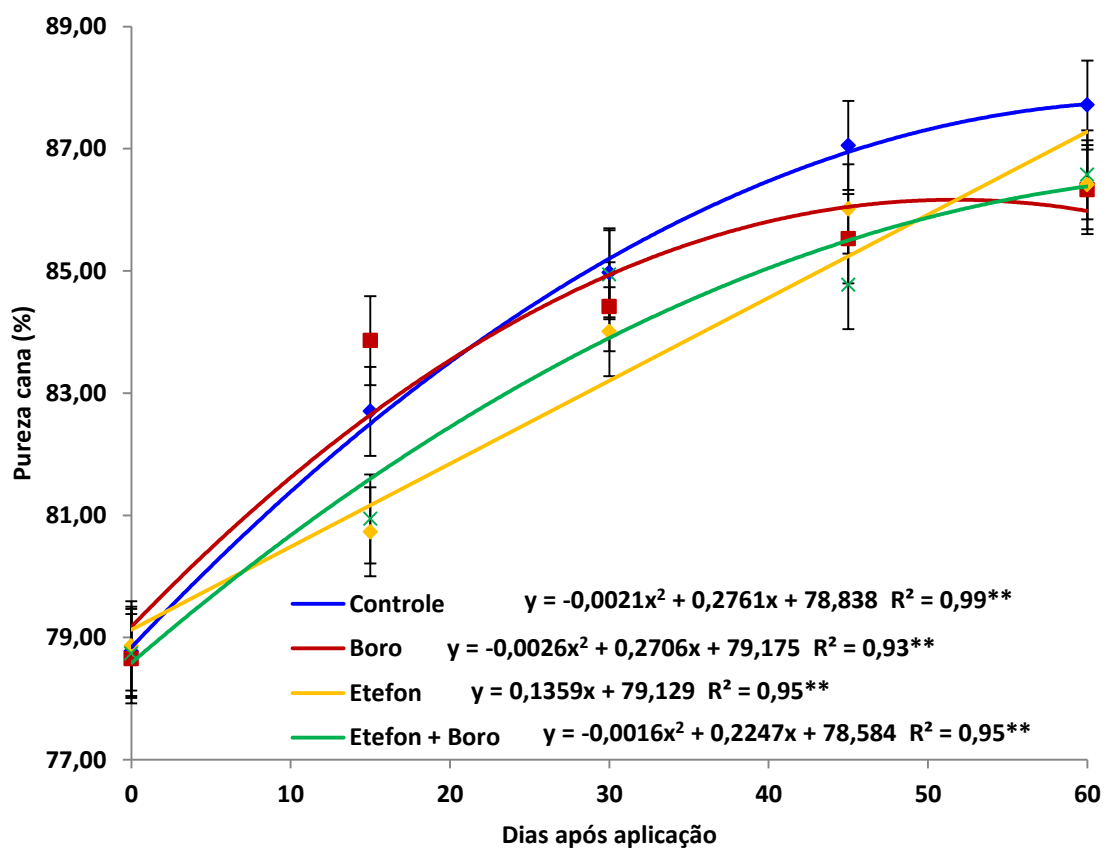


Figura 20. Pureza cana (%), em função da aplicação de boro e etefon na pré-colheita da cana-de-açúcar em início de safra. Variedade RB855453, Raízen soca 3º/4º corte e Tereos soca 2º/3º corte. Média de 2 locais e 2 anos de experimentação. ** significativo a 5% pelo teste t (LSD).

Os valores obtidos para a pureza do caldo (Figura 20) ficaram dentro do teor considerado adequado para a indústria, acima de 85% (RIPOLI; RIPOLI, 2004; FERNANDES, 2003), a partir dos 30 DAA para o controle e o tratamento com B, dos 40 DAA para o etefon + B e dos 43 DAA para o etefon.

Observa-se pela Figura 21 que o teor de fibra não foi influenciado pela aplicação dos tratamentos, não havendo diferença significativa em nenhuma época de amostragem, porém houve incremento com o decorrer das épocas de amostragens para todos os tratamentos.

Os resultados quanto ao teor de fibra foram expressos por modelos quadráticos, porém, de modo geral, o teor das plantas tratadas e do controle não ultrapassou o teor considerado adequado para a indústria, que segundo Ripoli e Ripoli (2004), varia entre 11 e 13% (Figura 21).

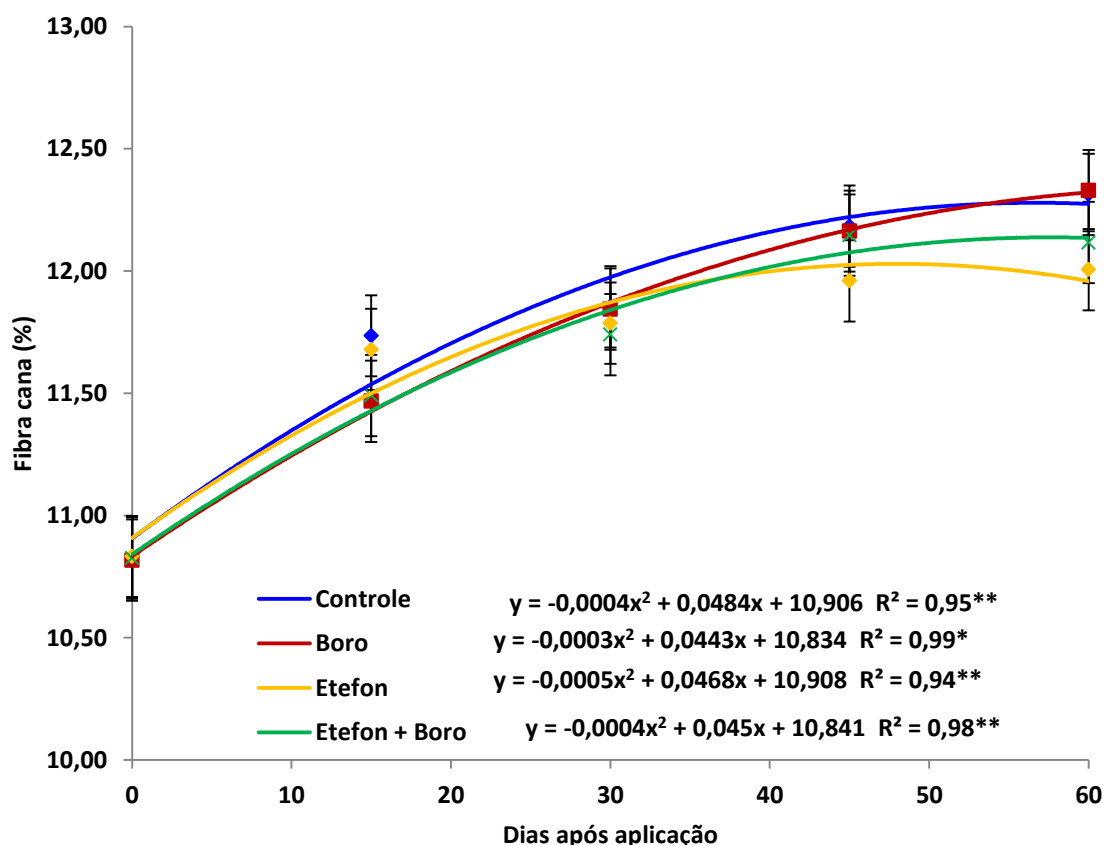


Figura 21. Fibra cana (%), em função da aplicação de boro e etefon na pré-colheita da cana-de-açúcar em início de safra. Variedade RB855453, Raízen soca 3º/4º corte e Tereos soca 2º/3º corte. Média de 2 locais e 2 anos de experimentação. ** e * significativos a 5% e 10%, respectivamente, pelo teste t (LSD).

Outros autores já relataram que a aplicação de etefon não influenciou o teor de fibra da cana-de-açúcar, mesmo havendo incremento no teor de pol (LEITE et al., 2009b e GALDIANO, 2008), porém Castro et al. (2001) observaram incremento no teor de fibra das plantas tratadas com etefon.

O teor de AR (Figura 22) decresceu com o decorrer das épocas de amostragem até a colheita e, para todos os tratamentos, os resultados foram ajustados a modelos quadráticos, revelando queda até, aproximadamente, 40 DAA e posterior estabilidade dos valores.

Com o processo de maturação da cana-de-açúcar, há uma correlação inversa entre o teor de AR e o teor de pol, já que há síntese dos açúcares redutores frutose e glicose em sacarose e esta é armazenada nos colmos. Para Castro et al. (2001), a gradativa queda dos teores de açúcares redutores mostra que estes

monossacarídeos são utilizados para a síntese endógena de sacarose e sua estabilização em níveis mínimos evidencia que pouco restou desses carboidratos para contribuir com essa síntese.

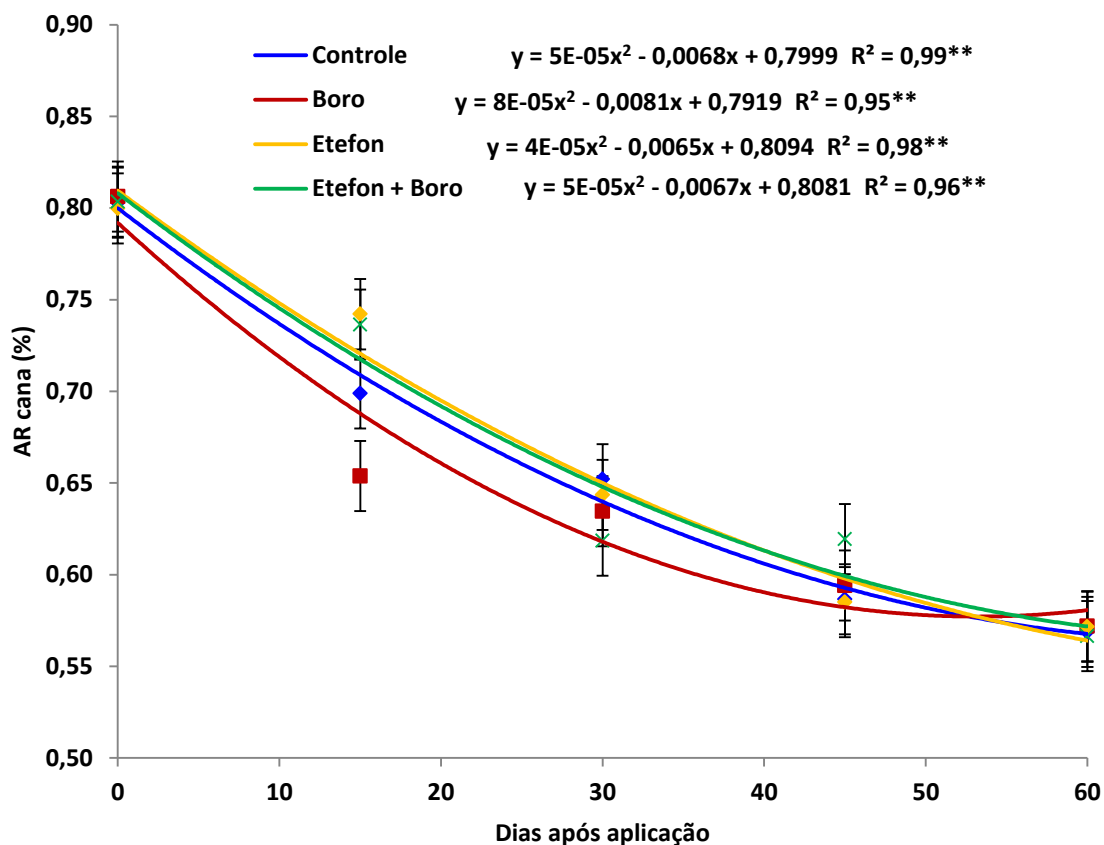


Figura 22. AR cana (%), em função da aplicação de boro e etefon na pré-colheita da cana-de-açúcar em início de safra. Variedade RB855453, Raízen soca 3^o/4^o corte e Tereos soca 2^o/3^o corte. Média de 2 locais e 2 anos de experimentação. ** significativo a 5% pelo teste t (LSD).

6.2.1.5 Produtividade de colmos (TCH) e de açúcar (TAH)

A análise conjunta dos dados indicou que para a TCH houve efeito do DAA, dos experimentos e da interação entre DAA x experimento, a 10% de probabilidade pelo teste F. Para a TAH, os resultados foram significativos para todos os fatores e suas interações, com exceção ao bloco (Tabela 22).

Tabela 22. Análise de variância da produtividade de colmos (TCH) e açúcar (TAH) de cana-de-açúcar em função da aplicação de boro e etefon na pré-colheita da cana-de-açúcar em início de safra.

	ANAVA (Probabilidade de F)	
	TCH	TAH
Bloco	0,3416	0,2823
Dias após aplicação (DAA)	< 0,0001	< 0,0001
Tratamento (T)	0,1855	< 0,0001
Experimento (E)	< 0,0001	< 0,0001
DAA x T	0,9881	0,0047
DAA x E	< 0,0001	< 0,0001
T x E	0,5646	0,0159
T x DAA x E	0,9999	0,0277

A TCH não foi influenciada pelos tratamentos (Figura 23), porém os resultados obtidos para cada local e safra em que os experimentos foram conduzidos variaram significativamente, provavelmente devido às condições climáticas durante o período experimental.

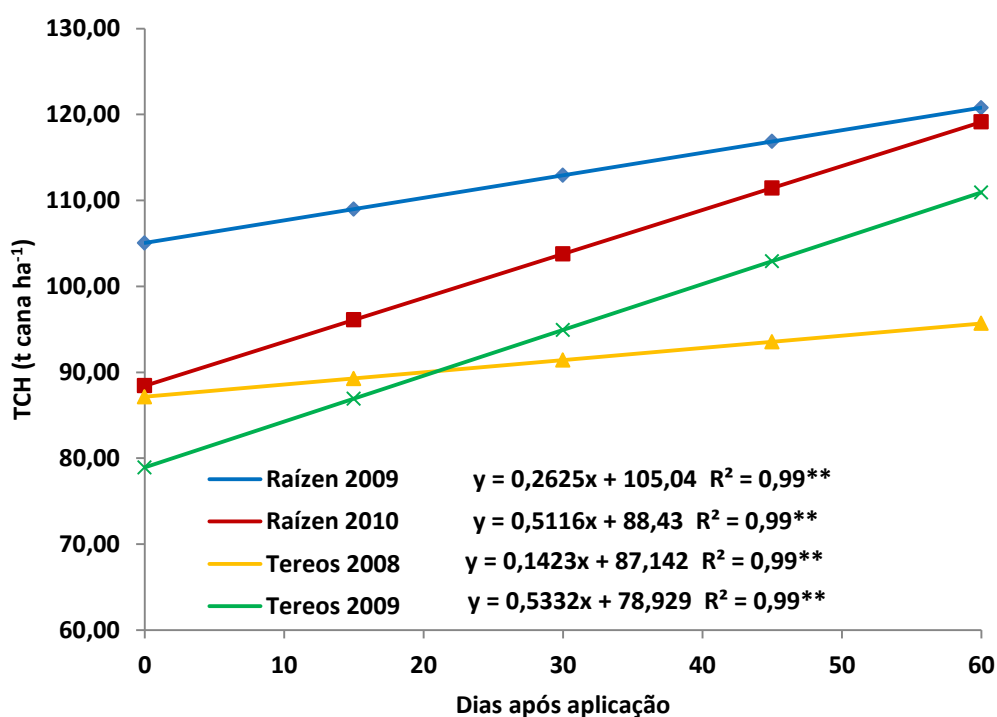


Figura 23. Produtividade de colmos (TCH), em função da aplicação de boro e etefon na pré-colheita da cana-de-açúcar em início de safra. Média de 4 tratamentos (Controle, Boro, Etefon e Etefon + Boro). Variedade RB855453, Raízen soca 3^o/4^o corte e Tereos soca 2^o/3^o corte. ** significativo a 10% pelo teste t (LSD).

Para o experimento conduzido na Raízen, safra 2009, houve incremento de 11,8 t cana ha⁻¹ ao final do período (60 DAA), elevando a TCH a 120,8 t cana ha⁻¹. Na safra subsequente, o incremento na TCH foi de 23,0 t cana ha⁻¹, chegando a 119,1 t cana ha⁻¹. Na Tereos, safra 2008, o aumento na TCH na colheita em relação ao início do experimento foi de 6,4 t cana ha⁻¹, alcançando 95,7 t cana ha⁻¹ e na safra 2009 houve aumento de 24,0 t cana ha⁻¹, chegando a 110,9 t cana ha⁻¹ (Figura 23).

Para todos os experimentos o incremento na TCH ao longo do período experimental foi significativo a 10% de probabilidade pelo teste F (Figura 23) e os resultados obtidos foram ajustados a modelos lineares crescentes.

Com relação à TAH (Figura 24), os tratamentos proporcionaram efeito significativo e o desempenho de cada produto ocorreu de maneira distinta para cada local e safra, provavelmente devido às diferenças nas condições climáticas no período de condução dos experimentos.

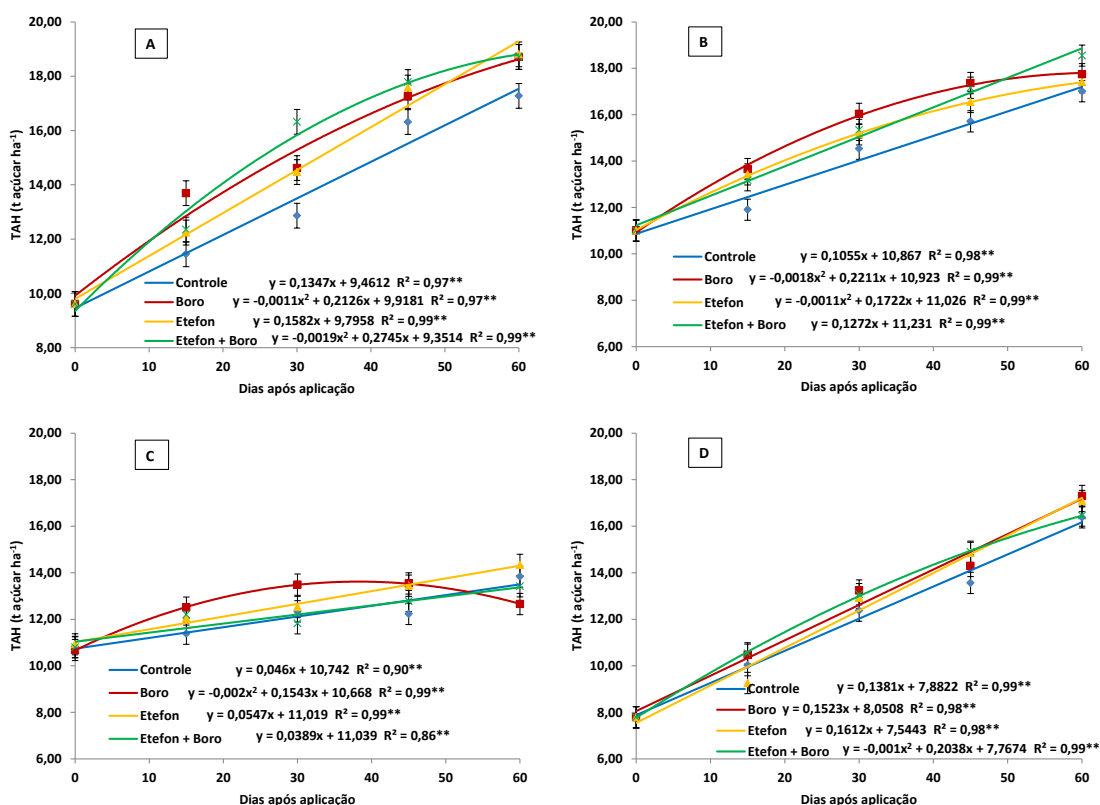


Figura 24. Produtividade de açúcar (TAH), em função da aplicação de boro e etefon na pré-colheita da cana-de-açúcar, em áreas pertencentes ao Grupo Raízen (A e B, safras 2009 e 2010, respectivamente) e ao Grupo Tereos (C e D, safras 2008 e 2009, respectivamente), em início de safra. Variedade RB855453, Raízen soca 3^o/4^o corte e Tereos soca 2^o/3^o corte. ** significativo a 5% pelo teste t (LSD).

No experimento conduzido na Raízen, safra 2009 (Figura 24A), todos os tratamentos proporcionaram incremento na TAH comparados ao controle, durante todo o período experimental. Os resultados de TAH mediante aplicação de etefon e B, aplicados isoladamente ou em associação, foram ajustados a modelos quadráticos, enquanto para o controle foram ajustados a modelo linear crescente.

Aos 15 DAA o tratamento com B aumentou significativamente a TAH comparado aos demais tratamentos e ao controle. Aos 30 DAA o etefon + B foi significativamente superior aos produtos aplicados isoladamente e estes foram superiores ao controle. Aos 45 e 60 DAA todos os tratamentos aumentaram a TAH em relação ao controle. O maior incremento na TAH dos tratamentos em relação ao controle foi aos 30 DAA, onde o controle obteve TAH de 12,9 t pol ha⁻¹, enquanto a TAH dos tratamentos foi 16,3 t pol ha⁻¹ para o etefon + B, 14,6 t pol ha⁻¹ para o B e 14,5 t pol ha⁻¹ para o etefon, portanto o incremento foi na ordem de 26,9%, 13,6% e 12,5%, respectivamente (Figura 24A).

Na Raízen, safra 2010 (Figura 24B), houve incremento na TAH mediante aplicação dos tratamentos, com destaque para o B, que foi significativamente superior ao controle durante todo o período experimental. Os resultados obtidos para o controle e para o tratamento etefon + B foram expressos por funções lineares crescentes, enquanto para os tratamentos com boro e etefon, aplicados isoladamente, por funções quadráticas.

Aos 15 DAA todos os tratamentos proporcionaram TAH significativamente superior ao controle, aos 30 DAA o B foi superior ao controle mas não diferiu dos demais tratamentos, aos 45 DAA o B, aplicado isoladamente ou em associação ao etefon, foi superior ao controle, mas o valor não diferiu do tratamento com etefon e aos 60 DAA o etefon + B foi significativamente superior ao controle e ao etefon, mas não diferiu do B aplicado isoladamente (Figura 24B).

Pelos resultados obtidos na Tereos, safra 2008 (Figura 24C), observa-se que houve aumento linear na TAH com o decorrer das épocas de amostragem, com exceção ao tratamento com B, onde o ajuste foi quadrático.

Até os 30 DAA somente o tratamento com B proporcionou incremento na TAH com relação ao controle, elevando em 15% a produtividade de açúcar, chegando a 13,5 t pol ha⁻¹. Contudo, aos 30 DAA o aumento estabilizou e após os 45 DAA, passou a decrescer, obtendo no final do período, aos 60 DAA, valor inferior ao

controle. O tratamento com etefon, aplicado isoladamente, proporcionou aumento significativo na TAH em relação ao controle somente aos 45 DAA, entretanto, quando o maturador foi aplicado em associação ao B não houve efeito no aumento da TAH e os resultados foram semelhantes ao controle (Figura 24C).

Para a safra 2009 da Tereos (Figura 24D) os resultados indicam que houve incremento linear na TAH com o decorrer do período experimental para o controle e para os tratamentos com B e etefon, aplicados isoladamente, porém quando os produtos foram associados (etefon + B), o ajuste foi quadrático.

Os tratamentos proporcionaram incremento significativo na TAH somente a partir dos 45 DAA, onde a etefon, aplicado isoladamente ou em associação ao B foi significativamente superior ao controle e aos 60 DAA o B obteve valor estatisticamente superior ao controle (Figura 24D).

6.2.1.6 Rebrotas e teor de lignina e celulose na soqueira

A análise conjunta dos dados de rebrotas da soqueira (Tabela 23) indicou que houve efeito significativo para os experimentos, porém não houve efeito da interação experimento x tratamento.

Não houve diferença significativa entre os tratamentos para a rebrotas da soqueira nos experimentos conduzidos na Raízen em nenhuma das safras, bem como na Tereos, safra 2008. Na safra 2009 da Tereos o tratamento com B proporcionou número de colmos por metro significativamente superior ao etefon, contudo não houve diferença entre os demais tratamentos (Tabela 23).

Tabela 23. Rebrotas da soqueira de cana-de-açúcar, em função da aplicação de boro e etefon na pré-colheita da cana-de-açúcar em início de safra.

Tratamentos	Número de brotos m ⁻¹ *	
	Raízen**	
	Safra 2009	Safra 2010
Controle	13 a	10 a
Boro	12 a	8 a
Etefon	12 a	9 a
Etefon + Boro	11 a	9 a
Tratamentos	Tereos**	
	Safra 2008	Safra 2009
	Controle	12 a
Boro	15 a	21 a
Etefon	12 a	17 b
Etefon + Boro	12 a	18 ab
	<u>ANAVA (Probabilidade de F)</u>	
Bloco	0,2041	
Tratamento (T)	0,3796	
Experimento (E)	< 0,0001	
T x E	0,6967	

*Avaliação realizada aos 80 DAC (dias após a colheita).

** Variedade RB855453.

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

Observa-se pela análise de variância da Tabela 24, que os tratamentos proporcionaram influência no teor de lignina da rebrota, porém não houve efeito para experimento e para a interação tratamento x experimento.

Na safra 2009 o tratamento etefon + B proporcionou teor de lignina significativamente superior ao etefon e ao B aplicados isoladamente, porém não houve diferença em relação ao controle. Na safra 2010 o teor de lignina do tratamento controle foi significativamente superior ao tratamento com B (Tabela 24).

Dutta e McIlrath (1964) constataram redução sensível no conteúdo total de lignina e da enzima POD, catalisadora da síntese de lignina, em plantas de girassol, deficientes em B. Sabe-se que a maioria dos solos do estado de São Paulo apresenta deficiência de B e este fator pode estar contribuindo para o menor teor de lignina, mesmo havendo aplicação do micronutriente na safra anterior.

Para o teor de celulose na rebrota da soqueira (Tabela 24), a análise de variância mostra que houve efeito somente dos experimentos, porém não houve influência dos tratamentos e da interação tratamento x experimento para este parâmetro.

Tabela 24. Teores de lignina e celulose na rebrota da soqueira de cana-de-açúcar, em função da aplicação de boro e etefon na pré-colheita da cana-de-açúcar em início de safra*.

Tratamentos	Lignina (%)**	
	Safra 2009	Safra 2010
Controle	3,88 ab	4,39 a
Boro	3,02 b	3,23 b
Etefon	2,97 b	3,46 ab
Etefon + Boro	4,19 a	3,80 ab
Celulose (%)**		
Controle	31,10 a	26,92 a
Boro	31,25 a	26,90 a
Etefon	29,69 a	26,37 a
Etefon + Boro	29,40 a	26,81 a
ANAVA (Probabilidade de F)		
	Lignina	Celulose
Bloco	0,9699	0,7776
Tratamento (T)	0,0266	0,3944
Experimento (E)	0,4547	< 0,0001
T x E	0,6205	0,6572

* Variedade RB855453. Avaliações realizadas somente nos experimentos do Grupo Raízen.

**Avaliação realizada aos 80 DAC (dias após a colheita).

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

6.2.2 Final de safra

6.2.2.1 Teor de boro em folhas de cana-de-açúcar

A análise conjunta dos resultados obtidos para o teor de B nas folhas (Tabela 25) indica que houve efeito de DAA, tratamentos e da interação DAA x T, porém não houve efeito dos experimentos, bem como das interações com este fator, indicando que não há influência do local e das diferentes condições climáticas com relação a este parâmetro.

Tabela 25. Análise de variância do teor de boro em folhas (folha +1) de cana-de-açúcar em função da aplicação de boro e etefon na pré-colheita da cana-de-açúcar em final de safra.

	<u>ANAVA (Probabilidade de F)</u>
Bloco	0,4500
DAA	< 0,0001
Tratamento (T)	< 0,0001
Experimento (E)	0,5501
DAA x T	< 0,0001
DAA x E	0,7271
T x E	0,9671
T x DAA x E	0,9999

Observou-se incremento no teor de B das folhas mediante aplicação foliar do micronutriente, isoladamente ou associação ao etefon, com resultados expressos por funções quadráticas. Para os tratamentos que não receberam aplicação de B (controle e etefon), o teor permaneceu estável durante todo o período experimental, não havendo aumento significativo no teor de B das folhas (Figura 25).

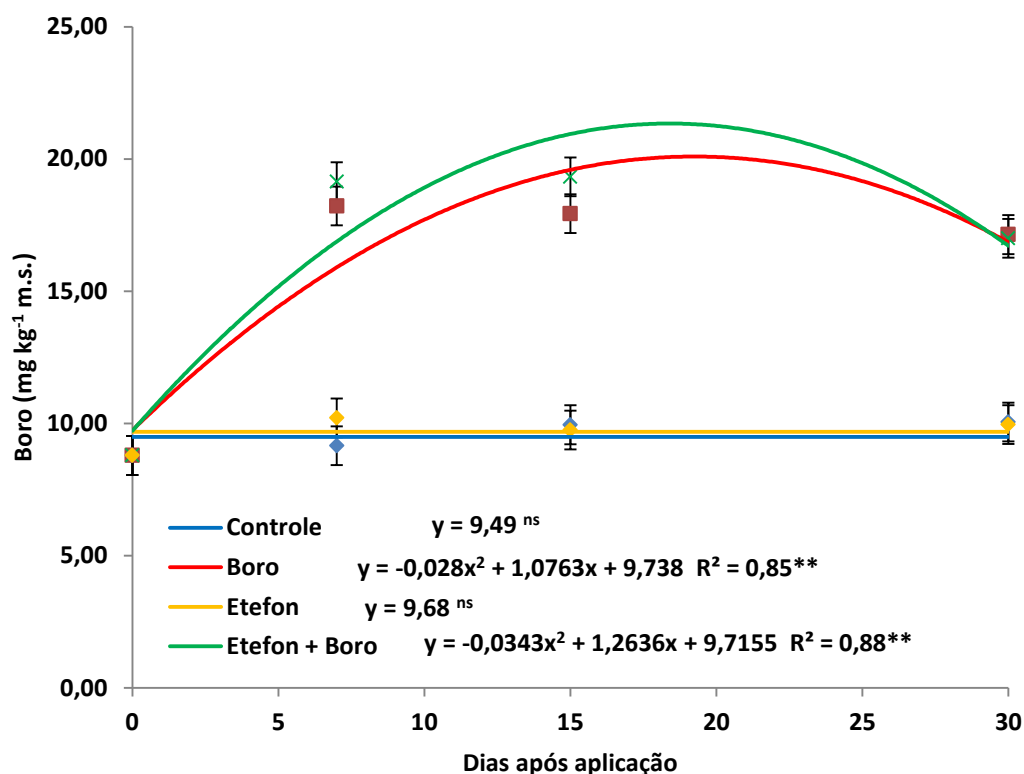


Figura 25. Teor de boro em folhas (+1), em função da aplicação de boro e etefon na pré-colheita da cana-de-açúcar em final de safra. Raízen variedade SP80-3280, soca 4^o/5^o corte e Tereos variedade RB867515, soca 2^o/3^o corte. Média de 2 locais e 2 anos de experimentação. ^{ns} não significativo e ^{**} significativo a 5% pelo teste t (LSD).

A máxima absorção de B ocorreu aos 18 e 19 DAA (Figura 25), elevando os níveis na folha a 21,3 e 20,1 mg kg⁻¹ para os tratamentos com B + etefon e B aplicado isoladamente, respectivamente. Estes resultados revelam que a aplicação de B foi eficiente em aumentar o teor do micronutriente na folha, elevando os teores anteriormente considerados críticos (8,79 mg kg⁻¹) para níveis considerados adequados por Raij et al. (1996), que vão de 10 a 30 mg kg⁻¹.

A absorção do B somente é possível devido ao transporte do complexo poliol-B-poliol, formado nos tecidos fotossintéticos, no floema para drenos ativos, como meristemas vegetativos ou reprodutivos somente em espécies de plantas que utilizam polióis (açúcares simples, como manitol, sorbitol e dulcitol) como um metabólito fotossintético primário, como é o caso da cana-de-açúcar. Por outro lado, em espécies de plantas cuja produção de polióis é mínima, o B, uma vez transportado até a folha através do fluxo transpiratório, não pode entrar no floema, resultando na sua completa imobilidade na folha (BROWN; HU, 1998).

6.2.2.2 Altura de colmos

A análise conjunta dos dados de altura de colmos (Tabela 26) revela que houve efeito do DAA, dos experimentos e da interação DAA x E, porém não houve efeito dos tratamentos bem como das interações com este fator.

No experimento conduzido no Grupo Raízen, final de safra 2008 (Tabela 26), a aplicação de B proporcionou paralisação do crescimento das plantas e a menor altura de plantas quando comparado ao tratamento etefon + B e com o controle. Na safra 2009 não houve influência dos tratamentos com relação a este parâmetro, sendo que todas as plantas, tratadas ou não, mantiveram seu processo de crescimento natural.

A altura das plantas não foi influenciada pela aplicação de etefon, aplicado isoladamente ou em mistura ao B nos experimentos conduzidos em final de safra no Grupo Tereos, em nenhuma das duas safras avaliadas. De maneira geral, as plantas já haviam interrompido seu crescimento em altura, provavelmente devido à época em que o experimento foi conduzido, e nenhum tratamento proporcionou diferença significativa com relação a este parâmetro (Tabela 26).

Tabela 26. Altura de colmos de cana-de-açúcar, em função da aplicação de boro e etefon na pré-colheita da cana-de-açúcar em final de safra.

Tratamentos	Altura de plantas (m)			
	Raízen*			
	Safra 2008		Safra 2009	
	0 DAA	45 DAA	0 DAA	45 DAA
Controle	2,49 aB	2,62 aA	2,06 aB	2,32 aA
Boro	2,49 aA	2,50 bA	2,06 aB	2,41 aA
Etefon	2,49 aB	2,63 abA	2,06 aB	2,28 aA
Etefon + Boro	2,49 aB	2,64 aA	2,06 aB	2,36 aA
	Tereos**			
Controle	2,20 aA	2,28 aA	2,10 aA	2,13 aA
Boro	2,20 aA	2,27 aA	2,10 aA	2,18 aA
Etefon	2,20 aA	2,24 aA	2,10 aA	2,15 aA
Etefon + Boro	2,20 aA	2,25 aA	2,10 aA	2,27 aA
	ANAVA (Probabilidade de F)			
Bloco	0,2271			
Dias após aplicação (DAA)	< 0,0001			
Tratamento (T)	0,9278			
Experimento (E)	< 0,0001			
DAA x T	0,9280			
DAA x E	< 0,0001			
T x E	0,9944			
T x DAA x E	0,9949			

* Variedade SP80-3280

** Variedade RB867515

Médias seguidas de letras iguais, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste t (LSD) a 10% de probabilidade.

6.2.2.3 Atividade das enzimas invertases ácida solúvel (SAI) e neutra (NI) em caldo de cana-de-açúcar

Pela análise conjunta dos resultados de atividade das enzimas SAI e NI (Tabela 27), observa-se que para a SAI houve efeito dos fatores DAA, tratamento e experimento, bem como de todas as interações entre estes fatores e para a NI houve efeito de DAA e experimentos (E) e da interação DAA x E.

Na safra 2008 os níveis de atividade da SAI permaneceram constantes nas três avaliações, em torno de 43 ug glicose g⁻¹ m.f., com exceção ao controle que proporcionou decréscimo aos 45 DAA. Com relação às diferentes épocas de amostragem, houve diferença significativa entre os tratamentos aos 20 DAA, onde a atividade da SAI do controle foi significativamente superior aos tratamentos com B e

etefon, aplicados isoladamente e aos 45 DAA o tratamento etefon + B foi significativamente superior quando comparado aos produtos aplicados isoladamente (Tabela 27).

Tabela 27. Atividade das enzimas invertases ácida (SAI) e neutra (NI) do caldo de cana-de-açúcar, em função da aplicação de boro e etefon na pré-colheita da cana-de-açúcar em final de safra.

Atividade de invertases ácida e neutra*						
Tratamentos	SAI (ug glicose g material fresca⁻¹)					
	Safra 2008			Safra 2009		
	0 DAA	20 DAA	45 DAA	0 DAA	20 DAA	45 DAA
Controle	44,6 aA	48,5 aA	36,6 bB	204,0 aA	76,3 cB	65,1 bC
Boro	44,6 aA	41,4 bA	41,3 bA	204,0 aA	72,9 cB	59,6 cC
Etefon	44,6 aA	40,2 bA	39,5 bA	204,0 aA	100,6 aB	64,4 bcC
Etefon + Boro	44,6 aA	44,2 abA	46,7 aA	204,0 aA	93,7 bB	75,9 aC
NI (ug glicose g material fresca⁻¹)						
Controle	33,9 aA	37,2 aA	31,4 bA	88,1 aA	67,4 bcB	57,2 aC
Boro	33,9 aA	33,4 aA	33,7 abA	88,1 aA	65,3 cB	53,8 aC
Etefon	33,9 aA	31,9 aA	34,2 abA	88,1 aA	73,9 abB	55,1 aC
Etefon + Boro	33,9 aA	37,7 aA	41,0 aA	88,1 aA	82,2 aA	50,0 aB
ANAVA (Probabilidade de F)						
	SAI			NI		
Bloco	0,1588			0,9462		
DAA	< 0,0001			< 0,0001		
Tratamento (T)	< 0,0001			0,2432		
Experimento (E)	< 0,0001			< 0,0001		
DAA x T	< 0,0001			0,4887		
DAA x E	< 0,0001			< 0,0001		
T x E	< 0,0001			0,8204		
T x DAA x E	< 0,0001			0,1821		

* Variedade SP80-3280. Avaliações realizadas somente nos experimentos do Grupo Raízen.

Médias seguidas de letras iguais, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste t (LSD) a 10% de probabilidade.

Os valores obtidos para a SAI na safra 2009 (Tabela 27) revelam que houve decréscimo significativo na atividade desta enzima com o decorrer do período experimental para todos os tratamentos. Aos 20 DAA o tratamento com etefon proporcionou atividade significativamente superior aos demais tratamentos e a associação do maturador ao B foi superior ao micronutriente aplicado isoladamente e ao controle. Aos 45 DAA a associação etefon + B proporcionou atividade da SAI significativamente superior aos demais tratamentos, seguido pelo controle e pelo tratamento com B.

O padrão observado para a atividade da NI (Tabela 27) foi semelhante ao obtido para a SAI nas duas safras em que os experimentos foram conduzidos, onde na safra 2008 não houve variação na atividade nas três avaliações e na safra 2009 houve decréscimo com o decorrer das épocas de amostragem, no entanto, de modo geral, os valores obtidos para a NI foram inferiores aos da SAI.

Observa-se ainda, pela Tabela 27, que na safra 2008 houve efeito dos tratamentos somente aos 45 DAA, onde a atividade da SAI obtida para o tratamento etefon + B foi significativamente superior ao controle, mas não diferiu dos demais tratamentos. Na safra 2009, houve diferença entre os tratamentos somente aos 20 DAA, onde a atividade da SAI do tratamento etefon + B foi superior ao B aplicado isoladamente e ao controle e o etefon, aplicado isoladamente, foi superior ao B.

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

As diferentes condições ambientais observadas no final das safras 2008 e 2009 da Raízen (Figura 1) podem ter influência na atividade da invertase neutra (Tabela 27), já que na safra 2009 a precipitação foi bastante elevada em relação ao ano anterior, promovendo maior desenvolvimento vegetativo das plantas, o que pode ter levado ao decréscimo na atividade da NI. Esta relação não foi observada para a SAI, pois usualmente ocorre aumento da atividade em condições favoráveis ao desenvolvimento vegetativo, contudo a aplicação de etefon e B podem ter promovido maior acúmulo de sacarose, mesmo em condições desfavoráveis à maturação natural, levando à diminuição da atividade desta enzima.

Neste contexto, os resultados obtidos neste estudo não corroboram com Leite et al. (2009a) que observaram aumento na atividade de SAI através do uso de maturadores químicos sob alta precipitação pluvial, condição favorável ao desenvolvimento vegetativo da cana-de-açúcar e elevada atividade da NI sob queda de temperatura e precipitação pluvial, condição favorável à maturação natural. Já Terauchi et al. (2000), relataram que a atividade da SAI diminuiu sobre condições frias e resultou em aumento na concentração de sacarose no inverno..

6.2.2.4 Variáveis tecnológicas (pol, pureza, fibra e AR)

O objetivo da aplicação dos maturadores em final de safra não é incrementar o teor de pol, mas manter seu valor elevado por maior período de tempo, para que possa ser realizado planejamento da colheita, pois nesta fase é comum que haja uma queda no teor de pol das plantas, já que as mesmas já completaram o ciclo de maturação e pode retomar o desenvolvimento vegetativo.

A análise de variância conjunta dos dados das variáveis tecnológicas revela que para o teor de pol, pureza e AR houve efeito de DAA, tratamentos e da interação DAA x tratamento e para o teor de fibra houve efeito somente de DAA. O fator experimento não influenciou nenhum dos parâmetros tecnológicos, bem como as interações com este fator (Tabela 28).

Tabela 28. Análise de variância dos parâmetros tecnológicos do caldo de cana-de-açúcar em função da aplicação de boro e etefon na pré-colheita da cana-de-açúcar em final de safra.

	ANAVA (Probabilidade de F)			
	Pol	Pureza	Fibra	AR
Bloco	0,2271	0,5539	0,4962	0,2366
Dias após aplicação (DAA)	< 0,0001	< 0,0001	0,0012	< 0,0001
Tratamento (T)	< 0,0001	0,0034	0,4481	0,0342
Experimento (E)	0,2547	0,1982	0,1547	0,2273
DAA x T	0,0429	0,0186	0,6173	0,0005
DAA x E	0,1423	0,1178	0,1328	0,1652
T x E	0,4962	0,3821	0,5297	0,5021
T x DAA x E	0,4564	0,2874	0,9999	0,6522

O efeito dos tratamentos foi bastante pronunciado com relação ao teor de pol (Figura 26) e tanto o etefon quanto o B, aplicados isoladamente ou em associação, foram eficientes em manter o teor de pol elevado por maior período de tempo em comparação ao controle. Os resultados foram ajustados a modelos quadráticos, onde foi observado decréscimo com posterior estabilidade, com exceção ao tratamento com B, onde o ajuste foi linear decrescente.

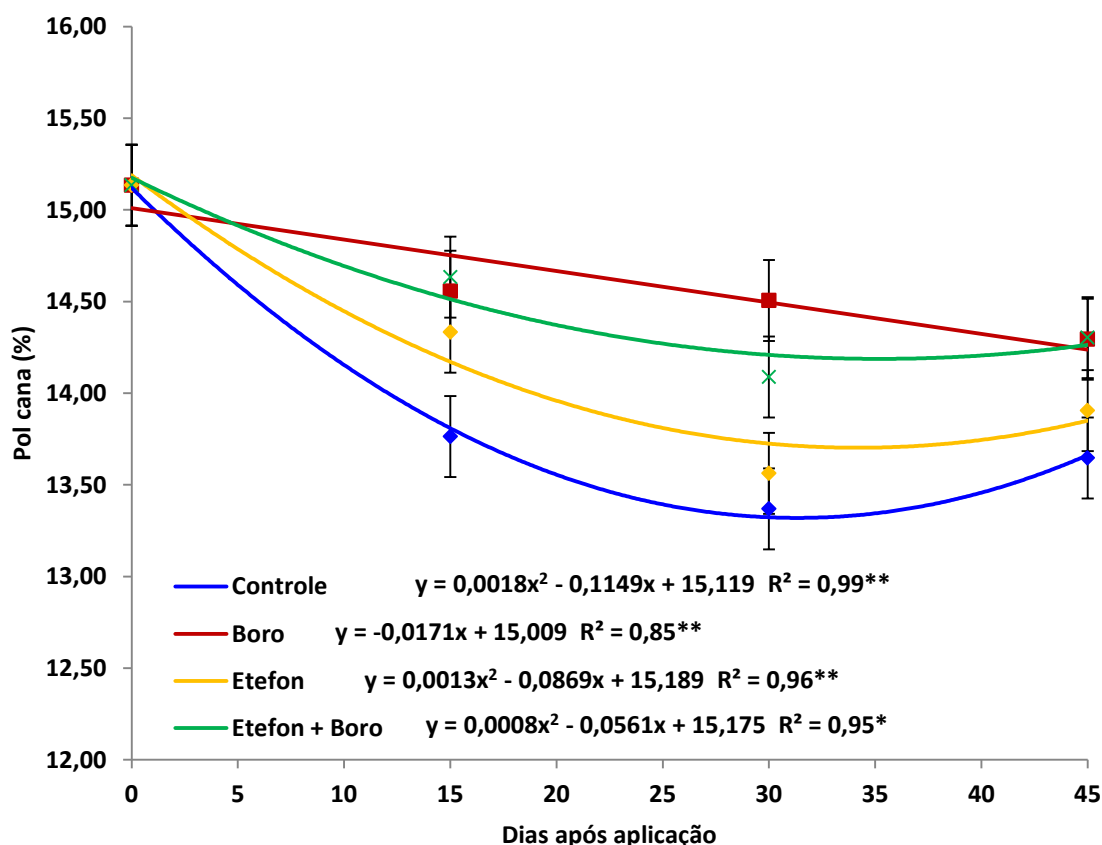


Figura 26. Pol cana (%), em função da aplicação de boro e etefon na pré-colheita da cana-de-açúcar em final de safra. Raízen variedade SP80-3280, soca 4º/5º corte e Tereos variedade RB867515, soca 2º/3º corte. Média de 2 locais e 2 anos de experimentação. ** e * significativos a 5% e 10%, respectivamente, pelo teste t (LSD).

O ponto de mínima calculado para a pol foi 13,3%, 13,7% e 14,2% aos 32, 33 e 35 DAA, respectivamente, para o controle, etefon e etefon + B. Para o B, como houve ajuste linear, não foi possível calcular o ponto de mínima. Estes resultados revelam que mesmo havendo queda da pol mediante aplicação dos tratamentos, foi bem menos acentuada quando comparada ao controle. A maior diferença no teor de pol mediante aplicação dos tratamentos foi observada aos 30 DAA, onde a pol do tratamento controle foi 13,4%, enquanto para o etefon, etefon + B e B foi de 13,6%, 14,1% e 14,5%, o que representa que a cana-de-açúcar deixou de perder 1,4%, 5,4% e 8,5% de pol, respectivamente quando comparados ao controle (Figura 26).

Pelos resultados obtidos nas diferentes épocas de amostragens, é possível constatar que o B, aplicado isoladamente ou em associação ao etefon se destacou quando comparado ao etefon aplicado isoladamente. Aos 15 DAA todos os tratamentos

proporcionaram pol significativamente superior ao controle e aos 30 e 45 DAA o B, aplicado isoladamente ou associado ao etefon, foi significativamente superior ao controle e ao tratamento com etefon aplicado isoladamente (Figura 26).

Com relação à pureza do caldo (Figura 27), os resultados foram semelhantes aos obtidos para a pol e os tratamentos proporcionaram pureza significativamente superior ao controle. Os resultados foram expressos por funções quadráticas com exceção ao tratamento com B, expresso por função linear decrescente.

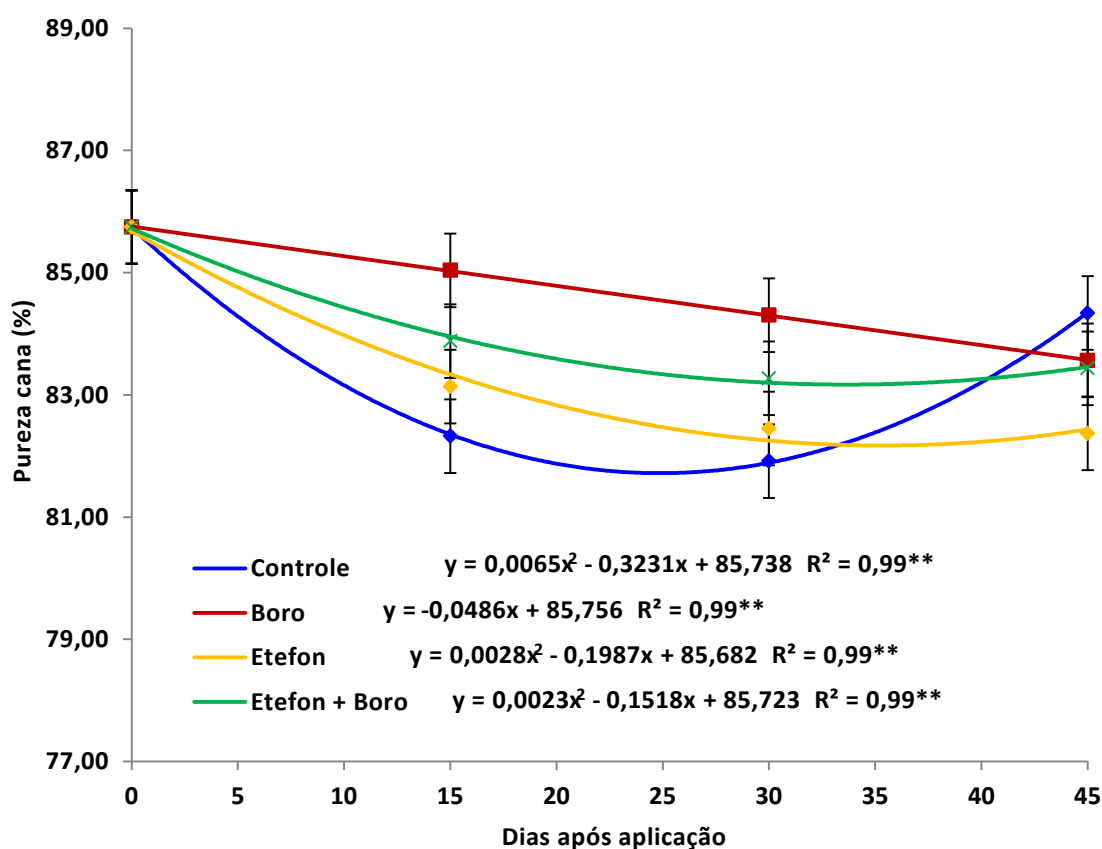


Figura 27. Pureza cana (%), em função da aplicação de boro e etefon na pré-colheita da cana-de-açúcar em final de safra. Raízen variedade SP80-3280, soca 4^o/5^o corte e Tereos variedade RB867515, soca 2^o/3^o corte. Média de 2 locais e 2 anos de experimentação. ** significativo a 5% pelo teste t (LSD).

Até os 30 DAA o B, aplicado isoladamente ou em associação ao etefon, elevou significativamente a pureza do caldo em relação ao controle, porém após este período os valores dos tratamentos permaneceram estáveis enquanto para o controle a curva retomou o crescimento, igualando-se, aos 45 DAA, aos tratamentos B e etefon + B e

superando o tratamento com etefon. Não houve diferença significativa entre o tratamento com etefon e sua associação ao B durante todo o período experimental (Figura 27).

O ponto de mínima da pureza do caldo foi obtido aos 25, 33 e 35 DAA, respectivamente, para o controle, etefon + B e etefon, cujos teores foram 81,7%, 83,2% e 82,2%. Para o tratamento com B não foi possível calcular o ponto de mínima devido ao ajuste linear dos resultados (Figura 27).

A aplicação de etefon e B, aplicados isoladamente ou em associação, permitiu explorar o potencial tecnológico da cana-de-açúcar, elevando o teor de pol e pureza do caldo, possibilitando prolongar o período de colheita e industrialização, sem prejudicar a qualidade da matéria-prima do caldo.

O teor de fibra (Figura 28) não foi influenciado pela aplicação de B, etefon e etefon + B e os teores permaneceram constantes com o decorrer das épocas de amostragem, com médias de 13,45%, 13,43% e 13,34%, respectivamente.

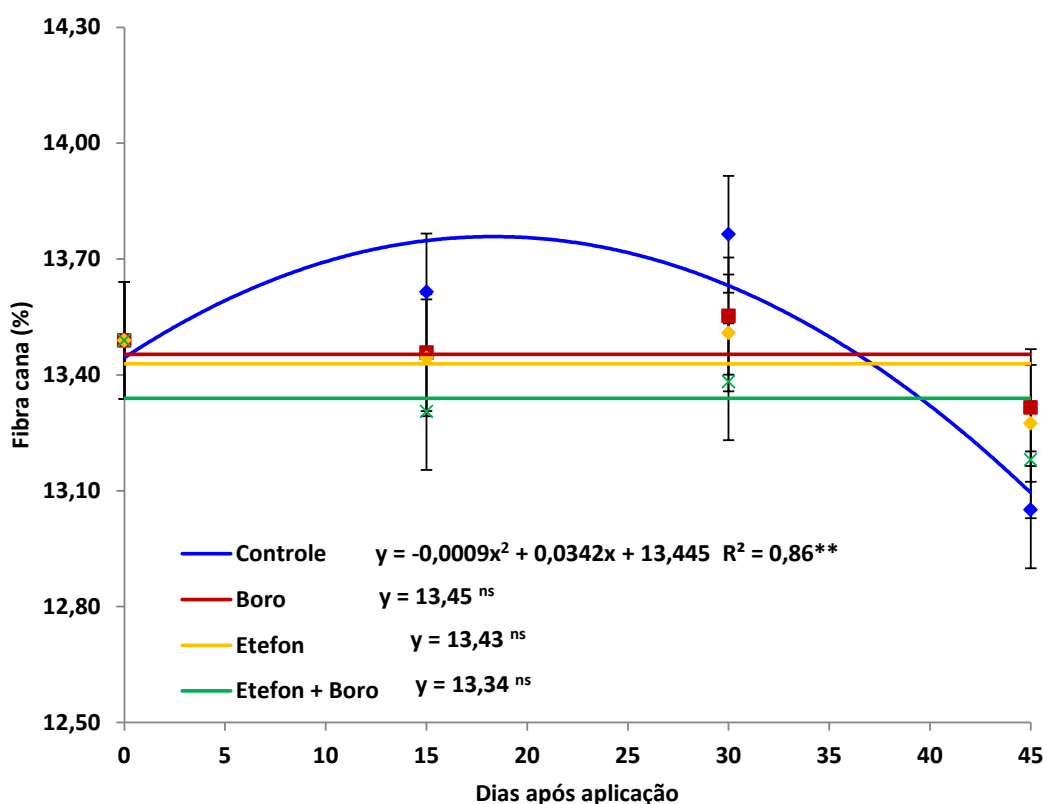


Figura 28. Fibra cana (%), em função da aplicação de boro e etefon na pré-colheita da cana-de-açúcar em final de safra. Raízen variedade SP80-3280, soca 4º/5º corte e Tereos variedade RB867515, soca 2º/3º corte. Média de 2 locais e 2 anos de experimentação. ^{ns} não significativo e ****** significativo a 5% pelo teste t (LSD).

Para o tratamento controle, houve incremento no teor de fibra até, aproximadamente, 20 DAA e posteriormente houve decréscimo até o final do período, com os resultados ajustados à modelo quadrático. O ponto de máxima calculado para o controle foi de 13,77% aos 19 DAA (Figura 28).

Os tratamentos influenciaram o teor de AR (Figura 29) e, de modo geral, o controle e o tratamento com etefon obtiveram os maiores valores comparados ao tratamento com B, aplicado isoladamente ou em associação ao etefon. A aplicação de B, em associação ou não ao etefon, proporcionou incremento linear no teor de AR durante o período experimental e o etefon e o controle proporcionaram incremento até 25 e 35 DAA, respectivamente, com posterior decréscimo e os resultados foram expressos por funções quadráticas.

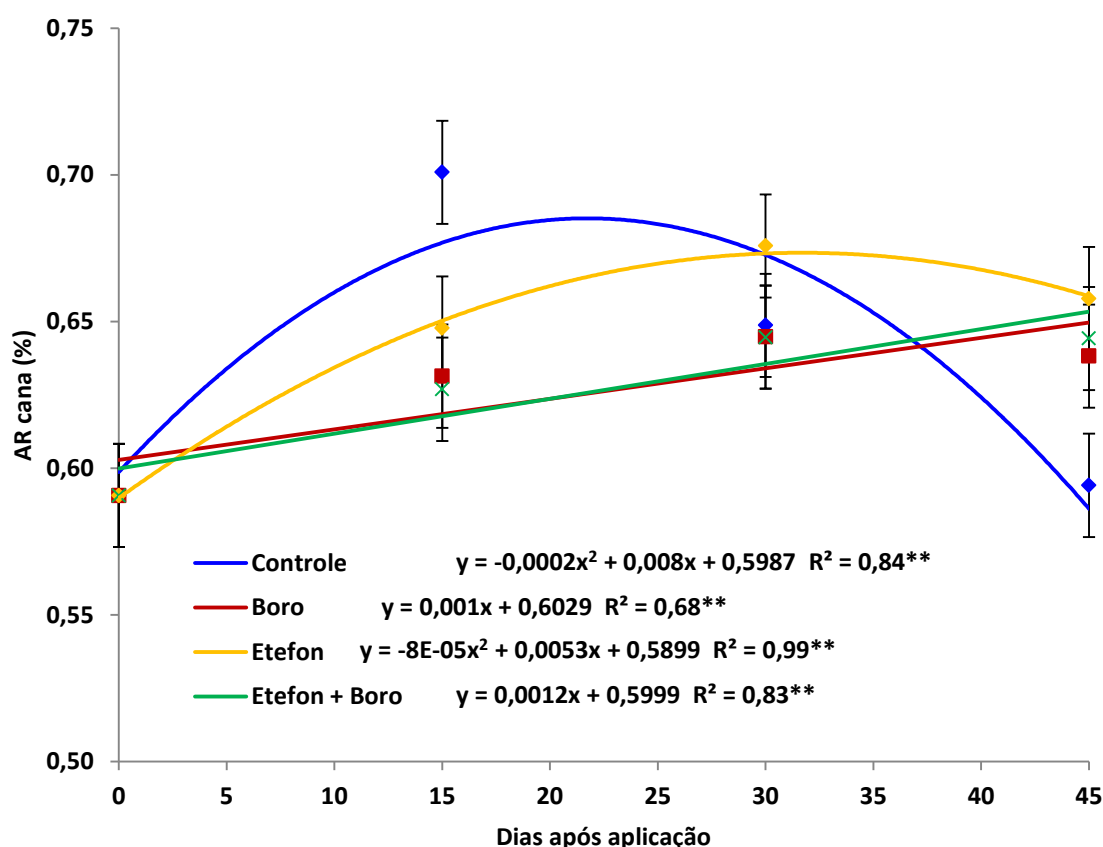


Figura 29. AR cana (%), em função da aplicação de boro e etefon na pré-colheita da cana-de-açúcar em final de safra. Raízen variedade SP80-3280, soca 4^o/5^o corte e Tereos variedade RB867515, soca 2^o/3^o corte. Média de 2 locais e 2 anos de experimentação. ** significativo a 5% pelo teste t (LSD).

Observa-se ainda, pela Figura 29, que o ponto de máxima calculado para o teor de AR foi 0,69% e 0,68%, aos 20 e 33 DAA para o controle e o tratamento com etefon, respectivamente. Houve diferença entre os tratamentos em cada época de avaliação, onde aos 15 DAA o controle obteve resultados significativamente superiores a todos os tratamentos, aos 30 DAA o etefon foi significativamente superior ao controle e ao B, aplicado isoladamente ou em associação ao etefon e aos 45 DAA o etefon foi significativamente superior ao controle, mas não diferiu dos demais tratamentos.

De modo geral, os resultados para o teor de AR (Figura 29) foram inversamente proporcionais à pureza do caldo (Figura 27), o que já era esperado, pois a quantidade de glicose e frutose presente na cana afeta diretamente a sua pureza, já que refletem em uma menor eficiência na recuperação da sacarose pela fábrica (RIPOLI e RIPOLI, 2004). A mesma correlação inversa também foi observada para o teor de pol (Figura 26) e o teor de AR, pois o maior teor dos açúcares redutores glicose e frutose nas plantas indica que houve menor síntese destes monossacarídeos em sacarose e, conseqüentemente, o teor de pol é mais baixo.

6.2.2.5 Produtividade de colmos (TCH) e de açúcar (TAH)

A análise conjunta dos resultados de produtividade revela que para a TCH houve efeito de DAA, experimento e da interação entre estes dois fatores (Tabela 29).

Tabela 29. Análise de variância da produtividade de colmos (TCH) e açúcar (TAH) de cana-de-açúcar em função da aplicação de boro e etefon na pré-colheita da cana-de-açúcar em final de safra.

	ANAVA (Probabilidade de F)	
	TCH	TAH
Bloco	0,1752	0,2777
Dias após aplicação (DAA)	< 0,0001	< 0,0001
Tratamento (T)	0,6975	< 0,0001
Experimento (E)	< 0,0001	< 0,0001
DAA x T	0,9998	0,0337
DAA x E	0,0166	< 0,0001
T x E	0,2543	0,0027
T x DAA x E	0,9999	0,5992

Para a TAH, os fatores DAA, tratamento e experimento proporcionaram efeito significativo, bem como as interações entre estes fatores, com exceção à interação tripla T x DAA x E, onde não houve efeito significativo (Tabela 29).

Para o experimento conduzido na Raízen, safra 2008, houve incremento de 4,3 t cana ha⁻¹ ao final do período (45 DAA), elevando a TCH a 80,4 t cana ha⁻¹. Na safra subsequente, o incremento na TCH foi de 8,4 t cana ha⁻¹, chegando a 83,4 t cana ha⁻¹. Na Tereos, safra 2008, o aumento na TCH na colheita em relação ao início do experimento foi de 8,2 t cana ha⁻¹, alcançando 74,5 t cana ha⁻¹ e na safra 2009 houve aumento de 7,1 t cana ha⁻¹, chegando a 81,2 t cana ha⁻¹ (Figura 30).

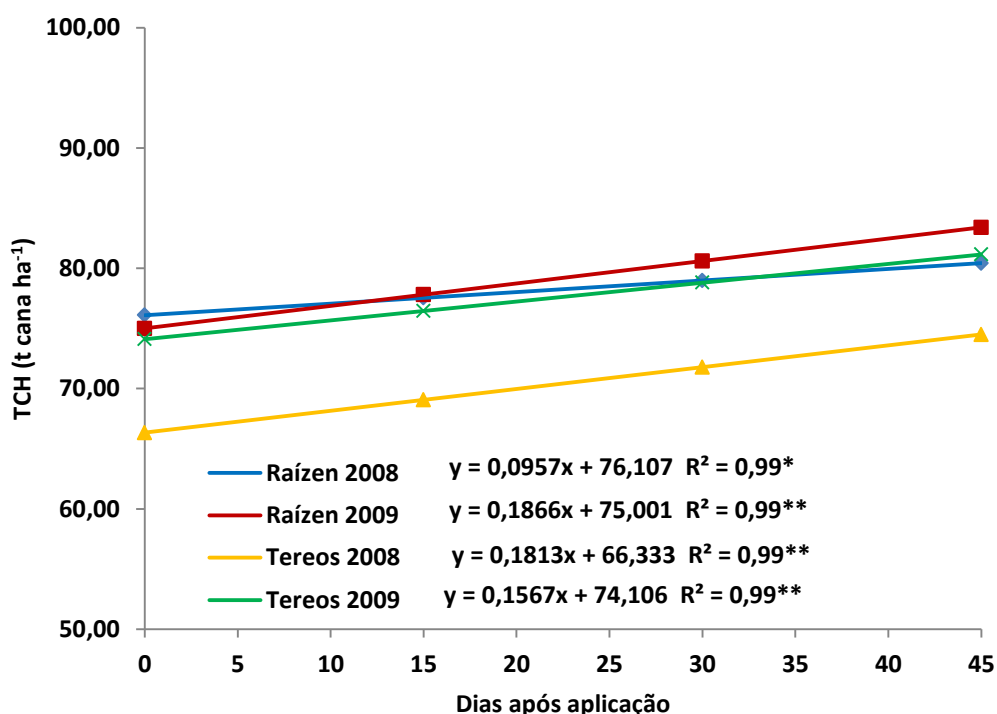


Figura 30. Produtividade de colmos (TCH), em função da aplicação de boro e etefon na pré-colheita da cana-de-açúcar em final de safra. Média de 4 tratamentos (Controle, Boro, Etefon e Etefon + Boro). Raízen variedade SP80-3280, soca 4º/5º corte e Tereos variedade RB867515, soca 2º/3º corte. ** e * significativos a 5% e 10%, respectivamente, pelo teste t (LSD).

Para todos os experimentos o incremento na TCH ao longo do período experimental foi significativo a 10% de probabilidade pelo teste F (Figura 30) e os resultados obtidos foram ajustados a modelos lineares crescentes. Nas duas áreas em que os experimentos foram conduzidos a TCH obtida na segunda safra foi superior ao ano

anterior, o que pode ser atribuído às condições climáticas dos locais no período em que os experimentos foram conduzidos (Figuras 1 e 2), devido a maior precipitação e temperatura mais elevada na safra 2009 em relação ao ano anterior.

A aplicação de B e etefon, isoladamente ou em associação, influenciou significativamente a produtividade de açúcar do experimento conduzido na Raízen, safra 2008 (Figura 31A), proporcionando valores consideravelmente superiores aos obtidos pelo controle, mas não houve incremento significativo ao final do período experimental. Para o controle, houve queda até, aproximadamente, 20 DAA, com posterior estabilidade dos valores, representados por função quadrática.

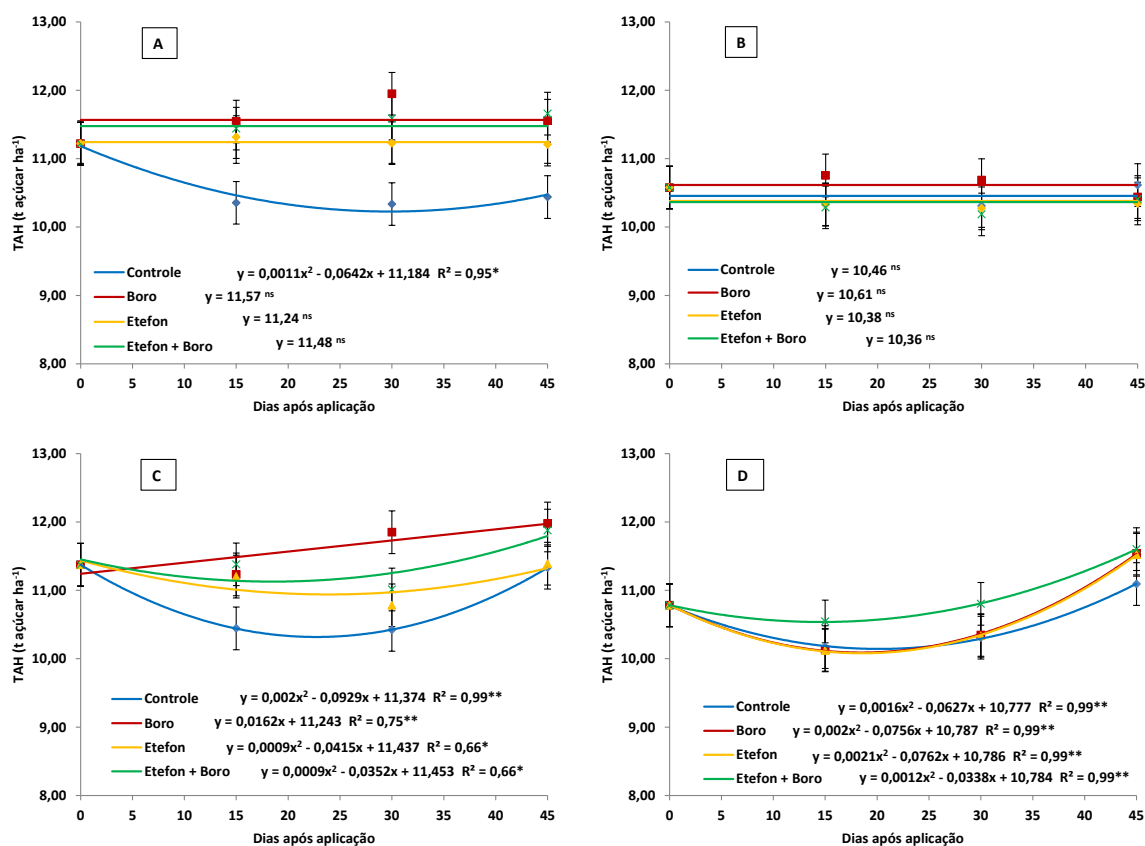


Figura 31. Produtividade de açúcar (TAH), em função da aplicação de boro e etefon na pré-colheita da cana-de-açúcar, em áreas pertencentes ao Grupo Raízen (A e B, safras 2008 e 2009, respectivamente) e ao Grupo Tereos (C e D, safras 2008 e 2009, respectivamente), em final de safra. Raízen variedade SP80-3280, soca 4^o/5^o corte e Tereos variedade RB867515, soca 2^o/3^o corte. ^{ns} não significativo, ^{**} e ^{*} significativos a 5% e 10%, respectivamente, pelo teste t (LSD).

Não houve diferença significativa entre os tratamentos com relação à TAH, mas o incremento mediante aplicação de B e etefon, aplicados isoladamente ou em

associação, chegou a 12% aos 30 DAA, elevando a TAH de 10,34 t pol ha⁻¹ (controle) para 11,59 t pol ha⁻¹ (média entre os tratamentos) (Figura 31A).

Na Raízen, safra 2009 (Figura 31B) não houve incremento na TAH ao final do período experimental para nenhum tratamento e não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Para o experimento conduzido na Tereos, safra 2008 (Figura 31C), todos os tratamentos proporcionaram incremento na TAH aos 15 DAA comparados ao controle e o aumento foi de 0,79 t pol ha⁻¹ para o B, 0,76 t pol ha⁻¹ para o etefon e 0,94 t pol ha⁻¹ para o etefon + B, elevando a TAH a 11,23, 11,20 e 11,38 t pol ha⁻¹, respectivamente. Aos 30 e 45 DAA somente o tratamento com B elevou a TAH em relação ao controle, chegando a 11,85 t pol ha⁻¹, o que representa um aumento de 14 %. Todos os resultados foram ajustados a funções quadráticas, com exceção ao B, onde o ajuste foi linear crescente e foi este o tratamento que mais se destacou, seguido pelo etefon + B e por último o etefon aplicado isoladamente.

Na safra subsequente da Tereos (Figura 31D) para todos os tratamentos houve leve queda até os 15 DAA, com posterior incremento até o final do período experimental e os resultados foram expressos por funções quadráticas negativas, contudo não houve diferença significativa entre os tratamentos em nenhuma amostragem.

6.2.2.6 Rebrotas e teor de lignina e celulose na soqueira

A análise conjunta dos resultados de rebrotas da soqueira (Tabela 30) indica que houve efeito somente de experimentos, porém não houve efeito de tratamentos bem como da interação entre estes fatores.

Observou-se diferença significativa entre os tratamentos somente na Tereos, safra 2008, onde a aplicação de etefon proporcionou incremento em relação ao controle, elevando de 19 para 22 brotos por metro na rebrota da cana-de-açúcar (Tabela 30).

Tabela 30. Rebrotas da soqueira de cana-de-açúcar, em função da aplicação de boro e etefon na pré-colheita da cana-de-açúcar em final de safra.

Número de brotos m ⁻¹ *		
Tratamentos	Raízen**	
	Safra 2008	Safra 2009
Controle	12 a	13 a
Boro	13 a	12 a
Etefon	11 a	12 a
Etefon + Boro	13 a	11 a
Tereos***		
Controle	19 b	20 a
Boro	20 ab	21 a
Etefon	22 a	21 a
Etefon + Boro	20 ab	21 a
ANAVA (Probabilidade de F)		
Bloco	0,2440	
Tratamento (T)	0,8832	
Experimento (E)	< 0,0001	
T x E	0,7313	

* Avaliação realizada aos 80 DAC (dias após a colheita).

** Variedade SP80-3280

*** Variedade RB867515

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

A análise de variância da Tabela 31 revela que para o teor de lignina na rebrota da cana-de-açúcar houve efeito dos tratamentos e dos experimentos, porém não houve interação entre estes fatores e para o teor de celulose na rebrota da soqueira houve efeito somente de experimento.

Os tratamentos proporcionaram influência no teor de lignina da rebrota somente da safra 2008, onde a aplicação de B elevou o teor quando comparado ao etefon, aplicado isoladamente ou em associação ao B. O nível de lignina mediante aplicação de B chegou a 4,91%, enquanto para os tratamentos etefon e etefon + B estes níveis foram de 3,91% e 4,20%, respectivamente. Na safra 2009 não houve diferença significativa entre os tratamentos e o nível de lignina da rebrota foi, em média, de 3,67% (Tabela 31).

Quanto ao teor de celulose da rebrota da soqueira, não houve influência dos tratamentos em nenhuma safra em que os experimentos foram conduzidos e os teores obtidos foram, em média, 37,74% e 35,64% nas safras 2008 e 2009, respectivamente (Tabela 31).

Tabela 31. Teores de lignina e celulose na rebrota da soqueira de cana-de-açúcar, em função da aplicação de boro e etefon na pré-colheita da cana-de-açúcar em final de safra*.

Tratamentos	Lignina (%)**	
	Safra 2008	Safra 2009
Controle	4,50 ab	3,56 a
Boro	4,91 a	3,98 a
Etefon	3,91 b	3,73 a
Etefon + Boro	4,20 b	3,40 a
	Celulose (%)**	
Controle	37,80 a	34,72 a
Boro	38,75 a	36,13 a
Etefon	37,20 a	35,63 a
Etefon + Boro	37,22 a	36,10 a
	ANAVA (Probabilidade de F)	
	Lignina	Celulose
Bloco	0,4415	0,9589
Tratamento (T)	0,0720	0,4760
Experimento (E)	0,0008	0,0013
T x E	0,4162	0,5942

* Variedade SP80-3280. Avaliações realizadas somente nos experimentos do Grupo Raízen.

**Avaliação realizada aos 80 DAC (dias após a colheita).

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

6.3 Aplicação de Boro e Sulfometuron metil na pré-colheita da cana-de-açúcar

6.3.1 Início de safra

6.3.1.1 Teor de boro em folhas de cana-de-açúcar

A análise conjunta dos resultados quanto ao teor de B nas folhas revela que houve efeito para o DAA, para os tratamentos e para a interação DAA x T. Não houve efeito de experimentos e das interações com este fator (Tabela 32).

Tabela 32. Análise de variância do teor de boro em folhas (folha +1) de cana-de-açúcar em função da aplicação de boro e sulfometuron metil na pré-colheita da cana-de-açúcar em início de safra.

	<u>ANAVA (Probabilidade de F)</u>
Bloco	0,4893
DAA	< 0,0001
Tratamento (T)	< 0,0001
Experimento (E)	0,5880
DAA x T	< 0,0001
DAA x E	0,4832
T x E	0,7178
T x DAA x E	0,9981

O teor de B nas folhas (Figura 32) aumentou mediante aplicação foliar do micronutriente, isoladamente ou em associação ao sulfometuron metil, e este incremento foi expresso por função quadrática, onde observou-se aumento até, aproximadamente, 15 DAA e após esta avaliação os teores estabilizaram, contudo não houve diferença entre os tratamentos B e sulfometuron metil + B em nenhuma amostragem.

Para os tratamentos que não receberam a aplicação de B, os teores do micronutriente nas folhas permaneceram no nível crítico preconizado por Raij et al. (1996), que varia de 10 a 30 mg kg⁻¹, com teor de 9,4 mg kg⁻¹ para o controle e 10,5 mg kg⁻¹ para o tratamento com sulfometuron metil. Para os tratamentos com B e sulfometuron metil + B, o ponto de máximo acúmulo do micronutriente foi obtido aos 20 e 19 DAA, com teores de 20,8 mg kg⁻¹ e 24,0 mg kg⁻¹, respectivamente (Figura 32).

Estes resultados comprovam a eficácia da aplicação foliar de B em cana-de-açúcar e sua mobilidade e translocação para outros órgãos das plantas. A translocação de B, mediada por sorbitol, no floema de plantas de fumo geneticamente modificadas para sintetizar sorbitol, foi comprovada por Brown e Hu (1998), que relataram aumento na síntese de sorbitol e na mobilidade do B, levando ao maior crescimento das plantas e aumento da produtividade pelo fato de ter auxiliado a superar deficiências transitórias de B no solo.

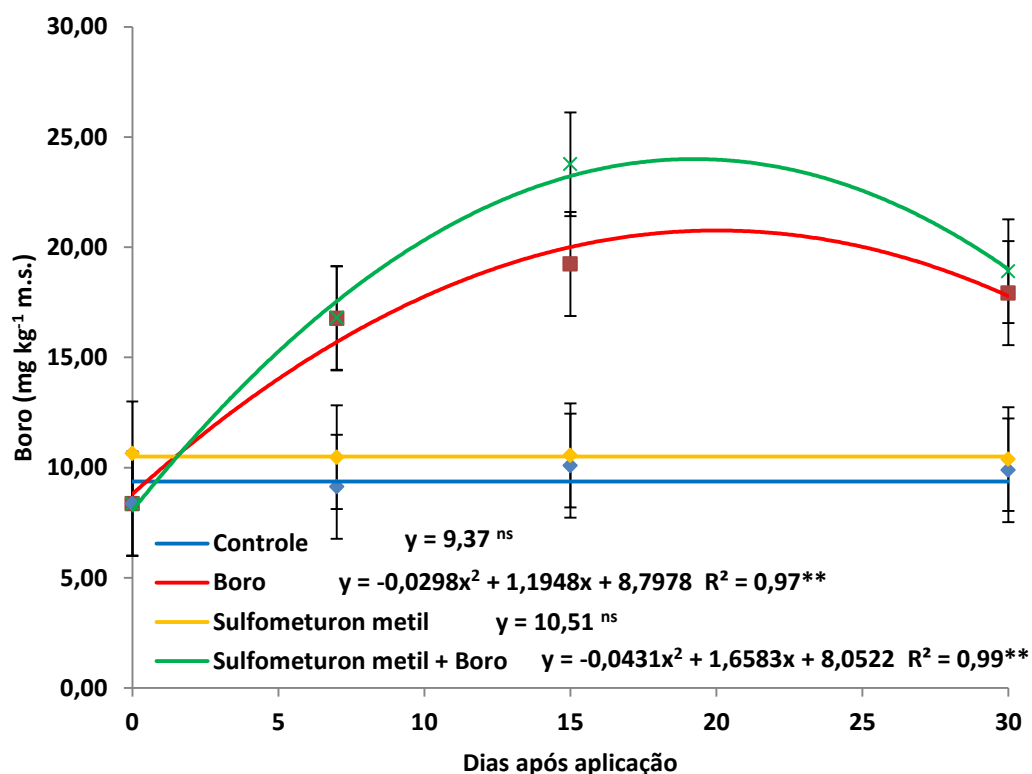


Figura 32. Teor de boro em folhas (+1), em função da aplicação de boro e sulfometuron metil na pré-colheita da cana-de-açúcar em início de safra. Variedade RB855453, Raízen soca 3^o/4^o corte e Tereos soca 2^o/3^o corte. Média de 2 locais e 2 anos de experimentação. ^{ns} não significativo e ** significativo a 5% pelo teste t (LSD).

Os níveis críticos de B nas plantas que não receberam a aplicação do micronutriente podem ser explicados pela menor disponibilidade hídrica durante a condução dos experimentos (Figuras 1 e 2). Segundo Fleming (1980) a disponibilidade de B geralmente diminui em solos secos, tornando a deficiência do micronutriente mais frequente, o que pode ser atribuído a quantidade reduzida de B disponível às plantas quando extraem água de profundidades maiores durante os períodos de seca. Para Costa e Oliveira (2001) os sintomas de deficiência de B são mais severos sob condições de estresse hídrico, mas atribuem isso à diminuição da decomposição da matéria orgânica, que constitui uma importante fonte de B e ao menor desenvolvimento do sistema radicular, que faz com que haja menor volume de solo explorado, absorvendo menos B.

6.3.1.2 Altura de colmos

A aplicação de sulfometuron metil em início de safra proporcionou influência à altura das plantas, porém com algumas diferenças em relação à área em que o experimento foi instalado e também ao ano em que o mesmo foi conduzido (Tabela 33).

Tabela 33. Altura de colmos de cana-de-açúcar, em função da aplicação de boro e sulfometuron metil na pré-colheita da cana-de-açúcar em início de safra.

Altura de plantas (m)				
Tratamentos	Raízen*			
	Safra 2009		Safra 2010	
	0 DAA	60 DAA	0 DAA	60 DAA
Controle	2,22 aB	2,54 aA	2,34 aA	2,45 aA
Boro	2,22 aB	2,51 aA	2,34 aB	2,50 aA
Sulfometuron metil	2,22 aB	2,50 abA	2,34 aA	2,39 aA
Sulfometuron metil + Boro	2,22 aA	2,37 bA	2,34 aA	2,46 aA
Tereos*				
Safra 2008		Safra 2009		
Controle	2,60 aB	2,84 aA	2,03 aB	2,33 aA
Boro	2,60 aB	2,87 aA	2,03 aB	2,32 aA
Sulfometuron metil	2,60 aA	2,63 bA	2,03 aB	2,31 aA
Sulfometuron metil + Boro	2,60 aB	2,87 aA	2,03 aA	2,21 aA
ANAVA (Probabilidade de F)				
Bloco	0,2590			
Dias após aplicação (DAA)	< 0,0001			
Tratamento (T)	0,0511			
Experimento (E)	< 0,0001			
DAA x T	0,0517			
DAA x E	0,7805			
T x E	0,9367			
T x DAA x E	0,9371			

* Variedade RB855453

Médias seguidas de letras iguais, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste t (LSD) a 10% de probabilidade.

A análise conjunta dos resultados de altura de colmos revela que houve efeito de DAA, tratamentos, experimentos e da interação DAA x tratamento (Tabela 33).

No experimento conduzido na Raízen, safra 2009, houve influência do tratamento com sulfometuron metil + B, que proporcionou paralisação no crescimento das plantas e também resultou em plantas significativamente menores aos 60 DAA, comparando-se ao controle e ao tratamento com B. Na safra 2010, as plantas controle e as

tratadas com sulfometuron metil, aplicado isoladamente ou em mistura ao B, sofreram paralisação em seu crescimento, provavelmente devido às condições climáticas do local (Figura 1), em decorrência da menor disponibilidade hídrica e temperatura mais baixa durante a condução do experimento e o tratamento com B proporcionou maior crescimento das plantas, porém, não revelando diferença estatística em relação aos demais tratamentos (Tabela 33).

Na Tereos, safra 2008, houve paralisação do crescimento das plantas somente do tratamento com sulfometuron metil e este tratamento proporcionou menor altura de plantas aos 60 DAA quando comparado aos demais tratamentos. Tanto o controle quanto as plantas tratadas com B, aplicado isoladamente ou em mistura ao sulfometuron metil mantiveram seu desenvolvimento natural. Na safra 2009, houve paralisação do crescimento das plantas mediante aplicação de sulfometuron metil + B, porém esta paralisação não resultou em plantas significativamente menores, aos 60 DAA, em relação aos demais tratamentos e às plantas controle (Tabela 33).

Leite e Crusciol (2008) relataram paralisação do crescimento das plantas mediante aplicação de sulfometuron metil, principalmente quando as condições climáticas eram favoráveis ao desenvolvimento vegetativo, com alta pluviosidade e temperaturas mais elevadas.

6.3.1.3 Atividade das enzimas invertases ácida solúvel (SAI) e neutra (NI) em caldo de cana-de-açúcar

Para a SAI houve efeito significativo de DAA, experimento e da interação DAA x E e para a NI houve efeito de DAA, experimento, da interação entre estes dois fatores e também da interação T x E (Tabela 34).

Analisando os resultados da SAI do experimento realizado na Raízen, safra 2009 (Tabela 34), observa-se que os níveis de atividade desta enzima, tanto nas plantas controle quanto nas tratadas com B e sulfometuron metil, isoladamente ou em associação, diminuíram significativamente aos 30 DAA e elevaram novamente aos 60 DAA. Houve diferença entre os tratamentos somente aos 30 DAA, onde a atividade da SAI obtida pelo tratamento com B foi significativamente superior aos demais tratamentos.

Tabela 34. Atividade das enzimas invertases ácida (SAI) e neutra (NI) do caldo de cana-de-açúcar, em função da aplicação de boro e sulfometuron metil na pré-colheita da cana-de-açúcar em início de safra.

Atividade de invertases ácida e neutra*						
Tratamentos	SAI (ug glicose g material fresca⁻¹)					
	Safra 2009			Safra 2010		
	0 DAA	30 DAA	60 DAA	0 DAA	30 DAA	60 DAA
Controle	92,5 aA	43,2 bC	63,7 aB	52,2 aA	51,8 bA	55,9 aA
Boro	92,5 aA	55,1 aC	65,9 aB	52,2 aA	49,7 bA	58,0 aA
Sulf. metil	92,5 aA	44,2 bC	67,6 aB	52,2 aB	67,1 aA	63,4 aA
Sulf metil + Boro	92,5 aA	38,4 bC	66,1 aB	52,2 aA	55,4 bA	59,0 aA
NI (ug glicose g material fresca⁻¹)						
Controle	59,1 aA	40,7 abB	59,1 aA	44,8 aA	44,3 bA	47,2 bA
Boro	59,1 aA	42,7 aB	56,0 aA	44,8 aB	46,7 bAB	51,9 abA
Sulf. metil	59,1 aA	37,9 abB	57,1 aA	44,8 aB	60,1 aA	56,8 aA
Sulf metil + Boro	59,1 aA	34,7 bB	52,4 aA	44,8 aB	48,3 bAB	55,4 aA
ANAVA (Probabilidade de F)						
	SAI			NI		
Bloco	0,3570			0,1310		
DAA	< 0,0001			< 0,0001		
Tratamento (T)	0,1153			0,1825		
Experimento (E)	< 0,0001			0,0398		
DAA x T	0,5462			0,7317		
DAA x E	< 0,0001			< 0,0001		
T x E	0,0642			0,0215		
T x DAA x E	0,1145			0,2027		

* Variedade RB855453. Avaliações realizadas somente nos experimentos do Grupo Raízen.

Médias seguidas de letras iguais, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste t (LSD) a 10% de probabilidade.

Estes resultados indicam que os níveis de atividades da SAI não foram influenciados pelos tratamentos, mas pela maturação natural da cana-de-açúcar em decorrência das condições climáticas observadas durante a condução dos experimentos (Figura 1). Com a redução da temperatura e da pluviosidade ocorre diminuição ou paralisação do desenvolvimento vegetativo, fazendo com que a glicose e frutose, que antes eram utilizadas para manter o metabolismo das plantas, passem a ser sintetizados em sacarose e esta é armazenada nos colmos. Como a SAI atua na hidrólise da sacarose para manter elevados os níveis de glicose e frutose para o metabolismo de crescimento, é natural que haja redução nos níveis desta enzima com o processo de maturação. O aumento nos níveis da SAI observado ao final do experimento pode ter ocorrido devido à retomada do crescimento em altura (Tabela 33), pois ao final do período as plantas obtiveram

crescimento significativo em relação à avaliação inicial, o que pode ter levado à maior atividade desta enzima nesta amostragem (Tabela 34).

Na safra 2010 os níveis de atividade da SAI permaneceram estáveis nas três avaliações, com exceção ao tratamento com sulfometuron metil, que promoveu incremento na atividade aos 30 DAA, resultando em teores significativamente mais elevados em relação aos demais tratamentos, mas aos 60 DAA não houve diferença entre os tratamentos (Tabela 34).

Com relação à NI (Tabela 34), foi observado o mesmo padrão de resultados aos obtidos para a SAI, havendo diminuição significativa na atividade aos 30 DAA e posterior incremento, aos 60 DAA, porém, de modo geral, os valores obtidos para a NI foram inferiores aos obtidos para a SAI. Aos 30 DAA o nível de atividade da SAI mediante aplicação de B foi significativamente superior aos demais tratamentos. Na safra 2010 a atividade da NI aumentou significativamente aos 30 DAA mediante aplicação de sulfometuron metil, cujos valores foram significativamente superiores aos demais tratamentos, elevando a atividade de 46,4 ug glicose g m.f.⁻¹ (média entre controle, B e sulfometuron metil + B) para 60,1 ug glicose g m.f.⁻¹ e permaneceu elevada na última avaliação, aos 60 DAA, com atividade significativamente superior ao controle, bem sua associação ao B. Para o tratamento com B, aplicado isoladamente ou em associação ao sulfometuron metil, a atividade da SAI aumentou significativamente somente aos 60 DAA.

Vieira et al. (1996a) e Lingle (1999) relacionaram a maturidade dos tecidos à atividade da invertase neutra, afirmando que o predomínio da NI e o declínio da concentração da SAI, quando o ciclo de crescimento das plantas está praticamente completo, permitem o acúmulo ativo de sacarose nos vacúolos das células parenquimáticas dos colmos.

6.3.1.4 Variáveis tecnológicas (pol, pureza, fibra e AR)

O desdobramento dos resultados quanto às análises tecnológicas da cana-de-açúcar permite concluir que para a pol e a pureza do caldo, houve efeito significativo de DAA e dos tratamentos, bem como da interação DAA x T, para o teor de fibra houve efeito significativo somente com relação ao DAA e para o teor de AR os resultados foram influenciados pelos tratamentos e DAA, mas não houve interação entre os

fatores. Não houve efeito de experimentos para nenhum parâmetro tecnológico avaliado e não houve nenhuma interação positiva com este fator (Tabela 35).

Tabela 35. Análise de variância dos parâmetros tecnológicos do caldo de cana-de-açúcar em função da aplicação de boro e sulfometuron metil na pré-colheita da cana-de-açúcar em início de safra.

	ANOVA (Probabilidade de F)			
	Pol	Pureza	Fibra	AR
Bloco	0,2648	0,2135	0,2894	0,2796
Dias após aplicação (DAA)	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Tratamento (T)	< 0,0001	0,0104	0,2102	0,0714
Experimento (E)	0,1935	0,2158	0,1668	0,1456
DAA x T	0,0003	0,0943	0,9824	0,4111
DAA x E	0,2252	0,1732	0,1599	0,1385
T x E	0,1202	0,3764	0,2416	0,3325
T x DAA x E	0,2990	0,8460	0,7523	0,1675

O teor de pol (Figura 33) foi influenciado pelos tratamentos com B e sulfometuron metil, aplicados isoladamente ou em associação e os resultados foram ajustados a funções quadráticas. Para o B, houve incremento até, aproximadamente, 40 DAA e posteriormente o teor permaneceu estável até os 60 DAA. Quanto ao sulfometuron, aplicado isoladamente ou em associação ao B, observou-se incremento durante o período experimental e somente ao final do período (60 DAA) houve estabilidade dos teores. Para o controle o incremento foi linear e o teor obtido foi significativamente inferior aos tratamentos durante todo o período em que os experimentos foram conduzidos.

De modo geral, não houve diferença no efeito proporcionado pelos tratamentos quanto ao acúmulo de pol e tanto o sulfometuron metil quanto o B, aplicado isoladamente ou em associação ao maturador, aumentaram significativamente o teor em relação ao controle (Figura 33).

Até os 45 DAA todos os tratamentos proporcionaram pol significativamente superior ao controle, elevando os teores de 13,0% (controle) para 14,1% (média entre B, sulfometuron metil e sulfometuron metil+ B) aos 30 DAA e de 13,8% para 14,8% aos 45 DAA, o que representa incremento de 9% e 7%, respectivamente. Aos 60 DAA o sulfometuron metil, aplicado isoladamente ou em associação ao B, foi significativamente superior ao controle, mas o B obteve queda se igualando ao controle. O ponto máximo de pol calculado para os tratamentos foi 14,8%, 15,4% e 15,0%, aos 49, 68

e 56 DAA para os tratamentos B, sulfometuron metil e sulfometuron metil + B, respectivamente (Figura 33).

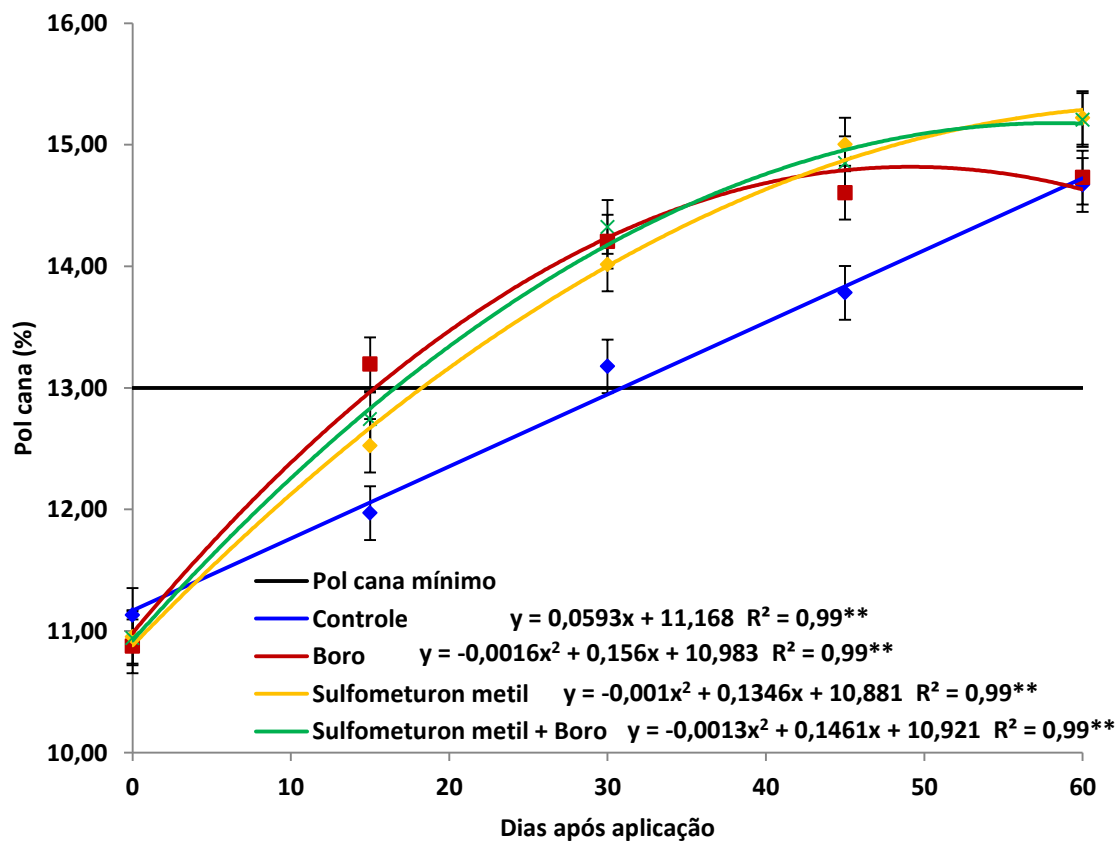


Figura 33. Pol cana (%), em função da aplicação de boro e sulfometuron metil na pré-colheita da cana-de-açúcar em início de safra. Variedade RB855453, Raízen soca 3º/4º corte e Tereos soca 2º/3º corte. Média de 2 locais e 2 anos de experimentação. ** significativo a 5% pelo teste t (LSD).

Naga Madhuri et al. (2013), obtiveram incremento na pol e pureza do caldo mediante aplicação de B via solo, porém não observaram resposta quando o micronutriente foi aplicado via foliar. Já Leite (2010) obteve antecipação da maturação e aumento do teor de pol mediante aplicação de B via foliar associado ao sulfometuron metil comparando ao maturador aplicado isoladamente e fundamentou os resultados no efeito fisiológico do micronutriente e suas funções na planta potencializando os efeitos do maturador.

Com relação à pureza do caldo (Figura 34), para os tratamentos com B e sulfometuron metil, aplicados isoladamente ou associação, houve incremento com o decorrer das épocas de amostragens até, aproximadamente, 45 DAA, com posterior

estabilidade dos valores e os resultados foram ajustados a funções quadráticas. Para o tratamento controle o ajuste também foi quadrático, porém o aumento persistiu até o final do experimento e a estabilidade, calculada pelo ponto de máxima, ocorreria aos 71 DAA (88,9%). O ponto de máxima dos tratamentos com B, sulfometuron metil e sulfometuron metil + B foi observado aos 57, 61 e 59 DAA, com pureza de 87,1%, 85,7% e 86,5%, respectivamente.

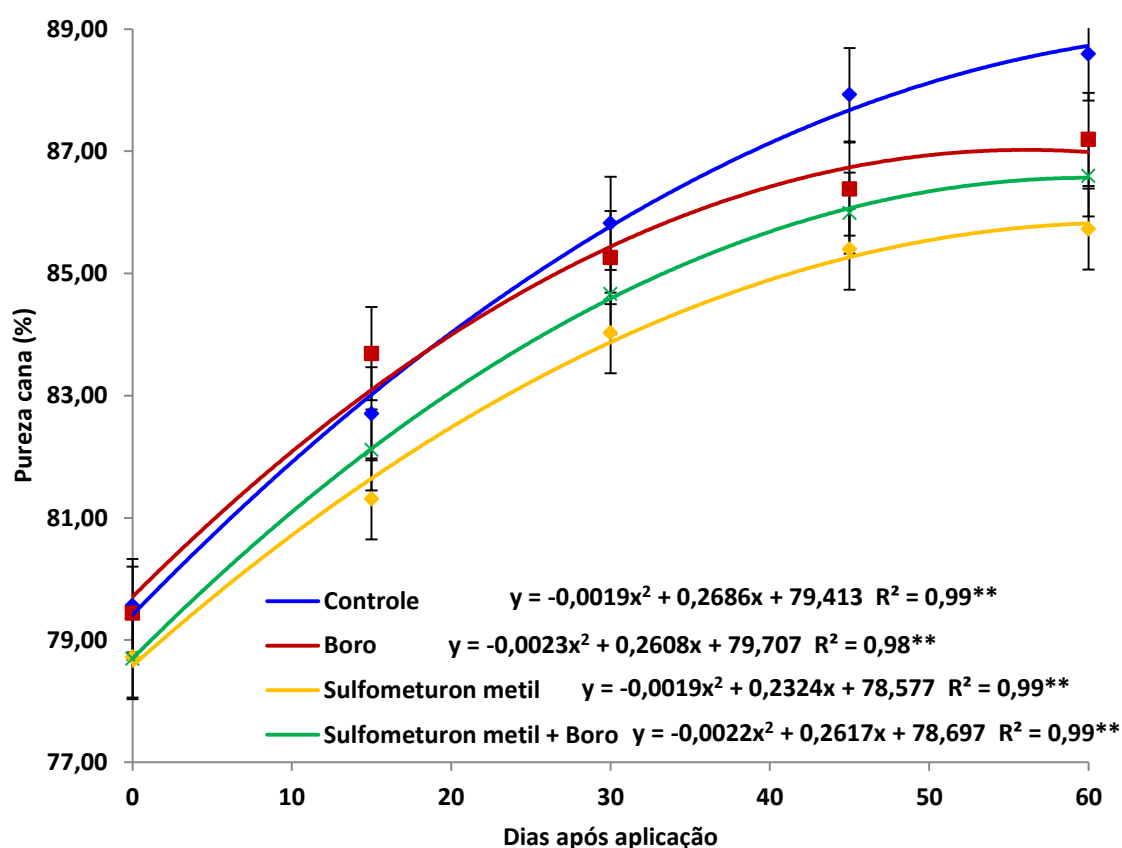


Figura 34. Pureza cana (%), em função da aplicação de boro e sulfometuron metil na pré-colheita da cana-de-açúcar em início de safra. Variedade RB855453, Raízen soca 3º/4º corte e Tereos soca 2º/3º corte. Média de 2 locais e 2 anos de experimentação. ** significativo a 5% pelo teste t (LSD).

De maneira geral os tratamentos pouco influenciaram a pureza do caldo nas diferentes épocas de amostragem. Aos 15 DAA o tratamento com B obteve pureza superior ao sulfometuron metil, aplicado isoladamente ou em associação ao B, mas não diferiu do controle. Aos 30 DAA não houve diferença entre os tratamentos e a partir dos 45 DAA a testemunha superou o tratamento com sulfometuron metil, porém não diferiu dos demais tratamentos (Figura 34).

Houve aumento do teor de fibra (Figura 35) até, aproximadamente, 50 DAA e posteriormente os valores estabilizaram, ajustados por funções quadráticas para todos os tratamentos, contudo os resultados ficaram dentro do teor considerado adequado para a indústria (11 a 13 %). Os maiores teores de fibra foram obtidos ao final do período experimental, aos 60 DAA, com valor médio de 12,24%.

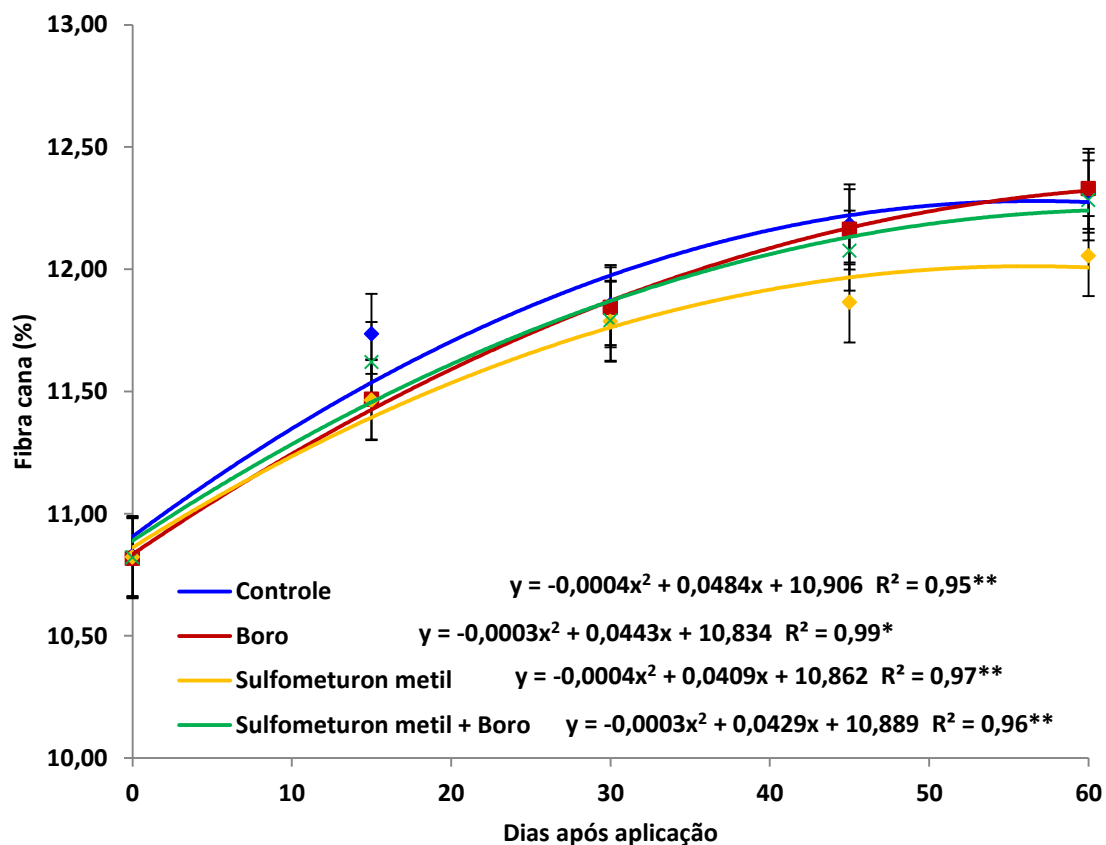


Figura 35. Fibra cana (%), em função da aplicação de boro e sulfometuron metil na pré-colheita da cana-de-açúcar em início de safra. Variedade RB855453, Raízen soca 3º/4º corte e Tereos soca 2º/3º corte. Média de 2 locais e 2 anos de experimentação. ** e * significativos a 5% e 10%, respectivamente, pelo teste t (LSD).

Este aumento no teor de fibra ocorre com a maturação natural da cana-de-açúcar, devido à maior concentração de sacarose nos espaços intercelulares, lignificação dos tecidos e consequente diminuição do teor de água disponível. Teores de fibra muito elevados podem comprometer a eficiência do processo de extração do caldo, por outro lado, teores muito baixos podem fazer com que a cana-de-açúcar perca a resistência e ocorra mais acamamento e danos durante a colheita, o que acarreta maior perda de açúcares com a água de lavagem (RIPOLI; RIPOLI, 2004).

Não houve influência dos tratamentos quanto ao teor de fibra (Figura 35), mesmo havendo grande incremento no teor de pol comparados ao controle. Para Barbosa et al. (2007) existe uma correlação negativa entre o teor de fibra e o teor de açúcar, principalmente em variedades precoces que são mais ricas em sacarose.

Observou-se decréscimo do teor de AR (Figura 36) inversamente proporcional ao teor de pol (Figura 33) e à pureza do caldo (Figura 34) e os resultados foram expressos por funções quadráticas para todos os tratamentos, havendo redução até, aproximadamente, 50 DAA com posterior tendência à estabilização dos valores.

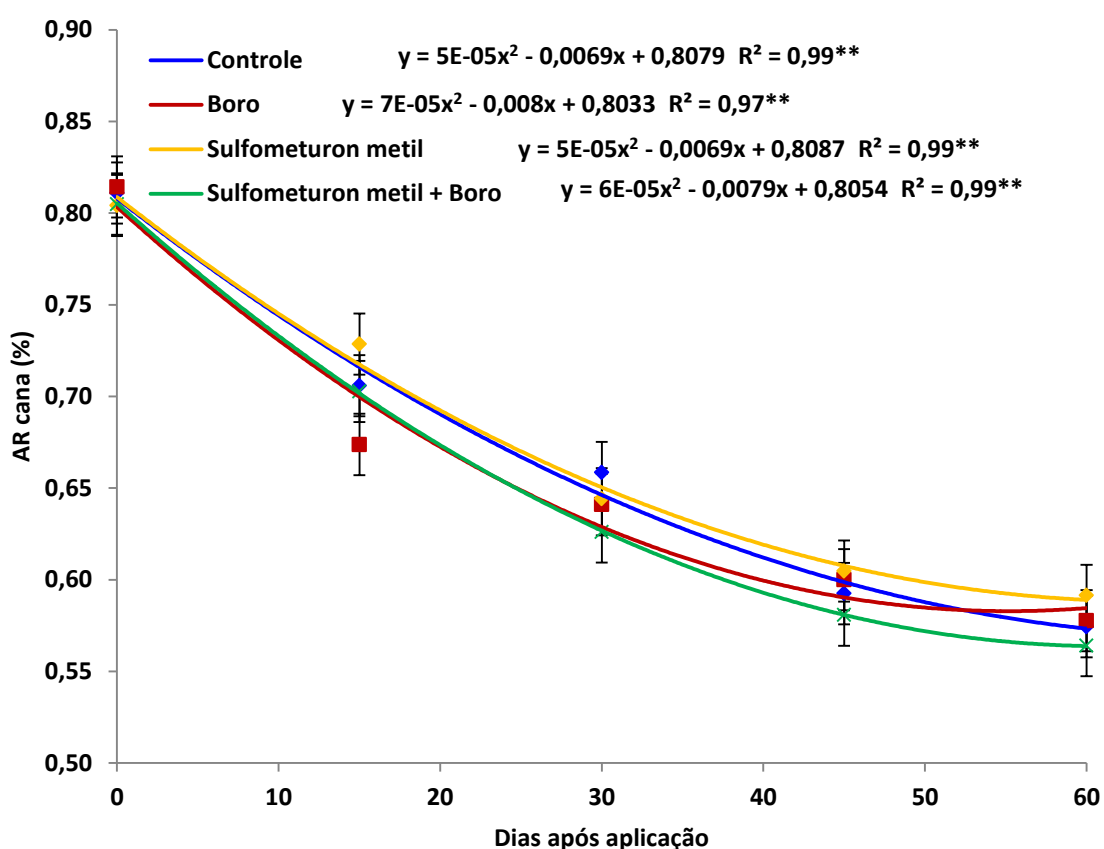


Figura 36. AR cana (%), em função da aplicação de boro e sulfometuron metil na pré-colheita da cana-de-açúcar em início de safra. Variedade RB855453, Raízen soca 3º/4º corte e Tereos soca 2º/3º corte. Média de 2 locais e 2 anos de experimentação. ** significativo a 5% pelo teste t (LSD).

A diminuição do nível de açúcares redutores reflete o aumento do teor de sacarose nos colmos devido ao processo de maturação da cana-de-açúcar em decorrência das condições climáticas e da aplicação dos tratamentos, porém a diferença observada entre os tratamentos quanto ao teor de pol não ocorreu para o teor de AR. Houve

diferença entre os tratamentos somente aos 15 DAA, onde o teor de AR obtido pelo B foi inferior aos demais tratamentos (Figura 36).

6.3.1.5 Produtividade de colmos (TCH) e de açúcar (TAH)

Com relação à TCH houve efeito de DAA, experimento e da interação DAA x experimento e para a TAH houve efeito de todos os fatores avaliados bem como suas interações (Tabela 36).

Tabela 36. Análise de variância da produtividade de colmos (TCH) e açúcar (TAH) de cana-de-açúcar em função da aplicação de boro e sulfometuron metil na pré-colheita da cana-de-açúcar em início de safra.

	ANAVA (Probabilidade de F)	
	TCH	TAH
Bloco	0,2002	0,3500
Dias após aplicação (DAA)	< 0,0001	< 0,0001
Tratamento (T)	0,4850	< 0,0001
Experimento (E)	< 0,0001	< 0,0001
DAA x T	0,9999	0,0004
DAA x E	< 0,0001	< 0,0001
T x E	0,3001	0,0305
T x DAA x E	0,9625	0,0560

Houve incremento da TCH com o decorrer das épocas de amostragem, mais ou menos acentuado dependendo do local e ano em que os experimentos foram conduzidos, porém não houve diferença entre os tratamentos. Para todos os experimentos o aumento foi significativo a 10% de probabilidade pelo teste F e os resultados obtidos foram ajustados a modelos lineares crescentes (Figura 37).

Para o experimento conduzido na Raízen, safra 2009, houve incremento de 8,8 t cana ha⁻¹ ao final do período (60 DAA), elevando a TCH a 113,9 t cana ha⁻¹. Na safra subsequente, o incremento na TCH foi de 28,7 t cana ha⁻¹, chegando a 117,2 t cana ha⁻¹. Na Tereos, safra 2008, o aumento na TCH na colheita em relação ao início do experimento foi de 5,3 t cana ha⁻¹, alcançando 92,5 t cana ha⁻¹ e na safra 2009 houve aumento de 31,6 t cana ha⁻¹, chegando a 110,5 t cana ha⁻¹ (Figura 37).

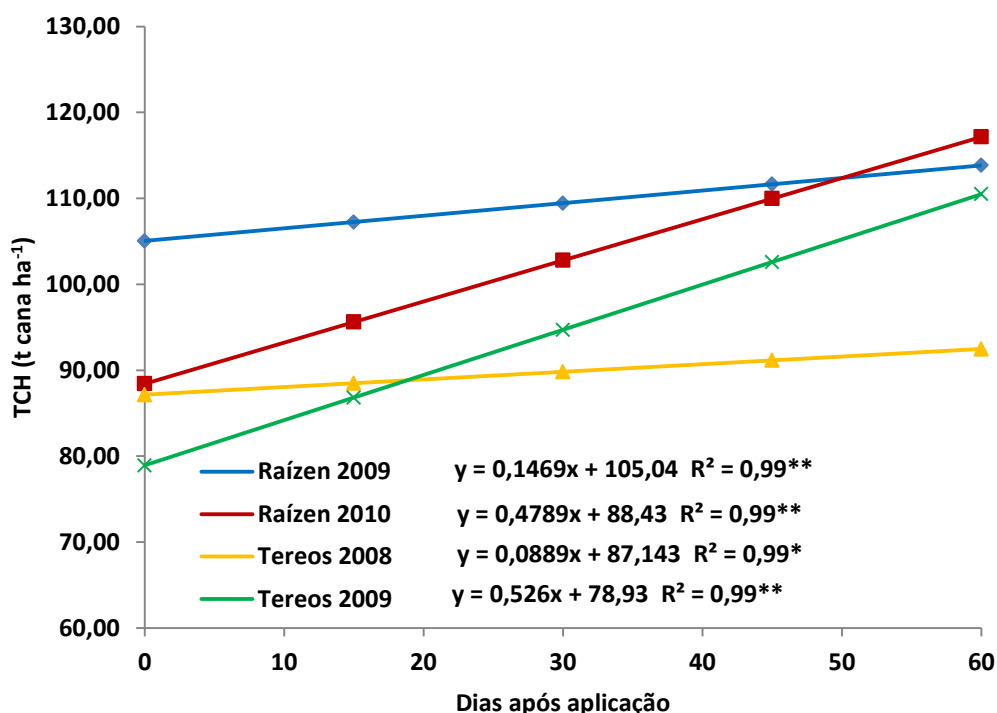


Figura 37. Produtividade de colmos (TCH), em função da aplicação de boro e sulfometuron metil na pré-colheita da cana-de-açúcar em início de safra. Média de 4 tratamentos (Controle, Boro, Sulfometuron metil e Sulfometuron metil + Boro). Variedade RB855453, Raízen soca 3º/4º corte e Tereos soca 2º/3º corte. ** e * significativos a 5% e 10%, respectivamente, pelo teste t (LSD).

Naga Madhuri et al. (2013) também não obtiveram incremento na produtividade de cana e de açúcar mediante aplicação de B via foliar ou via solo e atribuíram ao estado do B no solo e à variedade utilizada, que pode ser menos responsiva, mas recomendaram a aplicação via solo pois o micronutriente aumentou o diâmetro dos colmos e a qualidade tecnológica, elevando a pol e pureza do caldo.

Os tratamentos influenciaram a produtividade de açúcar (TAH) (Figura 38) de maneira mais acentuada nos experimentos conduzidos na Raízen (Figuras 38A e 38B), provavelmente devido às diferentes condições climáticas observadas e, de modo geral, os tratamentos obtiveram respostas semelhantes.

Na Raízen, safra 2009 (Figura 38A), a aplicação de B e sulfometuron metil, associados ou não, proporcionou incremento significativo na TAH quando comparados ao tratamento controle. Aos 15 DAA os tratamentos com B e sulfometuron metil aumentaram a TAH em 2,2 t pol ha⁻¹ e 0,9 t pol ha⁻¹, respectivamente. Aos 30, 45 e 60 DAA todos os tratamentos proporcionaram incremento significativo em

relação ao controle, elevando a TAH, em média, em 16%, 8% e 9%, respectivamente, atingindo 14,5 t pol ha⁻¹, 16,8 t pol ha⁻¹ e 17,8 t pol ha⁻¹. Para os tratamentos com B, sulfometuron metil e sulfometuron metil + B os resultados foram ajustados a funções quadráticas enquanto para o tratamento controle o ajuste foi linear.

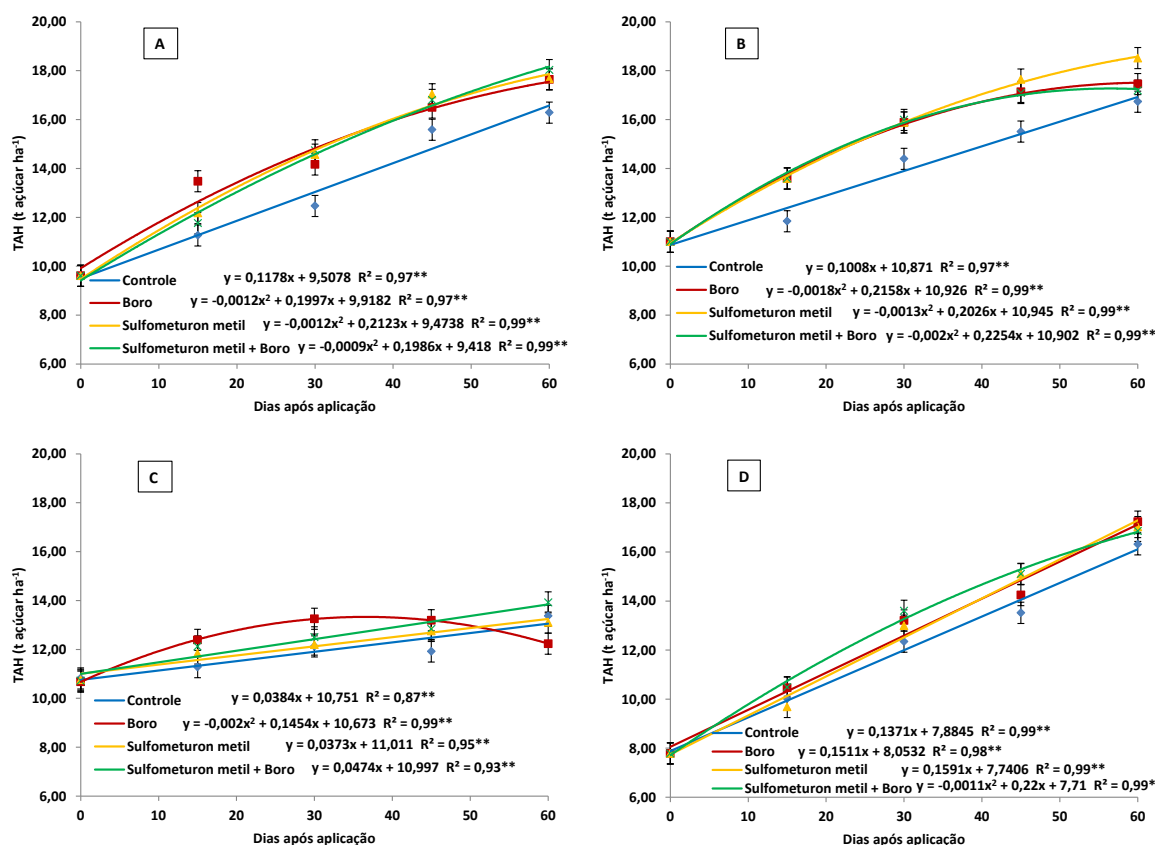


Figura 38. Produtividade de açúcar (TAH), em função da aplicação de boro e sulfometuron metil na pré-colheita da cana-de-açúcar, em áreas pertencentes ao Grupo Raízen (A e B, safras 2009 e 2010, respectivamente) e ao Grupo Tereos (C e D, safras 2008 e 2009, respectivamente), em início de safra. Variedade RB855453, Raízen soca 3^o/4^o corte e Tereos soca 2^o/3^o corte. ** e * significativos a 5% e 10%, respectivamente, pelo teste t (LSD).

Na safra 2010 da Raízen (Figura 38B) foi observado o mesmo padrão da safra anterior em relação à TAH, onde a resposta proporcionada pelos tratamentos com B e sulfometuron metil, em associação ou não, foi expresso por funções quadráticas, havendo aumento com o decorrer das épocas de amostragem com posterior estabilização, enquanto para o tratamento controle a resposta foi linear. Os tratamentos com B, sulfometuron metil e sulfometuron metil + B aumentaram significativamente a TAH com relação ao tratamento controle durante todo o período experimental, da ordem

de 14%, 11%, 11% e 6% (média dos 3 tratamentos), aos 15, 30, 45 e 60 DAA, respectivamente, elevando a TAH para 13,59, 15,92, 17,29 e 17,72 t pol ha⁻¹.

Para o experimento realizado na Tereos, safra 2008 (Figura 38C), observou-se aumento significativo na TAH durante o período experimental, com respostas expressas por funções lineares, com exceção ao tratamento com B onde o padrão de resposta foi quadrático, com incremento até, aproximadamente, 30 DAA, estabilização dos valores dos 30 aos 45 DAA e posterior decréscimo. A máxima produtividade obtida pelo tratamento com B ocorreu aos 36 DAA, com TAH de 13,3 t pol ha⁻¹ e foi neste ponto o maior incremento em relação ao tratamento controle (12,1 t pol ha⁻¹), da ordem de 10%. A aplicação de sulfometuron metil proporcionou resultados de TAH semelhantes ao tratamento controle e o maturador associado ao B foi superior ao controle somente aos 45 DAA, incrementando a TAH em 7%.

Na safra subsequente da Tereos (Figura 38D), houve pouca influência dos tratamentos na TAH. Para o tratamento com sulfometuron metil + B os resultados foram ajustados a função quadrática e para os demais tratamentos o ajuste foi linear. O sulfometuron metil, aplicado isoladamente ou em associação ao B, incrementou a TAH aos 45 DAA, em 12%, em média, comparados ao tratamento controle, elevando de 13,5 para 15,1 t pol ha⁻¹. O tratamento com B proporcionou TAH superior ao tratamento controle somente aos 60 DAA, aumentando a produtividade em 6%.

Mesmo não havendo aumento na TCH mediante aplicação de B e sulfometuron metil, observou-se maior TAH em relação ao tratamento controle e este ganho se deve ao incremento proporcionado pelos tratamentos no teor de pol. É importante ressaltar que um bom planejamento da colheita é necessário para se explorar o máximo potencial de ganho de sacarose mediante aplicação de B e sulfometuron metil, em associação ou não. Para este estudo, os melhores resultados foram obtidos, em média, entre 20 e 50 DAA.

6.3.1.6 Rebrotas e teor de lignina e celulose na soqueira

A análise de variância da rebrota da soqueira revela que houve efeito de tratamentos e experimentos, mas não houve interação entre os dois fatores (Tabela 37).

Tabela 37. Rebrotas da soqueira de cana-de-açúcar, em função da aplicação de boro e sulfometuron metil na pré-colheita da cana-de-açúcar em início de safra.

Tratamentos	Número de brotos m ⁻¹ *	
	Raízen**	
	Safra 2009	Safra 2010
Controle	13 a	9 a
Boro	13 a	8 a
Sulfometuron metil	12 a	8 a
Sulfometuron metil + Boro	12 a	10 a
Tratamentos	Tereos**	
	Safra 2008	Safra 2009
	Controle	11 a
Boro	14 a	20 a
Sulfometuron metil	12 a	16 b
Sulfometuron metil + Boro	13 a	19 ab
	<u>ANAVA (Probabilidade de F)</u>	
Bloco	0,2360	
Tratamento (T)	0,0849	
Experimento (E)	< 0,0001	
T x E	0,6514	

*Avaliação realizada aos 80 DAC (dias após a colheita).

** Variedade RB855453.

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

Os tratamentos influenciaram a rebrota da soqueira somente na safra 2009 da Tereos, onde o B proporcionou maior número de brotos quando comparado ao tratamento com sulfometuron metil, elevando de 16 para 20 brotos por metro, mas não diferiu do tratamento controle (Tabela 37).

Quanto ao teor de lignina na rebrota, a análise conjunta dos resultados indica que houve efeito de tratamentos e experimentos, porém não houve interação entre os fatores (Tabela 38).

Na safra 2009 o teor de lignina na rebrota da soqueira obtido pelo tratamento com sulfometuron metil + B foi inferior quando comparado ao tratamento controle, reduzindo de 3,80% para 2,85%. Na safra 2010 o tratamento com B proporcionou teor de lignina significativamente inferior ao tratamento controle, diminuindo o teor de 4,44% para 3,09% (Tabela 38).

Tabela 38. Teores de lignina e celulose na rebrota da soqueira de cana-de-açúcar, em função da aplicação de boro e sulfometuron metil na pré-colheita da cana-de-açúcar em início de safra*.

Tratamentos	Lignina (%)**	
	Safra 2009	Safra 2010
Controle	3,80 a	4,44 a
Boro	3,09 ab	3,09 b
Sulfometuron metil	3,07 ab	4,04 ab
Sulfometuron metil + Boro	2,85 b	3,86 ab
Celulose (%)**		
Controle	31,13 a	26,89 a
Boro	31,30 a	26,87 a
Sulfometuron metil	31,21 a	27,84 a
Sulfometuron metil + Boro	31,68 a	26,77 a
ANAVA (Probabilidade de F)		
	Lignina	Celulose
Bloco	0,9748	0,2428
Tratamento (T)	0,0662	0,9381
Experimento (E)	0,0172	< 0,0001
T x E	0,6546	0,8498

* Variedade RB855453. Avaliações realizadas somente nos experimentos do Grupo Raízen.

**Avaliação realizada aos 80 DAC (dias após a colheita).

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

Para o teor de celulose na rebrota da soqueira (Tabela 38), a análise de variância revela efeito somente de experimentos, porém não houve influência dos tratamentos bem como interação entre os dois fatores. O teor médio de celulose na rebrota da soqueira obtido na safra 2009 foi de 31,33%, enquanto na safra 2010 o teor obtido foi de 27,09%, em média.

6.3.2 Final de safra

6.3.2.1 Teor de boro em folhas de cana-de-açúcar

Para o teor de B nas folhas, houve efeito de DAA, tratamentos e da interação DAA x T. Não houve efeito de experimentos e da interação com este fator, indicando que para este parâmetro não houve influência dos diferentes locais e safras em que os experimentos foram conduzidos (Tabela 39).

Tabela 39. Análise de variância do teor de boro em folhas (folha +1) de cana-de-açúcar em função da aplicação de boro e sulfometuron metil na pré-colheita da cana-de-açúcar em final de safra.

	<u>ANAVA (Probabilidade de F)</u>
Bloco	0,2737
DAA	< 0,0001
Tratamento (T)	< 0,0001
Experimento (E)	0,1700
DAA x T	< 0,0001
DAA x E	0,8869
T x E	0,8945
T x DAA x E	0,9999

A aplicação de B, isolada ou associação ao sulfometuron metil, incrementou o teor do micronutriente nas folhas com resposta quadrática, havendo aumento no teor até, aproximadamente, 15 DAA com posterior estabilização e, após 20 DAA, observou-se leve queda dos teores (Figura 39).

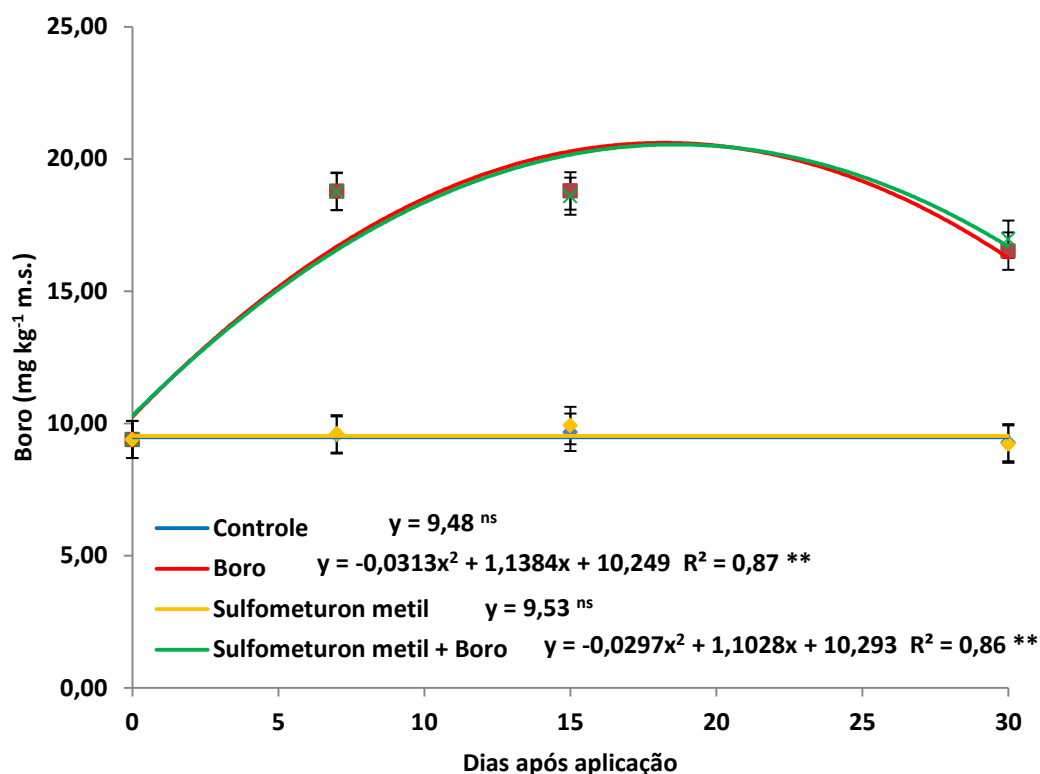


Figura 39. Teor de boro em folhas (+1), em função da aplicação de boro e sulfometuron metil na pré-colheita da cana-de-açúcar em final de safra. Raízen variedade SP80-3280, soca 4º/5º corte e Tereos variedade RB867515, soca 2º/3º corte. Média de 2 locais e 2 anos de experimentação. ^{ns} não significativo e ^{**} significativo a 5% pelo teste t (LSD).

Os teores proporcionados pelo tratamento com B e sulfometuron metil + B foram semelhantes, não havendo diferença estatística entre eles e o ponto de máximo acúmulo nas folhas foi observado, em média, aos 18 DAA, com teor de 20,5 mg kg⁻¹, teor considerado adequado para o desenvolvimento da cultura, que vai de 10 a 30 mg kg⁻¹. Para o tratamento controle e o sulfometuron metil aplicado isoladamente, os teores permaneceram baixos nas quatro avaliações, com média de 9,50 mg kg⁻¹, valor este considerado crítico para a cana-de-açúcar (Figura 39).

6.3.2.2 Altura de colmos

A análise conjunta dos resultados de altura de colmos (Tabela 40) aponta que houve efeito de DAA, tratamentos (T), experimentos (E) e das interações DAA x T e DAA x E.

No experimento conduzido na Raízen, safra 2008, todos os tratamentos proporcionaram paralisação do crescimento das plantas e somente as plantas do tratamento controle tiveram seu processo de crescimento natural continuado, sendo que estas apresentaram plantas mais altas aos 60 DAA, quando comparadas às plantas do tratamento com B. Na safra 2009 não houve influência dos tratamentos com relação ao processo de crescimento das plantas, sendo que todas mantiveram seu processo de crescimento natural (Tabela 40).

Nos experimentos conduzidos em final de safra no Grupo Tereos, em nenhuma das safras houve influência mediante aplicação de sulfometuron metil na altura das plantas. De maneira geral, as plantas já haviam interrompido seu crescimento em altura, provavelmente devido à época em que o experimento foi conduzido, e nenhum tratamento proporcionou diferença significativa com relação a este parâmetro (Tabela 40).

Aparentemente os efeitos proporcionados pelas condições climáticas dos locais onde os experimentos foram conduzidos, tanto no Grupo Raízen quanto no Tereos (Figuras 1 e 2, respectivamente), foram mais relevantes para determinar o padrão de crescimento em altura das plantas, havendo pouca influência dos tratamentos.

Tabela 40. Altura de colmos de cana-de-açúcar, em função da aplicação de boro e sulfometuron metil na pré-colheita da cana-de-açúcar em final de safra.

Altura de plantas (m)				
Tratamentos	Raízen*			
	Safra 2008		Safra 2009	
	0 DAA	45 DAA	0 DAA	45 DAA
Controle	2,51 aB	2,66 aA	1,97 aB	2,34 aA
Boro	2,51 aA	2,55 bA	1,97 aB	2,37 aA
Sulfometuron metil	2,51 aA	2,58 abA	1,97 aB	2,32 aA
Sulfometuron metil + Boro	2,51 aA	2,57 abA	1,97 aB	2,31 aA
Tereos**				
Controle	2,17 aA	2,25 aA	2,11 aA	2,12 aA
Boro	2,17 aA	2,32 aA	2,11 aA	2,15 aA
Sulfometuron metil	2,17 aA	2,22 aA	2,11 aA	2,19 aA
Sulfometuron metil + Boro	2,17 aA	2,20 aA	2,11 aA	2,15 aA
ANAVA (Probabilidade de F)				
Bloco	0,5059			
Dias após aplicação (DAA)	< 0,0001			
Tratamento (T)	0,0298			
Experimento (E)	< 0,0001			
DAA x T	0,0291			
DAA x E	< 0,0001			
T x E	0,9994			
T x DAA x E	0,9999			

* Variedade SP80-3280

** Variedade RB867515

Médias seguidas de letras iguais, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste t (LSD) a 10% de probabilidade.

6.3.2.3 Atividade das enzimas invertases ácida solúvel (SAI) e neutra (NI) em caldo de cana-de-açúcar

A análise de variância da atividade da SAI (Tabela 41) revela que houve efeito significativo para todos os fatores analisados e suas interações, com exceção ao bloco. Para a NI houve efeito de DAA, experimentos e das interações DAA x tratamento, DAA x experimento e tratamento x experimento.

O padrão de resposta observado para a SAI e NI variou significativamente entre as safras, indicando influência relevante das condições climáticas com relação à atividade destas enzimas e também houve influência dos tratamentos nas diferentes avaliações (Tabela 41).

Tabela 41. Atividade das enzimas invertases ácida (SAI) e neutra (NI) do caldo de cana-de-açúcar, em função da aplicação de boro e sulfometuron metil na pré-colheita da cana-de-açúcar em final de safra.

Atividade de invertases ácida e neutra*						
Tratamentos	SAI (ug glicose g material fresca⁻¹)					
	Safra 2008			Safra 2009		
	0 DAA	20 DAA	45 DAA	0 DAA	20 DAA	45 DAA
Controle	43,4 aA	49,3 aA	37,2 cB	191,5 aA	74,7 cB	65,6 bcC
Boro	43,4 aA	40,4 cA	42,8 abA	191,5 aA	72,2 cB	58,3 cC
Sulf. metil	43,4 aA	46,9 abA	44,6 aA	191,5 aA	85,0 bB	70,5 bC
Sulf metil + Boro	43,4 aA	45,7 abA	39,8 abA	191,5 aA	122,2 aB	80,9 aC
NI (ug glicose g material fresca⁻¹)						
Controle	35,2 aA	36,1 aA	32,3 aA	81,9 aA	66,8 cB	57,7 aC
Boro	35,2 aA	32,7 aA	35,1 aA	81,9 aA	64,9 cB	54,2 aC
Sulf. metil	35,2 aA	41,0 aA	37,2 aA	81,9 aA	76,5 bB	50,6 aC
Sulf metil + Boro	35,2 aA	36,5 aA	29,2 aA	81,9 aA	87,6 aA	55,3 aB
ANAVA (Probabilidade de F)						
	SAI			NI		
Bloco	0,7356			0,5997		
DAA	< 0,0001			< 0,0001		
Tratamento (T)	< 0,0001			0,2375		
Experimento (E)	< 0,0001			< 0,0001		
DAA x T	< 0,0001			0,0738		
DAA x E	< 0,0001			< 0,0001		
T x E	< 0,0001			0,1015		
T x DAA x E	< 0,0001			0,2171		

* Variedade SP80-3280. Avaliações realizadas somente nos experimentos do Grupo Raízen.

Médias seguidas de letras iguais, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste t (LSD) a 10% de probabilidade.

Na safra 2008 houve diminuição da atividade da SAI somente para o tratamento controle aos 45 DAA e para os demais tratamentos não observou-se variação na atividade nas diferentes épocas de amostragem. Aos 20 DAA a atividade da SAI das plantas controle foi superior ao tratamento com B e aos 45 DAA o tratamento com sulfometuron metil proporcionou atividade superior ao tratamento controle (Tabela 41).

Ainda com relação à safra 2008 (Tabela 41) não houve influência dos tratamentos na atividade da NI em nenhuma época de amostragem e não houve influência dos dias após aplicação e os valores permaneceram constantes durante todo o período experimental.

Na safra 2009 o padrão de resposta observado para a SAI foi semelhante à NI, havendo decréscimo na atividade das duas enzimas com o decorrer das épocas de amostragem. Aos 20 DAA, tanto para a SAI quanto para a NI, o tratamento com

sulfometuron metil + B foi superior aos demais tratamentos e o sulfometuron metil aplicado isoladamente foi superior ao tratamento com B e ao controle. Aos 45 DAA a atividade da SAI do tratamento com sulfometuron metil + B permaneceu elevada com relação aos demais tratamentos e o sulfometuron metil foi superior ao B, mas para a atividade da NI não houve diferença entre os tratamentos (Tabela 41).

Com a maturação da cana-de-açúcar e acúmulo de sacarose nos colmos, há tendência de redução da atividade da SAI, já que esta enzima está envolvida na hidrólise da sacarose para a manutenção do metabolismo de crescimento das plantas, o que foi observado na safra 2009 para todos os tratamentos.

6.3.2.4 Variáveis tecnológicas (pol, pureza, fibra e AR)

A análise conjunta dos resultados das variáveis tecnológicas indica que para o teor de pol, pureza e AR houve efeito de DAA, tratamentos e da interação entre estes dois fatores e para o teor de fibra houve efeito somente de DAA. Não houve efeito de experimento para nenhum parâmetro avaliado, bem como interação deste fator com os demais (Tabela 42).

Tabela 42. Análise de variância dos parâmetros tecnológicos do caldo de cana-de-açúcar em função da aplicação de boro e sulfometuron metil na pré-colheita da cana-de-açúcar em final de safra.

	ANAVA (Probabilidade de F)			
	Pol	Pureza	Fibra	AR
Bloco	0,3138	0,8768	0,7416	0,3046
Dias após aplicação (DAA)	< 0,0001	< 0,0001	0,0001	< 0,0001
Tratamento (T)	< 0,0001	0,0077	0,8583	0,0990
Experimento (E)	0,2120	0,1742	0,1357	0,1885
DAA x T	0,0748	0,0153	0,6937	0,0010
DAA x E	0,1472	0,1163	0,1729	0,1712
T x E	0,2183	0,2814	0,3651	0,3182
T x DAA x E	0,1564	0,1185	0,9863	0,8421

O teor de pol foi influenciado pela aplicação de B e sulfometuron metil, isoladamente ou em associação, em final de safra. O tratamento com B e sulfometuron metil, aplicados isoladamente, proporcionaram resposta quadrática quanto ao

acúmulo de pol e sua associação proporcionou resposta linear, bem como o tratamento controle (Figura 40).

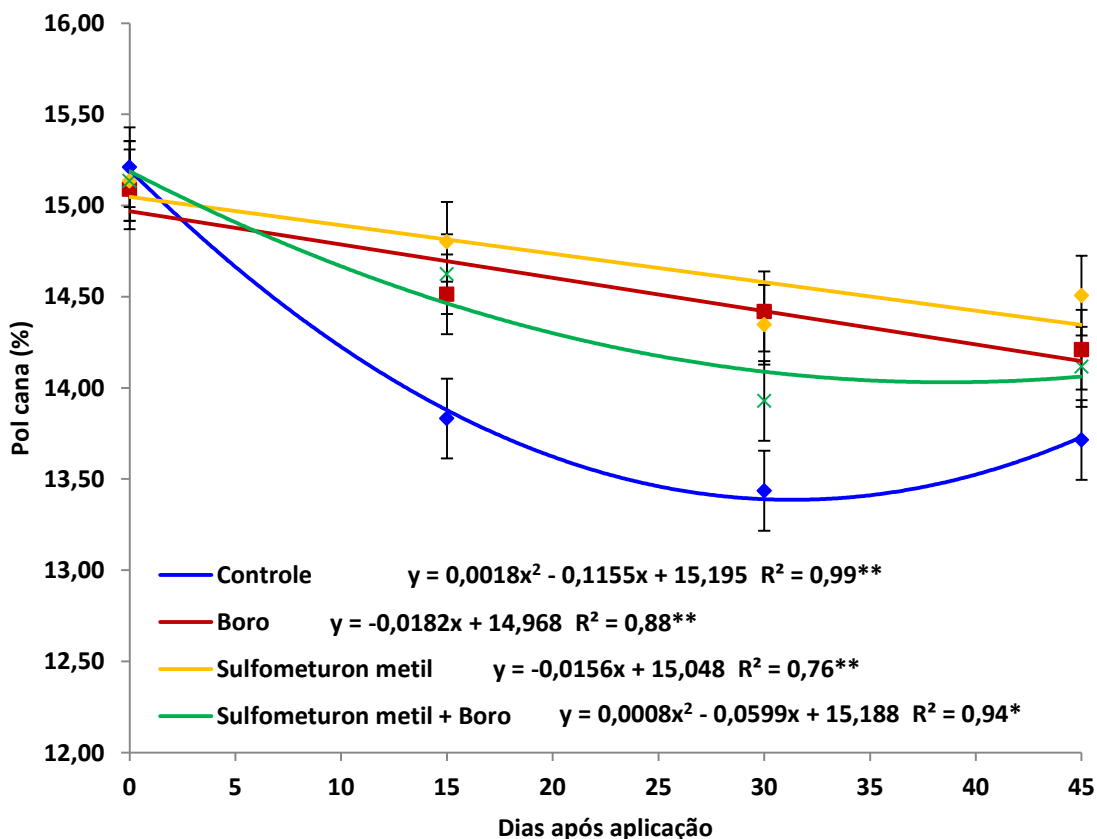


Figura 40. Pol cana (%), em função da aplicação de boro e sulfometuron metil na pré-colheita da cana-de-açúcar em final de safra. Raízen variedade SP80-3280, soca 4º/5º corte e Tereos variedade RB867515, soca 2º/3º corte. Média de 2 locais e 2 anos de experimentação. ** e * significativos a 5% e 10%, respectivamente, pelo teste t (LSD).

Houve decréscimo acentuado do teor de pol do tratamento controle, enquanto para os tratamentos com B e sulfometuron metil, em associação ou não, houve queda, porém com menor intensidade. A partir dos 15 DAA até o final do experimento os tratamentos proporcionaram ganho médio, comparados à testemunha, de 6%. A cana-de-açúcar tratada com B, sulfometuron metil e sulfometuron metil + B proporcionou, em média 14,2% de pol, aos 30 DAA, enquanto para o tratamento controle foi 13,4% (Figura 40).

Os tratamentos com B e sulfometuron metil, associados ou não, proporcionaram percentagem de pol significativamente superior ao tratamento controle (Figura 40), portanto era esperada maior atividade da SAI para o tratamento controle e

menor atividade para os demais tratamentos, já que a atividade desta enzima é inversamente proporcional ao teor de sacarose, pois hidrolisa este polissacarídeo em glicose e frutose. Contudo, esta correlação não ocorreu neste estudo. Por outro lado, conforme houve maturação da cana-de-açúcar, houve redução da atividade da SAI, indicando correlação inversa entre estes parâmetros. Estes resultados indicam que a atividade da SAI está correlacionada à maturação da cana-de-açúcar, porém não há relação direta e proporcional entre o teor de SAI e a concentração de sacarose.

Quanto à pureza do caldo (Figura 41), os tratamentos com B e sulfometuron metil proporcionaram incremento significativo com relação ao tratamento controle, porém quando os tratamentos foram associados (B + sulfometuron metil) os resultados foram semelhantes ao controle. Para os tratamentos com sulfometuron metil sulfometuron metil + B e o tratamento controle o decréscimo foi expresso por funções quadráticas, enquanto para o B o decréscimo foi linear.

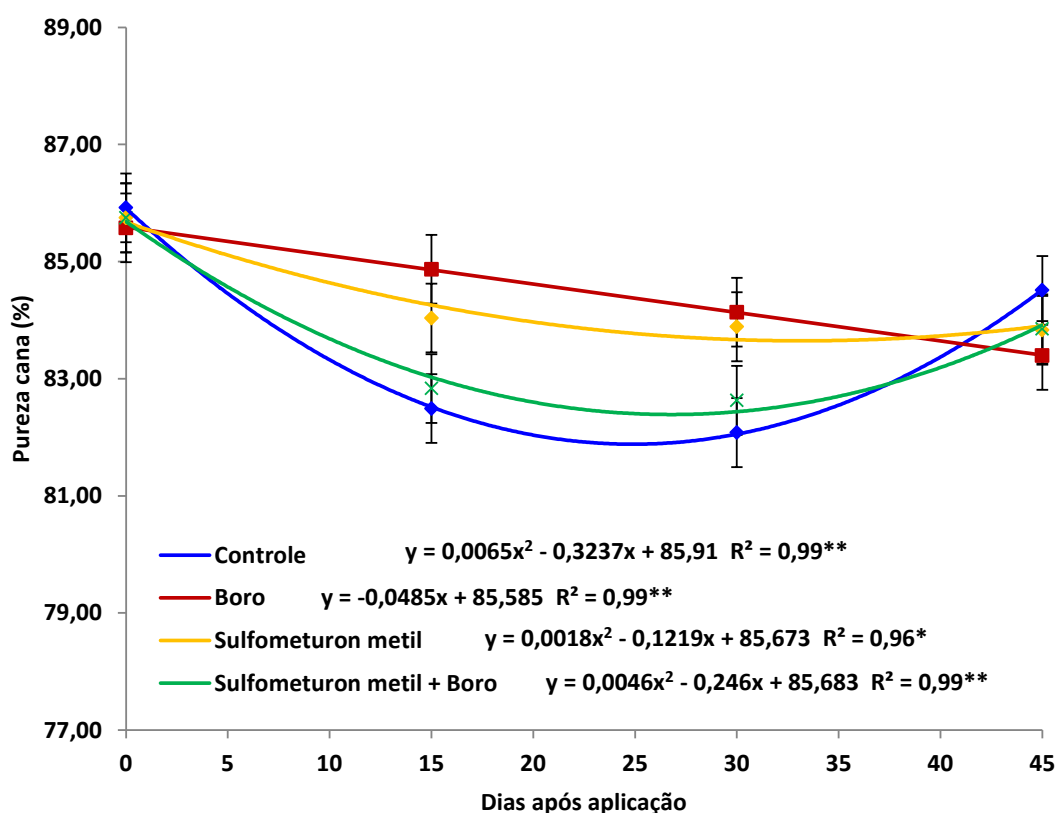


Figura 41. Pureza cana (%), em função da aplicação de boro e sulfometuron metil na pré-colheita da cana-de-açúcar em final de safra. Raízen variedade SP80-3280, soca 4º/5º corte e Tereos variedade RB867515, soca 2º/3º corte. Média de 2 locais e 2 anos de experimentação. ** e * significativos a 5% e 10%, respectivamente, pelo teste t (LSD).

O valor mínimo de pureza proporcionado pelos tratamentos controle, sulfometuron metil e sulfometuron metil + B ocorreu aos 25, 34 e 27 DAA, respectivamente, com teores de 81,9%, 83,6% e 82,4%. Para o B não foi possível calcular o ponto de mínima. Aos 15 e 30 DAA os tratamentos com B e sulfometuron metil foram superiores ao tratamento controle e ao sulfometuron metil + B, mas o maior ganho ocorreu, aproximadamente, aos 25 DAA, com teor médio de 84,1%, o que representa teor de pureza 3% maior quando comparado ao tratamento controle. Aos 45 DAA os teores se igualaram e não houve diferença entre os tratamentos (Figura 41).

O teor de fibra (Figura 42) não foi influenciado pelos tratamentos, mas houve influência do DAA para o tratamento com sulfometuron metil e o tratamento controle, com aumento do teor de fibra até, aproximadamente, 15 DAA e posterior decréscimo até o final do experimento, expressos por funções quadráticas.

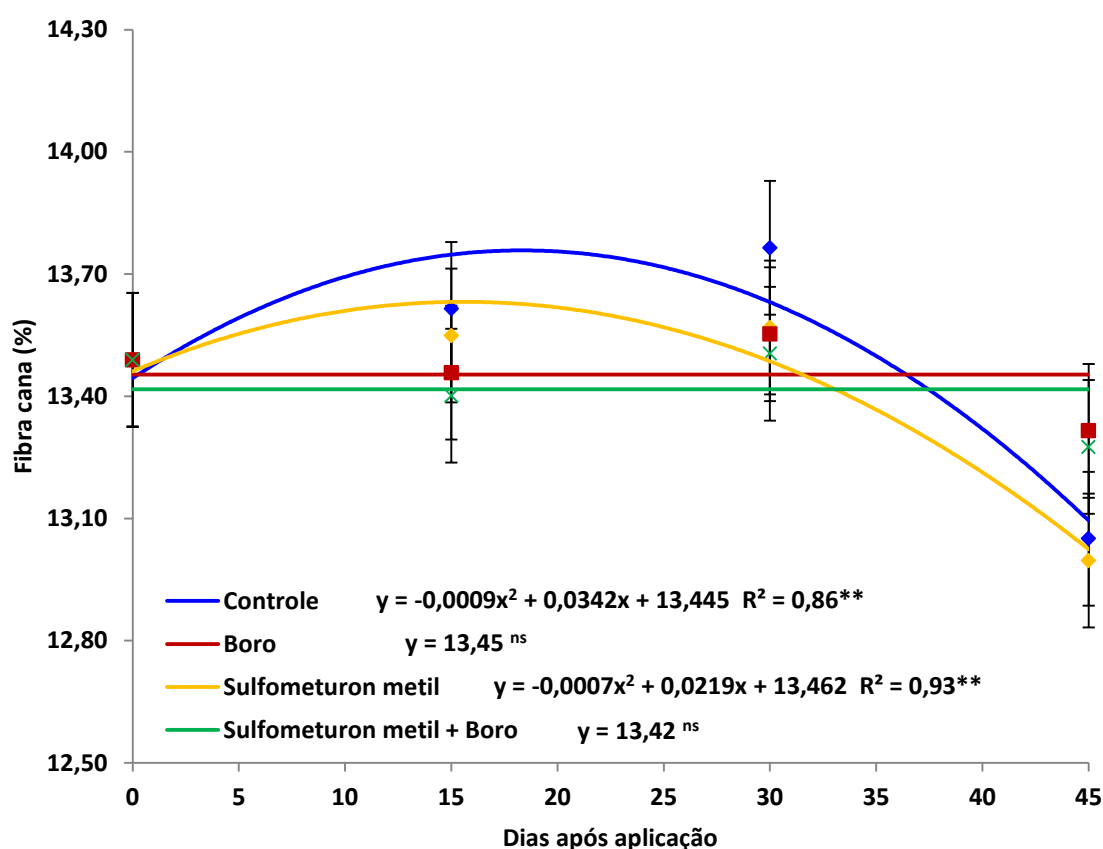


Figura 42. Fibra cana (%), em função da aplicação de boro e sulfometuron metil na pré-colheita da cana-de-açúcar em final de safra. Raízen variedade SP80-3280, soca 4^o/5^o corte e Tereos variedade RB867515, soca 2^o/3^o corte. Média de 2 locais e 2 anos de experimentação. ^{ns} não significativo e ** significativo a 5% pelo teste t (LSD).

O teor máximo foi obtido aos 19 e 16 DAA, cujos valores foram 13,8% e 13,6%, respectivamente, para o tratamento sulfometuron metil e o tratamento controle. Para o B e o sulfometuron metil + B, os valores permaneceram constantes durante todo o período experimental, com teores de 13,5 e 13,4%, respectivamente (Figura 42).

Para o teor de AR (Figura 43) os resultados foram ajustados a funções quadráticas, com exceção ao sulfometuron metil, que foi ajustado a função linear. Para o tratamento controle e o sulfometuron metil + B houve incremento no teor de AR até, aproximadamente, 25 DAA e posteriormente os valores decresceram até o final do experimento. O B e o sulfometuron proporcionaram incremento durante todo o período, porém menos acentuado em relação aos demais tratamentos.

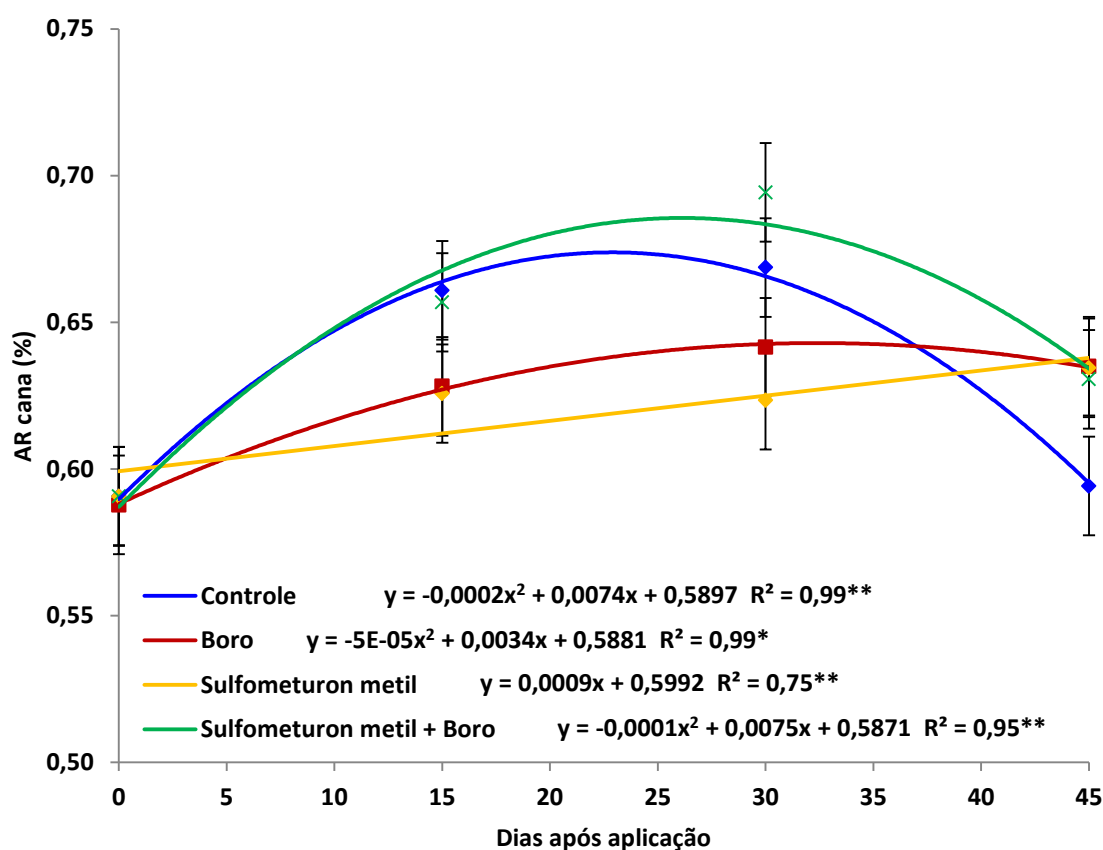


Figura 43. AR cana (%), em função da aplicação de boro e sulfometuron metil na pré-colheita da cana-de-açúcar em final de safra. Raízen variedade SP80-3280, soca 4º/5º corte e Tereos variedade RB867515, soca 2º/3º corte. Média de 2 locais e 2 anos de experimentação. ** e * significativos a 5% e 10%, respectivamente, pelo teste t (LSD).

Os resultados quanto ao teor de AR foram inversamente proporcionais à pureza do caldo (Figura 41) e ao teor de pol (Figura 40). O ponto de máxima calculado para o teor de AR foi de 0,67%, 0,64% e 0,69%, aos 23, 34 e 27 DAA, respectivamente, para os tratamentos controle, B e sulfometuron metil + B. Para o sulfometuron metil não foi possível calcular o ponto de máxima (Figura 43).

A melhoria na qualidade tecnológica da cana-de-açúcar mediante aplicação de B, como maior teor de pol e pureza do caldo e menor teor de fibra e AR, pode ter ocorrido em decorrência do suprimento de B às plantas que anteriormente se encontravam em estado de deficiência do micronutriente (Figura 39). O B auxilia no transporte de sacarose das folhas para outras partes da planta, pois em plantas deficientes ocorre maior produção de calose e obstrução do floema (VENTER et al., 1977; LOUÉ, 1993).

6.3.2.5 Produtividade de colmos (TCH) e de açúcar (TAH)

A análise conjunta dos dados de produtividade revela que para a TCH houve efeito somente de DAA e experimentos e para a TAH houve efeito de DAA, tratamentos e experimentos e de todas as interações entre estes fatores (Tabela 43).

Tabela 43. Análise de variância da produtividade de colmos (TCH) e açúcar (TAH) de cana-de-açúcar em função da aplicação de boro e sulfometuron metil na pré-colheita da cana-de-açúcar em final de safra.

	ANAVA (Probabilidade de F)	
	TCH	TAH
Bloco	0,1963	0,2111
Dias após aplicação (DAA)	< 0,0001	< 0,0001
Tratamento (T)	0,4269	< 0,0001
Experimento (E)	< 0,0001	< 0,0001
DAA x T	0,9966	0,0127
DAA x E	0,9976	< 0,0001
T x E	0,4933	0,0001
T x DAA x E	0,9999	0,0464

A produtividade de colmos (TCH) não foi influenciada pelos tratamentos e o padrão de resposta obtido nos quatro experimentos foi semelhante. Em

todos os experimentos houve incremento com o decorrer das épocas de amostragem, expresso por funções lineares (Figura 44).

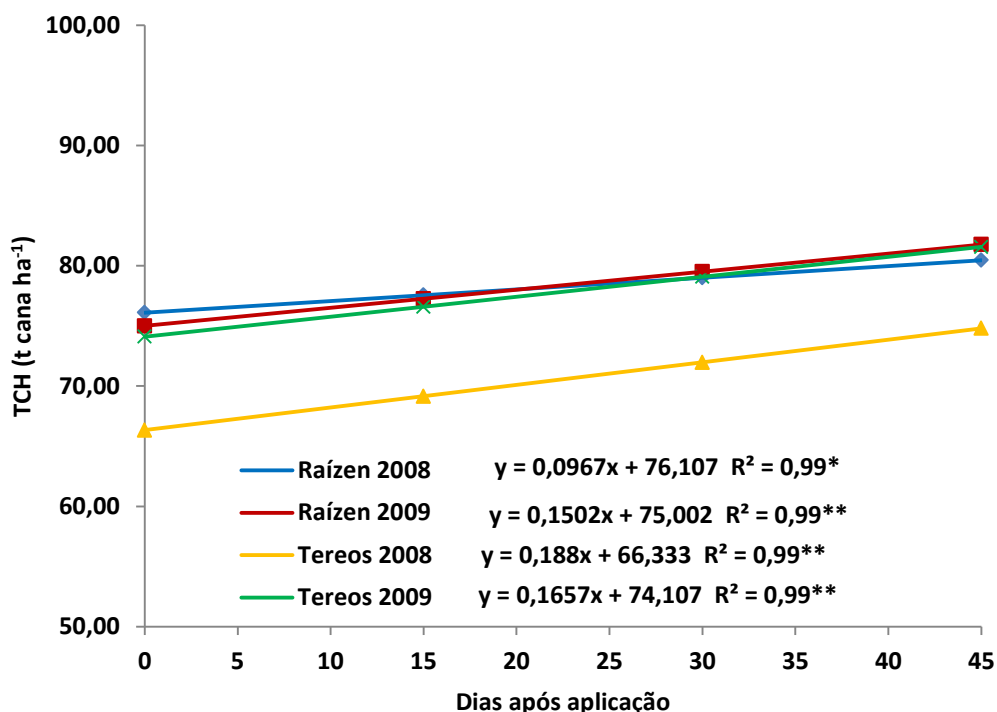


Figura 44. Produtividade de colmos (TCH), em função da aplicação de boro e sulfometuron metil na pré-colheita da cana-de-açúcar em final de safra. Média de 4 tratamentos (Controle, Boro, Sulfometuron metil e Sulfometuron metil + Boro). Raízen variedade SP80-3280, soca 4º/5º corte e Tereos variedade RB867515, soca 2º/3º corte. ** e * significativos a 5% e 10%, respectivamente, pelo teste t (LSD).

A TCH obtida nos experimentos realizados no Grupo Raízen foi de 80,5 e 81,8 t cana ha⁻¹, respectivamente, para as safras 2008 e 2009, o que representa aumento de 6% (4,4 t cana ha⁻¹) e 9% (6,8 t cana ha⁻¹). Para os experimentos realizados no Grupo Tereos, o aumento na TCH foi de 13% (8,5 t cana ha⁻¹) e 10% (7,5 t cana ha⁻¹), respectivamente, nas safras 2008 e 2009, alcançando 74,8 e 81,6 t cana ha⁻¹ (Figura 44).

Quanto à produtividade de açúcar (TAH), houve grande influência do local e ano em que os experimentos foram realizados e os tratamentos proporcionaram resultados bastante distintos para cada experimento (Figura 45).

No experimento conduzido no Grupo Raízen, safra 2008 (Figura 45A), os tratamentos com B e sulfometuron metil, aplicados isoladamente ou em associação, proporcionaram incremento na TAH com relação ao tratamento controle do

início ao fim do período experimental. Observou-se decréscimo acentuado na TAH do tratamento controle até, aproximadamente, 20 DAA e posteriormente houve estabilização dos valores, ajustado por função quadrática. Para os demais tratamentos os valores permaneceram estáveis durante todo o período experimental.

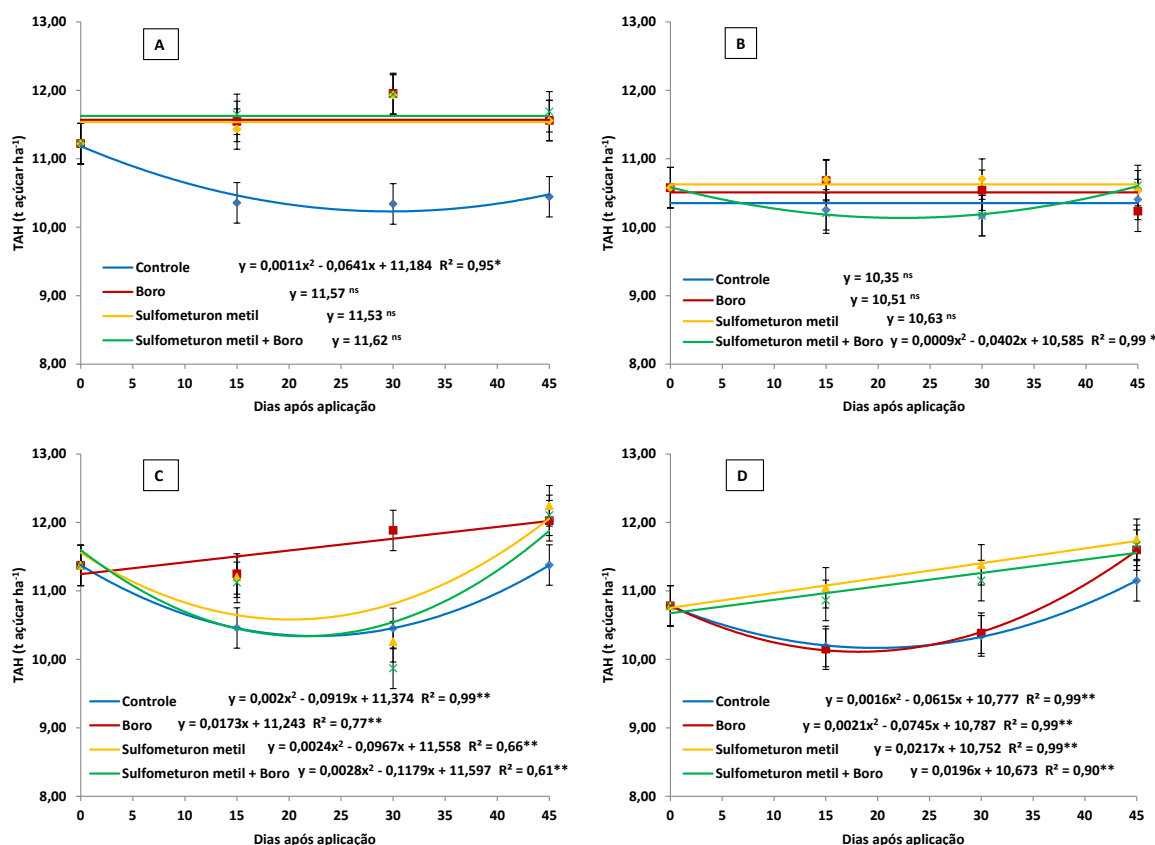


Figura 45. Produtividade de açúcar (TAH), em função da aplicação de boro e sulfometuron metil na pré-colheita da cana-de-açúcar, em áreas pertencentes ao Grupo Raízen (A e B, safras 2008 e 2009, respectivamente) e ao Grupo Tereos (C e D, safras 2008 e 2009, respectivamente), em final de safra. Raízen variedade SP80-3280, soca 4º/5º corte e Tereos variedade RB867515, soca 2º/3º corte. ns não significativo, ** e * significativos a 5% e 10%, respectivamente, pelo teste t (LSD).

A menor produtividade foi obtida aos 30 DAA pelo tratamento controle, atingindo $10,3 \text{ t pol ha}^{-1}$, enquanto os tratamentos proporcionaram, na mesma amostragem, TAH de $11,9 \text{ t pol ha}^{-1}$, em média, o que representa que evitou-se uma perda de 15% na produtividade de açúcar mediante aplicação de boro, sulfometuron metil e sulfometuron metil + boro (Figura 45A).

Na safra 2009 do Grupo Raízen (Figura 45B) houve influência do DAA somente para o tratamento com sulfometuron metil + B, com decréscimo na TAH

até, aproximadamente 25 DAA e posterior aumento e os resultados foram expressos por função quadrática. Para os demais tratamentos os valores permaneceram estáveis durante todo o período experimental, contudo não houve diferença entre os tratamentos em nenhuma amostragem. O valor médio obtido para a TAH foi de 10,4 t pol ha⁻¹.

Para o experimento conduzido na Tereos, safra 2008 (Figura 45C), o tratamento com B proporcionou incremento linear na TAH com o decorrer das épocas de amostragem, enquanto para os demais experimentos houve decréscimo até, aproximadamente 20 DAA com posterior aumento até a colheita do experimento, com resultados expressos por funções quadráticas.

Aos 15 DAA a aplicação de B, sulfometuron metil e sulfometuron metil + B proporcionou TAH superior ao tratamento controle, incrementando a TAH em 7%, em média, atingindo 11,3 t pol ha⁻¹. Aos 30 DAA somente o B proporcionou TAH superior ao tratamento controle, elevando a produtividade de 10,5 para 11,9 t pol ha⁻¹, o que representa aumento de 14%. Aos 45 DAA, o aumento proporcionado pelos tratamentos foi mais acentuado em relação ao controle, elevando a TAH em 7%, chegando a 12,1 t pol ha⁻¹ (média entre B, sulfometuron metil e sulfometuron metil + B), enquanto para o controle foi 11,4 t pol ha⁻¹ (Figura 45C).

Na Tereos, safra 2009 (Figura 45D) todos os tratamentos proporcionaram incremento da TAH na colheita em relação ao início do experimento, porém para o sulfometuron metil, aplicado isoladamente ou associado ao B, o aumento foi linear e para o B e o tratamento controle houve decréscimo até, aproximadamente, 15 DAA, com posterior aumento até o final do período experimental.

Aos 15 e 30 DAA o sulfometuron metil, isolado ou em associação ao B, foi superior ao tratamento controle e ao B, elevando a TAH em 8%, em média, de 10,2 t pol ha⁻¹ (média entre tratamento controle e B) para 11,0 t pol ha⁻¹ (média entre sulfometuron metil e sulfometuron metil + B). Aos 45 DAA o tratamento com sulfometuron metil foi superior ao tratamento controle, aumentando a TAH de 11,1 t pol ha⁻¹ para 11,8 t pol ha⁻¹, o que representa 5% de aumento (Figura 45D).

Apesar da existência de inúmeras ações fisiológicas do B nas plantas, a sua importância na translocação de sacarose, formando um complexo com este açúcar, é a mais aceita, dessa forma, no caso específico da cana-de-açúcar, não deve haver carência de B, no sentido de não haver prejuízos para a produção de açúcar (RODRIGUES, 1995).

6.3.2.6 Rebrotas e teor de lignina e celulose na soqueira

A análise conjunta dos resultados de rebrotas da soqueira revela que houve efeito somente de experimentos e, de modo geral, os resultados obtidos na Raízen foram inferiores aos obtidos na Tereos nas duas safras (Tabela 44).

Tabela 44. Rebrotas da soqueira de cana-de-açúcar, em função da aplicação de boro e sulfometuron metil na pré-colheita da cana-de-açúcar em final de safra.

Número de brotos m ⁻¹ *		
Tratamentos	Raízen**	
	Safra 2008	Safra 2009
Controle	12 a	13 a
Boro	14 a	11 a
Sulfometuron metil	12 a	11 a
Sulfometuron metil + Boro	13 a	11 a
Tereos***		
Controle	18 a	19 b
Boro	20 a	21 ab
Sulfometuron metil	20 a	23 a
Sulfometuron metil + Boro	18 a	23 a
<u>ANAVA (Probabilidade de F)</u>		
Bloco	0,2010	
Tratamento (T)	0,8843	
Experimento (E)	< 0,0001	
T x E	0,4838	

* Avaliação realizada aos 80 DAC (dias após a colheita).

** Variedade SP80-3280

*** Variedade RB867515

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

Na Raízen, os valores obtidos na contagem da rebrotas da soqueira foram 13 e 12 brotos por metro, respectivamente, nas safras 2008 e 2009, enquanto na Tereos foram 19 e 22 brotos por metro, nas safras 2008 e 2009, respectivamente. Somente na safra 2009 da Tereos observou-se diferença entre os tratamentos, onde o sulfometuron metil, aplicado isoladamente ou em associação ao B, foi superior ao tratamento controle, aumentando de 19 para 23 brotos por metro (Tabela 44).

Quanto ao teor de lignina na rebrotas da soqueira (Tabela 45), houve efeito de tratamentos e experimentos. Na safra 2008 a aplicação de B proporcionou teor de lignina superior ao sulfometuron metil, elevando de 4,0% para 5,0%, mas não diferiu dos demais tratamentos. Na safra 2009 aplicação de sulfometuron metil + B foi superior ao

tratamento controle e ao sulfometuron metil aplicado isoladamente, elevando a teor de 3,6% (média entre controle e sulfometuron metil) para 4,5%.

Tabela 45. Teores de lignina e celulose na rebrota da soqueira de cana-de-açúcar, em função da aplicação de boro e sulfometuron metil na pré-colheita da cana-de-açúcar em final de safra*.

Tratamentos	Lignina (%)**	
	Safra 2008	Safra 2009
Controle	4,58 ab	3,52 b
Boro	4,99 a	4,05 ab
Sulfometuron metil	3,98 b	3,60 b
Sulfometuron metil + Boro	4,40 ab	4,50 a
Tratamentos	Celulose (%)**	
	Safra 2008	Safra 2009
Controle	37,91 ab	34,69 a
Boro	38,88 a	36,27 a
Sulfometuron metil	36,96 b	35,20 a
Sulfometuron metil + Boro	37,04 ab	35,44 a
ANOVA (Probabilidade de F)		
	Lignina	Celulose
Bloco	0,8351	0,5983
Tratamento (T)	0,0986	0,2370
Experimento (E)	0,0189	0,0002
T x E	0,2667	0,7016

* Variedade SP80-3280. Avaliações realizadas somente nos experimentos do Grupo Raízen.

**Avaliação realizada aos 80 DAC (dias após a colheita).

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

A redução na síntese de lignina pode ocorrer através do uso de um inibidor da rota do ácido chiquímico, sendo esta rota fundamental para a produção de aminoácidos aromáticos e de todos os compostos fenólicos das plantas. Esta rota é inibida, principalmente, pela aplicação do Glifosato, mas pode sofrer influência indireta através da aplicação de outros inibidores de crescimento (MESCHEDE et al., 2012). Estes autores constataram, ainda, que o sulfometuron metil proporcionou incremento no teor de lignina comparado ao controle, diferente do que foi observado neste estudo.

Para o teor de celulose na rebrota da soqueira (Tabela 45), na safra 2008 observou-se o mesmo padrão de resposta que o teor de lignina, onde a aplicação de B proporcionou teor superior ao sulfometuron metil, elevando de 37,0% para 38,9%, mas não diferiu dos demais tratamentos. Na safra 2009 não houve diferença entre os tratamentos.

7 CONCLUSÕES

A aplicação foliar de B, na forma de H_3BO_3 , na dosagem de 180 g B ha^{-1} , associado ou não a maturadores, na pré-colheita da cana-de-açúcar, em início e final de safra, possibilitou as seguintes conclusões:

a) Nas condições dos experimentos deste estudo, onde as áreas apresentavam deficiência ou teores críticos de B, a aplicação do micronutriente revelou efeito promissor em elevar o teor de sacarose dos colmos em início de safra e em manter o teor adequado por maior período em final de safra;

b) A aplicação de B, em associação aos maturadores, em início e final de safra, proporcionou resultados semelhantes aos maturadores aplicados isoladamente.

c) A deficiência de B na pré-colheita da cana-de-açúcar limita o acúmulo de sacarose em início e final de safra;

d) A aplicação foliar de B, isolado ou associado aos maturadores, aumentou o teor do micronutriente nas folhas de cana-de-açúcar;

e) Os maturadores etil-trinexapac, etefon e sulfometuron metil, aplicados isoladamente ou em associação ao B, em início de safra, possibilitaram antecipação no corte da matéria-prima em, aproximadamente, 15 dias e o B aplicado isoladamente foi ainda mais eficiente, antecipando a maturação em 18 dias, em média;

f) Em final de safra, os maturadores foram eficientes em manter o teor de sacarose elevado por maior período de tempo, bem como o B, aplicado isoladamente ou em associação aos maturadores;

g) O maior incremento no teor de sacarose mediante aplicação de B e maturadores, em associação ou não, foi observado entre 30 e 40 DAA, aumentando cerca de 10 % e 6%, em relação ao controle, em início e final de safra, respectivamente;

h) A produtividade de colmos não foi influenciada pela aplicação de B e maturadores, associados ou não, mas incrementaram significativamente a produtividade de açúcar, tanto em início quanto em final de safra;

i) A atividade das invertases ácida (SAI) e neutra (NI) não foi influenciada pela aplicação de maturadores e B, associados ou não, mas houve grande influência do clima;

j) De modo geral, não se observou influência dos tratamentos na rebrota da soqueira.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGARWALA, S.C.; SHARMA, P.N.; CHARTTEJEE, C. Development and enzymatic changes during pollen development in boron deficient maize plants. **J. of Plant Nutrition**, v.3, p.329-336, 1981.

AGRIFANUAL 2013. **Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira**. Cana-de-açúcar. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2013. p.239-262.

AGUIRRE, A.C.P.; DANTAS, J.P.; MORAES, M.F.; AMORIM, H.V. Teor de carboidratos e atividade da polifenoloxidase e peroxidase em plantas de *Vigna sinensis* var. Pitiúba, cultivadas em soluções nutritivas de Hogland e Arnon completa e deficiente em boro. **O Solo**, v.69, n.2, p.45-49, 1977.

ALBERTSON, P.L.; PETERS, K.F.; GROF, C.P.L. An improved method for the measurement of the cell wall invertase activity in sugarcane tissue. **J. Plant Physiol.**, v.28, p.323-328, 2001.

ALLEONI, L.R.F.; CAMARGO, A.O. Boron adsorption in soils from the State of São Paulo, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.413-421, 2000.

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

ASAD, A.; BELL, R. W.; DELL, B. A critical comparison of the external and internal boron requirements for contrasting species in boron-buffered solution culture. **Plant Soil**, v.233, n.1, p.31-45, 2001.

BACHA, C.B. **Determinação do teor de lignina em amostras de gramíneas ao longo do crescimento através de três métodos analíticos e implicações com as equações de “Cornell net carbohydrate and protein system”**. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária/Nutrição Animal). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, SP, 2006. 109p.

BARBOSA, M.H.P. et al. Variedades melhoradas de cana-de-açúcar para Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, v. 28, n. 239, p. 20-24, 2007.

Bradford, M.M. A dye binding assay for protein. **Anal. Biochem.** 72:248-254, 1976.

BROWN, P.H.; BELLALLOUI, N.; WIMMER, M.A.; BASSIL, E.S.; RUIZ, J.; HU, H.; PFEFFER, H.; DANNELE, F. ROMHELD, V. Boron in plant biology. **Plant Biol.** n.4, p.205-223, 2002.

BROWN, P.H.; HU, H. Does boron play only a structural role in the growing tissues of higher plants ? **Plant and Soil**, v.196, p.211-215, 1997.

BROWN, P.H.; HU, H. Manejo do boro de acordo com sua mobilidade nas diferentes culturas. Piracicaba POTAFÓS. 1998. 4p. (POTAFÓS, **Informações Agronômicas**, 84).

BROWN, P.H.; HU, H. Phloem mobility of boron is species dependent: evidence for phloem mobility in sorbitol-rich species. **Ann. Bot.**, v.77, p.497-505, 1996.

BROWN, P.H.; PICCHIONI, G.; JENKIN, M.; HU, H. Use of ICP-MS and ¹⁰B to trace movement in plants and soil. **Commun. Soil Sci. Plant. Anal.**, v.23, p.2781-2787, 1992.

CAKMAK, I.; RÖMHELD, V. Boron deficiency-induced impairments on cellular functions in plants. **Plant Soil**, v.193, p.71-83, 1997.

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

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

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de Safra Brasileira de Cana-de-açúcar - Terceiro Levantamento**, Brasília: p. 1-15, dez. 2013.

COOPERATIVA DE PRODUTORES DE CANA, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO LTDA. Sexta geração de variedades de cana-de-açúcar Copersucar. **Bol. Téc. COPERSUCAR** – Edição Especial. Piracicaba, SP. 1997.

COSTA, J.M.; OLIVEIRA, E F. **Fertilidade do solo e nutrição de plantas**. Campo Mourão: COAMO, 2001. p.42-43.

DECHEN, A.R. et al. Funções dos micronutrientes nas plantas. In: FERREIRA, M.E.; RUIZ, M.C.P. (Coord.) **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: Instituto de Potassa e Fosfato, 1991, p. 6578.

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

DORDAS, C.; BROWN, P.H. Permeability of boric acid across lipid bilayers and factors affecting it. **J. Membrane Biol.**, v.175, p.95-105, 2000.

DUGGER, W.M. **Boron in metabolism**. In: Encyclopedia of Plant Physiology. New York: SPRINGER-VERLAG, 1983. 626P.

DUTTA, T.R.; McILRATH, J. Effects of boron on growth and lignification in sunflower tissue and organ cultures. **Botanical Gazette**, v.125, p.89-96, 1964.

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

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

FERREIRA, D.F. SISVAR: A program for statistical analysis and teaching. **Rev. Symposium** 6:36-41, 2008.

FLEMING, G. A. Essential micronutrients I: boron and molybdenum. In: DAVIES, B. E. (Ed.). **Applied soil trace elements**. New York: John Wiley and Sons, p.155-197, 1980.

FRANCO, H. C. J.; CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P. C. O.; VITTI, A. C.; OTTO, R.; FARONI, C. E.; SARTORI, R. H.; TRIVELIN, M. O. Acúmulo de nutrientes pela cana-planta. **Stab Açúcar, Álcool e Subprodutos**, 26(5):41-45, 2008.

FUMIS, T.F.; BRASIL, O.G. Atividade da peroxidase em calos de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp. var. NA56-79) in vitro. **Sci. Agric.**, v.52, n.1, p.161-163, 1995.

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

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

GOLDBACH, H.; AMBERGER, A. Influence of boron deficiency ³H-indole-3yl-acetic acid uptake and efflux in cell culture of *Daucus carota* L. **Plant Growth Regulations**, v.4, p.81-86, 1986.

GOLDBERG, S. Reactions of boron with soils. **Plant Soil**, v.193, p.35-48, 1997.

HARKIM, J.M.; OBST, J.R. Lignification in trees. Indication of exclusive peroxidases participation. **Science**, v.180, p.296-298, 1973.

HATCH, M.D.; SACHER, J.A.; GLASZIOU, K.T. Sugar accumulation cycle in sugarcane. I. Studies on enzymes of the cycle. **Plant Physiol.** 38(3):338-343, 1963.

HU, H.; BROWN, P.H. Localization of boron in cell walls of squash and tobacco and its association with pectin. Evidence for a structural role of boron in the cell wall. **Plant Physiol.**, v.105, p.681-689, 1994.

HU, H.; PENN, S.G.; LEBRILLA, C.B.; BROWN, P.H. Isolation and characterisation of soluble B-complexes in higher plants. The mechanism of phloem mobility of boron. **Plant Physiol.**, v.113, p.649-655, 1997.

KIRKBY, E.A.; RÖMHELD, V. **Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade.** Tradução: Suzana Oellers Ferreira. Encarte Técnico. Informações Agronômicas nº 118, 2007.

LANES, E. C. M. Comparação de metodologias para determinação da concentração de fibra em detergente ácido em silagens de milho. In: SEMANA DE BIOLOGIA, 29., MOSTRA DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA, 12., 2006, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2006.

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

LEITE, G.H.P. **Maturadores associados a boro e silício aplicados via foliar em cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.).** 2010. 282p. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, 2010.

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

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

LEITE, G.H.P.; CRUSCIOL, C.A.C.; SILVA, M.A. Desenvolvimento e produtividade da cana-de-açúcar após aplicação de reguladores vegetais em meio de safra. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.32, n.1, p. 129-138, 2011.

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

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

LEITE, V.M.; BROWN, P.H.; ROSOLEM, C.A. Boron translocation in coffee trees. **Plant Soil**, 290:221-229, 2007.

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

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

LOOMIS, W.D.; DURST, R.W. Chemistry and biology of boron. **Biofactors**, v.3, p.229-239, 1992.

LOUÉ, A. **Oligo-éléments en agriculture**. Antibes: Nathan, 1993. 557p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Aplicação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações: Potafós**, 1997. 319 p.

MARINO, C.L.; LEITE, S.M.M.; FARRO, A.P.C.; SASSAKI, F.T.; CAMPOS, H.L.V.; COSCRATO, V.E. Putative metabolic pathway of mannitol and sorbitol in sugarcane. **Scientia Agricola**, v.60, n.4, p.723-728, 2003.

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of higher plants**. Londres: Academic Press, 1995. 889p.

MATOH, T.; ISHIGAKI, K-I, MIZUTAMI, M. MATSUNAGA, W. TAKABE, K. Boron nutrition of cultured tobacco BY-2 cells I. Requirements for na intracellular localization of boron and selection of cells that tolerate low levels of boron. **Plant Physiol.**, v.33, p.1135-1141, 1992.

MELLIS, E.V.; QUAGGIO, J.A. **Micronutrientes em cana-de-açúcar: a fome oculta dos canaviais**. 2009. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2009_3/MicronutrientesCana/index.htm>. Acesso em: 14/5/2010.

MESCHEDE, D.K.; VELINI, E.D.; CARBONARI, C.A.; MORAES, C.P. Teores de lignina e celulose em plantas de cana-de-açúcar em função da aplicação de maturadores. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.30, n.1, p.121-127, 2012.

MORAES-DALLAQUA, M.A. **Alterações nos órgãos vegetativos do feijão (*Phaseollus vulgaris* L. cv. Carioca) causadas por diferentes níveis de boro na solução nutritiva**. Rio Claro, 1992. 69p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas/Biologia Vegetal) – Instituto de Ciências de Rio Claro, universidade Estadual Paulista, São Paulo, 1992.

MOURA FILHO, G.; SILVA, L. C.; ALMEIDA, A. C. S.; SOUZA, J. L.; TEODORO, I.; BARBOSA, G. V. S.; SILVA, V. T.; MOURA, A. B. Extração e exportação de nutrientes pelas cultivas RB92579 e RB93509 no ciclo de cana-planta. In: IX Congresso Nacional da STAB. Maceió, **Anais...**, 9:307-311, 2008.

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

NAGA MADHURI, K.V.; SARALA, N.V.; HEMANTH KUMAR, M.; SUBBA RAO, M.; GIRIDHAR, V. Influence of micronutrientes on yeld and quality of sugarcane. **Sugar Tech**. 15(2):187-191, 2013.

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

OERTLI, J.J.; RICHARDSON, W.F. The mechanism of boron immobility in plants. **Plant Physiol.**, v.23, p.108-116, 1970.

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

ORGERON, A.J.; GRIFFIN, J.L.; LEGENDRE, B.L.; GRAVOIS, K.A.; PONTIF, M.J. Trinexapac-Ethyl: An Alternative to Glyphosate as a Sugarcane Ripener. **Journal American Society of Sugar Cane Technologists**, v.31, 2011.

ORLANDO FILHO, J. Calagem e adubação da cana-de-açúcar. In: CÂMARA, G. M. S. & OLIVEIRA, E. A. M., eds. **Produção de cana-se-açúcar.** Piracicaba, Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1993. p.133-146.

PARR, A.J.; LOUGHMAN, B.C. Boron and membrane function in plants. In: ROBB, D.A.; PIERPOINT, W.S. (Ed.). **Metals and micronutrients, uptake and utilization by plants.** London: Academic Press, 1983. P.87-107.

PILBEAN, D.J.; KIRKBY, E.A. The physiological role of boron in plants. **J. Plant Nutr.**, v.6, p.563-582, 1983.

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

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

RAVEN, J.A. Short and long distance transport of boric acid in plants. **New Phytol.**, v.84, p.231-249, 1980.

RICARDO, C.P.P.; ap REES, T. Invertase activity during the development of carrot roots. **Phytochemistry**. 9: 239-247, 1970.

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

RODRIGUES, J. D. **Fisiologia da cana-de-açúcar.** Botucatu: Instituto de Biociências. 1995. 69p.

RÖMHELD, V. Aspectos fisiológicos dos sintomas de deficiência e toxicidade de micronutrientes e elementos tóxicos em plantas superiores. In: FERREIRA, M.E., CRUZ, M.C.P., RAIJ, B. van, ABREU, C.A. (Ed.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura.** Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFÓS, 2001. p.72-86.

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

ROSOLEM, A.C.; BASTOS, G.B. Deficiências minerais no cultivar de algodão IAC 22. **Bragantia**, v.56, p.377-387, 1997.

SAMAMAD, N.T.I. Interação genótipos x ambientes dos teores de fibra e lignina em cana-de-açúcar. 2011. 141p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2011.

SEGATO, S.V.; PINTO, A.S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J.C.M. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2006, 415p.

SHARMA, P.N.; RAMCHANDRA, T. Water relations and photosynthesis in mustard plants subjected to boron deficiency. **Indian Journal Plant Physiology**, v.33, p.150-154, 1990.

SHELP, B. J.; BROWN, P. H. Boron mobility in plants. **Physiology Plantarum**, Copenhagen, v.94, n.2, p.356-361, jun. 1995.

SHELP, B.J.; PENNER, R.; ZHU, Z. Broccoli (*Brassica oleraceae* var. *italica*) cultivar response to boron deficiency, Canadian. **Journal of Plant Science**, p. 883-888, 1992.

SHORROCKS, V.M. The occurrence and correction of boron deficiency. In: DELL. B.; BELL, W. (Ed.). **Boron in soils and plants: reviews**. Dordrecht: Martinus Nijhoff Publishers, p.121-148, 1997.

SHU, Z.H.; OBERLY, G.H.; CARY, E.E. Absorption, movement and distribution of boron applied peach (*Prunus persica* L. Batsch) fruits. **Proceeding of the International Symposium on Boron in Soil and plants Cold and Chiang**, Thailand, 1997, p.209-211.

SILVA, M.A.; CAPUTO, M.M. . Ripening and the Use of Ripeners for Better Sugarcane Management. In: Fabio R. Marin. (Org.). **Crop Management - Cases and Tools for Higher Yield and Sustainability**. Rijeka: InTech, 2012, p.1-22.

SIQUEIRA, G.F. **Eficácia da mistura de glifosato a outros maturadores na cana-de-açúcar (*Saccharum* spp)**. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, 2009. 88p.

SOEST, P.J.Van. Use of detergents in the analysis of fibrous foods. II. A rapid method for the determination of fibre and lignin. **Journal of the Association of the Official Analytical Chemists**, v.46, p.829-835, 1963.

SOEST, P.J.Van. Voluntary intake relation to chemical composition and digestibility. **J. Animal Sci.**, v. 24, n. 3, p. 834-844, 1965.

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

TANG, P.; FUENTE, R.K. The transport of indole-3-acetic acid in boron and calcium deficient sunflower hypocotyl segments. **Plant Physiology**, v.81, p.646-650, 1986.

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

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

VENTER, H.A.; CURRIER, H.B. The effect of boron deficiency on callose formation and 14C translocation in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and cotton (*Gossypium hirsutum* L.) **American Journal of Botany**, v.64, p.861-865, 1977.

VIEIRA, I.M.S. **Efeito do Potássio sobre a atividade de invertases, teores de açúcares e compostos nitrogenados em cana-de-açúcar (*Saccharum* spp. var. NA56-79) cultivada em solução nutritiva**. 1983. 97f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1983.

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

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

ZHAO, D.; OOSTERHUIS, D.M. Cotton carbon exchange, nonstructural carbohydrates, and boron distribution in tissues during development of boron deficiency. **Field Crops Research**, v.78, p.75-87, 2002.