

Irrigação e fertirrigação por gotejamento em cana-de-açúcar na presença e ausência de boro

Effects of irrigation and drip-fertigation with and without boron on yield and technological characteristics of sugar cane

Kleber Aloisio QUINTANA^{1,2}; José Renato ZANINI³; Elcides Rodrigues da SILVA³.

¹ Parte da tese de doutorado em Agronomia (Ciência do Solo) do primeiro autor, apresentada à FCAV/UNESP Jaboticabal.

² Autor para correspondência - UNESP - FCAV - Departamento de Engenharia Rural, via de acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, Jaboticabal, CEP:14884-900, e-mail: kleberquintana@hotmail.com

³ UNESP - FCAV - Departamento de Engenharia Rural.

Resumo

Conduziu-se um experimento a campo com cana-planta, no município de Barretos - SP, entre os anos de 2007 e 2008, com o intuito de avaliar o efeito da fertirrigação por gotejamento com nitrogênio e potássio, e adição de boro no plantio, na produtividade e em variáveis tecnológicas 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 m. A fertirrigação e a irrigação incrementaram a produtividade, 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 adicionais: Fertilidade do solo; nutrição de plantas; *Saccharum*.

Abstract

A field experiment with sugar cane was carried out in Barretos, state of São Paulo, Brazil (latitude of 20°33'26" South, longitude of 48°34'04" West, and 530 m of altitude above mean sea level), during the years of 2007 and 2008 having the objective of verifying the effects of dripping fertigation with nitrogen and potassium with the addition of boron on sugar cane yield and technological characteristics. The experiment was a factorial of 3 X2, that is, T1 – not irrigated and without boron; T2 – not irrigated and with boron; T3 – irrigated and without boron; T4 – irrigated and with boron; T5 – fertigated and without boron; T6 – fertigated and with boron. Under the not irrigated and irrigated conditions, phosphorus and boron were manually applied at planting and nitrogen and potassium doses were split in 8 portions and applied by fertigation. At planting, sugar cane culms separated by a distance of 0.4 m were placed in rows 1.40 m apart. A drip line was inserted at a depth of 0.15 m in the soil right in the middle of the double row. Fertigation and irrigation incremented productivity, the juice sucrose content, and reduced the content of reducing sugars. Fertigation also increased fiber content in the plants. Boron had no significant effect on the evaluated variables.

Additional keywords: Soil fertility; plant nutrition; *Saccharum*.

Introdução

O Brasil é o maior produtor mundial de açúcar e o segundo de etanol. A área ocupada com cana-de-açúcar, em 2004, era de 5,6 milhões de hectares, aumentando para 8,9 milhões de hectares, em 2008. Em 2002, no Estado de São Paulo, foram produzidas 190 milhões de

toneladas de cana-de-açúcar para indústria, aumentando para 297 milhões de toneladas, em 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 a expansão do cultivo da cana-de-açúcar. Da mesma forma, produtores 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 a 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 suplementar à precipitação pluvial, utilizando-se de diversos tipos de irrigação, dentre os quais, a irrigação por aspersão mecanizada, autopropelido e pivô central, e mais recentemente a irrigação localizada subsuperficial. Para regiões 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 Havai. É necessária a adaptação desse sistema de irrigação para as condições de clima, solo, tratamentos culturais, mecanização e mão de obra utilizada no Brasil, assim como conhecer a adaptabilidade e o comportamento da cultura em resposta ao seu uso.

MATTIOLI 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 et al., 2006; OLIVEIRA & VILLAS BOAS, 2008).

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 o fornecimento adequado de macronutrientes, principalmente nitrogênio e potássio, e de micronutrientes. O boro, entre os micronutrientes, é particularmente importante para a 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 o crescimento das raízes. A concentração de boro nas monocotiledôneas, geralmente, varia de 6 a 18 mg kg⁻¹ e exporta 149 g para a produção de 100 t de colmos de cana crua (ORLANDO FILHO, 1993).

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 a produtividade e variáveis 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, comparado com adubação convencional de nitrogênio e potássio.

Material e métodos

O experimento foi conduzido no município de Barretos – SP (20°36'35,65" S, 48°34'4,65" W e 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). As análises granulométrica e química do solo foram realizadas em três camadas: 0 a 0,20 m; 0,20 m a 0,40 m, e 0,40 a 0,60 m (Tabela 1).

A área do experimento estava em repouso há 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%.

Tabela 1 - Resultado da análise química e granulométrica do solo da área experimental. *Results of the chemical and granulometric analyses of the experimental area soil.*

Profundidade (m)	pH CaCl ₂	MO (g dm ⁻³)	P resina (mg dm ⁻³)	K ⁺ -----	Ca ²⁺ (mmol _c dm ⁻³)	Mg ²⁺ -----	H+Al -----	CTC -----	V (%)
0,0 – 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

Profundidade (m)	B -----	Cu (mg dm ⁻³)	Fe -----	Mn -----	Zn -----	Argila -----	Silte (g kg ⁻¹)	Areia -----
0,0 – 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

O experimento foi realizado com cana-planta, utilizando-se do delineamento em blocos casualizados, com seis tratamentos e quatro 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 seis linhas de cana-de-açúcar com sete metros de comprimento. Para análise da produtividade e das variáveis tecnológicas, foram colhidos todos os colmos dos três metros medianos das duas linhas centrais de cada parcela.

Os sulcos de plantio foram realizados com sulcador de duas hastes, tracionado por trator, com a abertura das hastes na posição mais larga, 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 a abertura dos sulcos, manualmente, com enxadas, promoveu-se o alargamento da base do 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.

Após o acerto dos sulcos, foram demarcadas as áreas das parcelas dos tratamentos. Procedeu-se, então, à adubação de plantio, com a aplicação de 100% do P para todas as parcelas, 100% do K₂O 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. Utilizaram-se como fonte de nutrientes o sulfato de amônio, o superfosfato simples e o cloreto de potássio, respectivamente. Para a aplicação do boro, utilizou-se como fonte o ácido bórico, diluído em água até obter uma solução de volume 20 mL que fora aplicada sobre os toletes com o uso de seringa. Desse modo, 100% da dose de B foram aplicados no plantio, equivalente a 0,3 kg ha⁻¹ de B, baseando-se na recomendação de VITTI et al. (2006).

As mudas foram retiradas de viveiro, instalado próximo à área do experimento, com 10 a 11 meses de idade, e a cultivar utilizada foi a RB 85 5453. Selecionou-se essa variedade por ser de ciclo precoce e com alta resposta em bom ambiente de produção. As palhas foram mantidas nos colmos, e as mudas, depois de cortadas, permaneceram amontoadas por cinco dias até o plantio.

No dia 30 de maio/2007, iniciou-se o plantio propriamente dito, com os colmos plantados inteiros, sendo picadas 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, pouca precipitação pluviométrica e baixa temperatura (Tabela 2), que retardam a brotação da cana e favorecem o aparecimento de doenças, principalmente a podridão abacaxi. 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 ao 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 semanais, a fim de induzir a brotação em todos os tratamentos. 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 coeficiente de uniformidade de 89%.

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 (Figura 1). Sua instalação ocorreu no mês de julho de 2007, e a operação de nivelamento do terreno, denominada “quebra-lombo”, permitiu seu enterramento. A linha lateral era de polietileno, com diâmetro interno de 14,2 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 L h⁻¹ e pressão de serviço de 5 a 30 metros de coluna de água (m c.a.).

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

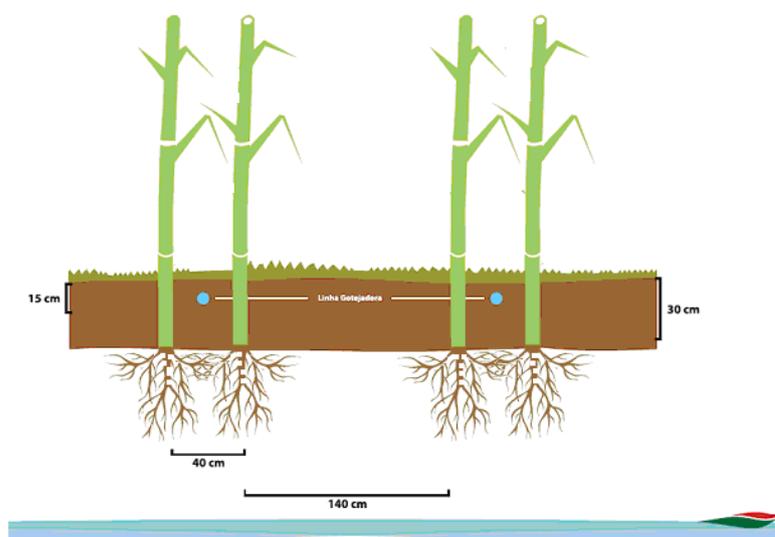


Figura 1 - Ilustração do espaçamento e disposição das mudas e da linha gotejadora no perfil do solo. *Illustration of the soil profile showing plant spacing and the drip line.*

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 2). O hidrômetro tinha a função de auxiliar no manejo da irrigação, assim como na aplicação da fertirrigação, registrando o volume de água consumida. Na saída do cabeçal de controle havia 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 a diluição dos fertilizantes a serem utilizados na fertirrigação. Na saída das duas válvulas dos tratamentos, foram instaladas duas ventosas, para permitir a saída do ar presente na tubulação quando a irrigação entrasse em funcionamento, assim como para permitir a entrada do ar na tubulação quando a válvula fosse fechada, a fim de evitar a formação de vácuo e, conseqüentemente, promover sucção 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 à direção de plantio. Dessa tubulação, saíam linhas laterais para ambos os 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 tubo de gotejamento substituído por tubo de polietileno sem gotejadores, de forma a não contaminar o tratamento (Figura 3).

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. Os coeficientes de cultura utilizados foram os determinados pelo IAA/Planalsucar, citados por SCARDUA & ROSENFELD (1987), que se assemelham aos valores citados no Boletim 56

(FAO, 2006). A evapotranspiração de referência foi calculada com base na evaporação do Tanque Classe A. Com a determinação da lâmina d'água a ser utilizada (Tabelas 2 e 3), fazia-se a conversão para volume de água a ser aplicada, e o monitoramento dessa quantidade era realizado

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



Figura 2 - Cabeçal de controle da irrigação. *Irrigation control head.*

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 K_2O). Sendo uma cultura de ciclo relativamente longo, a frequência de aplicação da fertirrigação foi mensal (Tabela 4), independentemente de haver ou não déficit hídrico no solo. O parcelamento foi dividido em oito vezes, conforme marcha de absorção da planta, baseando-se nos dados de ORLANDO FILHO et al. (1980).

O controle de plantas invasoras foi realizado manualmente; e no período de maior precipitação natural, 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.

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: 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 no laboratório da Açúcar Guarani S.A.– Unidade Industrial São José. Essas variáveis foram determinadas pelo método CONSECANA (2006).

Os resultados foram submetidos à análise de variância com teste F a 5% e 1% de probabilidade, e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para os resultados da análise estatística por contraste, os dados foram submetidos à análise da variância com teste F, e as médias comparadas por meio de contrastes ortogonais com teste t (5 e 1% de probabilidade).

Resultados e discussão

Para melhor ilustrar a discussão dos resultados obtidos, além da análise estatística, relacionaram-se os valores 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.

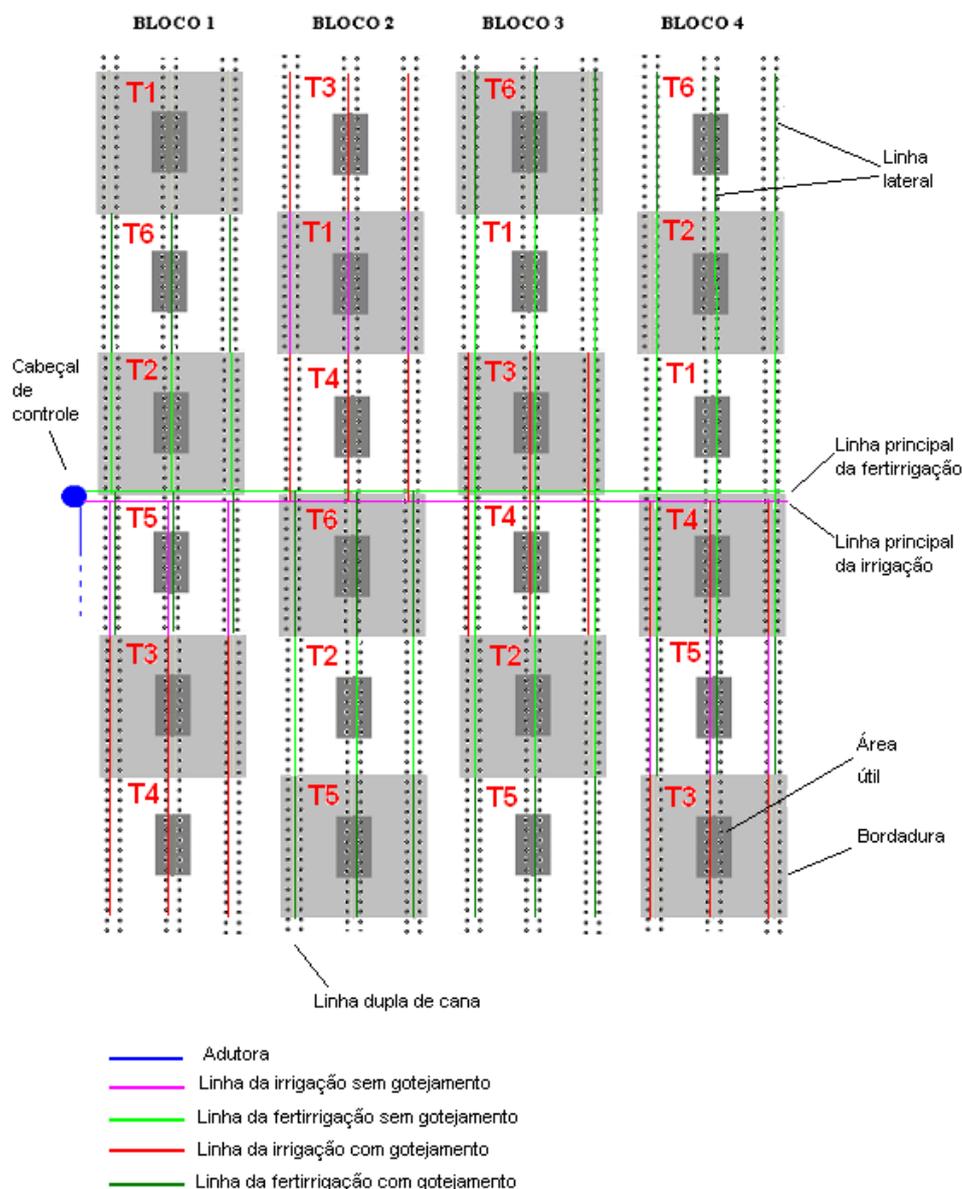


Figura 3 - Disposição dos blocos e parcelas no experimento, sendo: T1=sequeiro sem boro no plantio; T2=sequeiro com boro no plantio; T3=irrigado sem boro no plantio; T4=irrigado e com boro no plantio; T5=fertirrigado sem boro no plantio; T6=fertirrigado e com boro no plantio. *Blocks and plots arrangement in the field in which T1 : not irrigated and without boron; T2 : not irrigated and with boron; T3 : irrigated and without boron; T4 : irrigated and with boron; T5 : fertigated and without boron; T6 : fertigated and with boron.*

Tabela 2 - Dados agrometeorológicos e de irrigação ocorridos no período de junho de 2007 a junho de 2008 no município de Barretos - SP. *Irrigation and meteorological data during the period between June of 2007 and June of 2008 in Barretos, state of São Paulo, Brazil.*

Ano	Mês	Precipitação ¹ (mm)	Irrigação (mm)	Lâmina total (mm)	Temperatura média ² (°C)	Temperatura máxima ² (°C)	Temperatura mínima ² (°C)
2007	jun.	10,0	32,0	42,0	20,1	22,9	14,8
	jul.	95,0	22,0	117,0	19,9	24,5	13,3
	ago.	0,0	48,0	48,0	21,7	24,9	19,2
	set.	0,0	107,0	107,0	25,3	28,4	21,7
	out.	49,0	85,0	134,0	26,7	29,6	21,3
	nov.	67,0	0,0	67,0	25,1	29,1	20,5
	dez.	121,0	15,0	136,0	26,0	28,5	22,9

Tabela 2 – Continuação...

Ano	Mês	Precipitação ¹ (mm)	Irrigação (mm)	Lâmina total (mm)	Temperatura média ² (°C)	Temperatura máxima ² (°C)	Temperatura mínima ² (°C)
2008	jan.	356,0	0,0	356,0	24,9	27,8	22,2
	fev.	149,0	0,0	149,0	25,7	28,9	22,3
	mar.	222,0	0,0	222,0	23,9	26,6	19,2
	abr.	76,0	22,0	98,0	22,5	25,8	19,9
	maio	15,0	0,0	15,0	19,4	23,4	15,6
	jun.	0,0	0,0	0,0	20,2	22,8	16,6
TOTAL		1160,0	331,0	1491,0	-----	-----	-----

¹ Fonte: CPETEC/INPE; ² Fonte: CIIAGRO

Tabela 3 - Água aplicada semanalmente com a irrigação. *Irrigation data at week intervals during the duration of the experiment.*

Data	DAP	ETo (mm)	Kc	ETcana (mm)	Precipitação (mm)	Déficit hídrico (mm)	Lâmina aplicada (mm)
06 a 12-5-2007	-	25,8	0,5	12,9	0	12,9	0
13 a 19-5-2007	-	24,4	0,5	12,2	0	12,2	0
20 a 26-5-2007	-	14,3	0,5	7,1	51,5	0	0
27-5 a 2-6-2007	2	0	0,5	0	8,0	0	0
03 a 09-6-2007	9	10,1	0,5	5,0	0	5,0	5*
10 a 16-6-2007	16	21,2	0,5	10,6	0	10,6	11*
17 a 23-6-2007	23	17,3	0,5	8,6	0	8,6	9*
24 a 30-6-2007	30	17,5	0,5	8,7	2,0	6,7	7*
01 a 07-7-2007	37	17,7	0,5	8,8	0	8,8	9
08 a 14-7-2007	44	14,6	0,65	9,5	0	9,5	10
15 a 21-7-2007	51	13,7	0,65	8,9	6,5	2,4	3
22 a 28-7-2007	58	11,0	0,65	7,1	88,0	0	0
29-7 a 4-8-2007	65	0	0,65	0	0	0	0
05 a 11-8-2007	72	21,3	0,65	13,9	0	13,9	14
12 a 18-8-2007	79	20,9	0,75	15,7	0	15,7	16
19 a 25-8-2007	86	23,4	0,75	17,5	0	17,5	18
26-8 a 1-9-2007	93	25,5	0,75	19,1	0	19,1	19
02 a 08-9-2007	100	27,9	0,75	20,9	0	20,9	21
09 a 15-9-2007	107	31,1	0,75	23,3	0	23,3	24
16 a 22-9-2007	114	25,9	0,9	23,3	0	23,3	24
23 a 29-9-2007	121	20,8	0,9	18,7	0	18,7	19
30-9 a 6-10-2007	128	29,1	0,9	26,2	0	26,2	27
7 a 13-10-2007	135	30,6	0,9	27,6	0	27,6	28
14 a 20-10-2007	142	33,2	0,9	29,8	0	29,8	30
21 a 27-10-2007	149	34,8	1,1	38,3	49,3	0	0
28-10 a 3-11-2007	156	0	1,1	0	8,0	0	0
4 a 10-11-2007	163	18,9	1,1	20,8	21,3	0	0
11 a 17-11-2007	170	8,1	1,1	8,9	8,3	0,7	0
18 a 24-11-2007	177	19,1	1,1	21,1	29,3	0	0
25-11 a 1-12-2007	184	3,7	1,1	4,1	5,0	0	0
02 a 8-12-2007	191	28,1	1,1	30,9	69,3	0	0
9 a 15-12-2007	198	0	1,1	0	26,3	0	0
16 a 22-12-2007	205	6,3	1,1	6,9	3,0	3,9	0
23 a 29-12-2007	212	29,3	1,1	32,2	17,3	14,9	15
30-12-2007 a 5-1-2008	219	23,5	1,1	25,9	33,5	0	0
06 a 12-1-2008	226	4	1,1	4,4	87,3	0	0
13 a 19-1-008	233	0	1,1	0	136,8	0	0
20 a 26-1-2008	240	0	1,1	0	98,8	0	0
27-1 a 02-2-2008	247	0	1,1	0	50,3	0	0
03 a 09-2-2008	254	0	1,1	0	48,0	0	0
10 a 16-2-2008	261	0	1,1	0	18,8	0	0

Tabela 3 – Continuação...

Data	DAP	ETo (mm)	Kc	ETcana (mm)	Precipitação (mm)	Déficit hídrico (mm)	Lâmina aplicada (mm)
17 a 23-2-2008	268	9,8	1,1	10,7	32,3	0	0
24-2 a 01-3-2008	275	0	1,1	0	56,0	0	0
02 a 08-3-2008	282	0	1,1	0	0	0	0
09 a 15-3-2008	289	26,3	1,1	28,9	109,5	0	0
16 a 22-3-2008	296	0	1,1	0	54,5	0	0
23 a 29-3-2008	303	0	0,7	0	1,5	0	0
30-3 a 05-4-2008	310	23,4	0,7	16,4	3,5	12,9	13
06 a 12-4-2008	317	20,3	0,7	14,2	5,0	9,2	9
13 a 19-4-2008	324	17,2	0,7	12,0	45,3	0	0
20 a 26-4-2008	331	0	0,7	0	22,3	0	0
27-4 a 3-5-2008	338	0,8	0,6	0,5	12,5	0	0
04 a 10-5-2008	345	4,6	0,6	2,8	0	2,8	0
11 a 17-5-2008	352	21,0	0,6	12,6	0	12,6	0
18 a 24-05-2008	359	20,8	0,6	12,5	0	12,5	0
25 a 31-05-2008	366	21,3	0,6	12,8	2,5	10,3	0
01 a 07-6-2008	373	27,4	0,6	16,4	0	16,4	0
08 a 14-6-2008	380	26,1	0,6	15,6	0	15,6	0
Total	-	-	-	484,3	1211,5	424,5	331

DAP - dias após plantio; ETo - evapotranspiração de referência; Kc - coeficiente de cultura; ETcana - evapotranspiração da cultura; * Lâminas aplicadas por aspersão em toda a área experimental.

Tabela 4 - Parcelamento dos 30 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 80 kg ha⁻¹ de potássio na adubação por fertirrigação. *Partitioning of the 30 kg ha⁻¹ of N and 80 kg ha⁻¹ of K applied to the plants by fertigation.*

Parcela- mento	----- 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%)

Preferiu-se relacionar o resultado do experimento a esses dados e não às médias estaduais e nacionais, devido a Açúcar Guarani ser 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 5.

Brix

Pela análise do brix, não houve interação entre os fatores S (sequeiro), I (irrigado) e F (fertirrigado) 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 6). Isto pode ser explicado devido ao 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, podendo-se 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.

Tabela 5 – Produtividade e variáveis tecnológicas da cana-de-açúcar variedade RB85 5453, cana-planta, conduzida em sequeiro, colhida entre 25-05-2008 e 25-06-2008, sem uso de maturador e sem emprego de fogo, em áreas comerciais da Açúcar Guarani S.A., totalizando 171,04 ha. *Productivity and technological characteristics of plant cane (sugar cane variety 'RB85 5453') cultivated without irrigation harvested in the period between May 25 and June 25 of 2008 without the help of plant ripeners and of fire from a commercial area of 171.04 ha of the 'Acúcar Guarani S.A.'*

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

Pol caldo - sacarose aparente do caldo; AR caldo - açúcares redutores do caldo; ATR - açúcar total recuperável.

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.

Fibra

Os teores obtidos de fibra foram inferiores ao obtido nos plantios comerciais regionais (Tabela 5), variando a redução entre 16,4% e 21,7%. Isto, provavelmente, ocorreu devido às maiores produtividades obtidas no presente estudo, comparadas com a produtividade nos plantios comerciais, principalmente por ser o experimento conduzido em área em repouso durante um ano, após o cultivo de citros, com favorável teor de matéria orgânica. 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 cana conduzida sob sequeiro apresentou menor teor de fibra que a fertirrigada ($p=0,0223$), e não diferiu da irrigada (Tabela 6). 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 ao acamamento.

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.

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 ficou menor que nos plantios comerciais (Tabela 5), 11,48% e 13,67%, respectivamente, porém, muito semelhante à obtida nas conduções irrigado e fertirrigado. Para a condução sequeiro, isto pode estar relacionado à maior produtividade (123,0 t ha⁻¹)

comparada à produtividade da área comercial (87,39 t ha⁻¹). Com irrigação e fertirrigação, embora tenham sido maiores as produtividades, a ausência de déficit hídrico, contribuiu, provavelmente, para o aumento da Pol. As conduções com boro e sem boro apresentaram Pol menor que nas áreas comerciais.

Pela análise estatística da 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 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 6), concordando com o resultado encontrado por DANTAS NETO et al. (2006) e discordando de DALRI & CRUZ (2008) e DALRI et al. (2008), que não encontraram diferença na Pol do caldo, entre cana de sequeiro e fertirrigada.

Devido à contribuição da matéria orgânica no solo, proveniente da cultura anterior (citros) à implantação do experimento, a Pol não apresentou diferença com a adição ou não de boro, pois a matéria orgânica contribui para a retenção e disponibilidade do boro no solo, concordando com o encontrado por ESPIRONELLO et al. (1976a; 1976b) em cana-planta, BRASIL SOBRINHO et al. (1976) e MELLIS & QUAGGIO (2009) em cana-soca. Sem a adição de boro, os fatores S, I e F não diferiram significativamente entre si; porém, devido à influência do déficit hídrico na absorção e transporte do nutriente na planta, com boro o fator S obteve menor Pol que os fatores I e F ($p = 0,0013$), que não diferiram entre si.

Pureza aparente do caldo

No experimento, a pureza do caldo obtida na condução sequeiro ficou próxima da obtida nos plantios comerciais regionais (Tabela 5), 80,2% e 80,8%, respectivamente. Porém, as conduções irrigado e fertirrigado promoveram maior pureza do caldo que a condução sequeiro e plantios comerciais regionais. Assim, fica evidenciado o efeito positivo da irrigação e da fertirrigação na cultura da cana-de-açúcar em relação à pureza aparente do caldo.

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 ($p=0,0005$). Essa interação positiva entre boro e condições de maior disponibilidade hídrica (irrigado e fertirrigado) pode ser explicada pelo efeito do boro e da disponibilidade hídrica nos tecidos vegetais, contribuindo para a translocação de açúcares na planta. A maior disponibilidade hídrica também favorece a decomposição de matéria orgânica no solo, com liberação de boro e maior atividade de raízes, contribuindo para a absorção desse micronutriente pela planta.

Conduzindo em sequeiro, a adição de B causou redução no teor de pureza do caldo ($p = 0,0135$), e nas conduções irrigado e fertirrigado não houve diferença com a aplicação de B (Tabela 6). A pureza do caldo é determinada pela relação do Pol do caldo, e o Brix e a adição de boro na condução sequeiro reduziram 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.

Açúcares redutores do caldo (AR)

Todos os modos de condução utilizados no experimento obtiveram menor teor de açúcares redutores que os obtidos nos plantios comerciais (Tabela 5), sendo que o regime de sequeiro foi a que se mostrou mais próxima desse valor.

Pela análise estatística do teor de AR, não houve interação entre os fatores sequeiro, irrigação e fertirrigação com a aplicação de B ($p = 0,1006$). Esses fatores apresentaram diferença significativa ($p = 0,0007$) para o parâmetro AR, sendo que o fator sequeiro apresentou maior percentual de AR que os fatores irrigação e fertirrigação, que não diferiram entre si (Tabela 6). Isto pode ser explicado pelo maior grau de maturação que a irrigação proporcionou à cana, haja vista que os tratamentos irrigado e fertirrigado 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 a variável AR. Para a cultura sem adição de boro, os fatores sequeiro, irrigação e fertirrigação não diferiram entre si.

Porém, com adição de boro, houve diferença significativa ($p=0,0005$) entre o fator sequeiro e os fatores irrigação e fertirrigação, que não diferiram entre si. Com boro, a condução sequeiro apresentou maior percentual de AR que os demais, sendo 20,0% e 25,7% maiores que nos regimes irrigado e fertirrigado, respectivamente, corroborando a ideia de que os sistemas irrigados e com melhor teor de boro no solo apresentaram maior grau de maturação da cana.

Açúcar total recuperável (ATR)

O ATR médio de um total de 4.677,19 ha de cana comercial colhida no período de 25-05-2008 a 25-06-2008, independentemente da variedade, idade do canavial, tipo de colheita, aplicação de maturador, foi de 128,65 kg t⁻¹ de cana.

Os tratamentos sob fertirrigação apresentaram quantidade de açúcar total recuperável 10,8% superior à obtida nos plantios comerciais regionais (Tabela 5), 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.

Pela análise estatística do ATR, não houve interação entre os tratamentos sequeiro, irrigação e fertirrigação 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 6). A aplicação de boro não influenciou no ATR da cana. Sendo o boro um micronutriente, ele é exigido em pequena quantidade pela planta, e sua disponibilidade é favorecida pela matéria orgânica no solo. Neste experimento, o solo anteriormente era cultivado com cítricos, apresentando pH igual a 6, favorecendo a liberação de boro no tratamento mesmo sem sua aplicação. Porém, mesmo tendo havido 1.160 mm de precipitação em função da chuva, a aplicação de 331 mm (irrigação e fertirrigação) incrementou a disponibilidade hídrica, resultando em maiores teores de ATR, demonstrando a importância desses tratamentos para esta variável analisada.

Pelo método CONSECANA, o fator ATR é calculado com base na Pol do caldo, nos teores de fibra, açúcares redutores e pureza, sendo este fator utilizado na formação do preço de pagamento da cana. Assim, os resultados obtidos de maiores valores de ATR com irrigação e fertirrigação implicam maior rentabilidade econômica da cultura.

Produtividade

A produtividade com fertirrigação (175,1 t ha⁻¹) foi 100,4% superior à obtida no plantio comercial (87,39 t ha⁻¹) (Tabela 5),

equivalendo a incremento de 87,7 t de cana por hectare. Mesmo a condução sob regime de sequeiro apresentou produtividade 40,7% superior ao plantio regional, o que pode ter ocorrido devido ao maior controle de plantio e colheita (manual) na realização do experimento, comparados com a colheita mecanizada da área comercial e, também, devido à fertilidade do solo anteriormente cultivado com cítrós na área experimental.

Pela análise da produtividade, não houve interação entre as conduções de cultivo sequeiro, irrigado e fertirrigado com a aplicação de B ($p=0,9563$). A produtividade foi maior nas parcelas irrigadas e fertirrigadas ($p=0,0033$), conforme se pode observar na Tabela 6, 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, comparando-se com a condução em regime de sequeiro, o incremento na produtividade obtido com a irrigação foi de 30,8%, e com a condução fertirrigação, o incremento foi de 42,4%, decorrentes da distribuição parcelada dos nutrientes e da lâmina de irrigação (331 mm) para a complementação da 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 t ha⁻¹ entre a condução irrigada e a fertirrigada, devido ao coeficiente de variação obtido para a análise estatística desta variável (17%), não houve diferença estatística entre elas, despertando interesse em realizar outras pesquisas com maior parcelamento da fertirrigação.

A aplicação de boro não resultou em diferença significativa ($p = 0,8051$) na produtividade, pois o coeficiente de variação (Tabela 6) para esta variável, embora classificado como médio, foi o maior de todos (17%). Este resultado, provavelmente, foi influenciado pela matéria orgânica resultante da cultura anterior ao presente experimento, porém pode também ter sido decorrente da dose utilizada na aplicação de boro (0,3 kg ha⁻¹), despertando interesse em realizar outras pesquisas com diversas doses. A não existência de diferença significativa 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 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 de série Ibitiruna também foi classificado como baixo, e o resultado com maior produtividade foi o do 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 resultados diferem do 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 com 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 superoferta do micronutriente pode ser tão prejudicial quanto a carência.

Apesar de este trabalho não visar aos aspectos econômicos da utilização da irrigação e da fertirrigação, deve-se considerar que o preço pago ao produtor de cana é baseado na quantidade de cana entregue e no ATR, tendo-se obtido com o uso da irrigação por gotejamento incrementos de 14,9% no ATR e 30,8% na produtividade, e com o uso da fertirrigação, 16,8% no ATR e 42,3% na produtividade, comparados com a cultura sem irrigação.

Conclusões

O uso de irrigação na cultura da cana-de-açúcar aumenta a produtividade, 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 produziram resultados semelhantes para as variáveis estudadas.

A adubação com boro aplicada no tolete da cana-de-açúcar não alterou as variáveis estudadas.

Há pouca interação entre uso de irrigação e adubação com boro.

Tabela 6 - Resultados do teste entre médias para °Brix, teor de fibra na cana (%), sacarose aparente no caldo (%), pureza do caldo (%), açúcares redutores do caldo (%), quantidade de açúcar total recuperável (ATR) por tonelada de cana processada (kg t^{-1}) e produtividade da cana-de-açúcar (cana-planta) em função de irrigação, fertirrigação e adubação com boro (t ha^{-1}). *Effects of irrigation, fertigation, and boron on sugar cane brix, culms fiber content, apparent sucrose in the juice, juice purity, juice reducing sugars, amount of total recoverable sugar (ATR) per ton of processed cane, and productivity of culms.*

°Brix				
Fator	sem boro	com boro	MÉDIA	CV (%)
Sequeiro	16,3	14,3	15,3 B	
Irrigado	16,9	17,7	17,3 A	
Fertirrigado	17,6	17,2	17,4 A	
MÉDIA	16,9 a	16,4 a		7,6
Teor de fibra na cana (%)				
Fator	sem boro	com boro	MÉDIA	CV (%)
Sequeiro	9,69	9,22	9,46 B	
Irrigado	9,77	9,78	9,77 AB	
Fertirrigado	9,98	10,22	10,10 A	
MÉDIA	9,81 a	9,74 a		4,2
Sacarose aparente no caldo (%)				
Fator	sem boro	com boro	MÉDIA	CV (%)
Sequeiro	12,42	10,54	11,48 B	
Irrigado	13,18	14,14	13,66 A	
Fertirrigado	13,89	13,77	13,83 A	
MÉDIA	13,16 a	12,82 a		9,3
Pureza do caldo (%)				
Fator	sem boro	com boro	MÉDIA	CV (%)
Sequeiro	82,3 Aa	78,0 Bb	80,2 B	
Irrigado	83,5 Aa	84,4 Aa	84,0 A	
Fertirrigado	84,1 Aa	85,0 Aa	84,6 A	
MÉDIA	83,3 a	82,5 a		2,6
Açúcares redutores do caldo (%)				
Fator	sem boro	com boro	MÉDIA	CV (%)
Sequeiro	0,800	0,909	0,855 A	
Irrigado	0,730	0,695	0,712 B	
Fertirrigado	0,705	0,655	0,680 B	
MÉDIA	0,745 a	0,753 a		10,1
ATR (kg t^{-1})				
Fator	sem boro	com boro	MÉDIA	CV (%)
Sequeiro	118,3	102,4	110,3 B	
Irrigado	122,0	131,4	126,7 A	
Fertirrigado	129,9	127,7	128,8 A	
MÉDIA	123,4 a	120,5 a		8,5
Produtividade (t ha^{-1})				
Fator	sem boro	com boro	MÉDIA	CV (%)
Sequeiro	123,1	123,0	123,0 B	
Irrigado	157,3	164,4	160,9 A	
Fertirrigado	174,6	175,5	175,1 A	
MÉDIA	151,6 a	154,3 a		17,0

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

Tabela 7 – Valores de contraste e suas significâncias pelo teste t para °Brix (Brix), teor de fibra (Fib; %), sacarose aparente no caldo (POL; %), pureza do caldo (Pur; %), açúcares redutores do caldo (AR; %), quantidade de açúcar total recuperável (ATR) por tonelada de cana processada (kg t⁻¹) e produtividade (Prod; t ha⁻¹) da cana-de-açúcar (cana-planta) em função de irrigação, fertirrigação e adubação com boro. *Contrast values and their significance by the t test for °Brix (Brix), culms fiber content (Fib; %), juice apparent sucrose content (POL; %), juice purity (Pur; %), juice reducing sugars (AR; %), total amount of recoverable sugar per ton of processed culms (ATR), and productivity of culms (Prod) as influenced by irrigation, fertigation, and fertilization with boron.*

Contrastes	Brix	Fib	POL	Pur	AR	ATR	Prod
	Quadrados médios						
Sem boro vs com boro ¹	1,49 ^{NS}	0,031 ^{NS}	0,73 ^{NS}	4,00 ^{NS}	0,001 ^{NS}	50,03 ^{NS}	42,77 ^{NS}
S sem boro vs I + F sem boro ²	2,54 ^{NS}	0,092 ^{NS}	3,28 ^{NS}	6,30 ^{NS}	0,017 ^{NS}	156,37 ^{NS}	490,55 ^{NS}
S com boro vs I + F com boro ³	2,78 ^{NS}	0,61 ^{NS}	1,00 ^{NS}	8,86 ^{NS}	0,014 ^{NS}	165,66 ^{NS}	590,07 ^{NS}
I sem boro vs F sem boro ⁴	1,02 ^{NS}	0,086 ^{NS}	1,00 ^{NS}	0,77 ^{NS}	0,0012 ^{NS}	125,45 ^{NS}	596,51 ^{NS}
I com boro vs F com boro ⁵	0,46 ^{NS}	0,40 ^{NS}	0,27 ^{NS}	0,63 ^{NS}	0,0032 ^{NS}	27,53 ^{NS}	247,09 ^{NS}
CV(%)	7,61	4,21	9,35	2,59	10,13	8,47	17,01

¹ Tratamento sem boro versus tratamento com boro; ² Tratamento sequeiro sem boro versus irrigado mais fertirrigado sem boro; ³ Tratamento sequeiro com boro versus irrigado mais fertirrigado com boro; ⁴ Tratamento irrigado sem boro versus fertirrigado sem boro e ⁵ Tratamento irrigado com boro versus fertirrigado com boro.

Agradecimentos

À Açúcar Guarani S.A., pela oportunidade; à Hydrus Irrigação, à PS Avi e Yamamoto e à Samaritá Indústria e Comércio, pelo apoio.

Referências

ANDERSON, D. L.; BOWEN, J. E. **Nutrição de cana-de-açúcar**. Tradução de José Orlando Filho. Piracicaba: POTAFÓS, 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 (Doutorado em Engenharia Agrícola) Campina Grande, Universidade Federal Campina Grande, 2002. 112p.

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

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**, Campinas, v.35, n.17, p.83-90, 1976.

CONSECANA. **Manual de instruções**. Piracicaba, 2006. 112p.

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, p.29-34, 2002.

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, p.516-524, 2008.

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, p.1-11, 2008.

DANTAS NETO, J.; FIGUEREDO, J. L. C.; FARIAS, C. H. A.; AZEVEDO, H. M.; AZEVEDO, C. A. V. Resposta da cana-de-açúcar, primeira soca, a níveis de irrigação e adubação de cobertura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.2, abr/jun 2006.

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

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

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, p.191-211, 1976.

- 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, p.259-272, 1976.
- FARIAS, C. H. A. **Desenvolvimento morfofisiológico da cana-de-açúcar em regime irrigado e sequeiro na Zona da Mata paraibana**. 2001. 74f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2001.
- FAO FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome, 2006. 300p.
- 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.
- KHAN, G.S. **Yield and quality of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) as affected by micronutrient application**. 1994. Tese (Doutorado) - University Tando Jam, Tando Jam, 1994.
- 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, 1996, Bauru. **Anais...**
- 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 Hipertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2009_3/MicronutrientesCana/index.htm>. Acesso em: 11.out.2009.
- OLIVEIRA, M. V. A.; 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. **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**, Piracicaba, v.2, n.1. p.1-128, 1980.
- 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.
- 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. In: 7., 2006, Malásia. Proceedings... B-39.
- SCARDUA, R.; ROSENFELD, U. Irrigação da cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S. B. **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: CP2, 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**, Calcutta, v.52, n.6, p.439-443, 2002.
- VITTI, G. C.; OLIVEIRA, D. B.; QUINTINO, T. A. Micronutrientes na cultura da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S. V. (Coord.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP2, 2006. p.121-137.