



COMUNICADO
TÉCNICO

244

Teresina, PI
Setembro, 2018

Embrapa

Produtividade de colmos e eficiência do uso de água em cultivares de cana-de-açúcar em gotejamento subsuperficial

Aderson Soares de Andrade Júnior
Edson Alves Bastos
Valdenir Queiroz Ribeiro
Alzeneide da Silva Lopes
Marcos Vinicius Pereira da Silva
Josiane Fonteneles Silva

Produtividade de colmos e eficiência do uso de água em cultivares de cana-de-açúcar em gotejamento subsuperficial

Anderson Soares de Andrade Júnior, engenheiro-agrônomo, doutor em Irrigação e Drenagem, pesquisador da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI. Edson Alves Bastos, engenheiro-agrônomo, doutor em Irrigação e Drenagem, pesquisador da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI. Valdenir Queiroz Ribeiro, engenheiro-agrônomo, mestre em Estatística e Experimentação Agronômica, pesquisador da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI. Alzeneide da Silva Lopes, engenheira-agrônoma, mestre em Engenharia Agrícola, UNIVASF, Juazeiro, BA. Marcos Vinicius Pereira da Silva, engenheiro-agrônomo, mestre em Agronomia, UFPI, Teresina, PI. Josiane Fonteneles Silva, engenheira-agrônoma, bolsista CNPq – Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI.

Nos últimos anos, o cultivo da cana-de-açúcar vem ocupando áreas em regiões não tradicionais, especialmente nos estados de Tocantins, do Maranhão e do Piauí, devido às características de solo, topografia, clima e logística de exportação favoráveis (Oliveira; Rimalho, 2006). No caso do estado do Piauí, essas áreas potenciais situam-se em regiões com clima semiárido e subúmido seco, com precipitação irregular (800 mm a 1.200 mm anuais) (Bastos; Andrade Júnior, 2014) e que não satisfaz a exigência hídrica da cultura durante seu ciclo, requerendo o uso da irrigação para o alcance de elevadas produtividades de colmos.

Entre os métodos de irrigação pressurizados utilizados na cana-de-açúcar, destacam-se a aspersão, notadamente por pivô central, e o método localizado por gotejamento subsuperficial. A irrigação por aspersão pivô central, especialmente o sistema rebocável, ainda predomina devido à sua maior flexibilidade em irrigar áreas maiores sem elevado custo de mão de obra e sem interferir nas práticas de cultivo da cana-de-açúcar. Porém, a irrigação por 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.

Estudos conduzidos em diferentes ambientes de produção têm demonstrado incremento na produtividade de colmos de genótipos de cana-de-açúcar em resposta à irrigação (Farias et al., 2008; Carvalho et al., 2009; Oliveira et al., 2011; Andrade Júnior et al., 2017). A interação genótipo-ambiente é importante na expressão do potencial produtivo de cultivares de cana-de-açúcar em diferentes regimes hídricos e ambientes de produção (Silva et al., 2008).

Nesse sentido, avaliaram-se a produtividade de colmos e a eficiência do uso de água em cultivares de cana-de-açúcar, submetidas a regimes hídricos aplicados por gotejamento subsuperficial, nas condições edafoclimáticas da microrregião de Teresina, PI.

O ensaio foi conduzido no campo experimental da Embrapa Meio-Norte, em Teresina, PI (05°05' S; 42°48' W; e 74,4 m de altitude). O solo da área é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (Melo et al., 2014), cujas características químicas e físico-hídricas são apresentadas na Tabela 1. O clima local é subúmido seco, megatérmico, com excedente hídrico moderado no verão (Bastos; Andrade Júnior, 2014).

A avaliação dos genótipos ocorreu durante o ciclo de cultivo de cana planta, durante o ano agrícola de 2015/2016. Avaliaram-se dez genótipos de cana-de-açúcar (RBUFRPE03¹, RB977540, RBUFRPE0¹, RB036066, RB987935, RBUFRPE02¹, RB935744, RB943538, RB92579 e RB867515), submetidos a quatro regimes hídricos (RH), aplicados com base na evapotranspiração da cultura (ETc), durante a fase de pleno desenvolvimento da cultura: RH1 – 50% ETc, RH2 – 80% ETc, RH3 – 110% ETc e RH4 – 150% ETc (Tabela 2). Os coeficientes de cultura utilizados para o cálculo da ETc foram os recomendados pela FAO (Allen et al., 1998). A evapotranspiração de referência (ETo) foi estimada pelo método de Penman – Monteith (Allen et al., 1998), com base nos dados climáticos obtidos de uma estação agrometeorológica automática instalada na Usina. Os RH foram sempre aplicados às segundas, quartas e sextas-feiras, repondo-se a ETc acumulada no período entre duas irrigações consecutivas.

O sistema de irrigação foi o gotejamento subsuperficial, com linhas

¹Cultivar ainda não protegida no Serviço Nacional de Proteção de Cultivares – MAPA

Tabela 1. Caracterização química e físico-hídrica do solo da área experimental. Campo Experimental da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI, 2015.

Parâmetro	Profundidade (m)		
	0 – 0,2	0,2 – 0,4	0,4 – 0,6
Parâmetro químico			
MO (g kg ⁻¹)	17,71	7,06	5,78
pH H ₂ O	7,70	7,27	7,07
P (mg dm ⁻³)	5,93	2,57	2,47
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	1,28	2,43	2,56
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,05	0,05	0,05
Ca (cmol _c dm ⁻³)	7,74	1,42	0,00
Mg (cmol _c dm ⁻³)	1,02	0,70	0,62
K (cmol _c dm ⁻³)	0,19	0,15	0,19
CTC (cmol _c dm ⁻³)	6,51	6,82	7,00
V (%)	37,79	26,95	25,90
Parâmetro físico-hídrico			
Densidade (Mg m ⁻³)	1,45	1,75	1,78
Areia (g kg ⁻¹)	723,8	674,3	599,8
Silte (g kg ⁻¹)	140,2	136,3	167,5
Argila (g kg ⁻¹)	136,0	189,4	232,7
Θ _{cc} (m ³ m ⁻³)	0,319	0,205	0,225
Θ _{pmp} (m ³ m ⁻³)	0,084	0,068	0,075
CAD (mm)	47,0	27,3	30,0
AFD (mm)	23,5	13,6	15,0
Textura	Franco-arenoso	Franco-arenoso	Franco-argilo-arenoso

Θ_{cc}: umidade do solo na capacidade de campo; Θ_{pmp}: umidade do solo no ponto de murcha permanente; CAD: capacidade de água disponível; AFD: água facilmente disponível.

Tabela 2. Lâminas totais de água aplicadas em cada regime hídrico (RH).

Regime hídrico	LI (mm)	P (mm)	Total (mm)
RH1 (50% ETc)	471,4	898,9	1.370,3
RH2 (80% ETc)	631,3	898,9	1.530,2
RH3 (110% ETc)	809,1	898,9	1.708,0
RH4 (150% ETc)	1.002,9	898,9	1.901,8

LI: lâmina de irrigação (mm); P: precipitação (mm)

gotejadoras de polietileno, (emissores com vazão nominal de 2 L h⁻¹), 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. Instalaram-se hidrômetros para controle e medição do volume de água aplicado em cada regime hídrico.

As parcelas foram constituídas por uma fileira dupla de 10 m de comprimento de cada cultivar. A área útil da parcela compreendeu os mesmos 10 m de comprimento central da parcela. O delineamento experimental adotado foi blocos casualizados, com quatro repetições, com os tratamentos dispostos em parcelas subdivididas (RH nas parcelas e cultivares nas subparcelas).

O preparo do solo constou de uma aração e duas gradagens cruzadas. Procedeu-se, 2 meses antes do plantio, à calagem do solo, com

a aplicação de 1 Mg ha⁻¹ de calcário dolomítico. O plantio foi realizado manualmente. Os colmos-semente foram repartidos, mantendo-se três gemas por rebolo, os quais foram distribuídos nos sulcos de plantio para atingir 15 gemas por metro.

A aplicação de fertilizantes (macro e micronutrientes) foi efetuada totalmente por fertirrigação, com frequência semanal para os macros e mensal para os micronutrientes, com base na seguinte recomendação: 120 kg ha⁻¹ de N (ureia), 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (MAP), 100 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio) e uma formulação de micronutrientes composta por 6,5 kg ha⁻¹ de ácido bórico, 7 kg ha⁻¹ de óxido de zinco, 6 kg ha⁻¹ de óxido de cobre, 11 kg ha⁻¹ de óxido de manganês e 1 kg ha⁻¹ de molibdato de sódio (Andrade Junior et al., 2012). Por ocasião da colheita, os colmos foram pesados com auxílio de um dinamômetro, com precisão de 500 g, para se determi-

nar a produtividade de colmos (TCH, em Mg ha^{-1}). A eficiência do uso de água foi obtida dividindo-se a produtividade de colmos (kg ha^{-1}) pela lâmina de irrigação aplicada (m^3).

Antes de proceder à análise estatística dos dados, realizou-se uma análise de resíduos dos dados de todos os caracteres, com a finalidade de avaliar a existência de dados discrepantes, a heterocedasticidade de variância e o ajuste dos erros a uma distribuição aproximadamente normal (Nogueira, 2007). Usou-se a regressão na análise de variância seguindo o método proposto por Pimentel-Gomes (2009) e Zimmermann (2014). Estimaram-se modelos de primeiro e segundo grau para as lâminas dentro de cada variedade e em função do teste t e obteve-se a seleção do melhor modelo com o auxílio das significâncias de cada parâmetro, aceitando nível de significância até o limite de 15% de probabilidade (Conagin; Jorge, 1982). Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando-se software SAS (SAS Institute, 2015).

A análise estatística da tonelada de colmo (TCH) revelou ter havido efeito significativo ($p < 0,05$) nos fatores RH, cultivares, bem como na interação entre RH e cultivares,

indicando que a variabilidade dos RH impostos foi capaz de promover alteração na performance produtiva das cultivares avaliadas (Oliveira et al., 2011). A média geral de TCH do ensaio foi de $165,9 \text{ Mg ha}^{-1}$, dentro da faixa considerada aceitável para cana-de-açúcar em regime irrigado. A menor TCH ($129,1 \text{ Mg ha}^{-1}$) foi alcançada com a aplicação do RH1 (50% ETc) (Figura 1A). A maior TCH ($193,4 \text{ Mg ha}^{-1}$) foi obtida com a aplicação do RH3, que corresponde à reposição de 110% da ETc da cultura ($1.708,0 \text{ mm}$) (Figura 1C), representando um acréscimo de 49,8% em relação à irrigação de 50% ETc ($1.370,3 \text{ mm}$), ou seja, a aplicação adicional de $337,7 \text{ mm}$ de água proporcionou um ganho de $64,3 \text{ Mg}$ de colmos por hectare ($190,4 \text{ kg ha}^{-1}$ por mm de água). A cana-de-açúcar é uma planta de metabolismo fotossintético C4 e, desde que haja disponibilidade adequada de radiação solar e de água, tem elevada capacidade de conversão de carboidratos em biomassa (Inman-Bamber; Smith, 2005).

O desdobramento do efeito da interação entre RH e cultivares mostrou que houve diferença significativa ($p < 0,05$) quanto à produtividade de colmos com a aplicação de todos os regimes hídricos (Figura 1).

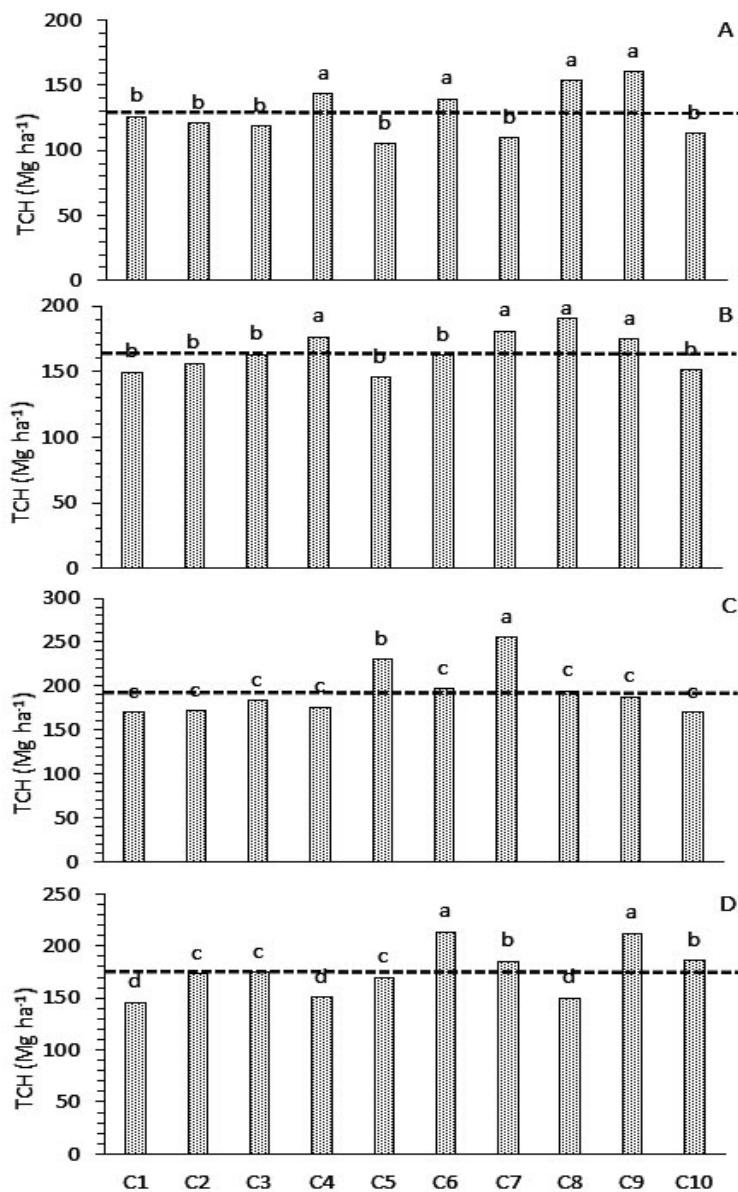


Figura 1. Produtividade de colmos das cultivares de cana-de-açúcar em cada regime hídrico aplicado. A: 50% ETC; B: 80% ETC; C: 110% ETC; D: 150% ETC; C1: RBUFRPE03; C2: RB977540; C3: RBUFRPE01; C4: RB036066; C5: RB987935; C6: RBUFRPE02; C7: RB935744; C8: RB943538; C9: RB92579 e C10: RB867515.

Com a aplicação da menor lâmina total de irrigação (1.370,3 mm), as cultivares RB036066 (143,6 Mg ha⁻¹), RB943538 (153,5 Mg ha⁻¹) e RB92579 (160,7 Mg ha⁻¹) foram as mais produtivas. Portanto, caso o produtor não tenha condições de repor plenamente a demanda hídrica da cana-de-açúcar, recomenda-se usar essas variedades.

Por outro lado, com a aplicação do RH3 (1.708,0 mm), as cultivares mais produtivas foram RB987935 (230,6 Mg ha⁻¹) e RB935744 (255,3 Mg ha⁻¹) (Figura 1C). Entre as cultivares menos produtivas, destacam-se RBUFRPE03 (170,5 Mg ha⁻¹), RB977540 (171,3 Mg ha⁻¹), RB867515 (169,7 Mg ha⁻¹) e RB036066 (175,9 Mg ha⁻¹) (Figura 1C).

Avaliando-se o comportamento produtivo das cultivares em todos os regimes hídricos, observa-se que as cultivares RB977540, RBUFRPE02, RB92579 e RB867515 responderam de forma linear à aplicação das lâminas totais de água (Figura 2A), indicando que essas cultivares são altamente responsivas à irrigação. Considerando-se as lâminas totais de água avaliadas neste estudo (Tabela 2), as maiores TCH dessas cultivares foram alcançadas com a

aplicação da maior lâmina aplicada (1.901,8 mm), a saber: RB977540 (180,6 Mg ha⁻¹), RBUFRPE02 (213,5 Mg ha⁻¹), RB92579 (206,7 Mg ha⁻¹) e RB867515 (188,8 Mg ha⁻¹) (Tabela 3). Porém, comportamento linear crescente de TCH em resposta à aplicação de água deve ser complementado com uma avaliação econômica, em que se considerem os custos diretos e indiretos da água aplicada. A irrigação só deve ser aplicada em condição de relação benefício – custo positiva.

As cultivares RBUFRPE03, RBUFRPE01, RB036066, RB987935, RB935744 e RB943538 apresentaram comportamento quadrático com a aplicação das lâminas totais de água (Figura 2A e 2B). Nesse caso, recomenda-se a aplicação de água até atingir o ponto de máxima resposta agrônômica. Por exemplo, com a cultivar RBUFRPE03, a máxima TCH obtida foi de 161,3 Mg ha⁻¹ com a aplicação de 1.660,3 mm de água, o que resulta em uma eficiência de uso da água (EUA) de 9,7 kg ha⁻¹ de colmos por m³ de água aplicada. Com a cultivar RBUFRPE01, a máxima TCH (179,5 Mg ha⁻¹) foi alcançada com a aplicação de 1.774,7 mm de água, resultando em uma EUA de 10,1 kg ha⁻¹ de colmos por m³

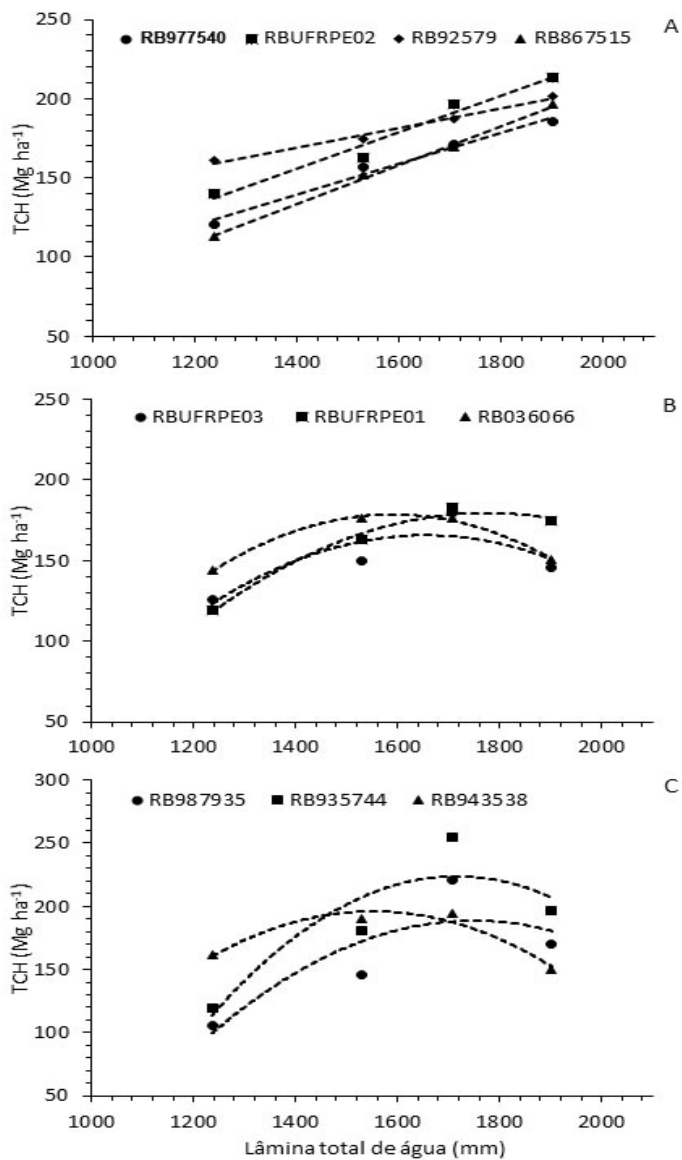


Figura 2. Curvas de produtividade de colmos das cultivares de cana-de-açúcar em função das lâminas totais de água aplicadas em cada regime hídrico.

de água aplicada. Com a cultivar RB935744, a máxima TCH (222,9 Mg ha⁻¹) foi alcançada com a aplicação de 1.688,8 mm de água, resultando em uma EUA de 13,2 kg ha⁻¹ de colmos por m³ de água aplicada. Isso significa dizer que, nas

mesmas condições de custos de produção e de irrigação, deve-se optar, em ordem, pelas cultivares RB935744, RB943538, RB036066, RB987935, RBUFRPE01 e RBUFRPE03, por apresentarem melhor eficiência de uso da água.

Tabela 3. Equações de regressão da produtividade de colmos (TCH, Mg ha⁻¹) em função das lâminas totais de água aplicadas (L, mm) em cultivares de cana-de-açúcar. Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI, 2016.

Cultivar	Equação de regressão	L	V. est.	R ²
		(mm)	(Mg ha ⁻¹)	
RBUFRPE03	TCH = -408,46 + 0,686*L - 0,00020669*L ²	1.660,3	161.3	0,82*
RBUFV01	TCH = 24,795 + 0,08195***L	1.901,8	180.6	0,91**
RBUFRPE01	TCH = -489,12 + 0,753**L - 0,00021228*L ²	1.774,7	179.5	0,98**
RB036066	TCH = -534,13 + 0,89653**L - 0,00028193**L ²	1.590,0	178.6	0,99**
RB987935	TCH = -950,039 + 1,31722***L - 0,00037947***L ²	1.735,6	193.0	0,68**
RBUFRPE02	TCH = -5,74478 + 0,11529***L	1.901,8	213.5	0,97**
RB935744	TCH = -1433,925 + 1,962***L - 0,0005809***L ²	1.688,8	222.9	0,81**
RB943538	TCH = -774,577 + 1,23735***L - 0,00039439***L ²	1.568,7	195.9	0,96**
RB92579	TCH = 64,45034 + 0,07478***L	1.901,8	206.7	0,94**
RB867515	TCH = -20,42842 + 0,11002***L	1.901,8	188.8	0,99**

Níveis de significância dos coeficientes da equação de regressão: *** p ≤ 0,001; ** 0,001 ≥ p > 0,01; * 0,05 ≥ p > 0,01 pelo teste "t". Níveis de significância do coeficiente de determinação (R²): *: significativo a 0,01 < p ≤ 0,05; **: significativo a p ≤ 0,01 pelo teste "F"; V. est.: valor estimado de produção de colmos.

Agradecimentos

À COMVAP pela cessão dos colmos sementes dos genótipos avaliados no estudo.

Referências

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).
- ANDRADE JUNIOR, A. S. de; BASTOS, E. A.; RIBEIRO, V. Q.; ATHAYDE SOBRINHO, C.; SILVA, P. H. S. da Stalk yield of sugarcane cultivars under different water regimes by subsurface drip irrigation. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 3, p.169-174, 2017.
- BASTOS, E. A.; ANDRADE JUNIOR, A. S. de. **Boletim agrometeorológico de 2013 para o Município de Teresina, Piauí**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2014. 38 p. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 228).
- CARVALHO, C. M. de; AZEVEDO, H. M. de; DANTAS NETO, J.; FARIAS, C. H. de A.; SILVA, C. T. S. da; GOMES FILHO, R. R. Rendimento de açúcar e álcool da cana-de-açúcar submetida a diferentes níveis de irrigação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, n. 1, p. 72-77, jan./mar. 2009.
- CONAGIN, A.; JORGE, J. de P. N. Delineamento (1/5)(5x5x5) em blocos. **Bragantia**, v. 41, n. 1, p. 155-168, set. 1982.
- FARIAS, C. H. 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**, v. 28, n. 3, p. 494-506, jul./set. 2008.
- FERREIRA JUNIOR, R. A.; SOUZA, J. L. de; ESCOBEDO, J. F.; TEODORO, I.; LYRA, G. B.; ARAUJO NETO, R. A. de. Cana-de-açúcar com irrigação por gotejamento em dois espaçamentos entrelinhas de plantio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 8, p. 798-804, ago. 2014.
- GIL, M.; RODRIGUEZ-SINOBAS, L.; JUANA, L.; SANCHEZ, R.; LOSADA, A. Emitter discharge variability of subsurface drip irrigation in uniform soils: effect on water-application uniformity. **Irrigation Science**, v. 26, n. 6, p. 451-458, Sep. 2008.
- INMAN-BAMBER, N. G.; SMITH, D. M. Water relations in sugarcane and response to water deficits. **Field Crops Research**, v. 92, n. 2-3, p. 185-202, Jun. 2005.
- NOGUEIRA, M. C. S. **Experimentação agrônômica I: conceitos, planejamento e análise estatística**. Piracicaba: M.C.S. Nogueira, 2007. 479 p.
- OLIVEIRA, A. J. de; RAMALHO, J. (Coord.). **Plano Nacional de Agroenergia: 2006-2011**. 2. ed. rev. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 110 p.
- OLIVEIRA, E. C. A. de; FREIRE, F. J.; OLIVEIRA, A. C. de; SIMÕES NETO, D. E.; ROCHA, A. T. da; CARVALHO, L. A. de Produtividade, eficiência de uso da água e qualidade tecnológica de cana-de-açúcar submetida a diferentes regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 6, p. 617-625, jun. 2011.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: ESALQ, 2009. 451 p. (Biblioteca de Ciências Agrárias Luiz de Queiroz, 15).

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

SILVA, M. de A.; SILVA, J. A. G. da; ENCISO, J.; SHARMA, V.; JIFON, J. Yield components as indicators of drought tolerance of sugarcane. **Scientia Agricola**, v. 65, n. 6, p. 620-627, Nov./Dec. 2008.

ZIMMERMANN, F. J. P. **Estatística aplicada à pesquisa agrícola**. 2. ed. rev. ampl. Brasília. DF: Embrapa; Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2014. 582 p.

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

Embrapa Meio-Norte

Av. Duque de Caxias, 5.650, Bairro Buenos Aires, Caixa Postal 01
CEP 64008-780, Teresina, PI
Fone: (86) 3198-0500
Fax: (86) 3198-0530
www.embrapa.br/meio-norte
Sistema de atendimento ao Cliente(SAC)
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

1ª edição (2018): formato digital



Comitê Local de Publicações da Unidade Responsável

Presidente

Danielle Maria Machado Ribeiro Azevedo

Secretário-Executivo

Jeudys Araújo de Oliveira

Membros

Edvaldo Sagrilo, Ligia Maria Rolim Bandeira, Luciana Pereira dos Santos Fernandes, Orlane da Silva Maia, Humberto Umbelino de Sousa, Francisco das Chagas Monteiro, Jose Almeida Pereira, Pedro Rodrigues de Araújo Neto, Carolina Rodrigues de Araujo, Francisco de Brito Melo, Maria Teresa do Rêgo Lopes, Jefferson Francisco Alves Legat, Karina Neoob de Carvalho Castro

Supervisão editorial

Ligia Maria Rolim Bandeira

Revisão de texto

Francisco de Assis David da Silva

Normalização bibliográfica

Orlane da Silva Maia (CRB 3/915)

Editoração eletrônica

Jorimã Marques Ferreira

Foto da capa

Aderson Soares de Andrade Júnior