

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**IRRIGAÇÃO E FERTIRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO
PARA CANA-DE-AÇÚCAR NA PRESENÇA E AUSÊNCIA
DE BORO**

Kleber Aloisio Quintana

Engenheiro Agrônomo

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

2010

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**IRRIGAÇÃO E FERTIRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO
PARA CANA-DE-AÇÚCAR NA PRESENÇA E AUSÊNCIA
DE BORO**

Kleber Aloisio Quintana

Orientador: Prof. Dr. José Renato Zanini

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Ciência do Solo)

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

Abril de 2010

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Kleber Aloisio Quintana - Nascido em 08 de agosto de 1964 na cidade de Barretos – SP, graduado em Engenharia Agrônômica pela Escola Superior de Agricultura de Lavras (atualmente Universidade Federal de Lavras) em 1986. Concluiu mestrado em Agronomia (Agricultura Tropical) em agosto de 2004, na Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – FAMEV – Cuiabá – MT, tendo como dissertação “Efeito da fertirrigação com nitrogênio e potássio na cultura da bananeira (*Musa spp.* L.) variedade Cavendish no município de Santo Antonio do Leverger – MT”. Concluiu curso de especialista em Solos e Meio Ambiente em 2000 e curso de especialista em Sistemas Pressurizados de Irrigação em 2001 pela Universidade Federal de Lavras. Concluiu doutorado em Agronomia (Ciência do Solo) em abril de 2006, na Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, campus de Jaboticabal – SP. Desde o término da graduação trabalha com sistemas de irrigação, tendo sido funcionário de vendas de sistemas pressurizados de irrigação no interior de São Paulo (Endo Máquinas – ASBRASIL), de fabricantes de equipamentos no Mato Grosso (Tubos e Conexões TIGRE), proprietário de revenda de irrigação em Cuiabá/MT (Campo Irrigação), produtor rural irrigante, professor universitário (UNIVAG e CESUR), funcionário público na Secretaria de Meio Ambiente e Agricultura do município de Várzea Grande - MT e funcionário no setor sucroalcooleiro no interior de São Paulo (Açúcar Guarani).

SABEDORIA, FORÇA e BELEZA formam os três sustentáculos de um trabalho;

SABEDORIA, para através do discernimento, dar orientação aos nossos atos e
pensamentos;

FORÇA, que deve ter todo o homem, para superar as adversidades do mundo
e aprofundar-se mais e sempre na sua tarefa;

BELEZA, para adornar todas as nossas ações, nosso caráter e nosso
espírito.

A DEUS, que me deu sabedoria, força e amor para a conquista de mais esta etapa.

A minha esposa Selma e meus filhos Lucas Aloísio
e Thiago Aloísio, pelo amor e compreensão

OFEREÇO

Aos meus pais Isabelino Quintana (in memorian) e Maria Vivo Quintana

Meus maiores mestres

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Expresso meus agradecimentos a todas as pessoas e instituições que colaboraram para realização deste trabalho, em especial:

À FCAV/UNESP - Jaboticabal, pela oportunidade e estrutura;

À AÇÚCAR GUARANI S.A. pelo apoio e cessão da área experimental que foi fundamental para realizarmos este trabalho;

À PS Irrigação, por intermédio de meu amigo Ricardo Nunes, pelo apoio com material de irrigação;

À Hidrus Irrigação, por intermédio de meu amigo Rodolfo S. Lomas, pelo apoio com material de irrigação;

À Industria Química Samaritá, por intermédio de meu amigo Dácio Rocha, pelo apoio com fertilizante boratado;

Ao Professor Dr. José Renato Zanini, pela orientação, atenção, paciência, amizade e disponibilidade;

Ao Professor Dr. Gener Tadeu, pela orientação, atenção, paciência, amizade e disponibilidade do laboratório para realização da análise estatística;

Ao colega Elcides R. da Silva, pelas sugestões e colaboração;

Aos colegas José Cristóvão Momesso e Sandra Ribeiro por acreditarem e me apoiarem nessa jornada.

Aos membros da banca de qualificação Prof. Dr. Gener Tadeu Pereira, Prof. Dr. Itamar Andreoli, Prof. Dr. Luis Carlos Pavani e Prof. Dr. Renato de Mello Prado;

Aos membros da banca de defesa Prof. Dr. João Luiz Zocoler, Prof. Dr. Miguel Ângelo Mutton, Prof^a. Dr^a. Regina Célia de Mattos Pires e Prof^a. Dr^a. Mara Cristina Pessoa da Cruz;

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	x
RESUMO	Xi
SUMMARY	Xii
INTRODUÇÃO	1
REVISÃO DE LITERATURA	4
A cultura da cana-de-açúcar	4
Fertilização do solo e nutrição da cana-de-açúcar	7
Irrigação e fertirrigação na cana-de-açúcar	11
Qualidade da cana-de-açúcar na colheita	16
MATERIAL E MÉTODOS	18
Localização e caracterização experimental	18
Instalação da cultura e aplicação dos tratamentos	20
Colheita e avaliação dos parâmetros	32
RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
Número de folhas verdes	34
Comprimento do colmo	34
Perímetro do caule	36
Número de entrenós	36
Produtividade	37
Brix	39
Fibra	40
Sacarose aparente do caldo (Pol do caldo)	41
Pureza aparente do caldo	42
Açúcares redutores do caldo (AR)	43
Açúcar total recuperável (ATR)	44
CONCLUSÕES	46
REFERÊNCIAS	47

LISTA DE FIGURAS

		Página
Figura 1	Imagem da área experimental	18
Figura 2	Foto dos sulcos para plantio em fileira dupla	20
Figura 3	Foto do uso da irrigação por aspersão na brotação de toda área experimental	22
Figura 4	Ilustração do espaçamento e disposição das mudas e da linha gotejadora no perfil do solo	23
Figura 5	Aspectos das parcelas com o plantio em fileiras duplas	24
Figura 6	Cabeçal de controle da irrigação	25
Figura 7	Disposição dos blocos e parcelas no experimento	26
Figura 8	Localização do tanque evaporimétrico ao lado da área experimental ..	27
Figura 9	Valores de lâmina pluvial e total (pluvial + irrigação) ocorrida no período do experimento	30
Figura 10	Número de parâmetros que apresentaram diferença significativa com relação à condução sequeiro, de acordo com a aplicação de boro	45

LISTA DE TABELAS

		Página
Tabela 1	Recomendação de adubação de plantio para a cultura da cana-de-açúcar	11
Tabela 2	Resultado da análise granulométrica e química do solo da área experimental	19
Tabela 3	Dados meteorológicos e de irrigação ocorridos no período do experimento.....	28
Tabela 4	Água aplicada semanalmente com a irrigação	28
Tabela 5	Parcelamento da fertirrigação	31
Tabela 6	Produtividade e variáveis tecnológicas em plantio comercial	33
Tabela 7	Resultados do teste entre médias para número de folhas verdes	34
Tabela 8	Resultados do teste entre médias para comprimento do colmo	36
Tabela 9	Resultados do teste entre médias para perímetro do caule	36
Tabela 10	Resultados do teste entre médias para número de entrenós	37
Tabela 11	Resultados do teste entre médias para produtividade	38
Tabela 12	Resultados do teste entre médias para Brix	40
Tabela 13	Resultados do teste entre médias para quantidade de fibra na cana .	41
Tabela 14	Resultados do teste entre médias para teor de sacarose aparente no caldo	42
Tabela 15	Resultados do teste entre médias para pureza do caldo	42
Tabela 16	Resultados do teste entre médias para açúcares redutores do caldo	43
Tabela 17	Resultados do teste entre médias para açúcar total recuperável	45

IRRIGAÇÃO E FERTIRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO PARA CANA-DE-AÇÚCAR NA PRESENÇA E AUSÊNCIA DE BORO

RESUMO: Conduziu-se um experimento a campo com cana-planta no município de Barretos-SP, em local de coordenadas geográficas 20° 36' 35,65" S, 48° 34' 4,65" W e altitude de 511 m, entre os anos de 2007-2008, com o intuito de avaliar o efeito da fertirrigação com nitrogênio e potássio na irrigação por gotejamento e adição de boro no plantio, nos parâmetros vegetativos e tecnológicos da cana. Os tratamentos foram avaliados em esquema fatorial 3x2, sendo: T1-sequeiro sem boro; T2-sequeiro com boro; T3-irrigado sem boro; T4-irrigado e com boro; T5-fertirrigado sem boro; T6-fertirrigado e com boro. Para as condições de sequeiro e irrigado, a adubação de plantio foi realizada com dosagem integral dos nutrientes; para a condição fertirrigado, o fósforo e o boro foram aplicados manualmente no plantio e o nitrogênio e o potássio foram aplicados por fertirrigação e parcelados em oito vezes. O plantio foi do tipo fileira dupla no espaçamento de 1,4 m x 0,4 m, sendo a linha gotejadora instalada subsuperficialmente no centro da fileira dupla à profundidade de 0,15 metro. A fertirrigação e a irrigação incrementaram a massa de cana industrial, o comprimento da cana e o teor de sacarose do caldo, e proporcionaram menores teores de açúcares redutores. A fertirrigação proporcionou ainda maior teor de fibra na cana. A adição de boro não afetou os parâmetros analisados.

Palavras-chave: fertilidade do solo; nutrição de plantas; *Sacharum*.

DRIP IRRIGATION AND FERTIGATION FOR SUGAR CANE IN THE PRESENCE AND ABSENCE OF BORON

SUMMARY: We conducted a field experiment with sugar cane plant in the municipality of Barretos-SP, Brazil, with geographical coordinates 20° 36' 35,65" S, 48° 34' 4,65" W and altitude 511 m, during the years 2007-2008, in order to evaluate the effect of drip irrigation, fertigation with nitrogen and potassium and the addition of boron at planting, in vegetative and technological measurements of the cane. The treatments were evaluated in a 3x2 factorial arrangement: T1-no irrigated without boron; T2-no irrigated with boron; T3-irrigated and without boron; T4-irrigated and with boron; T5-fertigated and without boron; T6-fertigated and with boron. For the no irrigated and irrigated conditions, the planting manure was carried out with full amount of nutrients; for fertigated condition, phosphorus and boron were applied manually in planting, and nitrogen and potassium by fertigation splitted in eight times. The planting was the type double row spaced 1.4 m x 0.4 m, and the line of irrigation installed in a subsurface drip system in the center of double row, in the depth of 0.15 meter. The fertigation and irrigation increased the mass of industrial sugar, length of the cane, the sucrose content of juice, and provided lower levels of reducing sugars. The fertigation provided even greater fiber content in cane. The addition of boron did not affect the analyzed parameters.

Keywords: soil fertility; plant nutrition; *Sacharum*.

I. INTRODUÇÃO

O cultivo da cana-de-açúcar está em expansão na agricultura brasileira. Isso se deve principalmente ao aumento da demanda mundial de biocombustível renovável e de açúcar. O Brasil é o maior produtor mundial de açúcar e o segundo de etanol, sendo que a área ocupada com cana-de-açúcar no ano de 2004 era de 5,6 milhões de hectares, aumentando para 8,9 milhões de hectares no ano de 2008 (BRASIL, 2009). No ano de 2007, somente no estado de São Paulo o cultivo da cana-de-açúcar já ocupava 5,5 milhões de hectares (SÃO PAULO, 2008). No ano de 2002 no estado de São Paulo, foram produzidas 190 milhões de toneladas de cana-de-açúcar para indústria, aumentando para 297 milhões de toneladas no ano de 2007 (BRASIL, 2009). Essa expansão ocorreu com a instalação de novas unidades industriais e com o aumento da capacidade de processamento das unidades industriais existentes.

A distância entre a área de cultivo da cana-de-açúcar e a indústria sucroalcooleira que irá processá-la é fator determinante para a viabilidade econômica da cultura. Algumas unidades industriais já encontram dificuldade no aumento de processamento, devido à falta de área próxima ao parque industrial para expansão do cultivo da cana-de-açúcar. Da mesma forma, produtores de cana-de-açúcar que queiram expandir sua produção, e não dispõem de áreas próximas à unidade industrial, investem no aumento da produtividade da cultura.

Dos diversos investimentos passíveis de serem realizados na produção da cana-de-açúcar visando aumentar seu rendimento, a irrigação suplementar merece destaque, pois pode aumentar a produção (DALRI et al., 2008; DALRI & CRUZ, 2002 e 2008; MATTIOLI et al., 1998), sem necessidade de expansão da área agrícola. Para as condições climáticas de muitas áreas da região nordeste do Brasil, o uso da irrigação é indispensável para a produção satisfatória da cana-de-açúcar. Para o estado de São

Paulo, a irrigação é utilizada de forma complementar a precipitação pluvial. O consumo anual de água pela cana-de-açúcar é de 1.500 a 2.500 mm (DOORENBOS & KASSAM, 1994), valor superior à faixa de 1.000 a 1.200 mm de precipitação natural nas regiões de clima do tipo Aw, no estado de São Paulo.

No estado de São Paulo, na cultura da cana-de-açúcar utilizam-se diversos tipos de irrigação, dentre eles a irrigação por aspersão mecanizada, autopropelido e pivô central, e mais recentemente a irrigação localizada subsuperficial. Para regiões muito próximas a grandes mananciais e/ou a unidades industriais, o sistema de irrigação por aspersão é o mais utilizado. Porém, para áreas com limitação de recursos hídricos e/ou próximas a núcleos populacionais, a irrigação localizada tem se mostrado boa alternativa, principalmente pela maior eficiência no uso da água, possibilidade de realizar a quimigação e pela menor propagação de odores quando utilizada com vinhaça.

O uso do gotejamento subsuperficial na cultura da cana-de-açúcar nas lavouras brasileiras, é recente, porém já é utilizado em maior escala em outros países, principalmente na África do Sul e no estado americano do Havaí. É necessária a adaptação desse sistema de irrigação para as condições de clima, solo, tratos culturais, mecanização e mão-de-obra utilizada no Brasil, assim como conhecer a adaptabilidade e o comportamento da cultura em resposta ao seu uso.

É característica do sistema de irrigação por gotejamento, a alta eficiência na aplicação de água, o menor consumo de energia devido a baixa pressão de serviço e a facilidade no uso da fertirrigação, já que o sistema é fixo, de alta eficiência e com aplicação da água diretamente na zona radicular da cultura. MATIOLI et al. (1996) citam como efeito direto do uso da irrigação no canavial, o aumento da produtividade agrícola e a longevidade das soqueiras, e como efeito indireto a redução no custo de transporte da cana, quando irrigada próximo à unidade industrial e a possibilidade de realizar fertirrigação. A fertirrigação em substituição à adubação convencional, deve ser feita com sistema de irrigação que garanta alta performance na distribuição da água, o que

pode ser obtido, principalmente, quando se utiliza irrigação localizada (BERNARDO, 2006; OLIVEIRA & VILLAS BOAS, 2008).

A fertirrigação na cultura da cana-de-açúcar já é uma técnica usual devido ao aproveitamento do resíduo industrial, a vinhaça. Para o produtor de cana-de-açúcar este resíduo pode não estar acessível devido principalmente à distância da área de cultivo até a indústria, o que pode inviabilizar economicamente o seu transporte já que aproximadamente 95% da vinhaça é água (DELGADO et al., 1990), ou mesmo por não ter esse produto à disposição, restando neste caso o uso da fertirrigação com produtos químicos. Os fertilizantes químicos, quando comparados com a vinhaça, na fertirrigação, apresentam como vantagem o menor volume a ser aplicado e a maior facilidade no manuseio e nas instalações necessárias para aplicação. A facilidade na aplicação de nutrientes por meio da fertirrigação possibilita maior parcelamento da adubação, que pode ser realizado baseado na marcha de absorção de nutrientes pela planta.

Além do uso de sistemas de irrigação, o fornecimento de nutrientes de forma balanceada e na quantidade exigida pela cultura também é fator determinante no aumento da produção e na qualidade final da cana-de-açúcar. Adubação correta, implica no fornecimento adequado de macronutrientes, principalmente nitrogênio e potássio, e de micronutrientes. Juntamente com cobre e molibdênio, o boro é o exigido em menor quantidade, porém ao lado do zinco, é o que mais frequentemente causa deficiência nutricional. O limite entre toxidez e carência do boro no solo é muito estreito, sendo seu efeito muito estudado, porém para a cultura da cana-de-açúcar, os trabalhos científicos são escassos.

Este trabalho teve por objetivo avaliar variáveis vegetativas e tecnológicas da cultura da cana-de-açúcar irrigada por gotejamento subsuperficial, com aplicação de nitrogênio e potássio por fertirrigação e com adição de boro no plantio.

II. REVISÃO DE LITERATURA

II.1 A cultura da cana-de-açúcar

O local de origem provável da cana-de-açúcar é a Oceania (MOZAMBANI et al., 2006), tendo sido introduzida no Brasil em 1522 (MARQUES et al., 2001).

A classificação botânica para a cana-de-açúcar é a seguinte: Divisão *Magnoliophyta* ; Classe *Liliopsida* ; Sub-classe *Commelinidae* ; Ordem *Cyperales* ; Família *Poaceae* ; Tribo *Andropogonae* ; Sub-tribo *Saccharininae* ; Gênero *Saccharum*. As variedades cultivadas são híbridos produzidos de várias espécies, tendo como principais: *Saccharum officinarum* L., *S. spontaneum* L., *S. sinensis* Roxb, *S. barbieri* Jesw, *S. robustum* Jesw e *S. edule* (CRONQUIST, 1981).

A cana-de-açúcar pode ser propagada por via sexuada e assexuada, sendo que a primeira é basicamente utilizada para melhoramento genético, e a segunda em plantio comercial. A planta apresenta sistema radicular do tipo fasciculado, 85% localizado nos primeiros 50 centímetros (MOZAMBANI et. al., 2006). A matéria seca radicular e da parte aérea distribuem-se em função das condições ambientais (MACHADO, 1987).

O colmo tem forma cilíndrica, de diâmetro e comprimento variado, fibroso e com teor de açúcar variando principalmente em decorrência de fatores hídricos e térmicos. É constituído por nós e entre-nós, ocorrendo o maior acúmulo da sacarose nos entre-nós.

A cultura adapta-se bem com temperaturas entre 19°C e 32°C (MARQUES et. al., 2001) e índices pluviométricos de 1.500 a 2.500 mm (DOORENBOS & KASSAM, 1994).

A cultura da cana-de-açúcar possui dois períodos de desenvolvimentos distintos: o inicial, que é o vegetativo, quando a planta necessita de clima úmido e quente para o seu desenvolvimento, e de maturação, quando requer clima frio e seco para o aumento do teor de sacarose. GASCHO & SHIH (1983) identificaram quatro fases de

desenvolvimento da cana-de-açúcar: brotação e estabelecimento, perfilhamento, período de crescimento do colmo e fase de maturação. Dessa forma, a escolha da época de plantio é importante para que as exigências da cultura sejam atendidas da melhor forma possível. Com o objetivo de atender as condições, a cana-de-açúcar no estado de São Paulo é plantada, basicamente, em duas épocas principais: na primavera, coincidindo com o início das chuvas, e no final do verão e início do outono. O plantio da primavera realizado nos meses de outubro-novembro é comumente denominado de plantio de “ano” e a cana-planta tem um ciclo de 12 meses, e o plantio de verão/outono, realizado nos meses de janeiro à maio é denominado de “ano e meio” tendo a cana-planta um ciclo de aproximadamente 18 meses. Com o uso de irrigação, a época de plantio pode ser estendida para os demais meses do ano (COLETI & STUPIELLO, 2006).

O plantio é realizado em sulcos com profundidade variando entre 25 e 30 cm, nos quais são colocados os colmos, que posteriormente serão picados em toletes com aproximadamente 3 gemas. Para os plantios realizados sob condições climáticas desfavoráveis, principalmente com baixa precipitação pluviométrica e temperatura, a picação dos colmos pode ser dispensada, visando reduzir a incidência da podridão abacaxi, doença causada pelo fungo *Ceratocystis paradoxa*, que ataca exclusivamente o tolete, sendo uma séria doença para plantios tardios, entre os meses de abril e julho nos estados do Sudeste (MACCHERONI & MATSUOKA, 2006). Segundo TOKESHI (2005), esses fungos são incapazes de penetrar por seus próprios meios em tecidos íntegros, e na cana-de-açúcar sua incidência é particularmente importante quando as mudas são cortadas em toletes. Desta forma, em condições adversas, é recomendável o plantio de mudas inteiras.

Das gemas dos toletes saem as brotações que formarão a parte aérea da planta; ao mesmo tempo, inúmeras e finas radículas surgem formando o sistema radicular fasciculado. Um sistema radicular vigoroso é essencial para boa fixação da planta ao solo, de forma a evitar o seu acamamento quando adulta.

O espaçamento entre sulcos de plantio varia de 1,0 a 1,5 m. Uma prática bastante utilizada, nos últimos anos, pelos produtores de cana-de-açúcar, com objetivo de aumentar a produtividade, é a redução do espaçamento entrelinhas de plantio. COLETI (1987), após revisão bibliográfica e pesquisa com vários agrônomos de usinas e destilarias, constatou que, em média, para vários tipos de solo, o incremento de produção é de 5% a 10%, quando se reduz o espaçamento convencional de 1,40 m para 0,9 a 1,10 m. STOLF et al. (1981) afirmam que no espaçamento 0,9 m ocorre uma série de coincidências dimensionais em relação à barra porta-ferramentas e bitola de tratores e caminhões, que favorecem sua adoção em relação aos espaçamentos 1,0 m e 1,1 m. O espaçamento 0,9 m é adequado em locais com solos de baixa fertilidade e distribuição irregular de chuvas (BARBIERI et al., 1987), pois segundo o autor, pelo fato de haver um maior índice de área foliar nos espaçamentos menores, há consequentemente um maior acréscimo na taxa líquida de fotossintetizados em função da maior absorção da radiação solar, compensando a baixa fertilidade e umidade do solo. Há ainda a opção do espaçamento combinado ou “tipo-abacaxi”, que combina linhas duplas distanciadas de 0,4 m a 0,5 m entre si e 1,4 m entre as duplas, adotado por algumas unidades para favorecer a colheita mecanizada (COLETI et al., 2006) e também o aproveitamento de sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial. O espaçamento combinado apresenta ganho em relação ao espaçamento simples em condições de boa fertilidade e umidade do solo. ERNANDES (2005), testando espaçamentos simples e duplos em cana-planta de “ano-e-meio” em solo Podzólico Vermelho Amarelo Distrófico sem uso de irrigação, encontrou que o espaçamento simples com 1,1 m apresentou maior produtividade de colmo que os espaçamentos tradicionais, 1,4 m, duplo base larga, 1,80 m x 0,40 m, e duplo abacaxi, 1,70 m x 0,40 m, sendo que a qualidade tecnológica da cana não foi afetada pelo espaçamento. DEVI et al. (2005) não encontraram diferença na produção entre os espaçamentos 0,9 m simples e 0,3 m x 1,2 m duplo, que foram superiores aos espaçamentos 1,2 m e 1,5 m simples, sendo que as características tecnológicas da cana não foram afetadas pelos espaçamentos.

Testando o efeito de cinco espaçamentos na produção da cana-de-açúcar entre os anos de 1995/96 e 1996/97 na Índia, em solo com textura barro arenosa, pH 8,3, baixo teor de N, médio de P e alto de K, SINGH (2000) determinou que o espaçamento simples de 0,75 m resultou em maior produção, e o espaçamento 0,90 m, a menor produção, sendo que os espaçamentos duplos 0,60 m x 0,30 m, 1,20 m x 0,60 m e 1,20 m x 0,30 m levaram a produções equivalentes.

Trabalhando com dois espaçamentos simples e dois duplos na cana-de-açúcar, GADDANAKERI et al. (2007) determinaram que o espaçamento 0,90 m resultou em produção equivalente aos espaçamentos duplos, 1,50 m x 0,75 m e 1,80 m x 0,9 m, e foi superior ao espaçamento 1,50 m. Os autores sugeriram ainda que o espaçamento duplo proporcionaria vantagem no aproveitamento da instalação de sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial.

II.2 Fertilização do solo e nutrição da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar apresenta algumas particularidades na absorção e uso dos nutrientes, que devem ser respeitadas de forma a obter maior produção e melhores índices tecnológicos. A quantidade de nutriente disponibilizada para a planta, a época e a forma de disponibilização são fatores que auxiliam no aumento da produção e qualidade da cana. Considerando que a adubação e a nutrição da cana-de-açúcar fazem parte do planejamento da atividade, pode-se dizer que sua eficiência no incremento da produtividade será tanto maior quanto melhor for o ajuste dos fatores de produtividade (VITTI & MAZZA, 2002). A perda na produção de açúcar pode ocorrer já no campo quando a planta não dispõe de nutrientes e/ou água para realizar seu metabolismo de forma satisfatória (MUTTON & MUTTON, 2005).

O boro, entre os micronutrientes, é particularmente importante para cana-de-açúcar, porque está envolvido na translocação de açúcares (ANDERSON & BOWEN, 1992). A carência de boro provoca retardamento do crescimento da planta e morte de células apicais, reduzindo as novas brotações e crescimento das raízes. A concentração de boro nas monocotiledôneas, geralmente, varia de 6 a 18 mg kg⁻¹

(FAQUIM, 1998) e exporta 149 g para a produção de 100 t de colmos de cana crua (ORLANDO FILHO, 1993).

Inúmeros trabalhos comprovam a resposta da cana-de-açúcar aos macronutrientes primários e secundários (MARQUES et al., 2006), com especial atenção para o potássio, que é absorvido em grande quantidade e ao nitrogênio, que tem promovido baixo incremento na produção principalmente de cana-planta.

O nitrogênio na cana-de-açúcar é componente imprescindível de todas as proteínas e é essencial a todos os processos enzimáticos. O nitrogênio também é componente de metabólitos tais como ácidos nucleicos, clorofila, coenzimas e vários outros produtos metabólicos secundários (ANDERSON & BOWEN, 1992). Na planta adulta, as proteínas encontram-se em equilíbrio dinâmico, ou seja, estão sendo constantemente hidrolisadas e sintetizadas de novo (FAQUIN, 1998). O nitrogênio é absorvido pela planta nas formas de amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-), basicamente pelo processo de fluxo de massa (FAQUIN, 1998). A cana-de-açúcar não possui mecanismo capaz de fixar N_2 da atmosfera, porém há uma estreita relação de bactérias não-simbióticas que fixam nitrogênio e suprem parte da necessidade da cultura (RUSCHELL et al., 1977). A extração de nitrogênio é sempre crescente no ciclo da cultura (ORLANDO FILHO & ZAMBELLO, 1977) e sua assimilação excessiva pode resultar em menor amadurecimento da cana (ANDERSON & BOWEN, 1992); aproveitando-se disso, é pode-se aplicar nitrogênio em cana adulta para retardar seu florescimento ou maturação. O transporte e a distribuição do nitrogênio dentro da planta são fáceis, sendo que na falta desse elemento, o N das folhas velhas é mobilizado para os órgãos e folhas mais novas, mostrando o sintoma visual de deficiência primeiramente nas folhas velhas (FAQUIN, 1998). Do nitrogênio absorvido pela cultura quase nada retorna ao solo após o corte no final do ciclo, devido à queimada da palha da cana, porém com o incremento da colheita mecanizada deve ocorrer aumento no teor do N no solo com a adição do palhiço remanescente da colheita mecânica.

No solo, o nitrogênio apresenta dinâmica complexa, com grande mobilidade e diversas transformações, além de movimentação em profundidade e volatilização,

portanto a adubação nitrogenada precisa ser feita de forma muito mais “pesada” e constante que os demais nutrientes (VALE et al., 1997b). Trabalhando com cana soca, no segundo e terceiro ciclo, com três doses de nitrogênio (50%, 100% e 150% da recomendação), aplicado via fertirrigação, dividido em 18 aplicações, DALRI et al. (2008) determinaram que a maior dose de N proporcionou maior produtividade na cana-de-açúcar e a menor dose a menor produtividade, igualando-se à testemunha (sem irrigação).

O fósforo também é absorvido de forma crescente no ciclo, com certa estabilização a partir do 12º mês na cana-planta. Mesmo sendo absorvido em maior quantidade no final do ciclo, o P é comumente fornecido no plantio devido principalmente, a sua pouca mobilidade no solo. Praticamente todo P contido nas folhas retorna ao solo no final do ciclo, por meio das cinzas e das folhas verdes.

Para o estado de São Paulo, o K, de modo geral, é o nutriente que provoca as melhores reações pela cana-de-açúcar (HAAG & ACCORSI, 1978). Normalmente, a absorção de K é crescente até o 12º mês para cana-planta, estabilizando ou até mesmo diminuindo após essa idade. Para cana-soca, a estabilização na absorção pode ocorrer já no 8º mês. Após a colheita, boa parte do K contido nas folhas deve retornar ao solo.

Na planta, altas concentrações de potássio ocorrem basicamente nos tecidos meristemáticos e nas células-guarda pulvinais e estomatais. O potássio atua como ativador de diversas enzimas ligadas ao metabolismo de proteínas e carboidratos. O potássio é o cátion principal encontrado no citoplasma e, assim equilibra as trocas aniônicas. O potássio está também envolvido no controle da turgidez em células especializadas (ANDERSON & BOWEN, 1992), ou seja, na regulação osmótica da planta. Embora geralmente o potássio seja o segundo nutriente mais exigido pelas plantas, no caso da cana-de-açúcar sua exigência supera a do nitrogênio. Por ter alta mobilidade no interior da planta, a diagnose visual de sua deficiência é primeiramente demonstrada nas folhas mais velhas, assim como o nitrogênio. A cor arrocheada nas bordas e pontas das folhas, sintoma típico de deficiência de potássio, ocorre por um acúmulo de putrescina (FAQUIN, 1998).

Na solução do solo o potássio aparece basicamente na forma monovalente K^+ , forma esta absorvida pelas raízes da planta (FAQUIN, 1998). O processo de difusão é o mais eficiente para absorção do potássio pelas raízes (MALAVOLTA, 1980). A lixiviação do potássio pode representar sérias perdas deste nutriente para as plantas, sendo a quantidade lixiviada dependente do volume de água percolada, da concentração deste nutriente na solução do solo, da capacidade de troca de cátions do solo, do tipo de ânions presentes na solução, da cobertura vegetal e do método de aplicação do potássio (VALE et al., 1997). A aplicação no sulco faz com que o potássio fique concentrado numa pequena porção do solo, mantendo alta concentração na solução e, por consequência, favorecendo a lixiviação (RITCHEY, 1982; SANZONOWICZ & MIELNICZUK, 1985), sendo que na região dos cerrados do Brasil, as perdas por lixiviação variam de 37 a 48% do potássio aplicado (POTAFOS, 1990). Em Latossolo Vermelho-Amarelo, após um ano da aplicação de potássio, o teor deste nutriente na profundidade de 0,5 m era 300% maior que na profundidade 0,2 m e 300% menor que na camada 1,00 m, e em um Latossolo roxo, o teor a 0,5 m era 200% maior que na profundidade 0,2 m e 40% maior que na profundidade 1,00 m (FRANCO et al., 1960). Trabalhando em dois Latossolos Vermelhos Distróficos, um com textura média e outro argilosa, WERLE et al. (2008) perceberam que apesar de inicialmente a lixiviação do potássio ser mais intensa no solo de textura média, em ambos ocorreram lixiviação, sendo que a intensidade dessa lixiviação se deve mais ao teor do elemento do que a textura do solo, e que a passagem do potássio não-trocável para a forma trocável é rápida e favorece a lixiviação.

Na adubação, para a cana-de-açúcar, há a necessidade de considerar duas situações distintas, adubação para cana-planta e para soqueiras.

Na Tabela 1 é apresentada uma sugestão de fertilização para cana-planta proposta pelo GRUPO PAULISTA DE ADUBAÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR (1997), na qual são indicadas as quantidades de nitrogênio, fósforo e potássio a serem aplicadas, com base na análise química do solo e de acordo com a produtividade esperada.

Os solos brasileiros, de forma geral, são bem intemperizados, com argilas pouco reativas. Isto faz com que tenham baixa capacidade de retenção de íons, ficando muito dependente do teor de matéria orgânica nele contida para fornecer nutrientes às plantas. Em trabalho sobre capacidade de troca de cátions (CTC) efetiva em solos de

Tabela 1. Recomendação de adubação de plantio para a cultura da cana-de-açúcar.

Produtividade esperada	N	P resina (mg dm ⁻³)				K ⁺ trocável (mmol _c dm ⁻³)				
		0-6	7-15	16-40	>40	0-0,7	0,8-1,5	1,6-3,0	3,1-6,0	>6,0
t ha ⁻¹	N	P ₂ O ₅				K ₂ O				
		kg ha ⁻¹								
< 100	30	180	100	60	40	100	80	40	40	0
100 – 150	30	180	120	80	60	150	120	80	60	0
> 150	30	(¹)	140	100	80	200	160	120	80	0

¹ Não é provável obter produtividade dessa classe, com teor muito baixo de P no solo.

cerrado, LOPES (1992) encontrou que 97% das amostras apresentaram menos de 40 mmol_c dm⁻³ e 84% foram inferiores a 20 mmol_c dm⁻³. Esses níveis extremamente baixos refletem o alto grau de intemperismo que ocorreu nesses solos, o que, aliado ao baixo teor de bases, permite pequena reserva de nutrientes para as plantas. Essa característica dos solos de cerrado facilita a perda de nutrientes da zona de exploração do sistema radicular das plantas cultivadas, principalmente por lixiviação, o que sugere que maior parcelamento da adubação, produzirá maior eficiência na sua utilização.

II.3 Irrigação e fertirrigação da cana-de-açúcar

Segundo DOORENBOS & KASSAM (1994), a cana-de-açúcar não necessita de um tipo especial de solo. Os melhores são aqueles com mais de 1 metro de profundidade. O solo deve ser bem arejado e possuir quantidade de água disponível de 15% ou mais. Quando existe lençol freático, seu nível deve estar além de 1,5 a 2,0 m da superfície.

ROSENFELD (1989), estudando o período crítico de deficiência hídrica para cana-planta cultivada na região Centro-Sul, concluiu que o início do estágio de máximo desenvolvimento é o período mais sensível a déficit hídrico. Para cana plantada de

fevereiro a junho, o período mais crítico é o do 4º ao 8º mês de idade; já para a cana plantada em outubro, o período mais crítico é o do 8º ao 11º mês.

BARBIERI (1981), estudando a evapotranspiração da cultura da cana-de-açúcar plantada no verão em Araras-SP, mediante uso de lisímetro de lençol freático constante, concluiu que a demanda climática ideal de água para a variedade NA 56-79 variou de 0,5 mm dia⁻¹ na época de emergência até 6,0 mm dia⁻¹ na fase do pico de consumo em dezembro, decaindo para 2,8 mm dia⁻¹ no início da fase de maturação.

Os coeficientes de cultura (Kc) para os diferentes estádios de desenvolvimento da cana-de-açúcar foram definidos por DOORENBOS & PRUITT (1997), DOORENBOS & KASSAM (1994) e Planalsucar citado por SCARDUA & ROSENFELD (1987), e variam de 0,4 a 1,3.

A irrigação localizada subsuperficial visa suprir de água as culturas, utilizando-se de linhas de gotejadores enterradas no solo, em profundidade variável, segundo parâmetros baseados em fatores diversos como tipo de solo, cultura e sistema de cultivo (CALDWELL et al., 1994). As principais vantagens do sistema foram apresentadas por ORON et al. (1991) e BAR-YOSEF et al. (1989): redução de perdas por evaporação; reduzida geração de escoamento superficial; flexibilidade do uso de maquinário agrícola; maior dificuldade na germinação de sementes de plantas invasoras, uma vez que o solo se mantém menos úmido na superfície; maior disponibilidade de nutrientes, uma vez que o ponto de emissão se encontra mais próximo das raízes. Uma desvantagem do sistema foi apontado por ORON et al. (1991) como sendo a dificuldade na detecção de problemas de entupimento de emissores.

O fato de o suprimento de água se dar diretamente na zona do sistema radicular torna esta irrigação bastante eficiente na redução das perdas por evaporação, como também na mitigação de transmissão de doenças causadas por bactérias e fungos, possibilitando o uso de águas residuais (SUAREZ-REY et al., 1999; PHENE & RUSKIN, 1995), além de reduzir o potencial de contágio humano. Na cultura do pimentão, a incidência de podridão de raízes, causada por *Phytophthora capsici*, foi mais alta no

gotejamento superficial que no subsuperficial enterrado a 0,15 m (CAFÉ FILHO & DUNIWAY, 1996).

Em termos de projeto hidráulico, o sistema subsuperficial difere do sistema superficial no cuidado para evitar o succionamento de partículas do solo e da intrusão radicular no sistema.

Para a utilização correta da fertirrigação, é imprescindível que o sistema de irrigação seja de alta eficiência na distribuição de água e esteja hidráulicamente bem projetado. A utilização da irrigação localizada, segundo BERNARDO et al. (2006), é caracterizada pela maior eficiência no uso da adubação, possibilitando a fertirrigação, que concentra a aplicação do adubo diretamente no bulbo molhado, onde se encontra o sistema radicular da planta. Esse sistema de irrigação também tem a vantagem de ter alta eficiência, e os citados autores afirmam ainda que a eficiência de irrigação por microaspersão chega a 95%.

Na aplicação de nitrogênio é que a fertirrigação tem sido mais empregada, pois é conhecida a característica de comportamento desse nutriente no solo quanto a sua alta lixiviação e volatilização. Em culturas perenes, as perdas por lixiviação são minimizadas pelo parcelamento da quantidade total a aplicar ao longo do período de exigência considerado, o que é mais facilmente conseguido com a utilização da fertirrigação (VALE et al., 1997a).

O maior parcelamento do nitrogênio aplicado em irrigação resultou numa eficiência de uso desse nutriente duas vezes maior, comparado com adubação convencional (PHENE et al., 1987), porém a quantidade a ser aplicada deve ser melhor estudado a fim de evitar problema de toxidez, como ocorreu na cultura da bananeira, quando QUINTANA (2004) testou dosagens de N e K fertirrigados por microaspersão em solo eutrófico no estado de Mato Grosso, e obteve resultado de produtividade semelhante entre a testemunha, 100% da adubação recomendada sem parcelamento, e o tratamento utilizando 33% da dosagem de N e K recomendada parcelados em 7 vezes via fertirrigação, sendo que os tratamentos 100% e 133% da dosagem de N e K

parcelados via fertirrigação fizeram com que a cultura apresentasse sintoma visual de toxidez de nitrogênio.

Sobre fertilização com nitrogênio, RAIJ (1991) considera que o maior problema para suas aplicações passa a ser o de evitar perdas por lixiviação de nitratos, que ocorrem nas épocas mais chuvosas do ano. Segundo o autor, a uréia exige atenção especial, pela possibilidade de perdas por volatilização, e que é difícil evitar, podendo-se parcelar as adubações a fim de suprir os nutrientes em época de maior demanda pelas culturas.

A aplicação do potássio via fertirrigação é muito indicada para solos arenosos e com baixo teor de matéria orgânica (URIU et al., 1977; VILELA et al., 1986). No período chuvoso, altas precipitações promovem a lixiviação do K para zonas além do sistema radicular da cana-de-açúcar; nesse período, a fertirrigação é vantajosa propiciando facilidade no parcelamento da aplicação desse nutriente. Para a estação seca, a dificuldade é quanto à distribuição do K no solo, e novamente a fertirrigação apresenta facilidades, já que diversos estudos mostraram elevada eficiência na fertirrigação com potássio, com acentuada movimentação em profundidade de até 60 cm e lateralmente até 120 cm (URIU et al., 1977).

Essa característica da fertirrigação de proporcionar maior movimentação do nutriente em profundidade e lateralmente, é de extrema importância para culturas perenes e semi-perenes, como a cana-de-açúcar, haja vista a dificuldade de se incorporar fertilizantes aplicados em cobertura sem danificar o sistema radicular.

A questão da incorporação se agrava quando o nutriente a ser aplicado em cobertura é o fósforo, devido a sua baixa mobilidade no solo. Todavia, no caso de fertirrigação com irrigação localizada por gotejamento, tende a ocorrer maior aprofundamento desse nutriente no perfil do solo (RAUSCHKOLB et al., 1976; ZANINI et al., 2007). Esse aprofundamento resulta da saturação dos sítios de fixação de fosfato no volume de solo que recebe água e o subsequente fluxo de massa do fósforo com a água. Segundo PAPADOPOULOS (1999), a alta frequência de fertirrigação fosfatada

pode aumentar substancialmente a concentração de fósforo a médio prazo, na solução do solo, acima do esperado pelas considerações sobre a solubilidade do P.

Trabalhos desenvolvidos por TOMLINSON & COETZEE (1997) e DUENHAS et al. (2002) resultaram em diferença não significativa na produtividade de laranja-Valência quando compararam fertirrigação versus adubação convencional. Diferentemente, ALVA et al. (1998) obtiveram diferenças significativas de produtividade em laranja-Valência, quando compararam aplicação convencional de N e fertirrigação, por um período de dois anos. A produtividade obtida com a fertirrigação foi superior.

A fertirrigação também apresenta vantagens indiretas, e segundo VALE et al. (1997), através da fertirrigação, há menor necessidade de tratores e implementos no campo, reduzindo sobremaneira, a compactação do solo. Ainda, a redução do tráfego na lavoura reduz os danos às plantas.

Afirmam THREADGILL et al. (1990) que os custos da aplicação de produtos químicos via irrigação, incluindo os fertilizantes, comparados com os custos de aplicação convencional, estão na faixa de 50% a 87% mais baratos, com os custos geralmente decrescendo com o aumento do número de aplicações anuais.

BORGES & OLIVEIRA (2000), trabalhando com fertirrigação em bananeira, em Cruz das Almas, listaram como principais vantagens da fertirrigação:

- atendimento das necessidades nutricionais da cultura de acordo com a curva de absorção dos nutrientes;
- aplicação dos nutrientes restrita ao volume molhado, onde se encontra a região de maior atividade das raízes;
- quantidades e concentrações dos nutrientes podem ser adaptadas à necessidade da planta, em função do seu estágio fenológico e das condições climáticas;
- economia de mão-de-obra;
- redução do tráfego de pessoas e/ou máquinas na área cultivada, evitando compactação e, portanto, favorecendo as condições físicas do solo.

II.4 Qualidade da cana-de-açúcar na colheita

A colheita da cana-de-açúcar na região Sudeste do Brasil ocorre principalmente no período de abril/maio a novembro/dezembro. Segundo a CONAB (2009), no ano de 2009 a produção brasileira foi de 612 milhões de toneladas de cana, com produtividade nacional de 81,3 t ha⁻¹ e produtividade paulista de 86,4 t ha⁻¹.

Na produção da cana-de-açúcar, tão importante quanto à produtividade obtida, é a qualidade da matéria-prima que está sendo produzida.

A fim de determinar a qualidade da cana-de-açúcar colhida, muitas unidades industriais utilizam o método do Conselho de Produtores de Cana-de-açúcar, Açúcar e Álcool do estado de São Paulo (CONSECANA, 2006) que apresenta a metodologia para a determinação dos seguintes parâmetros tecnológicos entre outros: teor de sólidos solúveis do caldo (Brix); massa da fibra da cana (Fibra); teor de sacarose aparente do caldo (Pol do caldo); Pureza aparente do caldo (Pureza); teor de açúcares redutores do caldo (AR) e açúcar total recuperável (ATR).

Os parâmetros analisados pelo método CONSECANA são utilizados para avaliar a qualidade da cana-de-açúcar e para pagamento ao produtor.

A qualidade da cana-de-açúcar está relacionada principalmente com o teor de açúcares, pureza dos açúcares, impurezas vegetais e minerais e fibra.

Basicamente, o caldo da cana é composto por três açúcares: sacarose, glicose e frutose. A sacarose é um polissacarídeo formado por moléculas de frutose e glicose, não possuindo ação redutora. A sacarose é o principal indicador da qualidade tecnológica da cana-de-açúcar, seu teor é expresso na determinação da Pol. Glicose e frutose são monossacarídeos e são os componentes dos açúcares redutores do caldo da cana.

A pureza dos açúcares é a forma de expressar a quantidade de sacarose contida nos sólidos solúveis totais do caldo, ou seja, no Brix.

As impurezas vegetais e minerais são todos os materiais diferentes de colmos de cana-de-açúcar presente na matéria-prima, tais como; ponteiros de cana, folhas verdes ou secas, touceiras, raízes, plantas daninhas, pedras e solo. Essas impurezas estão

relacionadas principalmente ao sistema de condução da cultura no campo, precipitação pluviométrica na véspera da colheita e à forma e cuidados dispensados no corte e carregamento da cana.

A fibra na cana-de-açúcar é a fração do colmo insolúvel em água, e tem a importante função de sustentação da cana, evitando seu acamamento e quebra com a ação de ventos. Porém, no processo industrial, o teor de fibra interfere negativamente na eficiência da extração do caldo.

No âmbito econômico, a determinação do açúcar total recuperável (ATR) é importante na formação do preço a ser pago pela indústria ao fornecedor de cana. No cálculo do ATR pelo método CONSECANA, considera-se o teor de açúcares da cana (sacarose, glicose e frutose) e as perdas industriais, como a ocorrida na lavagem da cana, na extração e no tratamento do caldo entre outras.

III. MATERIAL E MÉTODOS

III.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido no município de Barretos-SP, em local com coordenadas geográficas 20° 36' 35,65" S, 48° 34' 4,65" W, altitude de 511 m, no período de maio/2007 a julho/2008. O clima da região é classificado como Aw pelo método de Köppen e o solo classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 2006). A área do experimento pode ser observada em imagem de satélite obtida no programa Google Earth (Figura 1).



Figura 1. Imagem da área experimental.

As análises granulométrica e química do solo foram realizadas em três camadas, de 0 a 0,20 m, de 0,20 m a 0,40 m e 0,40 a 0,60 m (Tabela 2). As análises foram

realizadas no laboratório de análise de solo e planta do departamento de solos e adubos da FCAV, pelo sistema do Instituto Agronômico de Campinas (2007).

Tabela 2. Resultado da análise granulométrica e química do solo da área experimental.

Profund. m	pH CaCl ₂	MO g dm ⁻³	P resina mg dm ⁻³	K ⁺ -----mmol _c dm ⁻³ -----	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al	CTC	V %
0 – 0,2	6,0	14	11	2,3	36	12	12	62	81
0,2 – 0,4	5,5	9	5	1,7	19	9	15	45	66
0,4 – 0,6	5,5	9	6	1,7	18	10	15	45	66

	B ----- mg dm ⁻³ -----	Cu	Fe	Mn	Zn	Argila ----- g kg ⁻¹ -----	Silte	Areia
0 – 0,2	0,12	2,5	19	16,8	1,0	230	60	710
0,2 – 0,4	0,10	1,7	14	16,8	0,7	290	50	660
0,4 – 0,6	0,13	1,4	11	11,2	0,4	290	50	660

A área do experimento estava em pousio a um ano, sendo que antes disso havia sido cultivada com citrus. O preparo do solo foi realizado de forma convencional, fazendo-se uma gradagem pesada e uma gradagem intermediária. Não houve necessidade de aplicação de corretivo de solo, devido ao V% na camada superficial estar acima de 80%.

O experimento foi realizado com cana-planta, utilizando-se o delineamento de blocos casualizados com 6 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos seguiram esquema fatorial 3x2, sendo três formas de condução da cultura, sequeiro, irrigado e fertirrigado e dois níveis de boro no plantio, sem boro e com boro. Os tratamentos aplicados foram: T1 - sequeiro sem boro no plantio; T2 - sequeiro com boro no plantio; T3 - irrigado sem boro no plantio; T4 – irrigado e com boro no plantio; T5 - fertirrigado com N e K e sem boro no plantio e T6 – fertirrigado com N e K e com boro no plantio. A parcela de cada tratamento era composta por 6 linhas de cana-de-açúcar com 7,0

metros de comprimento. Para análise das variáveis vegetativas e tecnológicas foram colhidos todos os colmos dos 3,0 metros medianos das duas linhas centrais de cada parcela.

III.2 Instalação da cultura e aplicação dos tratamentos

A sulcação de plantio foi realizada com sulcador de duas hastes tracionado por trator agrícola, com a regulagem de abertura das hastes na posição mais larga, isto para que cada sulco recebesse duas linhas de plantio, já que o plantio planejado foi de fileira dupla, com 0,4 m entre as linhas da fileira dupla e 1,4 m entre as fileiras duplas. A profundidade dos sulcos foi de 0,3 m. Após abertura dos sulcos, manualmente, com uso de enxadas promoveu-se o alargamento da base deste sulco, de forma que a distância entre suas laterais tivesse espaçamento suficiente para permitir o plantio de duas linhas de cana, distanciadas em 0,4 m (Figura 2).



Figura 2. Foto dos sulcos para plantio de fileira dupla.

Após o acerto dos sulcos, foram demarcadas as áreas das parcelas dos tratamentos. Procedeu-se então a adubação de plantio, com a aplicação de 100% do P

para todas as parcelas, 100% do K e do N nas parcelas sequeiro e irrigado, promovendo-se em seguida a incorporação desses fertilizantes no solo. A adubação com macronutrientes foi baseada na recomendação do Boletim Técnico 100 (GRUPO PAULISTA DE ADUBAÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR, 1997) e consistiu na aplicação equivalente a 30 kg ha⁻¹ de N, 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 80 kg ha⁻¹ de K₂O, tendo como expectativa a produção de 100 a 150 t ha⁻¹ de cana. Utilizou-se como fonte de nutrientes o sulfato de amônio, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente. Os fertilizantes, com exceção do boro, foram pesados em balança eletrônica na quantidade suficiente para cada 7,0 m de linha de plantio. Para aplicação do boro, diluiu-se o produto em água até obter uma solução de volume 20 mL que fora aplicado sobre os toletes com o uso de seringa. Desse modo, 100% da dose de B foi aplicada no plantio, equivalente a 0,3 kg ha⁻¹ de B, baseando-se na recomendação de VITTI et al. (2006). Utilizou-se como fonte de B o ácido bórico.

As mudas foram retiradas de viveiro instalado próximo a área do experimento com 10 a 11 meses de idade e a cultivar utilizada foi a RB 85 5453. Selecionou-se esta variedade por ser de ciclo precoce e com alta resposta a bom ambiente de produção, ou seja, que apresente características e propriedades que favoreçam o desenvolvimento e produção da cana-de-açúcar. As palhas foram mantidas nos colmos e as mudas, depois de cortadas, permaneceram amontoadas por 5 dias até o plantio.

Dia 30 de maio/2007 iniciou o plantio propriamente dito, com os colmos plantados inteiros, sendo picados somente as mudas “tortas”, para acomodação no leito do sulco. A opção de não-fragmentação das mudas deveu-se às condições climáticas da época de plantio, ou seja, baixa precipitação pluviométrica e temperatura. Essas condições retardam a brotação da cana e favorece o aparecimento de doenças, principalmente a podridão abacaxi. Assim, colmos plantados inteiros têm menor incidência dessa doença que quando picados em toletes. A cobertura das mudas e a compactação do solo sobre elas foram realizadas manualmente, cobrindo-se com uma camada de 0,07 m de solo.

Devido o baixo teor de água no solo na época do plantio, no mês de junho, todos os tratamentos receberam irrigação por aspersão aplicando-se uma lâmina de 32 mm, dividida em quatro aplicações, conforme manejo adotado na irrigação, a fim de induzir a brotação em todos os tratamentos (Figura 3). Para essa aplicação, utilizou-se um aspersor tipo canhão com raio de alcance de 60 m. Coletores de pluviosidade foram instalados na área experimental para certificar a uniformidade de aplicação da água; obteve-se um coeficiente de uniformidade de 89%.



Figura 3. Foto do uso da irrigação por aspersão na brotação de toda área experimental.

O sistema de irrigação utilizado foi gotejamento subsuperficial, com as linhas laterais instaladas entre os sulcos de plantio da fileira dupla a 0,15 m de profundidade (Figuras 4 e 5). Sua instalação ocorreu no mês de julho/2007 e a operação de nivelamento do terreno, denominada “quebra-lombo” permitiu o seu enterrio. A linha lateral era de polietileno, com diâmetro interno de 14,2 mm e externo de 16 mm, com espessura de parede de 0,9 mm. Os emissores utilizados eram do tipo gotejador integral autocompensado, inserção na linha lateral *in line*, espaçados em 0,4 m, com vazão de $2,3 \text{ L h}^{-1}$ e pressão de serviço de 5 a 30 metros de coluna de água.

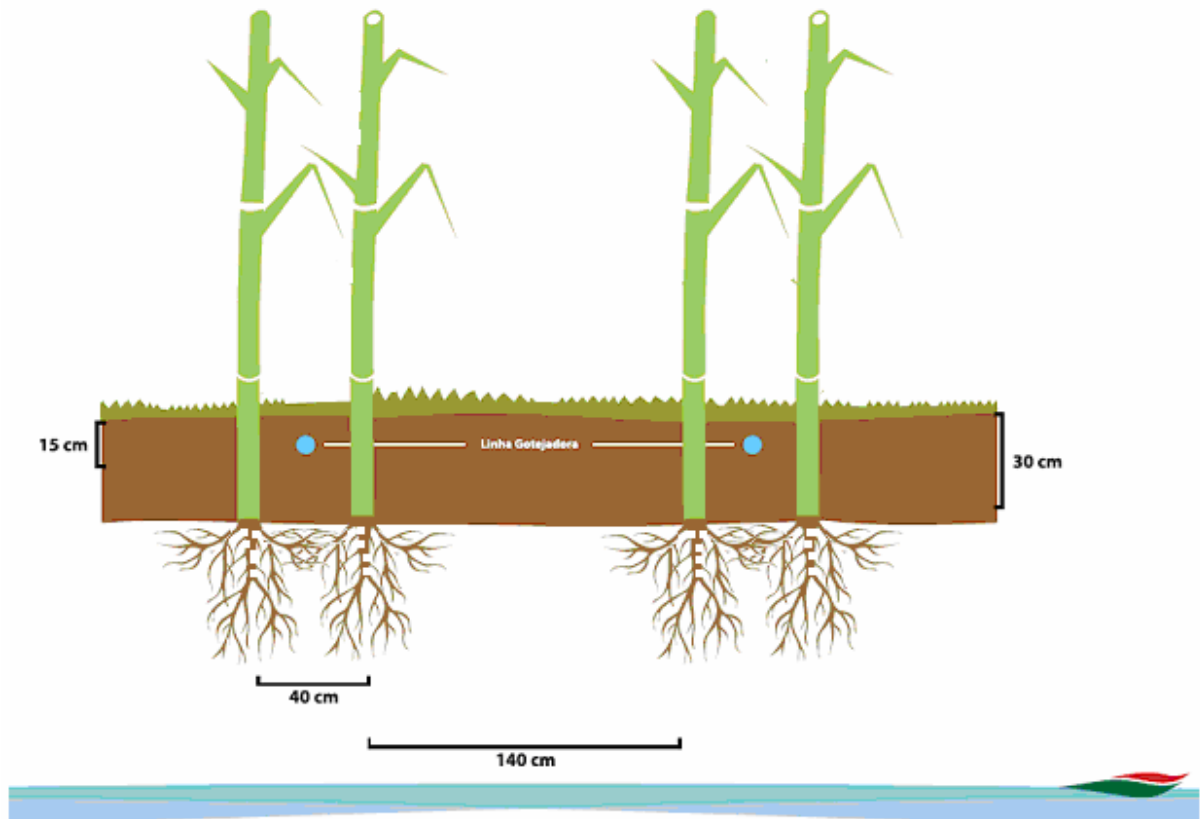


Figura 4. Ilustração do espaçamento e disposição das mudas e da linha gotejadora no perfil do solo (corte transversal).

A água que abastecia o sistema de irrigação era proveniente de poço artesiano não-jorrante, que ficava armazenada em reservatório metálico, e era conduzida por gravidade em tubulação de PVC até a área experimental, onde ficava o cabeçal de controle da irrigação. O desnível geométrico do reservatório até o cabeçal proporcionava pressão suficiente para funcionamento do sistema de irrigação, com a pressão variando de 8 a 12 mca, conforme nível da água no reservatório central da propriedade. Essa variação na pressão não afetava a vazão dos emissores por ficar dentro do limite de funcionamento do sistema de autocompensação dos mesmos.

O cabeçal de controle da irrigação era composto por válvulas de passagem e de alívio, hidrômetros, manômetros, tanque injetor de fertilizantes e filtro de disco

(Figura 6). O hidrômetro tinha a função de auxiliar no manejo da irrigação, assim como na aplicação da fertirrigação, registrando o volume de água consumida.



Figura 5. Aspectos das parcelas com o plantio em fileiras duplas.

Na saída do cabeçal de controle, haviam três válvulas, sendo a primeira para liberar a irrigação das parcelas dos tratamentos irrigados, a segunda para irrigar as parcelas dos tratamentos fertirrigados e a terceira para aliviar a pressão do sistema e abastecer o recipiente para diluição dos fertilizantes a serem utilizados na fertirrigação. Na saída das duas válvulas dos tratamentos, foram instaladas dois dispositivos ventosas, para permitir a saída do ar presente na tubulação quando a irrigação entrasse em funcionamento, assim como permitir a entrada do ar na tubulação quando a válvula fosse fechada, a fim de evitar a formação de vácuo e conseqüentemente promover o succionamento de impurezas para o interior das linhas laterais através dos emissores, haja vista que o cabeçal de controle estava instalado na parte superior da área irrigada.

A linha principal da irrigação foi instalada na parte mediana da área experimental, perpendicularmente a direção de plantio. Dessa tubulação saíam linhas laterais para ambos lados, de acordo com a posição das parcelas experimentais. Os segmentos das linhas laterais que passavam por parcelas de sequeiro, ou segmentos das linhas laterais de parcelas irrigadas que passavam por parcelas fertirrigadas ou vice-versa, tinham o tubogotejador substituído por tubo de polietileno sem gotejadores, de forma a não contaminar o outro tratamento (Figura 7).

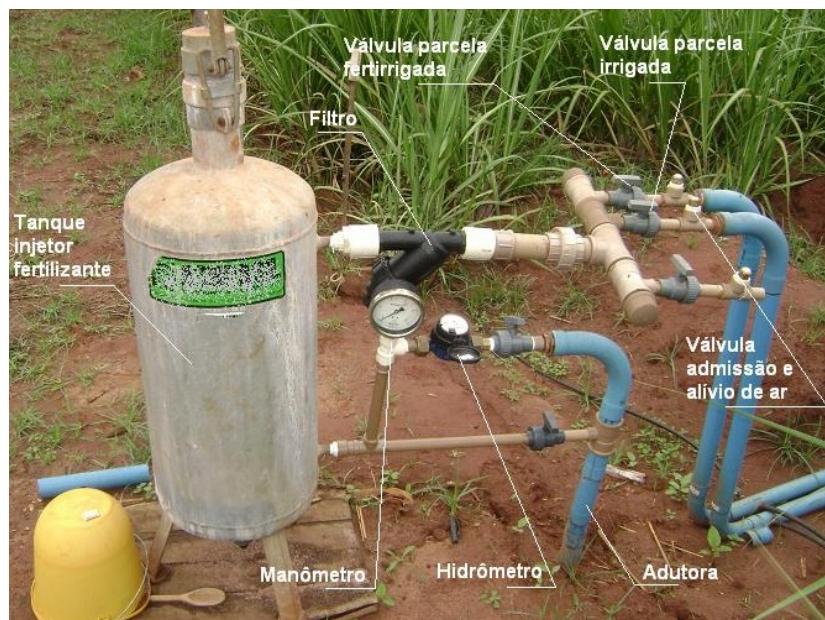


Figura 6. Cabeçal de controle da irrigação

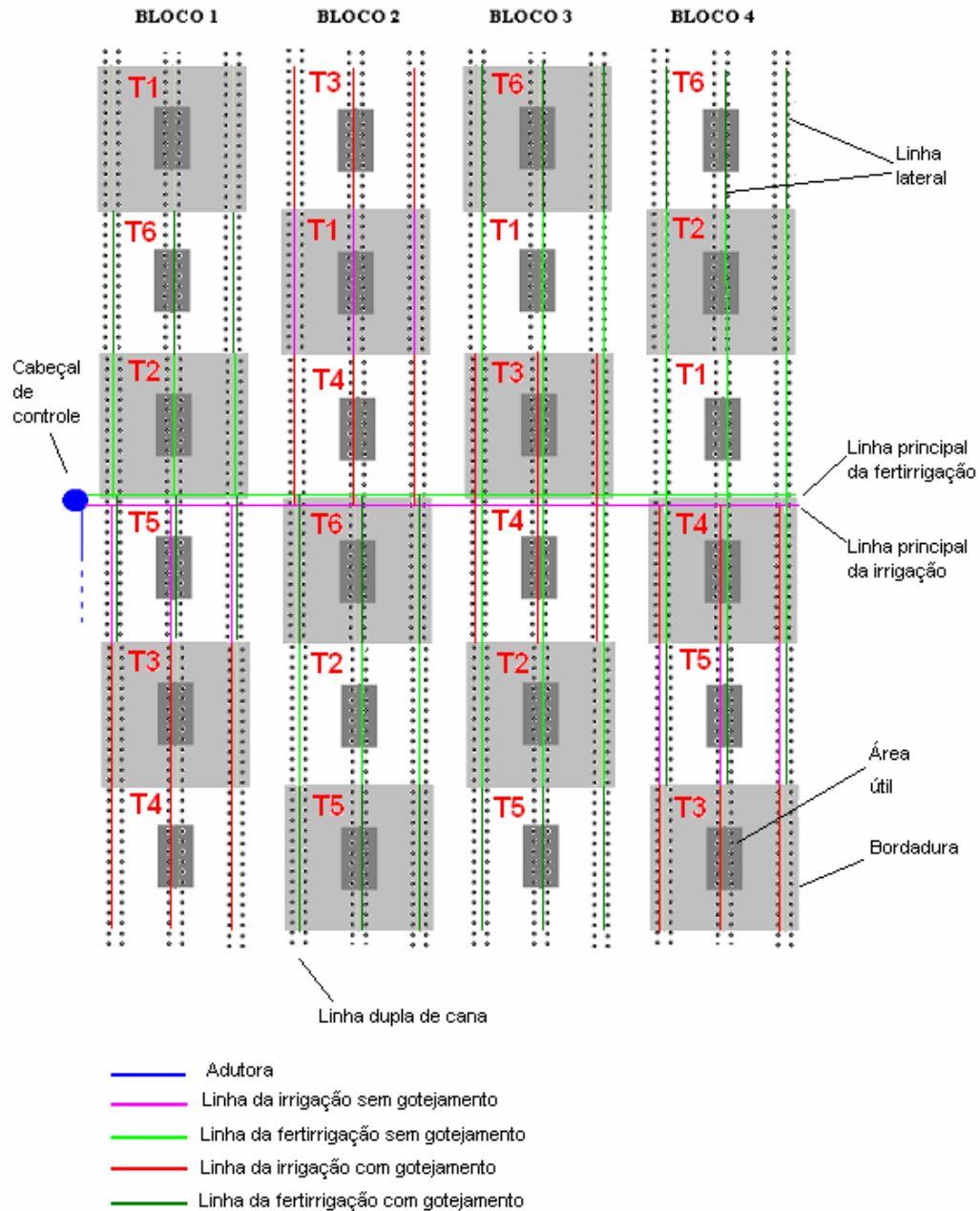


Figura 7. Disposição dos blocos e parcelas no experimento, sendo: T1=sequeiro sem boro no plantio ; T2=sequeiro com boro no plantio ; T3=irrigado sem boro no plantio ; T4=irrigado com boro no plantio ; T5=fertirrigado sem boro no plantio ; T6=fertirrigado com boro no plantio.

A irrigação teve o turno de aplicação fixo a fim de facilitar a operação, com frequência semanal, sendo a lâmina aplicada baseada na evapotranspiração da cultura, diminuída da precipitação pluviométrica ocorrida no período. Utilizou-se como coeficiente de cultura os dados determinados pelo IAA/Planalsucar, citados por SCARDUA & ROSENFELD (1987). A evapotranspiração potencial foi calculada com base na evaporação do tanque classe “A” (Figura 8) instalado ao lado da área experimental e nos dados de umidade relativa do ar e velocidade do vento (Tabela 3) obtidos na estação meteorológica oficial do CPETEC/INPE (2007, 2008) instalada a 4.300 metros do experimento e do CIIAGRO (2007, 2008). Com a determinação da lâmina d’água a ser utilizada (Tabela 4 e Figura 9), fazia-se a conversão para volume de água a ser aplicada e o monitoramento dessa quantidade era realizado com o hidrômetro instalado. A vazão do sistema de irrigação era de 966 L h^{-1} .



Figura 8. Localização do tanque evaporimétrico ao lado da área experimental.

Devido às dimensões da irrigação e do rígido controle de vazão do sistema, considerou-se para efeito de cálculo da irrigação, eficiência de aplicação de 100%.

Tabela 3. Dados meteorológicos e de irrigação ocorridos no período de junho/2007 a junho/2008 no município de Barretos.

ano	mês	Precipitação ¹ (mm)	Irrigação (mm)	Lâmina total (mm)	Temp média ² (°C)	Temp máxima ² (°C)	Temp. mínima ² (°C)
2007	Jun	10	32	42	20,1	22,9	14,8
	Jul	95	22	117	19,9	24,5	13,3
	Ago	0	48	48	21,7	24,9	19,2
	Set	0	107	107	25,3	28,4	21,7
	Out	49	85	134	26,7	29,6	21,3
	Nov	67	0	67	25,1	29,1	20,5
	Dez	121	15	136	26,0	28,5	22,9
2008	Jan	356	0	356	24,9	27,8	22,2
	Fev	149	0	149	25,7	28,9	22,3
	Mar	222	0	222	23,9	26,6	19,2
	Abr	76	22	98	22,5	25,8	19,9
	Mai	15	0	15	19,4	23,4	15,6
	Jun	0	0	0	20,2	22,8	16,6
TOTAL		1160	331	1491			

¹ Fonte: CPETEC/INPE² Fonte: CIIAGRO

Tabela 4. Água aplicada semanalmente com a irrigação.

Data	DAP	Kc	ETcana	Precip (mm)	Déficit hídrico (mm)	Lâmina aplicada (mm)
06 a 12/5/2007	-	0,5	12,9	0	12,9	0
13 a 19/5/2007	-	0,5	12,2	0	12,2	0
20 a 26/5/2007	-	0,5	7,1	51,5	0	0
27/5 a 2/6/2007	2	0,5	0	8,0	0	0
03 a 09/6/2007	9	0,5	5,0	0	5,0	5*
10 a 16/6/2007	16	0,5	10,6	0	10,6	11*
17 a 23/6/2007	23	0,5	8,6	0	8,6	9*
24 a 30/6/2007	30	0,5	8,7	2,0	6,7	7*
01 a 07/7/2007	37	0,5	8,8	0	8,8	9
08 a 14/7/2007	44	0,65	9,5	0	9,5	10

Data	DAP	Kc	ETcana	Precip (mm)	Déficit hídrico (mm)	Lâmina aplicada (mm)
15 a 21/7/2007	51	0,65	8,9	6,5	2,4	3
22 a 28/7/2007	58	0,65	7,1	88,0	0	0
29/7 a 4/8/2007	65	0,65	0	0	0	0
05 a 11/8/2007	72	0,65	13,9	0	13,9	14
12 a 18/8/2007	79	0,75	15,7	0	15,7	16
19 a 25/8/2007	86	0,75	17,5	0	17,5	18
26/8 a 1/9/2007	93	0,75	19,1	0	19,1	19
02 a 08/9/2007	100	0,75	20,9	0	20,9	21
09 a 15/9/2007	107	0,75	23,3	0	23,3	24
16 a 22/9/2007	114	0,9	23,3	0	23,3	24
23 a 29/9/2007	121	0,9	18,7	0	18,7	19
30/9 a 6/10/07	128	0,9	26,2	0	26,2	27
7 a 13/10/2007	135	0,9	27,6	0	27,6	28
14 a 20/10/2007	142	0,9	29,8	0	29,8	30
21 a 27/10/2007	149	1,1	38,3	49,3	0	0
28/10 a 3/11/07	156	1,1	0	8,0	0	0
4 a 10/11/2007	163	1,1	20,8	21,3	0	0
11 a 17/11/2007	170	1,1	8,9	8,3	0,7	0
18 a 24/11/2007	177	1,1	21,1	29,3	0	0
25/11 a 1/12/07	184	1,1	4,1	5,0	0	0
02 a 8/12/2007	191	1,1	30,9	69,3	0	0
9 a 15/12/2007	198	1,1	0	26,3	0	0
16 a 22/12/2007	205	1,1	6,9	3,0	3,9	0
23 a 29/12/2007	212	1,1	32,2	17,3	14,9	15
30/12/07 a 5/1/08	219	1,1	25,9	33,5	0	0
06 a 12/1/2008	226	1,1	4,4	87,3	0	0
13 a 19/1/2008	233	1,1	0	136,8	0	0
20 a 26/1/2008	240	1,1	0	98,8	0	0
27/1 a 02/2/08	247	1,1	0	50,3	0	0
03 a 09/2/2008	254	1,1	0	48,0	0	0
10 a 16/2/2008	261	1,1	0	18,8	0	0
17 a 23/2/2008	268	1,1	10,7	32,3	0	0
24/2 a 01/3/08	275	1,1	0	56,0	0	0
01 a 08/3/2008	282	1,1	0	0	0	0

Data	DAP	Kc	ETcana	Precip (mm)	Déficit hídrico (mm)	Lâmina aplicada (mm)
09 a 15/3/2008	289	1,1	28,9	109,5	0	0
16 a 22/3/2008	296	1,1	0	54,5	0	0
23 a 29/3/2008	303	0,7	0	1,5	0	0
30/3 a 05/4/08	310	0,7	16,4	3,5	12,9	13
06 a 12/4/2008	317	0,7	14,2	5,0	9,2	9
13 a 19/4/2008	324	0,7	12,0	45,3	0	0
20 a 26/4/2008	331	0,7	0	22,3	0	0
27/4 a 3/5/2008	338	0,6	0,5	12,5	0	0
04 a 10/5/2008	345	0,6	2,8	0	2,8	0
11 a 17/5/2008	352	0,6	12,6	0	12,6	0
18 a 24/05/2008	359	0,6	12,5	0	12,5	0
25 a 31/05/2008	366	0,6	12,8	2,5	10,3	0
01 a 07/6/2008	373	0,6	16,4	0	16,4	0
08 a 14/6/2008	380	0,6	15,6	0	15,6	0

DAP=dias após plantio; Kc=coeficiente de cultura; ET=evapotranspiração.

* Lâminas aplicadas por aspersão em toda área experimental.

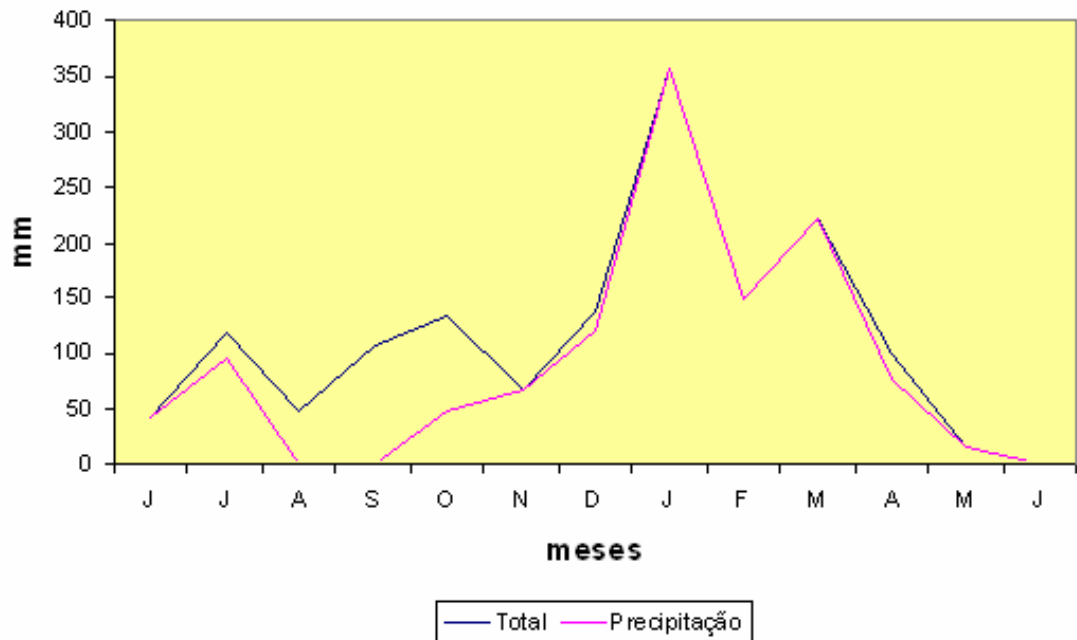


Figura 9. Valores de lâmina pluvial e total (pluvial + irrigação) ocorrida no período do experimento.

A fertirrigação foi realizada aplicando-se nitrogênio e potássio, que eram adicionados ao sistema de irrigação através do tanque injetor de fertilizante. Assim como no plantio, a fonte de N foi o sulfato de amônio (18% de N) e a fonte de K foi o cloreto de potássio (60% de K₂O). A frequência de aplicação da fertirrigação foi mensal (Tabela 5), independentemente de haver ou não déficit hídrico no solo.

Tabela 5. Parcelamento dos 30 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 80 kg ha⁻¹ de potássio na adubação por fertirrigação.

	2007						2008	
	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev
	kg ha ⁻¹							
N	0,6 (2%)	0,6 (2%)	0,75 (2,5%)	4,5 (15%)	4,8 (16%)	6,0 (20%)	6,3 (21%)	6,45 (21,5%)
K ₂ O	1,6 (2%)	1,6 (2%)	2,4 (3%)	9,6 (12%)	14,4 (18%)	16,0 (20%)	16,0 (20%)	18,4 (23%)

Para que a solução fertilizante chegasse do tanque injetor de fertilizante até os gotejadores, era necessária a aplicação de 95,8 litros de água, ou seja, a água contida na linha principal (PVC) e nas linhas laterais dos tratamentos fertirrigados. Para efeito de segurança e também para promover uma “lavagem” do sistema, aplicavam-se 204,2 litros de água adicionais, totalizando uma aplicação de 300 litros de água para a fertirrigação. O controle da vazão foi realizado com o uso do hidrômetro instalado no sistema. Outros 300 litros de água eram aplicados nas parcelas irrigadas, mesmo não havendo déficit hídrico, para haver equilíbrio entre os tratamentos irrigado e fertirrigado quanto à aplicação de água.

No tratamento fertirrigado a adubação com N e K foi parcelada em oito vezes conforme marcha de absorção, baseando-se nos dados de ORLANDO FILHO et al. (1980).

O controle de plantas invasoras foi realizado a princípio, manualmente, e no período de maior precipitação natural, foi realizado com herbicida.

No início do mês de abril/2008 a irrigação foi suprimida para que a cultura sofresse estresse hídrico, induzindo o processo de maturação da cana.

III.3 Colheita e avaliações

A colheita ocorreu nos dias 9 e 10 de junho de 2008, quando a média geral da área experimental atingiu teor de sacarose do caldo de 13% e teores de açúcares redutores menores que 1% amostrados em plantas da bordadura. Colheram-se todas as canas contidas nas áreas úteis das parcelas, eliminou-se o “palmito” e avaliaram-se: produtividade, número de folhas verdes, comprimento da cana, perímetro do caule a 0,3 m do solo, número de entrenós, brix do caldo, fibra da cana, sacarose aparente do caldo (Pol), pureza aparente do caldo, açúcares redutores do caldo (AR) e açúcar total recuperável (ATR).

A colheita iniciou-se pelas canas que compunham a bordadura do experimento, sendo retiradas cana a cana para evitar danos à área útil de cada tratamento. Restando as áreas úteis, essas foram colhidas e imediatamente analisadas.

Na contagem do número de folhas verdes, consideravam-se verdes as folhas que possuíam ainda mais de 50% do limbo nessa cor. O número final de folhas verdes foi obtido com o somatório das folhas verdes de cada área útil.

A medição do comprimento do colmo era realizado após eliminação do “palmito” da cana, medindo-se com trena da base ao ápice do colmo.

O perímetro do caule foi medido também com uso de trena, medindo-se a parte mediana do entrenó, localizado a 0,3 m da base da cana.

Todas essas medições e contagens foram realizadas na própria área experimental. A medição da massa de colmo foi realizada em balança eletrônica localizada no parque industrial e, imediatamente, a cana era encaminhada ao laboratório da Açúcar Guarani S.A.– Unidade Industrial São José, para determinação das variáveis tecnológicas: Brix do caldo, fibra da cana, sacarose aparente do caldo, pureza do caldo, teor de açúcares redutores do caldo e açúcar total recuperável. Estas variáveis foram determinadas pelo método CONSECANA (2006).

Os resultados foram submetidos à análise de variância e teste de médias (Tukey), utilizando-se do programa SisVar v. 4.3 (FERREIRA, 2003).

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para melhor ilustrar a discussão dos resultados obtidos, além da análise estatística, relacionaram-se os valores de produtividade, do teor de fibra, da sacarose aparente do caldo, da pureza do caldo, do teor de açúcares redutores do caldo e da quantidade de açúcar total recuperável, aos valores obtidos em área de cultivo comercial da Açúcar Guarani S.A., que apresentavam várias condições semelhantes à deste experimento. Preferiu-se relacionar o resultado do experimento a esses dados e não às médias estaduais e nacionais, devido a Açúcar Guarani ser um tradicional e importante grupo sucroalcooleiro do país e ao maior número de informações sobre as condições de cultivo dessas áreas, haja vista que, a precipitação pluvial, temperatura, variedade da cana, idade do canavial, tipo de solo, irrigação, aplicação de maturador, data da colheita, entre outros, em muito podem influenciar as variáveis estudadas.

As áreas relacionadas da Guarani totalizam 171,04 ha, formadas por cana-planta, variedade RB85 5453, conduzidas em sequeiro, sem uso de maturador, colhida crua no período de 25/05/2008 a 25/06/2008. Essas áreas estão localizadas a menos de 50 km do experimento. Os dados médios relativos a elas estão listados na Tabela 6.

Tabela 6. Produtividade e variáveis tecnológicas da cana-de-açúcar variedade RB85 5453, cana-planta, conduzida em sequeiro, colhida entre 25/05/2008 a 25/06/2008, sem uso de maturador e sem emprego de fogo, em áreas comerciais da Açúcar Guarani S.A., totalizando 171,04 ha.

Produtividade	Fibra	Pol caldo	Pureza	AR caldo	ATR
t ha ⁻¹	%	%	%	%	kg t ⁻¹
87,39	12,09	13,67	80,84	0,87	116,20

IV.1 Número de folhas verdes

Pela análise do número de folhas verdes, não houve interação entre os tratamentos S, I e F com a aplicação de B ($p = 0,8138$).

Para o número de folhas verdes, o fator sequeiro apresentou número significativamente menor que o fator fertirrigação ($p = 0,0355$), sendo que o fator irrigação não apresentou diferença comparado aos fatores sequeiro e fertirrigado (Tabela 7). Boas condições de umidade do solo e disponibilidade de nutrientes favorecem o desenvolvimento vegetativo da planta, inclusive na produção e manutenção das folhas. A melhor umidade do solo nos tratamentos irrigado e fertirrigado beneficiou a absorção dos nutrientes pelo sistema radicular, que pode ter favorecido a produção e manutenção das folhas verdes até o período da colheita.

A aplicação de boro não influenciou no número de folhas verdes dos tratamentos. A deficiência de boro pode fazer com que folhas do cartucho fiquem cloróticas e mais tarde necróticas; o excesso também pode provocar a clorose e necrose das folhas, porém neste trabalho a aplicação de boro não provocou deficiência ou excesso, e tampouco foi suficiente para promover diferença entre os fatores para todas as variáveis analisadas.

Tabela 7. Número de folhas verdes da cana-de-açúcar na área útil ($5,4 \text{ m}^2$) em função da adubação com boro, irrigação e fertirrigação.

Fator	sem boro	com boro	MÉDIA
Sequeiro	260,5	223,7	242,1 A
Irigado	298,7	271,7	285,2 AB
Fertirrigado	341,2	348,2	344,7 B
MÉDIA	300,2 a	281,2 a	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si a nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

IV.2 Comprimento do colmo

Houve interação entre as conduções da cultura sequeiro, irrigado e fertirrigado com a aplicação de B ($p = 0,0118$) relativo ao comprimento do colmo, sendo que a não aplicação de boro proporcionou médias equivalentes entre os fatores sequeiro, irrigado

e fertirrigado. Isto pode ser entendido devido ao baixo teor do micronutriente no solo, que funcionou como condição limitante na diferenciação do crescimento do colmo entre os tratamentos. A aplicação de B promoveu diferença no comprimento do colmo do fator sequeiro e as médias dos fatores irrigado e fertirrigado, que foram superiores, o que pode ser explicado devido a maior facilidade de exploração e extração do boro sob condições de melhor umidade no solo, já que a absorção deste elemento depende basicamente do processo de fluxo de massa. Para o fator irrigado, a adição de B não proporcionou diferença no comprimento do colmo, porém a adição de B promoveu inibição do crescimento do colmo para o sequeiro e aumento para o fertirrigado. A condução fertirrigado com aplicação de B apresentou o maior comprimento de colmo, e a condução sequeiro com aplicação de B o menor, com diferença de 23,6%.

Analisando-se as médias sem os respectivos desdobramentos, para o parâmetro comprimento da cana industrial (Tabela 8), a condução sequeiro apresentou comprimento menor que as conduções irrigado e fertirrigado ($p = 0,0012$), o que concorda com resultado encontrado por DANTAS NETO et al. (2006), que observaram aumento do comprimento do colmo em cana cultivada na Paraíba sob regime de irrigação suplementar, onde ocorreu precipitação pluviométrica de 807 mm durante a condução do experimento, e difere dos resultados obtidos por FARIAS et al. (2008), que estudando o comportamento da parte aérea da cana cultivada na Paraíba, não encontraram diferença significativa entre altura de planta medida aos 280 dias após plantio entre tratamento de sequeiro e irrigado, porém esse fato pode ter ocorrido devido alto índice de precipitação ocorrido durante a condução do experimento, 2.544 mm.

COELHO et al. (2002) trabalhando com cana-soca em solo de cerrado em Minas Gerais, plantada no período de maio a agosto, verificaram comprimento médio de 102,2 cm sem irrigação e 253,7 cm com irrigação. A adição de boro não influenciou no comprimento da cana, diferentemente do resultado obtido por KHAN (1994), que trabalhando por dois anos consecutivos em solo com baixo teor de boro, resultou que

no primeiro ano o comprimento da cana foi favorecido com o fornecimento de boro e no ano seguinte a sua adição não proporcionou diferenciação para este parâmetro.

Tabela 8. Resultados do teste entre médias para comprimento do colmo (m).

Fator	sem boro	com boro	Médias
Sequeiro	3,12 Aa	2,80 Ab	2,96 A
Irrigado	3,20 Aa	3,34 Ba	3,29 B
Fertirrigado	3,24 Aa	3,46 Bb	3,33 B
Médias	3,19 a	3,20 a	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si a nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

IV.3 Perímetro do caule

Pela análise estatística das médias do perímetro do caule, não houve interação entre os tratamentos S, I e F com a aplicação de B ($p = 0,2707$).

Os fatores sequeiro, irrigado e fertirrigado (Tabela 9) não diferiram entre si quanto ao perímetro do caule, da mesma forma, entre os fatores sem boro e com boro também não houve diferença. Do mesmo modo, dentro de cada condução também não houve diferenciação estatística quanto ao perímetro do caule da cana, com ou sem a aplicação de boro. No trabalho conduzido por KHAN (1994), das duas safras testadas, houve diferença no perímetro do caule somente na primeira safra para a maior dose de boro, $0,75 \text{ kg ha}^{-1}$.

Tabela 9. Resultados do teste entre médias para perímetro do caule (cm).

Fator	sem boro	com boro	MÉDIA
Sequeiro	9,10	10,02	9,56 A
Irrigado	9,47	9,75	9,61 A
Fertirrigado	9,45	9,19	9,32 A
MÉDIA	9,34 a	9,66 a	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si a nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

IV.4 Número de entrenós

Pela análise estatística do número de entrenós, não houve interação entre os tratamentos S, I e F com a aplicação de B ($p = 0,5810$).

A condução sequeiro apresentou menor número de entre-nós (Tabela 10) que as conduções irrigado e fertirrigado ($p = 0,0006$), que não diferiram entre si. Este resultado corrobora com o encontrado para o comprimento do colmo, para o qual o fator sequeiro também apresentou menor valor. Apesar de não se ter avaliado o comprimento dos internódios, pode-se pensar que o fator sequeiro promoveu o seu alongamento, isto porque enquanto o incremento do comprimento para os fatores irrigado e fertirrigado foi de 11,1 e 12,5%, respectivamente, para o número de entrenós foi de 22,7 e 42,8%, respectivamente.

A aplicação de boro não influenciou o número de entrenós. No trabalho desenvolvido por KHAN (1994) no primeiro ano houve diferença positiva no número de entrenós com a aplicação foliar de boro que variou de 0,25 a 0,75 kg ha⁻¹, porém não houve diferença com a aplicação no ano seguinte.

Tabela 10. Resultados do teste entre médias para número de entrenós na área útil.

Fator	sem boro	com boro	MÉDIA
Sequeiro	786,5	725,2	755,9 A
Irrigado	938,5	916,2	927,4 B
Fertirrigado	1.044,2	1.115,2	1.079,7 B
MÉDIA	923,1 a	918,9 a	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si a nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

IV.5 Produtividade

A produtividade obtida na condução fertirrigado do experimento foi 100,4% superior à obtida no plantio comercial regional (Tabela 6) o que equivale a um incremento de 87,7 t de cana por hectare colhido. Mesmo a condução sequeiro, apresentou produtividade 40,7% superior ao plantio regional.

A produtividade média geral de áreas de cana da Açúcar Guarani, independente da variedade, tipo de colheita, idade, colhidas no período de 25/05/2008 à 25/06/2008, compreendidas em área de 4.677,2 ha, foi de 96,5 t ha⁻¹.

Pela análise da produtividade, não houve interação entre as conduções de cultivo sequeiro (S), irrigado (I) e fertirrigado (F) com a aplicação de B ($p = 0,9563$).

A produtividade da cana foi maior nas parcelas irrigadas e fertirrigadas ($p = 0,0033$), conforme pode-se observar na Tabela 11, concordando com os trabalhos desenvolvidos no estado de São Paulo por DALRI et al. (2008); DALRI & CRUZ (2002, 2008); MATTIOLI et al. (1998) e trabalhos desenvolvidos na Paraíba por AZEVEDO (2002) e FARIAS (2001), que encontraram diferença significativa no rendimento de colmos entre a cana irrigada e a cana de sequeiro. Também PRAKUNHUNGSIT et al. (2006) encontraram aumento de produtividade variando lâminas de irrigação aplicadas via gotejamento subsuperficial, sendo a maior produção, 170 t ha^{-1} , obtida com lâmina total de 1.680 mm e a menor produção, 100 t ha^{-1} , com lâmina de 938 mm. Para o presente trabalho, o incremento na produtividade obtido com a irrigação pode ser explicado com a precipitação pluvial que, no período de cultivo foi de 1.125,8 mm, aquém dos 1.500 a 2.500 mm necessários segundo DOORENBOS & KASSAM (1994). Apesar da diferença de $14,2 \text{ t ha}^{-1}$ entre a condução irrigada e a fertirrigada, não houve diferença estatística entre elas.

Tabela 11. Produtividade da cana-de-açúcar (cana-planta) em função de irrigação, fertirrigação e adubação com boro (t ha^{-1}).

Fator	sem boro	com boro	Médias
Sequeiro	123,1	123,0	123,0 A
Irigado	157,3	164,4	160,9 B
Fertirrigado	174,6	175,5	175,1 B
Médias	151,6 a	154,3 a	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si a nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

A aplicação de boro não resultou diferença significativa ($p = 0,8051$) na produtividade, o que concorda com o encontrado por ESPIRONELO et al. (1976a; 1976b) trabalhando com cana-planta, BRASIL SOBRINHO et al. (1976) com cana-soca e MELLIS & QUAGGIO (2009) que entre 2006 e 2008 instalaram uma rede de quinze experimentos em diferentes ambientes de produção de cana, nas mais importantes regiões canavieiras do estado de São Paulo. No trabalho de ESPIRONELO et al. (1976b) desenvolvido em vasos, o teor de B no solo era de $0,1 \text{ mg dm}^{-3}$ e foram

testadas doses de 0 a 8 mg dm⁻³, tendo as doses maiores induzido efeito depressivo. No trabalho de ESPIRONELO et al. (1976a), desenvolvido a campo, o teor de B no solo série Ibitiruna também foi classificado como baixo e o resultado com maior produtividade foi o tratamento sem aplicação de boro, apesar de não haver diferença significativa para os tratamentos que receberam aplicação de B (doses de 0 a 40 kg ha⁻¹ de bórax). Porém, esses trabalhos diferem do resultado encontrado por PAUL et al. (2005), que testando doses de 0 a 4 kg ha⁻¹ de B na cultura da cana-de-açúcar, observaram que a dose 2 kg ha⁻¹ propiciou a maior produtividade, sendo 64% superior à testemunha. Em trabalho desenvolvido a campo por SHARMA et al. (2002) durante três anos na Índia, houve efeito depressivo na produtividade da cana-de-açúcar com a aplicação de boro, o que reforça a condição de que a super oferta do micronutriente pode ser tão prejudicial quanto a carência.

IV.6 Brix

Pela análise do brix, não houve interação entre os fatores S, I e F com a aplicação de B ($p = 0,1107$).

O fator sequeiro apresentou menor brix que os fatores irrigado e fertirrigado ($p = 0,0059$), que não diferiram entre si (Tabela 12). Isto pode ser explicado devido o estágio mais avançado da maturação da cana sob regime de irrigação que o cultivo em sequeiro.

A aplicação de boro não influenciou no brix do caldo da cana, diferindo do resultado obtido por KHAN (1994), que observou aumento do brix quando aplicou boro, repetindo o efeito por duas safras consecutivas.

Dentro do tratamento sem boro, não houve diferenciação no brix dos tratamentos sequeiro, irrigado e fertirrigado, pode inferir que mesmo com boas condições de umidade no solo, sob irrigação, a baixa disponibilidade de boro no solo não foi suficiente para promover aumento no brix do caldo da cana.

Dentro do tratamento com boro, o tratamento sequeiro apresentou menor brix que o irrigado e o fertirrigado ($p = 0,0028$), que não diferiram entre si. Assim a aplicação

de boro somada ao teor natural do solo pode influenciar o brix sob condições de irrigação.

Tabela 12. Resultados do teste entre médias para brix (°Brix).

Fator	sem boro	com boro	MÉDIA
Sequeiro	16,3	14,3	15,3 A
Irrigado	16,9	17,7	17,3 B
Fertirrigado	17,6	17,2	17,4 B
MÉDIA	16,9 a	16,4 a	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si a nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

IV.7 Fibra

Os teores de fibra obtidos no experimento, foram inferiores ao obtido nos plantios comerciais regionais (Tabela 6), variando a redução entre 16,4% e 21,7%. Menor teor de fibra beneficia o processo de extração do caldo da cana.

Pela análise estatística do teor de fibra, não houve interação entre os tratamentos S, I e F com a aplicação de B ($p = 0,2444$).

A condução sequeiro apresentou menor teor de fibra que a condução fertirrigado ($p = 0,0223$), e não diferiu da condução irrigado (Tabela 13). Entre os fatores irrigado e fertirrigado não houve diferença quanto ao teor de fibra. O aumento do teor de fibra dificulta o processo de extração do caldo da cana, porém maior teor de fibra pode auxiliar a resistência da cana contra o acamamento, sendo assim, era de se esperar que os tratamentos mais produtivos, irrigado e fertirrigado, apresentassem maior teor de fibra.

A aplicação de boro não influenciou no teor de fibra da cana, concordando com o resultado obtido por KHAN (1994), que não obteve diferença para o teor de fibra da cana nos dois anos consecutivos em que testou aplicação de boro via foliar.

Tabela 13. Resultados do teste entre médias para teor de fibra na cana (%).

Fator	sem boro	com boro	MÉDIA
Sequeiro	9,69	9,22	9,46 A
Irrigado	9,77	9,78	9,77 AB
Fertirrigado	9,98	10,22	10,10 B
MÉDIA	9,81 a	9,74 a	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si a nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

IV.8 Sacarose aparente do caldo (Pol do caldo)

Relacionando o teor de sacarose aparente do caldo obtido no experimento com o obtido nos plantios comerciais regionais, percebe-se que a Pol na condução sequeiro do experimento ficou menor que nos plantios comerciais (Tabela 6), 11,48% e 13,67% respectivamente. Porém muito semelhante à obtida na condução irrigado e fertirrigado. As conduções com boro e sem boro apresentaram Pol do caldo menor que nas áreas comerciais.

Pela análise estatística do parâmetro teor de sacarose aparente, não houve interação entre os tratamentos S, I e F com a aplicação de B ($p = 0,0936$).

O teor de sacarose aparente (Pol do caldo) apresentou diferença significativa entre os fatores S, I e F ($p = 0,0024$), sendo o fator S inferior aos fatores I e F, que não diferiram entre si (Tabela 14), concordando com resultado encontrado por DANTAS NETO et al. (2006) e discordando de DALRI & CRUZ (2008) e DALRI et al. (2008) que não encontraram diferença no Pol do caldo entre cana de sequeiro e fertirrigada.

O Pol não apresentou diferença com a adição ou não de boro, concordando com o encontrado por ESPIRONELO et al. (1976a; 1976b) trabalhando com cana-planta, BRASIL SOBRINHO et al. (1976) com cana-soca e MELLIS & QUAGGIO (2009). Sem a adição de boro os fatores S, I e F não diferiram significativamente entre si, porém com boro o fator S obteve menor Pol que os fatores I e F ($p=0,0013$), que não diferiram entre si.

Tabela 14. Resultados do teste entre médias para sacarose aparente no caldo (%).

Fator	sem boro	com boro	MÉDIA
Sequeiro	12,42	10,54	11,48 A
Irrigado	13,18	14,14	13,66 B
Fertirrigado	13,89	13,77	13,83 B
MÉDIA	13,16 a	12,82 a	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si a nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

IV.9 Pureza aparente do caldo

No experimento, a pureza obtida na condução sequeiro ficou próxima da obtida nos plantios comerciais regionais (Tabela 6), 80,2% e 80,8% respectivamente. Porém, todas as demais conduções obtiveram maior pureza do caldo que os plantios comerciais regionais.

Houve interação entre os fatores sequeiro, irrigado e fertirrigado com a aplicação de B ($p = 0,0454$) para o parâmetro pureza do caldo. Sem aplicação de B os fatores sequeiro, irrigado e fertirrigado resultaram médias equivalentes, e com a adição de B os fatores irrigado e fertirrigado levaram a médias maiores que o sequeiro ($p = 0,0005$).

Conduzindo em sequeiro, a adição de B causou redução no teor de pureza do caldo ($p = 0,0135$) e na condução irrigado e fertirrigado, não houve diferença com a aplicação de B (Tabela 15). A pureza do caldo é determinada pela relação do Pol do caldo e o Brix, e a adição de boro na condução sequeiro, reduziu em 12,3% o Brix e 15,1% a Pol do caldo, o que promoveu diferenciação na pureza do caldo entre as condições com e sem aplicação de boro para a condução sequeiro.

Tabela 15. Resultados do teste entre médias para pureza do caldo (%).

Fator	sem boro	com boro	Médias
Sequeiro	82,3 Aa	78,0 Ab	80,2 A
Irrigado	83,5 Aa	84,4 Ba	84,0 B
Fertirrigado	84,1 Aa	85,0 Ba	84,6 B
Médias	83,3 a	82,5 a	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si a nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

IV.10 Açúcares redutores do caldo (AR) calculado

Todos os modos de condução utilizados no experimento obtiveram menor teor de açúcares redutores que os obtidos nos plantios comerciais (Tabela 6), sendo que a condução sequeiro foi a que se mostrou mais próxima desse valor.

Pela análise estatística do teor de açúcares redutores do caldo, não houve interação entre os fatores S, I e F com a aplicação de B ($p = 0,1006$).

Os fatores S, I e F apresentaram diferença significativa ($p = 0,0007$) para o parâmetro açúcares redutores do caldo (AR), sendo que o fator S apresentou maior percentual de AR que os fatores I e F, que não diferiram entre si (Tabela 16). Isto pode ser explicado pelo maior grau de maturação que a irrigação proporcionou à cana, haja vista que os tratamentos irrigados não tiveram seu desenvolvimento retardado pela baixa disponibilidade de água no solo, o mesmo não acontecendo com os tratamentos de sequeiro. Os açúcares redutores (glicose e frutose) quando em teores elevados evidenciam estágio de menor maturação e refletem na recuperação do açúcar na fábrica (SEGATO et al., 2006).

A adição de boro não provocou diferença significativa para o parâmetro percentual de AR. Para a condução da cultura sem adição de boro, os fatores S, I e F não diferiram entre si. Porém, para a condução com adição de boro, houve diferença significativa ($p = 0,0005$) entre o fator S e os fatores I e F, que não diferiram entre si. Com boro, a condução S apresentou maior percentual de AR que os demais, sendo 20,0% e 25,7% maior que nos regimes irrigado e fertirrigado, respectivamente, corroborando com a idéia que os sistemas irrigados e com melhor teor de boro no solo apresentaram maior grau de maturação da cana.

Tabela 16. Resultados do teste entre médias para açúcares redutores do caldo (%).

Fator	sem boro	com boro	MÉDIA
Sequeiro	0,800	0,909	0,855 A
Irigado	0,730	0,695	0,712 B
Fertirrigado	0,705	0,655	0,680 B
MÉDIA	0,745 a	0,753 a	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si a nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

IV.11 Açúcar total recuperável (ATR)

A condução fertirrigado apresentou quantidade de açúcar total recuperável 10,8% superior à obtida nos plantios comerciais regionais (Tabela 6), o que equivale a 12,6 kg de açúcar a mais por tonelada de cana processada. Os plantios comerciais obtiveram ATR 5,3% superior à condução sequeiro do experimento. As conduções com e sem boro apresentaram ATR maior que a obtida nos plantios comerciais.

A ATR média de um total de 4.677,19 ha de cana comercial colhida no período de 25/05/2008 à 25/06/2008, independente da variedade, idade do canavial, tipo de colheita, aplicação de maturador, foi de 128,65 kg t⁻¹ de cana.

Pela análise estatística do açúcar total recuperável (ATR), não houve interação entre os tratamentos S, I e F com a aplicação de B ($p = 0,0798$).

A condução sequeiro apresentou menor ATR que as conduções irrigado e fertirrigado ($p = 0,0051$), que não diferiram entre si (Tabela 17).

A aplicação de boro não influenciou no ATR da cana.

Pelo método CONSECANA, o fator ATR é calculado com base na Pol do caldo, nos teores de fibra e de açúcares redutores e na pureza, que já tiveram seus resultados estudados, e na eficiência média padrão das unidades produtoras do estado de São Paulo. Este fator é utilizado na formação do preço de pagamento da cana.

Apesar deste trabalho não ter estudado as questões econômicas da utilização da irrigação e da fertirrigação, deve-se considerar que o preço pago ao produtor de cana é baseado no ATR e na quantidade entregue, e que neste trabalho, obteve-se com o uso da irrigação por gotejamento um incremento de 14,9% no ATR e 30,8% na produtividade e com o uso da fertirrigação um incremento de 16,8% no ATR e 42,3% na produtividade, com relação à condução em sequeiro.

Tabela 17. Quantidade de açúcar total recuperável (ATR) por tonelada de cana processada (kg t^{-1}).

Fator	sem boro	com boro	MÉDIA
Sequeiro	118,3	102,4	110,3 A
Irigado	122,0	131,4	126,7 B
Fertirrigado	129,9	127,7	128,8 B
MÉDIA	123,4 a	120,5 a	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si a nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

Quando se aplicou boro houve maior diferenciação das médias dos parâmetros analisados com relação às conduções sequeiro, irrigado e fertirrigado. Com a adição de boro nove parâmetros mostraram diferença significativa, sem adição de boro dois parâmetros mostraram diferença significativa (Figura 10), fazendo-se entender que com baixo teor de boro no solo, mesmo sob irrigação, o efeito deste nutriente é limitado para influenciar os parâmetros analisados, mas com a aplicação de boro e uso de irrigação, os parâmetros analisados podem ser afetados significativamente, ressaltando a importância deste micronutriente, principalmente em plantio irrigado no estado de São Paulo.

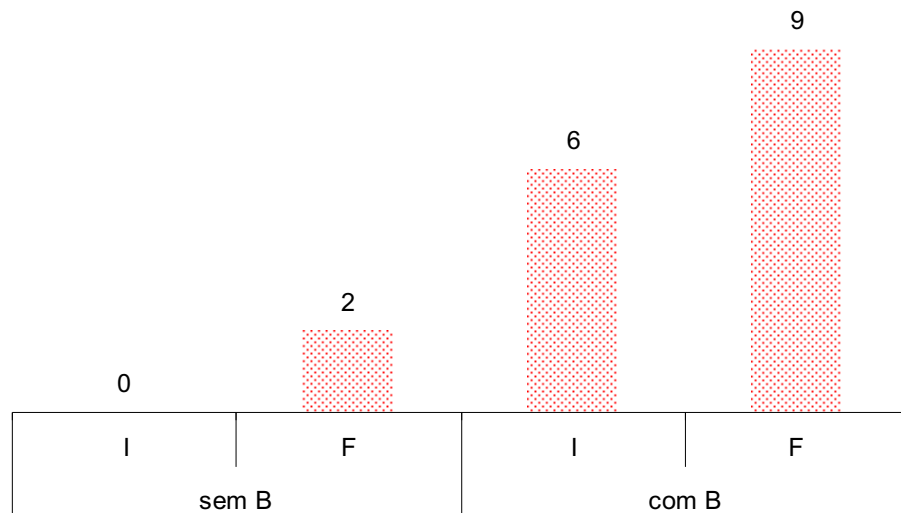


Figura 10. Número de variáveis que apresentaram diferença significativa com relação à condução sequeiro, de acordo com a aplicação de boro.

V. CONCLUSÕES

Para as condições em que foi conduzido este experimento:

- O uso de irrigação na cultura da cana-de-açúcar aumenta a produtividade e a quantidade de açúcar total recuperável e reduz o teor de açúcares redutores do caldo.
- Sob regime de irrigação, a adubação convencional ou parcelada via fertirrigação produzem resultados semelhantes para as variáveis estudadas.
- O perímetro do caule não é influenciado pela irrigação e adição de boro.
- Adubação boratada aplicada no tolete da cana-de-açúcar não alterou as variáveis estudadas.
- Há pouca interação entre uso de irrigação e adubação boratada.

VI. REFERÊNCIAS

ALVA, A.K.; PARAMASIV, S.; GRAHAM, W.D. Impact of nitrogen management practices on nutritional status and yield of Valencia orange trees and groundwater nitrate. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.27, n.4, p.904-910, 1998

ANDERSON, D. L.; BOWEN, J. E. **Nutrição de cana-de-açúcar**. Tradução de José Orlando Filho. Piracicaba: POTAFOS, 1992. 40 p.

AZEVEDO, H. M. de. Resposta da cana-de-açúcar a níveis de irrigação e de adubação de cobertura nos tabuleiros da Paraíba. Tese de Doutorado em Engenharia Agrícola. Campina Grande: UFCG, 2002. 112p.

BAR-YOSEF, B.; SAGIV, B.; MARKOVITCH, T. Sweet corn response to surface and subsurface trickle phosphorus fertigation. **Agronomy Journal**, California, v.81, n.3, p.443-7, 1989.

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

BARBIERI, V.; MANIERO, M.A.; PEREIRA, A.R. Espaçamento e características agroindustriais da cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 1987, Olinda: STAB, 1987.

BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de Irrigação**. 8. ed. Viçosa: Ed. UFV, 2006. 625p.

BORGES, A.L.; OLIVEIRA, A.M.G. Nutrição, calagem e adubação. In: CORDEIRO, Z.J.M. **Banana**. Produção: aspectos técnicos. EMBRAPA/CTT, Brasília, 2000, p.47-59.

BRASIL. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. **Anuário estatístico da agroenergia/MAPA**, Brasília: MAPA/ACS, 2009. 160 p.

BRASIL SOBRINHO, M.O.C.; ESPIRONELO, A.; IGUE, T. Efeitos do boro em cana-de-açúcar cultivada em alguns solos do município de Piracicaba. II — Cana-soca. **Bragantia**, v.35, n.17, Campinas, 1976. p.83-90

CAFÉ FILHO, A.C.; DUNIWAY, J.M. 1996. Effect of location of drip irrigation emitters and position of *Phytophthora capsici* infections in roots on *Phytophthora* root rot of pepper. 1996. **Phytopathology** v.86, p.1364-1369.

CALDWELL, D.S.; SPURGEON, W.E.; MANGES, H.L. Frequency of irrigation of subsurface drip-irrigated corn. **Transactions of the ASAE** v.37, n.4, p.1099-1103, 1994.

CIIAGRO. Disponível: <http://www.ciiagro.sp.gov.br/ciiagroonline/> Acesso de 2007 a 2008.

COELHO, M.B.; BARBOSA, M. H. P.; MARCIEL, M. L. Manejo da irrigação na cana-soca no cerrado de Minas Gerais. In: Congresso Nacional da Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, 8, 2002, Recife. **Anais...** Recife: STAB, 2002. p.591-598.

COLETI, J.T. Técnica cultural de plantio. In: PARANHOS, S.B.(coord.). **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. v.1, Campinas: Cargill, 1987. p.434-442

COLETI, J.T.; STUPIELLO, J.J. Plantio de cana-de-açúcar. In. SEGATO, S.V. (coord.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba, 2006. p.139-153.

CONAB. Cana-de-açúcar – Safra 2009/10. Brasília/DF, 2009. 14p.

CONSECANA. Manual de Instruções. Piracicaba. 2006. 112p.

CPETEC/INPE. Disponível: <<http://satelite.cptec.inpe.br/PCD/>> Acesso de 2007 a 2008.

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

DALRI, A.B.; CRUZ, R.L. Efeito da frequência de irrigação subsuperficial por gotejamento no desenvolvimento da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Irriga**, Botucatu, v.7, n.1, 2002. p.29-34.

DALRI, A.B.; CRUZ, R.L. Produtividade da cana-de-açúcar fertirrigada com N e K via gotejamento subsuperficial. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.28, n.3, 2008. p.516-524.

DALRI, A.B.; CRUZ, R.L.; GARCIA, J.B.; DUENHAS, L.H. Irrigação por gotejamento subsuperficial na produção e qualidade de cana-de-açúcar. **Irriga**, Botucatu, v.13, n.1, 2008. p.1-11.

DANTAS NETO, J.; FIGUEREDO, J.L. da C.; FARIAS, C.H. de A.; AZEVEDO, H.M. de; AZEVEDO, C.A.V. de. Resposta da cana-de-açúcar, primeira soca, a níveis de irrigação

e adubação de cobertura. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v.10 n.2, Abril/Junho 2006

DELGADO, A.A.; BOVI, R.; MIOQUE, J.Y.L. A vinhaça oriunda de melaço de açúcar branco e demerara. **Revista Usineiro**, v.4, n.20, p.21-24, 1990

DEVI, T.C.; LAKSHMI, M.B.; NAIDU, N.V. Response of new sugarcane genotypes to wide row spacing. **Sugar Tech**, Anapapale-India, v.7, n.4, 2005, p.154-156

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, 1994. Tradução de GHEXI, H.R.; MEDEIROS, J.F. p.220-226. (Boletim, 33)

DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Necessidades hídricas das culturas**. Campina Grande: UFPB, 1997. 204p. (FAO, Irrigation and Drainage, paper 24)

DUENHAS, L.H.; BOAS, R.L.V.; SOUZA, C.M.P.; RAGOZO, C.R.A.; BULL, L.T. Fertirrigação com diferentes doses de NPK e seus efeitos sobre a produção e qualidade de frutos de laranja (*Citrus sinensis* O.) 'Valencia'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.1, 2002.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA Produção de Informação; Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006. 412 p.

ERNANDES, M.L. Comportamento de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) cultivadas em espaçamentos simples e duplos. UNESP-Ilha Solteira, Dissertação de Mestrado, 2005. 56p.

ESPIRONELO, A.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C.; IGUE, T. Efeitos do boro em cana-de-açúcar cultivada em alguns solos do município de Piracicaba. I — Cana-planta. **Bragantia**, Campinas, v.35, n.18, 1976a. p.191-211

ESPIRONELO, A.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C. do; MORAES, R.S. de. Efeitos do boro em cana-de-açúcar cultivada em vasos contendo solo. **Bragantia**, Campinas, v.35, n.23, 1976b. p.259-272.

FAQUIM, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 227 p.

FARIAS, C.H.A. Desenvolvimento morfofisiológico da cana-de-açúcar em regime irrigado e sequeiro na Zona da Mata paraibana. Campina Grande: UFCG, 2001.74p. (Dissertação de Mestrado).

FARIAS, C.H.A.; FERNANDES, P.D.; AZEVEDO, H.M.; DANTAS NETO, J. Índices de crescimento da cana-de-açúcar irrigada e de sequeiro no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande**, v.12, n.4, p.356–362, 2008.

FERREIRA, D. F. **SISVAR Sistema de Análises Estatísticas** software: versão 4.3. Lavras: DEX/UFLA, 2003.

FRANCO, C.M.; MEDINA, H.P. Arrastamento de potássio e fósforo pela água de infiltração do solo. **Bragantia**, v.19:LXXIII-LXXVI, 1960. Nota 16.

GADDANAKERI, S.A.; KAMBAR, N.S.; BIRADAR, P.S.; NADGOUDA, B.T. Response of Shy- Tillering Sugarcane Variety CoC-671 to Wide-row Spacing and Clipping. **Karnataka Journal of Agricultural Sciences**, Bijapur-India, v.20, n.3, p.598-599, 2007

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

GRUPO PAULISTA DE ADUBAÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR, In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2.ed., Campinas, Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. p.237-239.

HAAG, H.P.; ACCORSI, W.R. Deficiências de macro e micronutrientes em cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), variedade CB41-76, cultivada em solução nutriente. **Anais...** Escola Superior Luiz de Queiroz, Piracicaba, v.35, p.25-67, 1978.

KHAN, G.S. Yield and quality of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) as affected by micronutrient application. (Tese de Doutorado). University Tando Jam. 1994, 250p. Tando Jam/Paquistão.

LOPES, A.S. **Solos sob cerrado**: manejo da fertilidade para a produção agropecuária. São Paulo, ANDA, 1992, 60p.

MACCHERONI, W.; MATSUOKA, S. Manejo das principais doenças da cana-de-açúcar. In. SEGATO, S.V. (coord.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba, 2006. p.239-256.

MACHADO, E.C. Fisiologia de produção de cana-de-açúcar In: PARANHOS, S.B. (Coord.) **Cana-de-açúcar**: cultivo e utilização. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v.1, cap.1, p.56-87.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo, Ceres, 1980. 251p.

MARQUES, M. O.; MARQUES, T. A.; TASSO JUNIOR, L. C. **Tecnologia do Açúcar**. Produção e industrialização da cana-de-açúcar. Jaboticabal: FUNEP, 2001. 166p.

MARQUES, M.O.; MUTTON, M.A.; AZANIA, A.; TASSO JUNIOR, L.C.; NOGUEIRA, G.de A.; VALE, D.W. do. **Tópicos em tecnologia sucroalcooleira**. Jaboticabal: Gráfica Multipress, 2006, 191p.

MATTIOLI, C.S.; PERES, F.C.; FRIZZONE, J.A. Análise de decisão sobre a viabilidade da irrigação suplementar de cana-de-açúcar colhida no mês de julho na região de Ribeirão Preto-SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 25, CONGRESSO LATINOAMERICANO DE INGENIERIA AGRICOLA, 2, Bauru, 1996. **Anais...** Bauru, 1996.

MATTIOLI, C.S.; FRIZZONE, J.A.; PAES, V.P.S.; FOLEGATTI, M.V. Aumento de produtividade da cultura da cana-de-açúcar sob irrigação complementar na região de Ribeirão Preto – SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Lavras: UFLA/SBEA, 1998. v.2, p.16-18.

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: 11/10/2009

MOZAMBANI, A.E.; PINTO, A.S.; SEGATO, S.V.; MATTIUZ, C.F.M. História e morfologia da cana-de-açúcar. In. SEGATO, S.V. (Coord.) **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba, 2006, p.11-18

MUTTON, M.J.R.; MUTTON, M.A. Identificação de perdas de açúcares no setor agrícola. **STAB**, v.23, n.4, p.42-46, 2005.

OLIVEIRA, M.V.A. de; VILLAS BOAS, R.L. Uniformidade de distribuição do potássio e do nitrogênio em sistema de irrigação por gotejamento. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.28, n.1, p.95-103, jan./mar. 2008.

ORLANDO FILHO, J. Calagem e adubação de cana-de-açúcar. In: CÂMARA, G.M.S.; OLIVEIRA, E.A.M. (eds). **Produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: FEALQ/USP, 1993. p.133-146.

ORLANDO FILHO, J.; HAAG, H.P. ZAMBELLO JÚNIOR, E. Crescimento e absorção de macronutrientes pela cana-de-açúcar, variedade CB41-76, em função da idade em solos do Estado de São Paulo. **Boletim Técnico Planalsucar**, v.2 n.1. p.1-128, 1980.

ORLANDO FILHO, J.; ZAMBELLO Jr., E. Diagnose foliar de Cu, Fe, Mn e Zn em 16 variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) cultivados em diferentes grandes grupos de solos. **Brasil Açucareiro**, Piracicaba, v.90, p.28-37, 1977.

ORON, G.; DEMALACH, J.; HOFFMAN, Z.; CIBOTARU, R. Subsurface microirrigation with effluent. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Reston, v.117, n.1, p.25-37, 1991.

PAPADOPOULOS, I. Fertirrigação: situação atual e perspectiva para o futuro. In: FOLEGATTI, M.V. (Coord.) **Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 1999. p.11-169.

PAUL, G.C.; RAHMAN, M.H.; RAHMAN, A.B.M.M. Effects of boron and molybdenum on sugarcane grown in Old Himalayan Piedmont Plain soils of Bangladesh. **The Korean Society of Crop Science**, v.50, n.2, 2005, p.105-107.

PHENE, C.J.; DAVIS, K.R.; HUTMACHER, R.B.; MCCORMICK, R.L. Advantages of subsurface irrigation processing tomatoes. **Acta Horticulture**, n.200, p.101-113, 1987

PHENE, C.J.; RUSKIN, R. Potential of subsurface drip irrigation for management of nitrate in wastewater. In: INTERNATIONAL MICROIRRIGATION CONGRESS, 5, 1995, Orlando. **Proceeding**.... St. Joseph: ASAE, 1995. p.155-167

POTAFOS. **Potássio**: necessidade e uso na agricultura moderna. Tradução: RAIJ, B. van. Piracicaba, 1990, 45p.

PRAKUNHUNGSIT, S.; DECHAYAPIROM, P.; TUNGSOMBOUN, T. Study on water application for sugarcane variety U-Thong 3 by using Et/E ratio and subsurface drip. Malásia. **Anais 7th International Micro Irrigation Congress**, B-39, 2006.

QUINTANA, K.A. Efeito da fertirrigação na bananeira cv. Grande Naine (*Musa spp.*, grupo AAA, sub-grupo Cavendish) em Santo Antonio do Leverger – MT. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Mato Grosso, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Cuiabá, 2004, 53p.

RAIJ, B. van; **Fertilidade do solo e adubação**. Ed. Ceres, Piracicaba, POTAFOS, 1991, 343p.

RAUSCHKOLB, R.S.; ROLSTON, D.E.; MILLER, R.J.; CARLTON, A.B.; BURAU, R.G. Phosphorus fertilization with drip irrigation. **Soil Science Society American Journal**, 1976, p.68-72.

RITCHEY, K.D. O potássio nos Oxissolos e Ultissolos dos Trópicos Úmidos. Piracicaba, Instituto de Potassa e Fosfato, Boletim técnico n.7, 1982. 69p.

ROSENFELD, U. Período crítico de deficiência hídrica para a cana-planta em cultura de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – ESALQ, Piracicaba. 1989. 89p.

RUSCHEL, A.P.; RUSCHEL, R. Varietal differences affecting nitrogenase activity in rizosphere of sugar cane. **Proceedings for International Society Sugar Cane Technology**, v.2, p.1941-1947, 1977.

SANZONOWICZ, C.; MIELNICZUK, J. Distribuição do potássio no perfil de um solo, influenciado pela planta, fontes e métodos de aplicação de adubos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.9, p.45-50, 1985.

SÃO PAULO. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. Instituto de Economia Agrícola. **Levantamento censitário de unidades de produção agrícola do estado de São Paulo – LUPA 2007/2008**. 2008. Disponível em: <<http://www.cati.sp.gov.br/projetolupa>>. Acesso em: 06 set 2009.

SCARDUA, R.; ROSENFELD, U. Irrigação da cana-de-açúcar. In: **Cana-de-açúcar**. Cultivo e Utilização. Campinas, Fundação Cargill, 1987, p.373-431.

SEGATO, S.V.; ALONSO, O.; LAROSA, G. Terminologias no setor sucroalcooleiro. In: SEGATO, S.V. (coord.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba, 2006. p.397-405.

SHARMA, B.L.; ANIL, K.M.; SINGH, P.K.; SINGH, R.R.; SINGH, S.B. Micronutrient fertilization in sugarcane: Effect of zinc and boron in calcareous soil. New Delhi. **Indian Sugar**, 2002, v.52, n.6, p.439-443.

SINGH, A. Influence of seed rates and row spacings on the growth and yield of late planted sugarcane. **Sugar Tech**, Punjab-Índia, v.2, n.3, p.49-50, 2000

STOLF, R.; FERNANDES, J.; FURLANI NETO, V.L. Influência do plantio mecanizado no índice de germinação da cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TECNOCOLISTAS AÇUCAREIROS DO BRASIL, 2., Rio de Janeiro, 1981. **Anais...** Rio de Janeiro, v.III/IV. p.443-456.

SUAREZ-REY, E.; CHOI, C.Y.; WALLER, P.M. Feasibility of subsurface drip irrigation on turf in Arizona. In: ASAE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, 1999, Toronto. St. Joseph: ASAE, 1999.

THREADGILL, E.D.; EISENHAUER, D.E.; YOUNG, J.R.; BAR-YOUSEF, B. Chemigation. In: **Management of farm irrigation systems**. American Society of Agricultures Engineers, Michigan, 1990, 1040p.

TOKESHI, H. Doenças da cana-de-açúcar (híbridos de *Saccharum spp.*). In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A. **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 4.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. v.2, p.207-225.

TOMLINSON, I.R.; COETZEE, K. Can fertigation influence fruit quality? *Neltropika Bulletin*, n.296, 1997, p.7-9.

URIU, K.; CARLSON, R.M.; HENDERSON, D.W. Application of potassium fertilizer to prunes through a drip irrigation system. SEVENTH INTERNATIONAL AGRICULTURE PLASTIC CONGRESS. **Proceeding**.... San Diego, 1977, p.211-214.

VALE, F.R.do; GUEDES, G.A. de A.; GUILHERME, L.R.G.; FURTINI NETO, A.E. **Manejo da Fertilidade do Solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997a. p.173-179

VALE, F.R.; GUILHERME, L.R.G.; GUEDES, G.A.A.; FURTINI NETO, A.E. **Fertilidade do Solo: Dinâmica e Disponibilidade de Nutrientes**. Lavras:UFLA/FAEPE, 1997b. 171p.

VILELA, L.; SILVA, J.E. da; RITCHEY, K.D.; SOUZA, D.M.G. de. Potássio. In: GOEDERT, W.J. **Solos do cerrados; tecnologias e estratégias de manejo**. Brasília: EMBRAPA/CPAC, 1986. p.203-222.

VITTI, G.C.; MAZZA, J.A. **Planejamento, estratégias de manejo e nutrição da cultura da cana-de-açúcar**. Piracicaba. POTAFOS, 2002. 16p. (Encarte técnico/Informações Agronômicas, n.97).

VITTI, G.C.; OLIVEIRA, D.B. de; QUINTINO, T.A. Micronutrientes na cultura da cana-de-açúcar. In. SEGATO, S.V. (coord.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba, 2006. p.121-137.

WERLE, R.; GARCIA, R.A.; ROSOLEM, C.A. Lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.2297-2305, 2008.

ZANINI, J.R.; BARRETO, A.K.G.; FORATTO, L.C.; NATALE, W. Distribuição de fósforo no bulbo molhado, aplicado via fertirrigação por gotejamento com ácido fosfórico. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.1, p.180-193, 2007.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.