

## PRODUTIVIDADE DE COLMOS E EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA EM CANA-DE-AÇÚCAR IRRIGADA POR GOTEJAMENTO SUBSUPERFICIAL

**EDUARDO MAGNO PEREIRA DA SILVA<sup>1</sup>; ADERSON SOARES DE ANDRADE JÚNIOR<sup>2</sup>; EDSON ALVES BASTOS<sup>2</sup> E VALDENIR QUEIROZ RIBEIRO<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal do Piauí (UFPI), Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Campus Socopo, Rua Dirce Oliveira, S/N, Ininga, CEP 64048-550 Teresina, PI, Brasil. e-mail: agronomo\_edu@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Embrapa Meio-Norte, Avenida Duque de Caxias, n° 5.650, Bairro Buenos Aires, CEP 64006-220 Teresina, PI, Brasil, e-mail: aderson.andrade@embrapa.br, edson.bastos@embrapa.br, valdenir.queiroz@embrapa.br

### 1 RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi avaliar a produtividade de colmos e a eficiência de uso da água de variedades de cana-de-açúcar (cana planta) em resposta a diferentes regimes hídricos aplicados por gotejamento subsuperficial. O experimento foi realizado em um Argissolo Vermelho Amarelo distrófico, na Embrapa Meio-Norte, em Teresina, Piauí, Brasil, durante o período de outubro de 2015 a setembro de 2016. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos casualizados em parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas por quatro regimes hídricos (irrigação mais precipitação pluviométrica) baseados em frações da evapotranspiração de cultura (50% ET<sub>c</sub> = 1.374,3; 80% ET<sub>c</sub> = 1.534,2; 110% ET<sub>c</sub> = 1.712,0 e 150% ET<sub>c</sub> = 1.905,8 mm) e as subparcelas por dez variedades de cana-de-açúcar (RBUFRPE01, RBUFRPE02, RBUFRPE03, RBUFV01, RB036066, RB987935, RB935744, RB943538, RB92579 e RB867515). A variação do regime hídrico promoveu alteração na performance produtiva e na eficiência do uso da água. A máxima produtividade de colmos (222,9 Mg ha<sup>-1</sup>) foi obtida com a variedade RB935744 e a lâmina total aplicada de 1.688,8 mm. A maior eficiência do uso da água (13,5 kg m<sup>-3</sup>) foi obtida com a variedade RB935744, aplicando-se lâmina total de 1.606,2 mm.

**Palavras-chave:** *Saccharum officinarum*, performance produtiva, planejamento de irrigação.

**SILVA, E. M. P.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; BASTOS, E. A.; RIBEIRO, V. Q.  
STALKS YIELD AND WATER USE EFFICIENCY OF SUGARCANE IRRIGATED  
BY SUBSURFACE DRIPPING**

### 2 ABSTRACT

This study aimed to evaluate stalks yield and water use efficiency of sugarcane varieties (cane plant) in response to different water regimes applied by subsurface drip irrigation. The experiment was carried out in a dystrophic Yellow Red Argisol at Embrapa Middle North, Teresina, Piauí State, Brazil, during the period from October 2015 to September 2016. The experiment was designed in a randomized block design in subdivided plots, with four replications. The plots consisted of four water regimes (irrigation plus rainfall) based on culture evapotranspiration fractions (50% ET<sub>c</sub> = 1,374.3 mm, 80% ET<sub>c</sub> = 1,534.2 mm, 110% ET<sub>c</sub> = 1,712.0 mm and 150% ET<sub>c</sub> = 1,905.8 mm) and subplots per ten varieties of sugarcane

(RBUFPE01, RBUFPE02, RBUFPE03, RBUFV01, RB036066, RB987935, RB935744, RB943538, RB92579 and RB867515). The variation of the water regime promoted a change in productive performance and water use efficiency. The maximum stalks yield ( $222.9 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) was obtained with variety RB935744 and the total applied depth of 1,688.8 mm. The greater efficiency of water use ( $13.5 \text{ kg m}^{-3}$ ) was obtained with variety RB935744, applying total depth of 1,606.2 mm.

**Keywords:** *Saccharum officinarum*, productive performance, irrigation planning.

### 3 INTRODUÇÃO

O cultivo da cana-de-açúcar é uma das principais atividades agrícolas de importância econômica no Brasil, vem ocupando áreas em regiões não tradicionais, sobretudo, nos estados de Tocantins, Maranhão e Piauí. Nessas áreas, as terras possuem valor econômico viável, apesar de oscilações de preços, é atraente, pois os investidores, a longo prazo, poderão ter um retorno significativo (FERRO; CASTRO, 2013). Possui múltipla utilização, desde o emprego “in natura”, como forragem para alimentação animal, bem como matéria-prima na fabricação de rapadura, melado, cachaça e, notadamente, na produção de açúcar e álcool (BARBOSA; SILVEIRA, 2006).

Contudo, essas áreas potenciais ao cultivo da cana-de-açúcar, situam-se em regiões com clima semiárido e subúmido seco (800 a 1.200 mm anuais), cuja distribuição espacial da precipitação pluviométrica é insuficiente e não satisfaz a exigência hídrica de forma adequada durante seu ciclo de cultivo (ANDRADE JÚNIOR et al., 2012). Por isso, para o alcance de níveis de produção satisfatórios e rentáveis nessa região faz-se necessário o emprego e manejo da irrigação, assim como variedades adaptadas para as condições climáticas de cada região produtora do país (CARVALHO et al., 2009).

Dentre os métodos de irrigação pressurizados utilizados na cana-de-açúcar, destacam-se a aspersão, por pivô central, e o método localizado por gotejamento

subsuperficial. O gotejamento subsuperficial apresenta melhor adaptação às características de cultivo da cana-de-açúcar (FERREIRA JÚNIOR et al., 2014) e melhor eficiência de aplicação de água (GIL et al., 2008), o que é extremamente desejável em regiões áridas e semiáridas.

No caso específico da região Meio-Norte, estudos conduzidos por Andrade Júnior et al. (2012, 2017) demonstraram a viabilidade da irrigação por gotejamento subsuperficial em cana-de-açúcar nas condições de solo e clima de União e Teresina, PI. Porém, ainda há carência de estudos regionais visando o potencial produtivo de variedades de cana-de-açúcar em diferentes regimes hídricos e a quantificação da eficiência do uso de água.

Nesse sentido, avaliou-se a produtividade de colmos e a eficiência de uso da água de variedades de cana-de-açúcar em resposta a diferentes regimes hídricos aplicados por gotejamento subsuperficial, na microrregião de Teresina, PI.

### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi realizado no Campo Experimental da Embrapa Meio-Norte, em Teresina, PI, ( $5^{\circ}05'S$  e  $42^{\circ}29'W$ , a 72 m), durante o ciclo de cana planta, no ano agrícola de 2015/2016. O solo da área foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo distrófico (MELO et al., 2014).

Avaliaram-se dez variedades de cana-de-açúcar (RBUFPE01,

RBUFRPE02, RBUFRPE03, RBUFV01, RB036066, RB987935, RB935744, RB943538, RB92579 e RB867515), submetidos a quatro regimes hídricos (irrigação mais precipitação), aplicados

com base na evapotranspiração da cultura (ETc): RH1 – 50% ETc, RH2 – 80% ETc, RH3 – 110% ETc e RH4 – 150% ETc (Tabela 1).

**Tabela 1.** Lâminas totais de água aplicadas em cada regime hídrico (RH).

Regime hídrico	LI-A* (mm)	LI-D** (mm)	LT (mm)	P (mm)	Total (mm)
RH1 (50% ETc)	359,5	245,6	605,1	769,2	1.374,3
RH2 (80% ETc)	360,5	404,5	765,0	769,2	1.534,2
RH3 (110% ETc)	364,3	578,5	942,8	769,2	1.712,0
RH4 (150% ETc)	360,0	776,6	1.136,6	769,2	1.905,8

\*LI-A: lâmina de irrigação antes da aplicação dos regimes hídricos diferenciados (mm), \*\*LI-D: lâmina de irrigação durante a aplicação dos regimes hídricos diferenciados (mm), LT - lâmina de irrigação total (mm) P: precipitação (mm).

Os coeficientes de cultura utilizados para o cálculo da ETc foram os recomendados pela FAO (ALLEN et al., 1998). Estimou-se a evapotranspiração de referência (ETo) pelo método de Penman – Monteith (ALLEN et al., 1998), empregando-se dados climáticos obtidos de uma estação agrometeorológica automática instalada na Embrapa Meio-Norte.

Os RH foram sempre aplicados as 2as, 4as e 6as feiras, repondo-se a ETc acumulada no período entre duas irrigações consecutivas. Usou-se o sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial, com linhas gotejadoras em polietileno, emissores com vazão nominal de 2 L h<sup>-1</sup>, espaçadas de 2 m entre si e enterradas a 0,25 m de profundidade. Cada linha gotejadora foi enterrada no centro de duas linhas de cana-de-açúcar, espaçadas entre si de 0,5 m. O controle e medição do volume de água aplicado foi efetuado por hidrômetros. As parcelas foram constituídas por uma fileira dupla de 10 m de comprimento de cada variedade. A área útil da parcela compreendeu 20 m<sup>2</sup>.

O preparo do solo constou de uma aração e duas gradagens cruzadas.

Procedeu-se, dois meses antes do plantio, a calagem do solo com a aplicação de 1 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico. A aplicação de fertilizantes (macro e micronutrientes) foi efetuada totalmente por fertirrigação, com frequência semanal para os macros e mensal para os micros, com base na seguinte recomendação: 90 kg ha<sup>-1</sup> de N (ureia), 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (MAP), 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (cloreto de potássio) e uma formulação de micronutrientes composta por 6,5 kg ha<sup>-1</sup> de ácido bórico, 7 kg ha<sup>-1</sup> de óxido de zinco, 6 kg ha<sup>-1</sup> de óxido de cobre, 11 kg ha<sup>-1</sup> de óxido de manganês e 1 kg ha<sup>-1</sup> de molibdato de sódio (ANDRADE JÚNIOR et al., 2012).

Por ocasião da colheita, os colmos foram pesados com o auxílio de um dinamômetro para se determinar a produtividade de colmos (TCH, Mg ha<sup>-1</sup>). A eficiência do uso de água foi obtida pela relação entre a produtividade de colmos (kg ha<sup>-1</sup>) e volume de água aplicado em cada regime hídrico (m<sup>3</sup>).

Adotou-se o delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições, com os tratamentos dispostos em parcelas subdivididas (RH nas

parcelas e variedades nas subparcelas). Previamente à análise estatística dos dados, realizou-se uma análise de resíduos para todos os caracteres, a fim de avaliar-se a existência de dados discrepantes, a heterocedasticidade de variância e o ajuste dos resíduos a uma distribuição normal (NOGUEIRA, 2007). Após a análise de variância, fez-se o uso da regressão, seguindo o método proposto por Zimmermann (2014). Estimaram-se modelos de primeiro e segundo grau para as lâminas dentro de cada variedade e em função do teste t. A seleção do melhor modelo foi efetuada com o auxílio das significâncias de cada parâmetro, aceitando nível de significância até o limite de 15% de probabilidade (CONAGIN; JORGE, 1982). Utilizou-se o software SAS (SAS INSTITUTE, 2015) para as análises estatísticas.

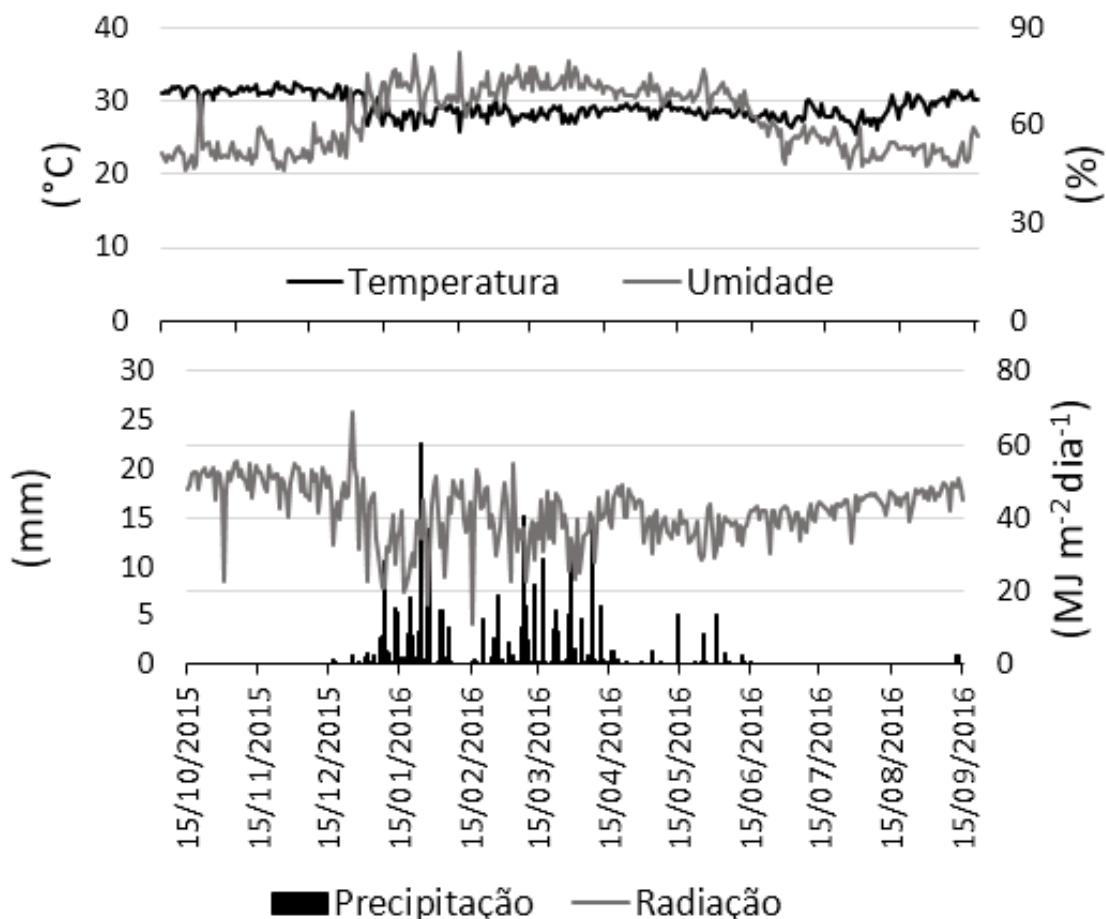
## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios diários dos elementos meteorológicos, temperatura do

ar, umidade relativa do ar, radiação solar e precipitação diária total, ocorridos durante o período experimental, são ilustrados na Figura 1. Verificou-se baixa variação da temperatura do ar ao longo do ciclo da cultura, com máxima de 32,6°C, no mês de dezembro, e mínima de 25,5°C, no mês de julho. A temperatura permaneceu na faixa considerada ideal para o desenvolvimento da cana-de-açúcar, que é entre 20°C a 38°C, sendo de 25°C a 35°C a faixa ótima para o crescimento dos colmos (RODRIGUES, 1995).

Quanto a umidade relativa do ar, entre os meses de janeiro à maio de 2016, observou-se elevação da umidade relativa do ar, com máxima (82,5%) e mínima (46,5%), alcançada nos meses de fevereiro e outubro, respectivamente, acompanhando de forma inversa as variações de temperatura do ar. A radiação solar atingiu valores máximo (25,9 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>) e mínimo (4,1 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>), nos meses de dezembro de 2015 e fevereiro de 2016, respectivamente.

**Figura 1.** Médias diárias dos elementos meteorológicos, temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%), radiação solar global ( $\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$ ) e precipitação diária total (mm), no período de outubro de 2015 a setembro de 2016. Dados obtidos da Estação Meteorológica da Embrapa Meio-Norte, Teresina, Piauí.



A precipitação entre outubro de 2015 a setembro de 2016 foi de 769,2 mm. Os maiores valores de precipitação foram registrados nos meses de janeiro a abril de 2016, totalizando 700 mm, o que correspondeu a 91% do total precipitado no período avaliado.

Durante esses meses foram registrados os maiores percentuais de umidade do ar e os menores valores de radiação solar e de temperatura do ar, característico do período chuvoso, enquanto que os demais meses (maio a setembro) compreendeu o período de menores precipitações da região (BASTOS; ANDRADE JÚNIOR, 2016). De forma

geral, as condições climáticas na região durante o período experimental foram favoráveis para o bom desenvolvimento da cana-de-açúcar.

A análise estatística revelou ter havido efeito significativo ( $p < 0,01$ ) para os fatores regimes hídricos (RHs), variedades de cana-de-açúcar, bem como para a interação entre RH e variedades para toneladas de colmo por hectare (TCH) e eficiência do uso da água (EUA) (Tabela 2), indicando que a variabilidade dos RH impostos foi capaz de promover alteração na performance produtiva das variedades avaliadas (OLIVEIRA et al., 2011).

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância (quadrados médios), referentes a produção de colmos de cana-de-açúcar e eficiência do uso da água de irrigação. Embrapa Meio-Norte, Teresina, Piauí.

FV	GL	TCH	EUA
Bloco	3	361,73 <sup>ns</sup>	1,72 <sup>ns</sup>
RHs	3	29556,43**	30,73**
Erro(a)	9	869,73	3,42
Variedade	9	2495,29**	10,11**
RH*VAR	27	1787,94**	7,31**
Erro(b)	108	259,63	1,09
CV(a)		7,95	7,90
CV(b)		9,71	9,98
Média Geral		165,94	10,47

ns: não significativo a ( $p > 0,005$ ); \*: significativo a ( $0,01 < p \leq 0,05$ ); \*\*: significativo a ( $p \leq 0,01$ ), pelo teste "F".

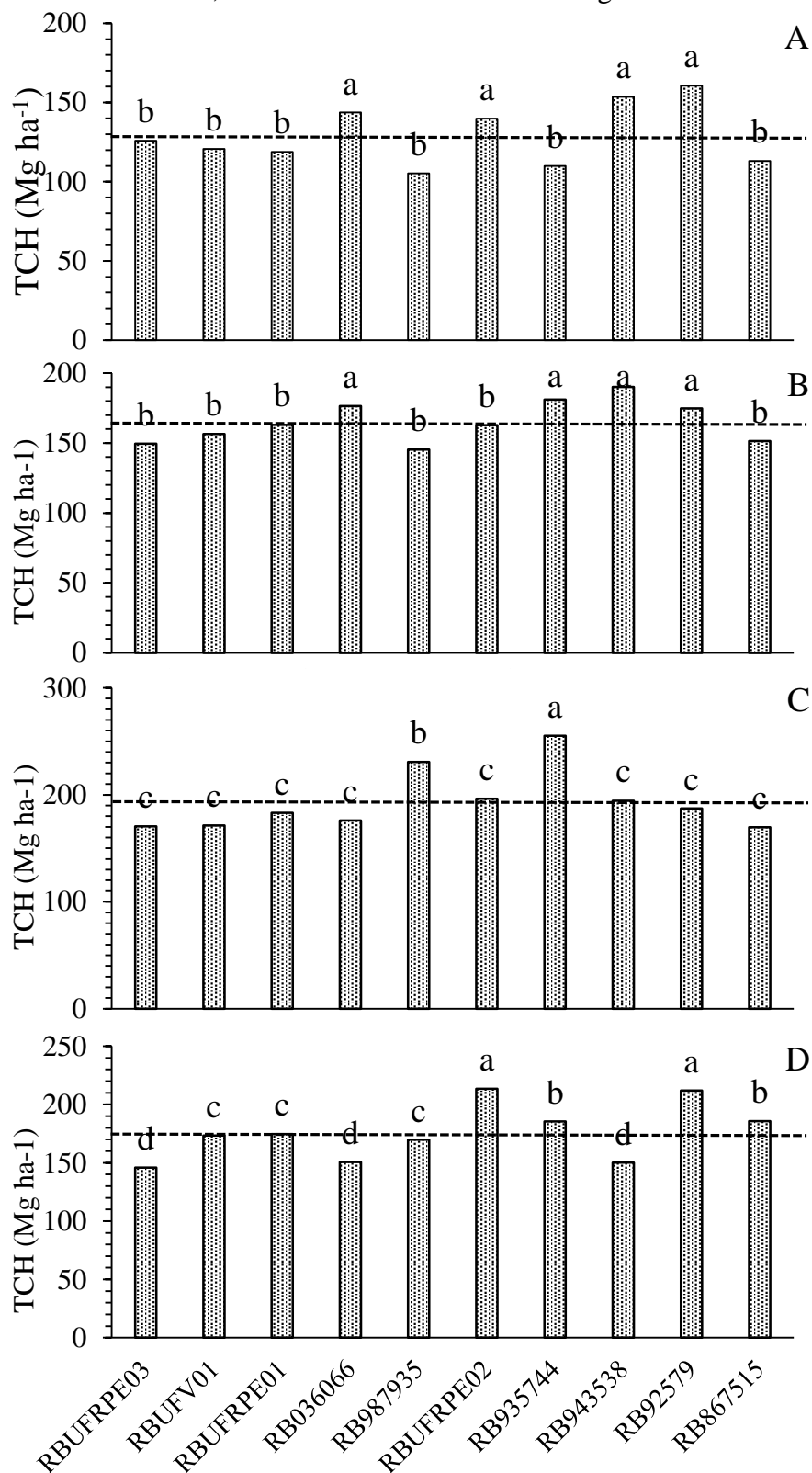
A média geral da produtividade de colmos do ensaio independente da variedade, foi de 165,9 Mg ha<sup>-1</sup>, acima da faixa considerada como aceitável para cana-de-açúcar sob regime irrigado de 140 Mg ha<sup>-1</sup> (FREITAS; BAFFA; BRASIL, 2009). O menor valor médio de TCH (129,1 Mg ha<sup>-1</sup>) foi alcançado com a aplicação do RH1 (50% ETc) (Figura 2A).

O maior valor médio de TCH (193,4 Mg ha<sup>-1</sup>) foi obtido com a aplicação do RH3, que corresponde à reposição de 110% da ETc da cultura (1.712,0 mm) (Figura 2C), representando um acréscimo de 49,8% na produtividade, ou seja, a aplicação adicional de 337,7 mm de água proporcionou um ganho de 64,3 Mg de colmos por hectare (190,5 kg ha<sup>-1</sup> por mm de água), em relação à irrigação de 50% da ETc (1.374,3 mm). A cana-de-açúcar possui metabolismo C4, com alta eficiência fotossintética e adaptação a ambientes com alta intensidade luminosa e temperatura do ar e com relativa escassez de água (SEGATO et al., 2006).

O desdobramento do efeito da interação entre RH e variedades revelou ter havido diferença significativa ( $p < 0,01$ ) em termos de produtividade de colmos com a aplicação de todos os regimes hídricos. Com a aplicação da menor lâmina total de água 1.374,3 mm (50% da ETc), as variedades RB92579 (160,6 Mg ha<sup>-1</sup>), RB943538 (153,5 Mg ha<sup>-1</sup>), RB036066 (143,6 Mg ha<sup>-1</sup>) e RBUFRPE02 (139,7 Mg ha<sup>-1</sup>), foram as mais produtivas (Figura 2A), e não diferiram estatisticamente entre si ( $p < 0,01$ ), com produtividades acima da média do tratamento.

Quando se utilizou lâmina de água correspondente à reposição de 80% da ETc (1.534,2mm) (Figura 2B), as variedades que se destacaram foram: RB943538 (190,1 Mg ha<sup>-1</sup>), RB935744 (181,0 Mg ha<sup>-1</sup>), RB036066 (176,5 Mg ha<sup>-1</sup>) e RB92579 (174,7 Mg ha<sup>-1</sup>), ou seja, a aplicação adicional de 159,9 mm de água, favorece em média um acréscimo de 21% na produtividade dessas variedades em relação a irrigação de 50% da ETc.

**Figura 2.** Produtividade de colmos das variedades de cana-de-açúcar em cada regime hídrico aplicado. A: 50%; B: 80% ETc; C: 110% ETc; D: 150% ETc. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Linhas descontínuas, são as médias dentro de cada regime hídrico.



Os resultados de TCH obtidos com as reposições de 50 e 80% da ETc, foram superiores aos encontrados por Vieira et al. (2015) no município de Jaíba – MG utilizando irrigação por pivô central com a variedade RB867515, no quarto ciclo de cultivo, com uso de lâminas totais de água similares (1.388,6 e 1.540,6 mm) alcançou máximas produtividades de colmos de 106,9 e 120,1 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Segundo Costa et al. (2011), o potencial produtivo das variedades de cana-de-açúcar é condicionado pelo tipo de solo e a quantidade de cortes, o qual reduz-se com a diminuição do vigor da planta em decorrência dos ciclos sucessivos de cultivo. Outro fator preponderante é a eficiência de aplicação de água diferenciada que ocorre entre os sistemas de irrigação empregados no cultivo da cana-de-açúcar.

Quando se aplicou a lâmina de água correspondente à reposição de 110% da ETc (1.712,0 mm), as variedades RB987935, RBUFRPE02 e RB935744, obtiveram produtividade de colmos acima da média, mas que diferiram estatisticamente entre si ( $p < 0,01$ ). A variedade RB935744 (255,2 Mg ha<sup>-1</sup>) foi a mais produtiva (Figura 2C), representando um incremento de 132,3%, 41% e 37% quando comparado os valores obtidos com a lâmina de água correspondente à reposição de 50% (109,8 Mg ha<sup>-1</sup>), 80% (181,0 Mg ha<sup>-1</sup>) e 150% da ETc (185,5 Mg ha<sup>-1</sup>), respectivamente. A alta produtividade apresentada por essa variedade pode ser explicada por suas características genéticas. No entanto, com a aplicação da maior lâmina total de água (RH4), as variedades mais produtivas foram RBUFRPE02 (213,3 Mg ha<sup>-1</sup>) e RB92579 (211,9 Mg ha<sup>-1</sup>). As variedades RB935744

e RB867515, também obtiveram produtividade de colmos acima da média, não diferiram estatisticamente entre si ( $p < 0,01$ ), mas diferindo das duas variedades supracitadas. Enquanto que as variedades RBUFRPE03, RB036066 e RB943538 foram as menos produtivas com média de 148,9 Mg ha<sup>-1</sup> (Figura 2D).

Dalri et al. (2008), trabalhando com a variedade RB72454 em diferentes frequências de irrigação (alta, irrigação a cada 10 mm da ETc; média, irrigação a cada 20 mm da ETc e baixa, irrigação a cada 30 mm da ETc), obtiveram resultados de TCH superiores ao desta pesquisa, com valores médios de 297,95; 320,60 e 282,84 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, sendo uma das razões dos valores elevados, a maior duração do ciclo de produção (494 dias), uma vez que, a cana de ano e meio apresenta mais tempo de crescimento efetivo que a cana com ciclo de 360 dias.

Pela análise de regressão da produtividade de colmos, constatou-se efeito linear para as variedades RBUFV01, RBUFRPE02, RB92579 e RB867515. Já em relação a eficiência do uso da água obtiveram a mesma resposta RBUFRPE03 e RB92579. Entretanto, as variedades RBUFRPE03, RBUFRPE01, RB036066, RB987935, RB935744 e RB943538 obtiveram respostas quadráticas para produtividade de colmos, enquanto para a eficiência do uso da água somente a variedade RBUFRPE03 não obteve a mesma resposta. Os dados de EUA das variedades RBUFV01, RBUFRPE02 e RB867515 não se ajustaram a nenhum modelo de regressão linear e/ou quadrático propostos (Tabela 3).



**Tabela 3.** Efeito das lâminas de irrigação (L; mm), sob produtividade de colmos de cana-de-açúcar (TCH; Mg ha<sup>-1</sup>) e a eficiência do uso da água (EUA; kg m<sup>-3</sup>) de irrigação, Embrapa Meio-Norte, Teresina-PI, 2015/2016.

Variedades	Equação de regressão	L	V.est.	R <sup>2</sup>
RBUFRPE03	TCH= -408.46521+0.68633*L-0.00020*L <sup>2</sup>	1660.3	161.3	0.82*
	EUA= 14.11631-0.00321**L	1374.3	10.1	0.60**
RBUFV01	TCH= 24.79514+0.08195**L	1905.8	181.0	0.91**
RBUFRPE01	TCH= -489.12001+0.75348**L-0.00021*L <sup>2</sup>	1774.7	179.5	0.98**
	EUA = -19.95695+0.03972*L-0.00001*L <sup>2</sup>	1550.1	10.8	0.96°
RB036066	TCH= -534.13297+0.89653**L-0.00028**L <sup>2</sup>	1590.0	178.6	0.99**
	EUA= -14.95846+0.03906*L-0.00001*L <sup>2</sup>	1374.3	11.9	0.99**
RB987935	TCH= -950.03932+1.31722**L-0.00038**L <sup>2</sup>	1735.6	193.1	0.68**
	EUA= -49.00507+0.07474**L-0.00002**L <sup>2</sup>	1619.3	11.5	0.45**
RBUFRPE02	TCH= -5.74478+0.11529***L	1905.8	213.9	0.97**
RB935744	TCH= -1433.92523+1.96215**L-0.00058**L <sup>2</sup>	1688.8	222.9	0.81**
	EUA= -80.24769+0.11677**L-0.00003**L <sup>2</sup>	1606.2	13.5	0.73**
RB943538	TCH= -774.57755+1.23735**L-0.00039**L <sup>2</sup>	1568.7	195.9	0.96**
	EUA= -18.65138+0.04716**L-0.00001**L <sup>2</sup>	1353.0	13.3	0.98**
RB92579	TCH= 64.45034+0.07478**L	1905.8	206.9	0.94**
	EUA= 16.27823-0.00292*L	1374.3	12.3	0.79*
RB867515	TCH= -20.42842+0.11002**L	1905.8	189.2	0.99**

Níveis de significância dos coeficientes da equação de regressão: \*\* :0,001 ≥ P > 0,01; \* 0,05 ≥ P > 0,01; °0,1 ≥ P > 0,05; nível de significância pelo teste “t”. Níveis de significância para o coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>): \*: significativo a (0,01 < p ≤ 0,05); \*\*: significativo a (p ≤ 0,01); ns: não significativo a (p > 0,05), pelo teste “F”. V. est.: valor máximo estimado de produção de colmos.

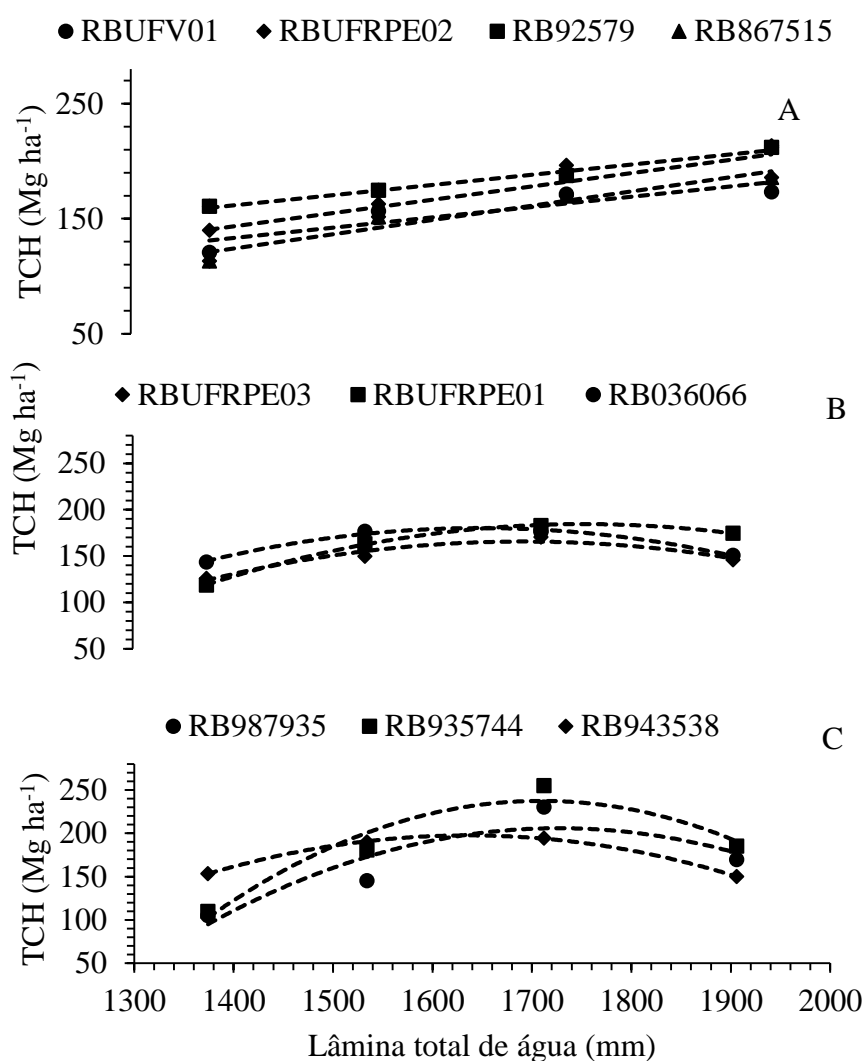
Avaliando-se o TCH das variedades em todos os regimes hídricos, observa-se que as variedades RBUFV01, RBUFRPE02, RB92579 e RB867515

responderam de forma linear à aplicação das lâminas totais de água (Figura 3A), indicando que essas variedades são altamente responsivas à irrigação.

Considerando-se as lâminas totais de água avaliadas nesse estudo (Tabela 1), os maiores valores de TCHs para essas variedades foram alcançados com a aplicação da maior lâmina aplicada (1.905,8 mm), a saber: RBUFRPE02 (213,9 Mg ha<sup>-1</sup>), RB92579 (206,9 Mg ha<sup>-1</sup>), RB867515 (189,2 Mg ha<sup>-1</sup>) e RBUFV01 (181,0 Mg ha<sup>-1</sup>). Porém, resposta linear crescente em termos de TCH em resposta à aplicação de água deve ser complementado com uma avaliação econômica, em que se considere os custos diretos e indiretos da água aplicada. No

entanto, as variedades RBUFRPE03, RBUFRPE01, RB036066, RB987935, RB935744 e RB943538 apresentaram resposta quadrática à aplicação das lâminas totais de água (Figura 3B e 3C). Nesse caso, recomenda-se a aplicação de água até atingir o ponto de máxima resposta agrônômica. A aplicação de água em excesso promove redução na aeração do solo e lixiviação de nutrientes da zona radicular, com conseqüente redução da produtividade de colmos.

**Figura 3.** Curvas de produtividade de colmos das variedades de cana-de-açúcar em função das lâminas totais de água aplicadas em cada regime hídrico.



Por exemplo, para a variedade RB943538, a máxima TCH (195,9 Mg ha<sup>-1</sup>)

foi alcançada com a aplicação de 1.568,7 mm de água, ou seja, foram necessários

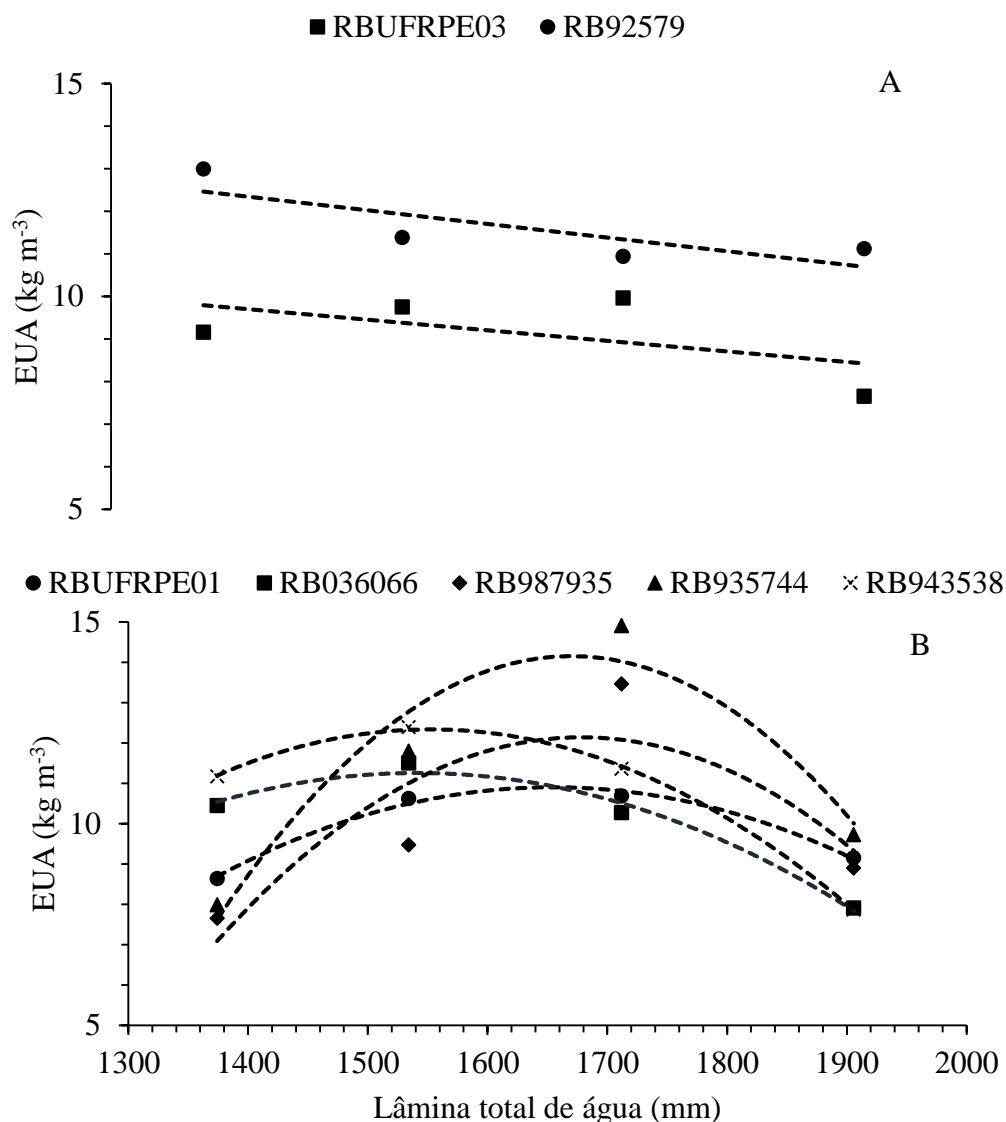
80,0 m<sup>3</sup> de água para uma tonelada de cana. Para a variedade RB987935, a máxima TCH obtida foi 193,1 Mg ha<sup>-1</sup>, com a aplicação de 1.735,6 mm de água, ou seja, foram necessários 90 m<sup>3</sup> de água para uma tonelada de cana. Vale destacar a variedade RB935744 que alcançou a máxima TCH de 222,9 Mg ha<sup>-1</sup>, com a aplicação de 1.688,8 mm de água, ou seja, foram necessários 75,7 m<sup>3</sup> de água para uma tonelada de cana.

Os resultados de TCH obtidos nessa pesquisa foram superiores aos encontrados por Vieira et al. (2014), onde a produtividade máxima de 112,3 Mg ha<sup>-1</sup>, foi atingida com uma aplicação de 1.537 mm. Carvalho et al. (2009) obtiveram máxima produtividade de colmos (103,09 Mg ha<sup>-1</sup>) quando se utilizou maior quantidade de água aplicada (1.168 mm), combinado com uma maior dosagem de nitrogênio (276 kg ha<sup>-1</sup>). Farias et al. (2008) notaram que, com uma lâmina total de água de 1.221,08 mm o valor máximo de produtividade de colmos foi de 88,10 Mg ha<sup>-1</sup>. Possivelmente, essas diferenças de produtividade se justificam com o avanço dos ciclos de cultivos, sendo reflexo direto da diminuição do vigor da planta (COSTA et al., 2011); além das diferenças em eficiência de aplicação de água entre os sistemas de irrigação

empregados e níveis diferenciados de adubação.

Avaliando-se a eficiência do uso da água das variedades em todos os regimes hídricos, observa-se que as variedades RBUFRPE03 e RB92579 responderam de forma linear decrescente à aplicação das lâminas totais de água (Figura 4A). Desse modo, essas variedades não responderam a aplicação crescente de lâminas de água e podem ser utilizadas para condições de deficiência hídrica no solo. Considerando-se as lâminas totais de água avaliadas nesse estudo, a maior EUA para essas variedades (10,1 e 12,3 kg m<sup>-3</sup>) foi alcançada com a aplicação da menor lâmina total aplicada de 1.374,3 mm, respectivamente. Entretanto, as variedades RBUFRPE01, RB036066, RB987935, RB935744 e RB943538 apresentaram resposta quadrática à aplicação das lâminas totais de água (Figura 4B). Nesse caso, o aumento das lâminas de água proporcionou uma maior EUA até o ponto de máximo. Nessa sequência, para essas variedades os máximos valores de EUA (10,8; 11,9; 11,5; 13,5 e 13,3 kg m<sup>-3</sup>), foram obtidos com a aplicação das lâminas de água 1.550,1; 1.374; 1.619,3; 1.606,2 e 1.353,0 mm, respectivamente (Tabela 3).

**Figura 4.** Curvas de eficiência do uso da água das variedades de cana-de-açúcar em função das lâminas totais de água aplicadas em cada regime hídrico.



Em trabalho realizado no município de Luiz Antônio, estado de São Paulo, com a variedade de cana-de-açúcar RB92579, Cabral et al. (2012) obtiveram valores de EUA de  $10,1 \text{ kg m}^{-3}$  para o primeiro ciclo de cultivo. Esse valor de EUA é similar ao obtido neste trabalho de pesquisa com a variedade de cana-de-açúcar RBUFRE03.

Silva et al. (2013) para o ciclo de segunda e de terceira soca, cultivada na zona costeira da Paraíba, obtiveram média de EUA de  $8,3 \text{ kg m}^{-3}$ . Calgaro et al. (2014),

avaliando a variedade RB92579 no ciclo de cana planta por gotejamento subsuperficial, em Juazeiro-BA, encontraram EUA de  $9,1 \text{ kg m}^{-3}$ . Meneses e Resende (2016), no município de Coruripe, Alagoas trabalhando com as variedades RB92579 e RB962962 obtiveram EUA variando de  $6,26$  a  $8,52 \text{ kg m}^{-3}$  e  $5,40$  a  $8,12 \text{ kg m}^{-3}$  respectivamente, valores inferiores aos obtidos nesta pesquisa. Possivelmente, essas diferenças de produtividade se justificam com o avanço dos ciclos de cultivos, sendo reflexo direto da diminuição

do vigor da planta (COSTA et al., 2011); além dos níveis diferenciados de adubação e época de plantio.

## 6 CONCLUSÕES

A variação do regime hídrico promoveu alteração na performance

produtiva e eficiência do uso da água das variedades de cana-de-açúcar.

A máxima produtividade de colmos (222,9 Mg ha<sup>-1</sup>) foi obtida com a variedade RB935744 e a lâmina total aplicada de 1.688,8 mm;

A maior EUA (13,5 kg m<sup>-3</sup>) foi obtida com a variedade RB935744, aplicando-se lâmina total de 1.606,2 mm;

## 7 REFERENCIAS

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

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; BASTOS, E.A.; RIBEIRO, V.Q.; ATHAYDE SOBRINHO, C.; SILVA, P.H.S. Stalk yield of sugarcane cultivars under different water regimes by subsurface drip irrigation. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 21, n. 3, p. 169-174, 2017.

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; BASTOS, E.A.; RIBEIRO, V.Q.; DUARTE, J.A.L.; BRAGA, D.L.; NOLETO, D.H. Níveis de água, nitrogênio e potássio por gotejamento subsuperficial em cana de açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 1, p. 78-84, 2012.

BARBOSA, M. H. P.; SILVEIRA, L. C. I. Cana-de-açúcar: variedades, estabelecimento e manejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DE PASTAGEM, 3., 2006, Viçosa. **Anais [...]**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. p. 245-276.

BASTOS, E. A.; ANDRADE JUNIOR, A. S. **Boletim agrometeorológico de 2013 para o município de Teresina, Piauí**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2016. (Documentos, 239).

CABRAL, O. M. R.; ROCHA, H. R.; GASH, J.; LIGO, M. A. V.; TATSCH, J. D.; FREITAS, H. C.; BRASILIO, E. Water use in a sugarcane plantation. **Global Change Biology Bioenergy**, Oxford, v. 4, p. 555-565, 2012.

CALGARO, M.; SIMOES, W. L.; BRAGA, M. B.; PINTO, J. M.; SOARES, J. M.; SOUZA, M. A.; LIMA, J. A. Influência dos sistemas de irrigação na eficiência de uso da água da cana planta em solo argiloso. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 24., 2014, Brasília, DF. **Anais [...]**. Brasília, DF: ABID, 2014. p. 1-6.

CARVALHO, C. M.; AZEVEDO, H.M.; DANTAS NETO, J.; FARIAS, C.H.A.; SILVA, C.T.S.; GOMES FILHO, R.R. Rendimento de açúcar e álcool da cana-de-açúcar submetida a diferentes níveis de irrigação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 4, n. 1, p. 72-77, 2009.

CONAGIN, A.; JORGE, J. P. N. Delineamento (1/5)(5x5x5) em blocos. **Bragantia**, Campinas, v. 41, n. 16, p. 155-168, 1982.

COSTA, C. T. S.; FERREIRA, V. M.; ENDRES, L.; FERREORA, D. T. DA R. G.; GONÇALVES, E. R. Crescimento e produtividade de quatro variedades de cana-de-açúcar no quarto ciclo de cultivo. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 3, p. 56-63, 2011.

DALRI, A. B.; CRUZ, R. L.; GARCIA, C. 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.

FARIAS, C.H. de A.; FERNANDES, P.D.; DANTAS NETO, J.; GHEYI, H.R. Eficiência no uso da água na cana-de-açúcar sob diferentes lâminas de irrigação e níveis de zinco no litoral paraibano. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.28, p.494-506, 2008.

FERREIRA JÚNIOR, R. A.; SOUZA, J. L.; ESCOBEDO, J. F.; TEODORO, I.; LYRA, G. B.; ARAÚJO NETO, R. A. Cana-de-açúcar com irrigação por gotejamento em dois espaçamentos entrelinhas de plantio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, p. 798-804, 2014.

FERRO, A. B.; CASTRO, E. R. Determinantes dos preços de terras no Brasil: uma análise de região de fronteira agrícola e áreas tradicionais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 51, n. 3, p. 591-610, jul./set. 2013.

FREITAS, R. G.; BAFFA, D. C. F.; BRASIL, R. P. C. Aumento na produtividade da cana-de-açúcar através da irrigação. **Nucleus**, Ituverava, p. 15-30, 2009. Edição Especial.

GIL, M.; SINOBAS, L. R.; JUANA, L.; SANCHEZ, R.; LOSADA, A. Emitter discharge variability of subsurface drip irrigation in uniform soils: Effect on water-application uniformity. **Irrigation Science**, Amsterdam, v. 26, p. 451-458, 2008.

MELO, F. B.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; PESSOA, B. L. O. **Levantamento, zoneamento e mapeamento pedológico detalhado da área experimental da Embrapa Meio-Norte em Teresina, PI**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2014.

MENESES, T. N.; RESENDE, R. S. Influência de épocas de plantio na eficiência do uso da água da chuva em cultivo irrigado de cana-de-açúcar. **Irriga**, Botucatu, v. 1, n. 1, p. 291-305, 2016. Edição Especial Grandes Culturas.

NOGUEIRA, M. C. S. **Experimentação Agrônômica I**: conceitos, planejamento e análise estatística. Piracicaba: M.C.S. Nogueira, 2007.

OLIVEIRA, E. C. A.; FREIRE, F. J.; OLIVEIRA, A. C.; SIMÕES NETO, D. E.; ROCHA, A. T.; CARVALHO, L. A. Produtividade, eficiência de uso da água e qualidade tecnológica de cana-de-açúcar submetida a diferentes regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 6, p. 617-625, jun. 2011.

RODRIGUES, J. D. **Fisiologia da cana-de-açúcar**. Botucatu: Universidade Estadual Paulista, 1995.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT 14.1**: user's guide. Cary: SAS Institute, 2015. Disponível em: <http://support.sas.com/documentation/cdl/en/statug/68162/PDF/default/statug.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2016.

SEGATO, S. V.; MATTIUZ, C. F. M.; MOZAMBANI, A. E. Aspectos fenológicos da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S. V.; PINTO, A. S.; JENDIROBA, E. (ed.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. 1. ed. Piracicaba: Livrocere, 2006. p. 19-36.

SILVA, V. P. R.; SILVA, B.B.; ALBUQUERQUE, W.G.; BORGES, C.J.R.; SOUSA, I.F.; DANTAS NETO, J. Crop coefficient, water requirements, yield and water use efficiency of sugarcane growth in Brazil. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 128, p. 102-109, 2013.

VIEIRA, G. H. S.; MANTOVANI, E. C.; SEDIYAMA, G. C.; MONACO, P. A. V. LO. Lâminas de irrigação em cana-de-açúcar para diferentes condições de disponibilidade hídrica. **Irriga**, Botucatu, v.1, n. 2, p. 137-148, 2015. Edição Especial Irriga & Inovagri.

VIEIRA, G. H. S.; MANTOVANI, E.C.; SEDIYAMA, G. C.; DELAZARI, F.T. Indicadores morfo-fisiológicos do estresse hídrico para a cultura da cana-de-açúcar em função de lâminas de irrigação. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 3, p. 65-75, 2014.

ZIMMERMANN, F. J. P. **Estatística aplicada à pesquisa agrícola**. 2. ed. rev. ampl. Brasília. DF: Embrapa, 2014.