

Épocas de Plantio e Demanda de Irrigação da Cana-de-Açúcar na Região dos Tabuleiros Costeiros do Nordeste



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Tabuleiros Costeiros
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Épocas de Plantio e Demanda de Irrigação da Cana-de-Açúcar na Região dos Tabuleiros Costeiros do Nordeste

*Ronaldo Souza Resende
Julio Roberto Araujo Amorim
Edson Patto Pacheco
Thaís Nascimento Meneses
Tatiane Barreto de Carvalho*

Embrapa Tabuleiros Costeiros
Aracaju, SE
2016

Embrapa Tabuleiros Costeiros

Av. Beira Mar, 3250

49025-040 Aracaju, SE

Fone: (79) 4009-1344

Fax: (79) 4009-1399

www.embrapa.br/tabuleiros-costeiros

www.embrapa.com.br/fale-conosco

Comitê Local de Publicações da Embrapa Tabuleiros Costeiros

Presidente: *Marcelo Ferreira Fernandes*

Secretária-executiva: *Raquel Fernandes de Araújo Rodrigues*

Membros: *Ana Veruska Cruz da Silva Muniz, Carlos Alberto da Silva, Elio Cesar Guzzo, Hymerson Costa Azevedo, João Gomes da Costa, Josué Francisco da Silva Junior, Julio Roberto de Araujo Amorim, Viviane Talamini e Walane Maria Pereira de Mello Ivo*

Supervisão editorial: *Raquel Fernandes de Araújo Rodrigues*

Normalização bibliográfica: *Josete Cunha Melo*

Editoração eletrônica: *Joyce Feitoza Bastos*

Fotos: *Ronaldo Souza Resende*

1^ª Edição

Publicação digitalizada (2016)

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Tabuleiros Costeiros

Épocas de plantio e Demanda de irrigação da cana-de-açúcar na região dos Tabuleiros Costeiros do Nordeste / Ronaldo Souza Resende... [et al.] - Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2016. 24 p. II. (Boletim de Pesquisa / Embrapa Tabuleiros Costeiros, ISSN 1678-1961, 121).

1. *Saccharum* spp. 2. Alagoas. 3. Nordeste. 4. Irrigação. I. Resende, Ronaldo Souza. II. Amorim, Julio Roberto Araujo. III. Pacheco, Edson Patto. IV. Meneses, Thaís Nascimento. V. Carvalho, Tatiane Barreto de. VI. Título. VIII. Série.

CDD 630 (21 ed.)

©Embrapa 2016

Sumário

Resumo	4
Abstract.....	6
Introdução.....	7
Material e Métodos.....	11
Resultados e Discussão.....	11
Conclusões.....	22
Referências	22

Épocas de Plantio e Demanda de Irrigação da Cana-de-Açúcar na Região dos Tabuleiros Costeiros do Nordeste

Ronaldo Souza Resende¹

Julio Roberto Araujo de Amorim²

Edson Patto Pacheco³

Thaís Nascimento Meneses⁴

Tatiane Barreto de Carvalho⁵

Resumo

Este estudo objetivou avaliar o efeito de cinco épocas de plantio na maximização da produtividade agroindustrial e na eficiência do uso da água em cultivo irrigado de cana-de-açúcar. As variedades de cana-de-açúcar RB92579 e RB962962 foram cultivadas em três ciclos, correspondentes à condição de cana-planta, primeira e segunda folhas, respectivamente nas safras 2012-2013, 2013-2014 e 2014-2015. Os tratamentos foram constituídos pelos meses de plantio: outubro (M1), novembro (M2), dezembro (M3), janeiro (M4) e fevereiro (M5). Adotou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, com quatro repetições por variedade. Ao fim de cada ciclo de cultivo, analisaram-se as seguintes variáveis: tonelada de colmos por hectare (TCH), açúcar total recuperável (ATR) e tonelada de ATR por

¹Engenheiro-agronomo, doutor em Irrigação e Drenagem, pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE

²Engenheiro-agronomo, mestre em Irrigação e Drenagem, pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE

³Engenheiro-agronomo, doutor em Ciências do Solo, pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE

⁴Engenheira-agronoma, doutoranda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA

⁵Ecóloga, mestre em Recursos Hídricos, Aracaju, SE

hectare (TAH). Foram obtidas as lâminas total de irrigação para cada tratamento e, a partir delas, calculadas as eficiências de uso da água pela cana-de-açúcar em relação à água de irrigação (EUA_I), irrigação + precipitação total (EUA_{I+P}) e irrigação + precipitação efetiva (EUA_{I+Pe}). O plantio em novembro e dezembro minimiza o consumo da água de irrigação, enquanto o plantio nos meses de novembro e janeiro maximiza a eficiência de uso de água de irrigação, para as duas variedades (RB92579 e RB962962).

Palavras-chave: *Saccharum* ssp., precipitação efetiva, balanço de água no solo.

Planting Time and Irrigation Demand of Sugarcane in Coastal Tablelands in Northeastern, Brazil

Abstract

This study aimed to evaluate the effect of five planting time on the maximization of agro-industrial productivity and the efficiency of water use in irrigated sugarcane cultivation. The sugarcane varieties RB92579 and RB962962 were grown in three crop cycles, corresponding to the condition of cane-plant, first and second leaves, respectively in the harvests 2012-2013, 2013-2014, and 2014-2015. The treatments were constituted by the planting months October (M1), November (M2), December (M3), January (M4), and February (M5). A randomized complete block design with four replications per variety was used. At the end of each cultivation cycle, the following variables were analyzed: ton of stems per hectare (TCH), total sugar recoverable (ATR), and ton of ATR per hectare (TAH). For each treatment, the total irrigation depths values were obtained; and, from these, the efficiencies of water use by sugarcane in relation to irrigation water (EUA_i), irrigation + total precipitation (EUA_{i+P}), and irrigation + effective precipitation (EUA_{i+Pe}) were calculated. The planting of sugarcane in November and December minimizes the consumption of irrigation water, while planting in November and January maximizes the irrigation water use efficiency for both varieties (RB92579 and RB962962).

Index terms: *Saccharum* spp., effective rainy precipitation, soil water balance.

Introdução

A irrigação da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) é praticada principalmente sob duas modalidades: a primeira, que é predominante, constitui-se na aplicação de duas a três lâminas de 60 mm a 70 mm apenas na fase inicial de seu desenvolvimento. A segunda modalidade, irrigação plena, embora utilizada em menor proporção, vem crescendo significativamente nos últimos anos, seja com reposição parcial ou total da demanda evapotranspirométrica (irrigação com e sem déficit, respectivamente), principalmente na região Nordeste do Brasil e nas áreas de expansão da cultura do Centro-Oeste do país.

A época de plantio da cana-de-açúcar tem relação direta com as condições climáticas de cada região; pois, para que ocorra um bom desenvolvimento inicial, deve-se considerar, entre outros fatores, a temperatura média do ar e a precipitação pluviométrica. Além do aspecto relacionado ao consumo de água de irrigação, diferentes épocas de plantio podem influenciar a produção final da cana-de-açúcar, principalmente pelo efeito das variáveis climáticas relacionadas às diferentes fases de desenvolvimento da cultura.

Para os plantios realizados no início da estação chuvosa do Nordeste (abril-maio), o atendimento da demanda hídrica via irrigação coincide com a fase final de desenvolvimento da cultura e consequente maior demanda hídrica (valores de coeficiente de cultivo – K_c mais elevados), podendo magnificar o consumo de água de irrigação. Por outro lado, quando o plantio é realizado no início do período seco a demanda de irrigação coincide com a fase de cultivo de menores valores de K_c 's, porém poderá resultar em um maior número de meses em que a irrigação é necessária.

Adicionalmente, faz-se necessário relacionar o fato de a demanda de água de irrigação ser menor no início do verão com a resposta da cana-de-açúcar quanto à sua produtividade física e de variáveis de qualidade tecnológica, de forma a indicar a época que resulta em maior eficiência de uso de água (EUA), ou seja, a relação entre a quantidade do insumo utilizada pela quantidade do produto obtida.

A eficiência de uso de água é definida como a razão entre o rendimento obtido pela cultura e o volume de água aplicado (irrigação) ou que entrou no sistema de produção (irrigação + precipitação), sendo expressa em kg m^{-3} (SILVA et al., 2011; ALBUQUERQUE, 2012). A EUA pode também ser relacionada à “eficiência” com que a cultura utiliza a água para transformar em seu produto final (BRITO, 2007) ou ser definida como a forma como a água de irrigação é efetivamente utilizada pelas culturas (MOLDEN et al., 2010; KLOSS et al., 2012).

O objetivo deste estudo foi avaliar a demanda de água de irrigação, a produtividade física e tecnológica da cultura e a eficiência de uso de água da irrigação (EUA), para cada mês de plantio.

Material e Métodos

Os plantios foram realizados em diferentes meses dentro do período de safra da região Nordeste, que vai de setembro-outubro até março-abril, em área pertencente a uma usina de açúcar e álcool, localizada no Município de Coruripe, AL, cujas coordenadas geográficas são, $10^{\circ}01'29,15''$ de latitude Sul e $35^{\circ}16'24,86''$ de longitude Leste, com altitude de 108 m. O solo da área é caracterizado como Argisolo amarelo coeso (SANTOS et al., 2006) e sua caracterização físico-hídrica é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização físico-hídrica do solo da área experimental, Coruripe, AL.

Prof. (m)	Granulometria (g kg^{-1})			CC ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)	PMP ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)	Ds (Mg m^{-3})	Classificação textural
	Areia	Silte	Argila				
0,0 - 0,2	875,6	66,0	58,4	0,13	0,05	1,57	Arenosa
0,2 - 0,4	788,3	106,5	105,2	0,14	0,06	1,65	Areia-franca

CC, capacidade de campo (10 kPa); PM, ponto de murcha permanente (1.500 kPa).

Fonte: Embrapa (2006).

Foram utilizadas duas variedades de cana, RB92579 e RB962962, ambas cultivadas em espaçamento duplo, com 0,5 m entre fileiras, na dupla e 1,3 m entre as fileiras duplas. As parcelas foram constituídas de 4 linhas duplas, com 11 m de comprimento e 7,2 m de largura,

resultando em uma área de 79,2 m² por parcela. Como parcela útil foi considerada as duas fileiras duplas centrais, correspondendo a uma área de 39,4 m². O preparo inicial do solo consistiu de uma subsolagem com profundidade de corte entre 0,50 m a 0,60 m, seguidos de uma aração e uma gradagem cruzada, para posterior obtenção dos sulcos de plantio na profundidade de 0,30 m. Os plantios foram realizados utilizando colmos, com densidade de 15 gemas m⁻¹ a 18 gemas m⁻¹, inseridas manualmente nos sulcos. Uma visão geral das parcelas experimentais é apresentada na Figura 1.



Figura 1. Área experimental com cultivo de cana-de-açúcar em diferentes fases do ciclo vegetativo.

Os meses de plantio avaliados foram: M1 (outubro), M2 (novembro), M3 (dezembro), M4 (janeiro) e M5 (fevereiro), adotando delineamento experimental em blocos ao acaso com quatro repetições. Os resultados foram obtidos analisando os dados de três ciclos de cultivo, correspondentes à condição de cana-planta, primeira e segunda folha, nas safras 2012-2013, 2013-2014 e 2014-2015, designados como C1, C2 e C3, respectivamente.

As lâminas diárias de irrigação foram determinadas com base na reposição da média diária da evapotranspiração de referência (ET₀) da semana anterior, estimada pelo método de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998), a partir de dados de uma estação climatológica automática, instalada à aproximadamente 5 km da área experimental. A evapotranspiração da cultura (ET_c) foi estimada a partir da ET₀,

utilizando-se os coeficientes de cultivo (K_c) obtidos por Silva et al. (2012) e definidos em função da idade da cana, para cada tratamento. A irrigação foi interrompida 30 dias antes da colheita, com o intuito de induzir a maturação e promover o acúmulo de sacarose. O manejo da irrigação foi idêntico para as duas variedades estudadas. As lâminas de irrigação foram aplicadas diariamente por meio de um sistema de gotejamento subsuperficial (GSS), com tubogotejadores espaçados de 1,8 m, gotejadores de 0,5 m entre si e enterrados a 0,25 m de profundidade do solo, sendo o gotejador do tipo plano, compensante de pressão, com vazão nominal de $1,0 \text{ L h}^{-1}$. O volume de água de irrigação aplicado para cada época de plantio foi medido com utilização de hidrômetros do tipo Woltman, permitindo estabelecer o consumo de água de irrigação para cada tratamento.

A adubação consistiu de 106 kg ha^{-1} , 62 kg ha^{-1} e 215 kg ha^{-1} de NPK, respectivamente, 300 kg ha^{-1} de sulfato de magnésio além de micronutrientes, todos esses aplicados via fertirrigação, a qual foi efetuada semanalmente e dividida em 3 momentos (dias da semana), em função da compatibilidade dos fertilizantes utilizados. Foram utilizados os fertilizantes ureia e nitrato de cálcio como fonte de N, o mono amônio fosfato (MAP), como fonte de fósforo e o cloreto de potássio, como fonte de K.

Os fatores de análise utilizados foram TCH (tonelada de colmos industrializáveis por hectare), ATR (açúcar total recuperável, em kg Mg^{-1} de colmo), quantificada conforme CONSECANA (2006) e TAH (tonelada de açúcar por hectare, em Mg ha^{-1}), a qual é o produto do ATR pelo TCH, dividido por 1.000.

No sentido de determinar o mês de plantio que resulta em maior retorno financeiro, foi efetuada uma análise econômica simplificada (considerando apenas a água de irrigação como custo de produção) para o primeiro ciclo de cultivo incluindo a receita bruta (RB), o custo total da água de irrigação por gotejamento subsuperficial (Cw) e a receita líquida (RL), de cada variedade.

Na composição da RB foram considerados os seguintes parâmetros: o rendimento físico da cana-de-açúcar – TCH; o açúcar total recuperável – ATR (em kg Mg⁻¹), a quantidade total de ATR por unidade de área – ATR/ha (TCH x ATR = ATR/ha) e o preço de venda do quilograma de ATR – R\$/ATR. Na composição dos custos assumiu-se a simplificação de que as diferentes épocas de plantio não redundam em diferenciação de insumos e recursos para a produção, exceto a quantidade de água de irrigação – W, associado a seu preço unitário.

A RB para os tratamentos avaliados correspondeu ao produto da produção média de ATR/ha, pelo preço do ATR do Estado de Alagoas (CONSECANA-AL/SE, 2014) equivalente ao mês de cada colheita.

O custo da água de irrigação ($C_w = R\$ 8,00 \text{ mm}^{-1}$) foi definido com base em informações de custos médios operacionais da irrigação obtidas pelas usinas Jalles Machado, SP e Coruripe, AL, sendo este multiplicado pelo volume correspondente de água de irrigação aplicado em cada tratamento (W). A RL foi definida pela diferença entre a RB e o C_w de cada tratamento.

Os dados dos componentes de produção foram submetidos à análise de variância, utilizando o Teste F para avaliar sua significância estatística e posteriormente o Teste de Tukey para comparação de médias dos tratamentos, ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico Sistema para análise de variância (Sisvar) (FERREIRA, 2011).

Resultados e Discussão

A demanda hídrica da cana-de-açúcar nas épocas de plantio avaliadas é resultado da integração de fatores culturais e climáticos, relativos a cada período de crescimento, refletindo na diferenciação do déficit hídrico total de cada uma dessas épocas e na consequente necessidade de irrigação. O aumento da lâmina média de irrigação do primeiro ao último ciclo de cultivo foi relacionado ao aumento do déficit hídrico climatológico (precipitação - evapotranspiração de referência, no ciclo de cultivo), que foi de -125 mm, -218 mm e -376 mm, para C1, C2 e C3, respectivamente (Figura 2).

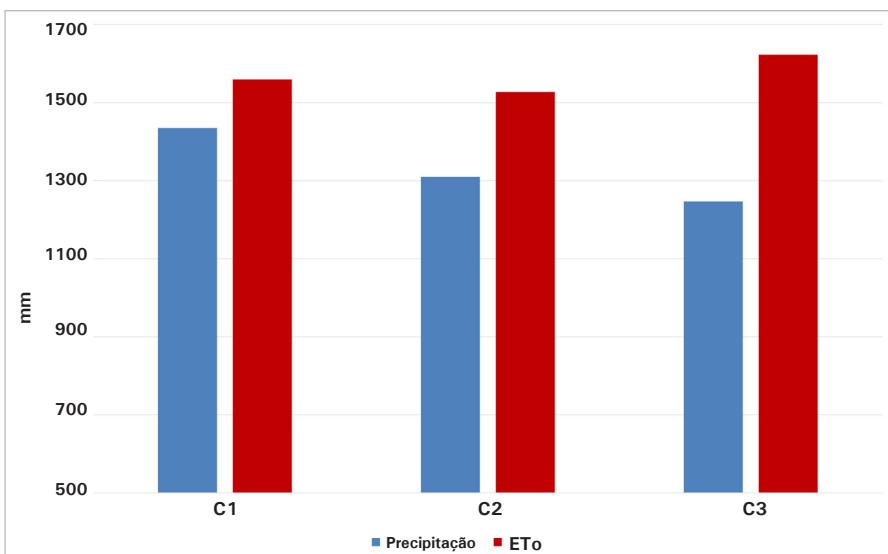


Figura 2. Precipitação e evapotranspiração de referência média (cinco épocas de plantio), para cada ciclo de cultivo.

As lâminas de irrigação aplicada no período de cultivo da cana, para cada época de plantio e nos três ciclos de cultivo, são apresentadas na Tabela 2. O mês de novembro resulta em menor lâmina de irrigação nos ciclos de cana-planta e primeira folha, com valores de 458 mm e 653 mm, respectivamente, enquanto no ciclo de segunda folha a menor lâmina é a correspondente ao plantio de dezembro. O plantio/corte realizado no mês de fevereiro é o que resulta na maior necessidade de irrigação nos três ciclos avaliados, seguido pelo plantio realizado no mês de outubro, evidenciando que a maior necessidade de irrigação ocorre nos plantios realizados no início e final de safra da região Nordeste. Utilizando modelo de simulação, Resende et al. (2013) também observaram que o plantio efetuado no mês de novembro foi aquele que resultou em menor consumo de água de irrigação durante o ciclo da cultura, com lâmina líquida requerida estimada em 446 mm. Em termos médios, o plantio da cana-de açúcar efetuado no mês de novembro representa uma redução da ordem de 16,5% na necessidade de irrigação, em relação ao plantio realizado no mês de fevereiro (Tabela 2), significando uma economia de $1290 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.

Tabela 2. Lâmina de irrigação aplicada (mm) para cada ciclo de cultivo, em função de épocas de plantio da cana-de-açúcar.

Safras	Época de plantio/corte					
	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Média
2012-2013	556	458	470	508	636	526
2013-2014	669	653	670	672	771	687
2014-2015	923	840	825	948	930	893
Média	716	650	655	710	779	702

Rendimento de colmos e de açúcar

Na Tabela 3, são apresentados os valores de TCH, ATR e TAH para cada mês de plantio e nos três ciclos de cultivo. O efeito da época de plantio na produtividade de colmos é mais pronunciado para a variedade RB 92579, uma vez que, as diferenças de TCH são estatisticamente significativas para os três ciclos avaliados. Para as duas variedades, observa-se uma tendência de redução da produtividade no decorrer do período de safra, sendo exceção o plantio efetuado no mês de janeiro. De modo inverso, apenas no terceiro ciclo ocorre tendência de aumento de produtividade no final da safra, para ambas as variedades. É possível que esse comportamento diferenciado esteja relacionado ao elevado déficit hídrico ocorrido na safra 2014/2015, que fez com que os plantios de janeiro e fevereiro tenham tido um maior período do cultivo sob melhor controle da oferta hídrica pela irrigação.

Nos dois primeiros ciclos de plantio, a variedade RB92579 apresenta maior produção de colmos quando comparada a variedade RB962962, tendo esse comportamento se invertido no terceiro ciclo (Tabela 3).

Enquanto a média de produtividade da primeira é de $149,66 \text{ Mg ha}^{-1}$, a da segunda foi de $137,25 \text{ Mg ha}^{-1}$, resultando em uma diferença média de 9%.

O efeito da época de plantio na concentração de açúcar na cana-de-açúcar, inferido a partir da ATR, é mais pronunciado na variedade RB 962962, havendo diferenças estatísticas nos ciclos C1 e C2, enquanto na variedade RB92579 somente ocorre no ciclo C2. Nos dois primeiros

ciclos de plantio, observa-se uma tendência de elevação de aumento do valor da ATR no decorrer da safra, principalmente na variedade RB92579; embora essa tendência esteja bem estabelecida na indústria sucroenergética, ela não ocorre para a variedade RB962962.

Da mesma forma observada para a variável TCH, o efeito da época de plantio na produtividade de açúcar (TAH) é mais pronunciado para a variedade RB 92579 e também do mesmo modo do corredor com o TCH, a variedade RB92579 é superior à RB962962 na massa de açúcar produzido por unidade de área, com valor médio dos tratamentos nos três ciclos de $19,07 \text{ Mg ha}^{-1}$, para a primeira e $15,86 \text{ Mg ha}^{-1}$, para a segunda (Tabela 3).

Tabela 3. Produtividade de colmo fresco (TCH), de açúcar total recuperável (ATR) e de açúcar (TAH), para cada ciclo de cultivo, em função de épocas de plantio/corte da cana-de-açúcar¹.

Safras	RB86579					
	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Média
TCH						
2012-2013	162,44a	150,24ab	139,15bc	165,55a	130,91c	149,66
2013-2014	140,63a	125,82a	106,62a	126,92a	118,56a	123,71
2014-2015	95,44c	105,04bc	102,09bc	125,38ab	137,25a	113,04
Média	132,84	127,03	115,95	139,28	128,91	128,80
ATR						
2012-2013	139,3a	141,4a	147,3a	149,2a	144,1a	144,2
2013-2014	143,8c	142,4c	152,1cb	160,7ab	162,7a	152,3
2014-2015	149,0a	146,3a	150,0a	149,2a	146,5a	148,2
Média	144,0	143,4	149,8	153,1	151,1	148,3
TAH						
2012-2013	22,68ab	21,25ab	20,51ab	24,76a	18,86b	21,61
2013-2014	20,24a	17,89a	16,25a	20,42a	19,26a	18,81
2014-2015	14,25b	15,58ab	15,31ab	18,75ab	20,03a	16,78
Média	19,05	18,24	17,36	21,31	19,38	19,07

Continua...

Tabela 3. Continuação.

Safra	RB922986					
	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Média
TCH						
2012-2013	142,71ab	139,53ab	133,42ab	157,80a	112,90b	137,27
2013-2014	125,71a	118,98a	108,50a	131,36a	116,77a	120,26
2014-2015	107,06a	117,12a	101,34a	125,67a	121,15a	114,47
Média	125,16	125,21	114,42	138,28	116,94	124,00
ATR						
2012-2013	121,2ab	125,7a	111,1b	123,4a	131,8a	122,6
2013-2014	117,4b	136,8a	131,3ab	130,4ab	133,2ab	129,8
2014-2015	131,0a	135,7a	131,2a	136,8a	128,9a	132,7
Média	123,2	132,7	124,5	130,2	131,3	128,4
TAH						
2012-2013	17,31ab	17,52ab	14,82b	19,39a	14,88b	16,79
2013-2014	14,75a	16,27a	14,25a	17,10a	15,53a	15,58
2014-2015	13,98a	15,90a	13,39a	17,16a	15,62a	15,21
Média	15,35	16,56	14,16	17,88	15,34	15,86

¹Médias seguidas das mesmas letras, na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tuckey, com nível de significância de 5%.

Eficiência de uso de água de irrigação (EUA_i)

De acordo com Coelho et al. (2013), a EUA pode ser alcançada aumentando a produtividade para mesma quantidade de água aplicada. Pode ser alcançada também ao reduzir o denominador da razão, isto é, reduzindo a lâmina aplicada. Nesse sentido, a segunda alternativa pode ser conseguida a partir da definição adequada da época de plantio, através da sincronização das fases fenológicas de maior demanda hídrica da cultura com o período de maior disponibilidade hídrica, reduzindo, dessa maneira, a aplicação de água via irrigação, sem comprometer a produtividade.

Embora os plantios de novembro e dezembro tenham requerido menor lâmina de irrigação, a maior produtividade obtida no plantio de janeiro fez com que ele tenha resultado, juntamente com o mês de novembro, na maior EUA_i, com média nos três ciclos de cultivo de 21,5 Kg m⁻³ e 21,2 Kg m⁻³ (Tabela 4).

Tabela 4. Eficiência de uso de água de irrigação (Kg m⁻³) para cada ciclo de cultivo, em função de épocas de plantio da cana-de-açúcar.

Safra	RB92579					RB962986					Média	
	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Média	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	
2012-2013	29,2	32,7	29,6	32,5	20,5	29,2	25,6	30,4	28,4	31,0	17,7	25,6
2013-2014	21,0	19,2	15,9	18,8	15,3	21,0	18,8	18,2	16,1	19,5	15,1	18,8
2014-2015	10,3	12,5	12,3	13,2	14,7	10,3	11,6	13,9	12,2	13,2	13,0	11,6
Média	20,2	21,5	19,3	21,5	16,9	20,2	18,6	20,8	18,9	21,2	15,3	18,6

A menor eficiência de uso de água ocorreu no plantio de fevereiro, com média de 16,9 Kg m⁻³ e 15,3 Kg m⁻³, para as variedades RB92579 e RB962962, respectivamente. A EUA_i variou de 20,5 Kg m⁻³ a 32,7 Kg m⁻³, para a variedade RB92579 e 17,7 Kg m⁻³ a 31,0 kg m⁻³, para a variedade RB962962. Comparativamente, Albuquerque (2012) reponde 100% da ET_c, para o segundo e terceiro ciclos da cana-de-açúcar, variedade RB92579, cultivada na região do litoral norte da Paraíba, obteve valor de EUA_i em base de colmo de 9,7 Kg m⁻³ e 15,6 Kg m⁻³, respectivamente.

A média da EUA(I) obtida nos três ciclos, tanto para a variedade RB92579 (20,2 kg m⁻³) como para RB962962 (18,6 kg m⁻³) foi superior a alcançada por Joudi, Veysi e Judy (2011) com média de 3,73 kg m⁻³, que utilizaram a variedade cultivada CP69-1062 em cultivo comercial no Iran, com irrigação por sulco e no primeiro ciclo de produção. Endres et al. (2010), estudando a fotossíntese e as relações hídricas na cana-de-açúcar no Brasil, observaram que a variedade RB92579, teve uma densidade mais elevada de raiz, que lhe permite manter um bom sistema de absorção de água, porque mesmo sob baixo potencial de água na folha, ela manteve uma boa condutância estomática, com maior transpiração e fotossíntese que as outras variedades testadas (RB72545, SP79-1011). Os resultados obtidos por esses autores sugerem que essa variedade tem um mecanismo de tolerância que permite suportar o déficit de água, em vez de evitá-lo, fato que pode ter contribuído para sua maior EUA, em relação à variedade RB962962.

Análise econômica

Para o cálculo da receita bruta, foram considerados o TCH, ATR e o valor pago pelo quilograma de ATR (CONSECANA, 2014). Como já visto, para a variedade RB92579, à exceção do plantio realizado em janeiro, os resultados de TCH seguiram uma tendência de redução ao longo da safra; de modo contrário, o teor de açúcar na cana tendeu a aumentar de outubro a janeiro, sendo exceção apenas o plantio de fevereiro. Apesar do aumento da concentração de açúcar na cana, a produção total de açúcar por hectare seguiu a tendência do TCH e também reduziu de outubro a janeiro, tendo, do mesmo modo, o plantio de janeiro como exceção (Tabela 5).

Tabela 5. Receita bruta, custo da irrigação e receita líquida da variedade RB 92579, em função das épocas de plantio/corte avaliadas.

Época de plantio/corte	Receita bruta				Custo			Receita Líquida	
	TCH Mg ha ⁻¹	ATR kg Mg ⁻¹	ATR kg ha ⁻¹	Valor ATR R\$ kg ⁻¹	RB R\$ ha ⁻¹	W mm	Cw R\$	R\$ ha ⁻¹	
Outubro	162,45	139,25	22.621,16	0,5081	11.493,81	555,9	4.447,20	7.046,30	
Novembro	150,23	141,36	21.236,51	0,5204	11.051,48	458,2	3.665,60	7.386,80	
Dezembro	139,15	147,43	20.514,88	0,5338	10.950,95	469,8	3.758,40	7.179,74	
Janeiro	165,55	149,18	24.696,75	0,5276	13.030,00	508,4	4.067,20	8.962,72	
Fevereiro	130,92	144,14	18.870,81	0,5207	9.826,03	636,2	5.089,60	4.735,84	

O preço do ATR tem uma tendência histórica de elevação ao longo da safra, mas para o ano dessa análise a magnitude não afetou consideravelmente a receita bruta, que seguindo o comportamento do TCH, reduziu seu valor do início ao fim da safra, sendo exceção mais uma vez o plantio de janeiro (Tabela 6).

Tabela 6. Receita bruta, custo da irrigação e receita líquida da variedade RB 962962, em função das épocas de plantio/corte avaliadas.

Época de plantio/corte	Receita bruta				Custo			Receita Líquida R\$ ha ⁻¹
	TCH Mg ha ⁻¹	ATR kg Mg ⁻¹	ATR kg ha ⁻¹	Valor ATR R\$ kg ⁻¹	RB R\$ ha ⁻¹	W mm	Cw R\$	
Outubro	142,71	121,23	17.300,73	0,5081	8.790,50	555,9	4.447,20	4.343,18
Novembro	139,43	125,70	17.526,35	0,5204	9.120,71	458,2	3.665,60	5.461,46
Dezembro	133,42	111,08	14.820,29	0,5338	7.911,07	469,8	3.758,40	4.152,37
Janeiro	157,80	123,42	19.475,67	0,5276	10.275,37	508,4	4.067,20	6.207,86
Fevereiro	112,91	131,79	14.880,41	0,5207	7.747,23	636,2	5.089,60	2.658,06

No componente de custo, a quantidade de água utilizada para a irrigação da cana mostrou um comportamento polinomial quadrático, sendo maior nos meses extremos da safra e menor nos meses centrais. O custo unitário da água de irrigação no sistema de gotejamento informado na Usina Coruripe, teve valor fixo, dessa forma, o componente de custo total da irrigação (C_w) apresenta o mesmo comportamento polinomial observado na lâmina de irrigação aplicada.

Ao relacionar a curva de demanda pela água de irrigação para cultivo de cana-de-açúcar da Usina Santo Antônio, Passo de Camaragibe, AL, com variação dos preços do setor sucroalcooleiro, Pedrosa (2009) mostrou que preços superiores a R\$0,65 m⁻³ (R\$ 6,5 mm⁻¹) de água anulam completamente o benefício da irrigação, zerando a receita líquida, para a metodologia utilizada, onde a receita líquida inclui outros custos como custo variável de produção e custo fixo de produção do canavial. Já Teodoro (2012), para a variedade RB92579, observou que a lâmina de irrigação de máxima eficiência econômica varia de acordo com o preço do ATR, e para o valor médio de R\$ 0,3985 do ATR e R\$ 3,20 do mm de água aplicado, a lâmina de máxima eficiência econômica foi 610 mm (l), em cana-planta, com produtividade agrícola média de 176 Mg ha⁻¹.

Para a variedade RB92579 os plantios realizados nos meses de novembro e janeiro foram resultaram nas maiores receitas líquida, com valores de R\$ 7.386,80 e R\$ 8.962,72 e respectivamente (Tabela 5). Esses meses foram os que também maximizaram a receita líquida para a variedade RB962962 (Tabela 6). A receita líquida média da variedade RB96579 foi de R\$ 7.062,28 por hectare, enquanto que para a variedade RB92579 esse valor foi de R\$ 4.564,59 por hectare, representando um incremento de receita de 54,7% (Tabela 5 e 6).

Conclusões

Para as variedades RB92579 e RB962962, o plantio nos meses de novembro e dezembro minimizam o consumo da água de irrigação.

Para as variedades RB92579 e RB962962, há uma tendência de maximização produtividade de colmo e açúcar nos meses de início da safra regional.

O plantio realizado nos meses de novembro e janeiro maximiza a eficiência de uso de água de irrigação, para as variedades RB92579 e RB962962.

Para as variedades RB92579 e RB962962, a maximização da receita líquida foi obtida com o plantio efetuado nos meses de novembro e janeiro, quando considerando apenas o custo da água de irrigação.

Referências

ALBUQUERQUE, W. G. de. **Consumo hídrico e coeficiente de cultivo dual da cana-de-açúcar cultivada sob diferentes lâminas de irrigação**. 2012. 89 f. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2012.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 1998. p. 300. (FAO. Irrigation and Drainage. Paper, 56).

BRITO, A. L. Disponibilidade e produtividade da água: um desafio para o século 21. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS NO SEMI-ÁRIDO MINEIRO, 1., 2007, Janaúba, MG. **Anais...** Janaúba: UNIMONTES, 2007, p. 47-56.

COELHO, E. F.; COELHO FILHO, M. A.; COTRIM, C. E. C.; SILVA, A. J. P. da. Mecanismos para otimização da eficiência do uso da água em fruteiras tropicais. **Item**, Brasília, DF, n. 99, 3º e 4º trimestres de 2013, p. 48-53.

CONSECANA-SP. Conselho dos produtores de cana-de-açúcar, açúcar e álcool do Estado de São Paulo. **Manual de instruções**. Piracicaba: COSECANA, 2006. 112 p.

CONSECANA-AL/SE. Conselho dos Produtores de Cana-de-açúcar, Açúcar e Álcool dos Estados de Alagoas e Sergipe. **Preço médio do kg do ATR**: safra 2013/2014. Disponível em: <<http://www.sindacucar-al.com.br/consecana/#ancoraSafra>>. Acesso em: 12 jan. 2014.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

ENDRES, L.; SILVA, J. V.; FERREIRA, V. M.; BARBOSA, G. V. de S. Photosynthesis and Water Relations in Brazilian Sugarcane. **The Open Agriculture Journal**, Sarjah, v.4, p.31-37, 2010.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

JOUDI, L.; VEYSI, S.; JUDY, F. Irrigation water productivity and water use efficiency of sugarcane plants under drought conditions (case study in farabi agro-industry lands). **Current Research Journal of Biological Sciences**, New York, v. 3, n. 6, p. 550-554, 15. nov. 2011.

KLOSS, S.; RAJI, P.; KAMOYO, K. J.; SCHÜTZE N. Evaluation of crop models for simulating and optimizing deficit irrigation systems in arid and semi-arid countries under climate variability. **Water Resource Management**, Montain View, v. 26, p. 997-1014, 2012.

MOLDEN, D.; OWEIS, T.; STEDUTO, P.; BINDRABAN, P.; HANJRA, M. A.; KIJNE, J. Improving agricultural water productivity: between optimism and caution. **Agricultural Water Management**, Montain View, v. 97, n. 4, p. 528-535, 2010.

PEDROSA, V. de A. Curva de demanda pela água para irrigação de cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 18., 2009, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: ABRH, 2009, p. 1-8.

RESENDE, R. S.; COSTA, J. V. T. da; AMORIM, J. R. A. de; MENESES, T. N. Estimativa do consumo de água de irrigação para diferentes épocas de plantio da cana-de-açúcar, utilizando o modelo CROPWAT. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 23., 2013, Luís Eduardo Magalhães. **Anais...** Bahia: ABID, 2013, p. 1-6.

SILVA, T. H. G. F da; MOURA, M. S. B. de; ZOLNIER, S.; SOARES, J. M.; VIEIRA, V. J. de S.; JÚNIOR GOMES, W. F. Demanda hídrica e eficiência do uso de água da cana-de-açúcar irrigada no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.12, p.1257-1265, 2011.

SILVA, T. H. G. F da; MOURA, M. S. B. de; ZOLNIER, S.; SOARES, J. M.; VIEIRA, V. J. de S.; JÚNIOR GOMES, W. F. Requerimento hídrico e coeficiente de cultura da cana-de-açúcar irrigada no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.1, p.64-71, 2012.

TEODORO, I. **Respostas técnico-econômicas da cana-deaçúcar a níveis de irrigação e adubação nitrogenada.** 100 p. 82 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2012.



Tabuleiros Costeiros

MINISTÉRIO DA
**AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO**

