

EFICIÊNCIA NO USO DE ÁGUA E DE NUTRIENTES E PRODUTIVIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR IRRIGADA COM ÁGUAS SALOBRAS

José Edson Florentino de Morais¹, Ênio Farias de França e Silva², Larissa Gabrielle Lino de
Andrade³, Sirleide Maria de Menezes⁴, Daniel da Costa Dantas⁵,
Gerônimo Ferreira da Silva⁶

RESUMO: No Nordeste do Brasil, os cultivos de cana-de-açúcar se concentram em áreas litorâneas que apresentam por muitas vezes, fontes de água utilizadas na irrigação com altos teores de sais, causando a salinização dos solos e alterações no metabolismo vegetal. Assim, objetivou-se avaliar a eficiência no uso de água e de nutrientes e produtividade da cana-de-açúcar (RB92579) irrigada com águas salobras. O experimento foi conduzido na Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE. O delineamento foi inteiramente casualizado, esquema fatorial 5 x 2, sendo cinco níveis de salinidade da água de irrigação (CEa: 0,5; 2,0; 4,0; 6,0 e 8,0 dS m⁻¹) e sob condição (fração de lixiviação, FL 0,17) ou não de lixiviação (FL 0), quatro repetições. Na colheita, foram pesadas amostras dos colmos para determinação da produtividade de massa verde e seca, acúmulo de nutrientes e a evapotranspiração real da cultura e obtidas as eficiência no uso nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) e enxofre (S) e eficiência no uso de água da biomassa. O incremento da salinidade reduziu as eficiências no uso dos nutrientes (N, P, K e S), a eficiência no uso de água da biomassa e o rendimento dos colmos. O uso da fração de lixiviação 0,17 amenizou os efeitos deletérios dos sais plantas.

PALAVRAS-CHAVE: *Saccharum* spp., nutrição mineral, rendimento massa verde

EFFICIENCY IN WATER AND NUTRIENT USE AND PRODUCTIVITY OF IRRIGATED SUGARCANE WITH BRACKISH WATER

¹ Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco/Departamento de Engenharia Agrícola, CEP 52171-900, Recife, PE. e-mail: joseedson50@hotmail.com

² Prof. Doutor, Departamento de Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife, PE. e-mail: enio.fsilva@ufrpe.br

³ Graduanda, Departamento de Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife, PE. e-mail: larissa_lino_03@hotmail.com

⁴ Doutoranda, Departamento de Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife, PE. e-mail: sirleidemeneses@hotmail.com

⁵ Pós-Doutorando, Departamento de Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife, PE. e-mail: d1cdantas@hotmail.com

⁶ Prof. Doutor, Departamento de Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife, PE. e-mail: geronimo.silva@ufrpe.br

ABSTRACT: In Northeastern Brazil, sugarcane crops are concentrated in coastal areas that often have water sources used in irrigation with high salt content, causing soil salinization and changes in plant metabolism. Thus, the objective was to evaluate the efficiency in water and nutrient use and productivity of sugarcane (RB92579) irrigated with brackish water. The experiment was conducted at the Federal Rural University of Pernambuco, Recife, PE. The design was completely randomized, a 5 x 2 factorial scheme, with five levels of irrigation water salinity (EC_w: 0.5; 2.0; 4.0; 6.0 and 8.0 dS m⁻¹) and under condition (leaching fraction, FL 0.17) or not leaching (FL 0), four repetitions. At harvest, stem samples were weighed to determine green and dry mass yield, nutrient accumulation and actual crop evapotranspiration, and the efficiency of nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K) and sulfur (S) and water use efficiency of biomass. Increasing salinity reduced nutrient use efficiencies (N, P, K and S), water use efficiency of biomass and stem yield. The use of the 0.17 leach fraction reduced the deleterious effects of plant salts.

KEY WORDS: *Saccharum* spp., mineral nutrition, green mass yield

INTRODUÇÃO

A cultura da cana-de-açúcar se destaca pelos seus produtos altamente comercializáveis, sendo considerada uma das principais “commodities” agrícolas. Apresenta capacidade de renovação, devido ao aproveitamento de resíduos e a utilização do álcool como combustível renovável, reduzindo o impacto ambiental do sistema de produção (Guerzoni et al., 2014; Yasar et al., 2019).

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, com produção de 620,9 milhões de toneladas na safra 2018/19, produtividade média foi de 72,2 Mg ha⁻¹ e área 8,5 milhões de ha. Em Pernambuco, apesar das precipitações abaixo da média normal entre maio e junho (acarretando estresses hídricos pontuais em algumas lavouras), a safra gerou uma produção de 12,2 mil toneladas com produtividade de 51,5 Mg ha⁻¹, gerando como derivados cerca de 793 mil toneladas de açúcar e mais de 450,5 milhões de litros de etanol (CONAB, 2019).

A deficiência hídrica não se limita apenas às regiões áridas e semiáridas uma vez que mesmo em regiões consideradas climaticamente úmidas, a distribuição irregular das chuvas pode limitar o crescimento e prejudicar a produtividade das culturas (Silva et al., 2014). De acordo com Rodolfo Júnior et al. (2016), as variedades cultivadas em áreas irrigadas, podem produzir de 100 a 150 Mg ha⁻¹. Por isso, em algumas regiões agrícolas do Brasil, sobretudo na

região Nordeste onde a precipitação se concentra em três a quatro meses, se faz necessário o uso de irrigação (Marin & Nassif, 2013).

A água utilizada na irrigação nessa região, principalmente nos tabuleiros costeiros apresenta em grande parte alto teor de sais, tanto nos açudes de pequeno e médio porte (superficiais) e poços (subterrâneos) (Medeiros et al., 2016). O acúmulo de sais no solo reduz o potencial osmótico da solução e a disponibilidade de água, e, nessas condições a capacidade produtiva da cultura torna-se comprometida, bem como a habilidade da planta em absorver de forma eficiente água e nutrientes disponíveis do solo (Oliveira et al., 2011; Taiz et al., 2017).

Assim, objetivou-se avaliar a eficiência no uso de água e de nutrientes e produtividade da cana-de-açúcar irrigada com águas salobras e com uso de fração de lixiviação.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no Departamento de Engenharia Agrícola (DEAGRI), da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, localizado a 8°01'06" Sul e 34°56'49" Oeste, altitude de 6 m, de acordo com o sistema SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico das Américas).

A área é composta por uma estação lisimétrica com 40 lisímetros de drenagem, com capacidade para 1000 L, diâmetro externo na borda superior de 1,38 m e altura de 0,745 m, assentados a 0,65 m de profundidade e, deixando-se uma borda de 0,10 m acima da superfície do solo para evitar a entrada de água de chuva, proveniente do escoamento superficial. Foram instalados de forma equidistantes a 1,20 m, nas duas direções, sendo conectados a uma casa para do lixiviado por meio de um sistema de drenagem subterrânea com tubos de PVC com DN 50 mm.

Os lisímetros foram preenchidos com Espodossolo (camada 0-0,40 m), classificado de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação do Solo (Santos et al., 2018). As características físico-químicas determinadas conforme EMBRAPA (2011), sendo areia: 890 g kg⁻¹, silte: 30 g kg⁻¹, argila: 80 g kg⁻¹, classe textural: arenosa, densidade do solo: 1,73 g cm⁻³, densidade da partícula: 2,63 g cm⁻³, umidade volumétrica (0,33 atm): 3,02%, umidade volumétrica (15 atm): 1,34%, M.O: 15,35 g kg⁻¹, pH_(H2O): 6,5, P: 49 mg dm⁻³, K⁺: 0,08 cmol_c dm⁻³, Ca²⁺: 1,6 cmol_c dm⁻³, Mg²⁺: 0,65 cmol_c dm⁻³, Na⁺: 0,06 cmol_c dm⁻³, Al³⁺: 0 cmol_c dm⁻³, capacidade de troca de cátions: 5,4 cmol_c dm⁻³, saturação por bases: 44%, saturação por alumínio: 0%.

A adubação mineral foi realizada conforme Cavalcanti et al. (2008): 20 kg ha⁻¹ de N, 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 35 kg ha⁻¹ de K₂O após o corte da cana-planta e, aos 90 e 150 dias após o corte (DAC) mais 20 kg ha⁻¹ de N e 35 kg ha⁻¹ de K₂O. Foi utilizada a variedade RB92579 no segundo ciclo (cana-soca).

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 5 x 2, com quatro repetições: cinco níveis de salinidade da água de irrigação (CE_a: 0,5; 2,0; 4,0; 6,0 e 8,0 dS m⁻¹) e sob condição (fração de lixiviação, FL 0,17) ou não de lixiviação (FL 0). Os níveis de salinidade da água foram obtidos pela adição de NaCl e CaCl₂.H₂O (1:1 molar Ca:Mg) na água de abastecimento local (0,5 dS m⁻¹).

Em área anexa à estação lisimétrica há uma estação meteorológica automática (Campbell Scientific, CR1000), a qual foi utilizada para obtenção de dados climáticos. uma estação meteorológica automática (Campbell Scientific, modelo CR1000) utilizada para manejo da irrigação.

A irrigação foi feita diariamente com um sistema por gotejamento, sendo aplicada a lâmina de reposição de 100 (FL 0) e 120% (FL 0,17) da evapotranspiração da cultura (ET_c), obtida pelo produto da evapotranspiração de referência (ET_o) e o coeficiente de cultivo (K_c) conforme (Allen et al., 1998).

Foi realizado o balanço hídrico diário nos lisímetros conforme Bernardo (2006):

$$ETr = P + I + D \quad (1)$$

Em que,

ETr - evapotranspiração real da cultura (mm); P - precipitação pluvial (mm); I - lâmina de irrigação (mm); D - percolação (mm).

Aos 365 DAC foi realizada a colheita, sendo pesados os colmos para obtenção da biomassa verde (TCH), retirada uma amostra de cada tratamento, trituradas em máquina forrageira e postas em estufa de circulação de ar forçado (65 °C) para obtenção do rendimento de massa seca (MS).

A eficiência no uso de água foi obtida conforme Araya et al. (2011):

$$EUA_{(biomassa)} = \frac{Yc}{\sum ETr} \quad (2)$$

Em que,

EUA - Eficiência no uso de água da biomassa, Kg MS ha⁻¹ mm⁻¹; Yc - rendimento de massa seca do colmo, Kg MS ha⁻¹.

Os teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) e enxofre (S) foram obtidos conforme Bezerra Neto & Barreto (2011).

A eficiência no uso nutrientes foi calculada segundo Amaral et al. (2011):

$$EUN_{(w)} = \frac{Y_c * T_w}{\sum ETr} \quad (3)$$

Em que,

$T_{(w)}$ - teor do nutriente em análise (N, P, K e S), g Kg⁻¹; w - nutriente.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo Teste F ($p \leq 0,05$) e o fator quantitativo (níveis de salinidade) foi comparado mediante análise de regressão. Para todas as análises foi utilizado o software estatístico SISVAR versão 5.2 (Ferreira, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, observa-se que houve efeito significativo ($p < 0,01$) da interação entre os níveis de salinidade da água de irrigação e as condições sem e com fração lixiviação na eficiência no uso de nutrientes ($EUN_{(N)}$, $EUN_{(P)}$, $EUN_{(K)}$ e $EUN_{(S)}$), eficiência no uso da água da biomassa seca ($EUN_{(biomassa)}$) e produtividade de massa verde de colmos (TCH).

Tabela 1. Análise de variância para eficiência no uso de nitrogênio ($EUN_{(N)}$), fósforo ($EUN_{(P)}$), potássio ($EUN_{(K)}$) e enxofre ($EUN_{(S)}$), eficiência no uso de água da biomassa seca ($EUA_{(biomassa)}$) e produtividade de massa verde de colmos (TCH) na cana-de-açúcar RB92579 (cana-soca) irrigada com diferentes níveis de salinidade e condições de lixiviação em Recife, PE

F.V	GL	Quadrado médio					
		$EUN_{(N)}$	$EUN_{(P)}$	$EUN_{(K)}$	$EUN_{(S)}$	$EUA_{(biomassa)}$	TCH
CEa	4	507,77**	151,34**	1208,76**	866,06**	491,18**	4,83E ⁶ **
FL	1	178,50**	615,20**	505,16**	348,10**	2808,47**	1,86E ⁷ **
CEa*FL	4	4,29**	4,93**	14,10**	18,34**	491,18**	7,29E ⁴ **
Resíduo	30	1,71	1,08	24,98	0,37	0,88	5,82E ³
CV (%)	-	4,98	5,81	1,65	4,84	2,29	3,47

¹F.V: fontes de variação; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação; **, *: significativo a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente; ns: não significativo.

Nas Figuras 1 e 2, observa-se que o aumento dos teores de sais na água de irrigação reduziu linearmente ($p < 0,01$) todas as variáveis analisadas, para ambas as condições de lixiviação (FL 0 e 0,17).

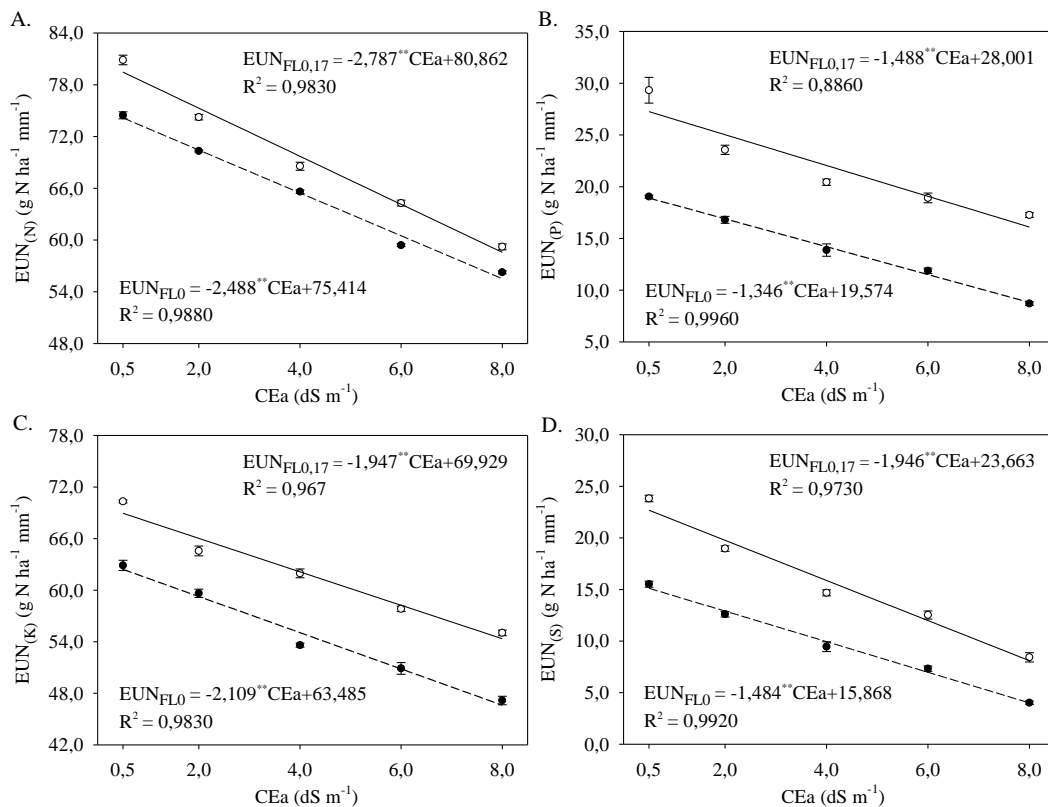


Figura 1. Eficiência no uso de nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C) e enxofre (D) da cana-de-açúcar (RB92579) primeira soca em função dos níveis de salinidade da água de irrigação e frações de lixiviação.

Para a EUN_(N) (Figura 1A), houve decréscimos de 2,488 e 2,787 g N ha⁻¹ mm⁻¹ para cada incremento unitário de salinidade para as frações de lixiviação de 0 e 0,17, respectivamente. Na FL0, observou-se os seguintes valores médios de EUN_(N) de 74,17 e 55,51 g N ha⁻¹ mm⁻¹ para as condutividades de 0,5 e 8,0 dS m⁻¹, respectivamente, redução percentual de 25,16, já na FL0,17 os valores médios foram de 79,47 e 58,57 g N ha⁻¹ mm⁻¹ (-26,30%).

Na Figura 1B, observa-se decréscimos de 1,346 e 1,488 g N ha⁻¹ mm⁻¹ na EUN_(P) para cada incremento unitário de salinidade nas frações de 0 e 0,17, respectivamente. Os valores médios dessa variável para a FL0 foram 18,90 e 8,81 g P ha⁻¹ mm⁻¹ para 0,5 e 8,0 dS m⁻¹ (-53,40%), respectivamente. A FL0,17 apresentou valores de 27,26 e 16,10 g P ha⁻¹ mm⁻¹ (-40,95%). Esses resultados demonstram a eficiência da fração de lixiviação no controle de sais no solo, permitindo o deslocamento dos sais provenientes da água de irrigação e/ou presentes no solo para áreas mais profundas que a zona radicular.

Em relação à EUN_(K) (Figura 1C), verifica-se quando se utilizou a FL0 decréscimos de 2,109 e 1,947 g K ha⁻¹ mm⁻¹ por incremento unitário de salinidade nas frações de 0 e 0,17, respectivamente. As reduções observadas para as frações de lixiviação de 0 e 0,17 foram de

21,18 e 25,34%, respectivamente, nos valores de $EUN_{(K)}$ quando se utilizou uma água de irrigação com um nível de salinidade de $8,0 \text{ dS m}^{-1}$ em relação ao menor nível ($0,5 \text{ dS m}^{-1}$).

Para a $EUN_{(S)}$ as reduções ocorreram com maior intensidade nas duas condições, no entanto, sempre de forma mais acentuada no tratamento em que se adotou a FL0 com -73,59%, enquanto que para a FL 0,17 a redução foi de 64,32%. De acordo com Munns & Tester (2008), altas concentrações de sais na interface raiz-solo reduzem absorção de água pela planta, devido ao declínio do potencial hídrico do solo, tanto pelo efeito osmótico como matricial. Além disso, a absorção de sais (Na^+ e Cl^-) em excesso leva a concentrações tóxicas pelo efeito iônico, interferindo na fotossíntese e na absorção de nutrientes (Taiz et al., 2017).

Na Figura 2A, observa-se a $EUA_{(biomassa)}$, houve decréscimos de 2,447 e 2,7460 Kg MS $\text{ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ por incremento unitário de salinidade nas frações de lixiviação de 0 e 0,17, respectivamente. Para a FL0 a $EUA_{(biomassa)}$ foi de 41,55 e 23,20 Kg MS $\text{ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ para as condutividades de 0,5 e $8,0 \text{ dS m}^{-1}$ (-44,16%), respectivamente, e, para a FL0,17 foi de 59,39 e 38,79 Kg MS $\text{ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ para os respectivos níveis de salinidade, uma redução de 34,68%.

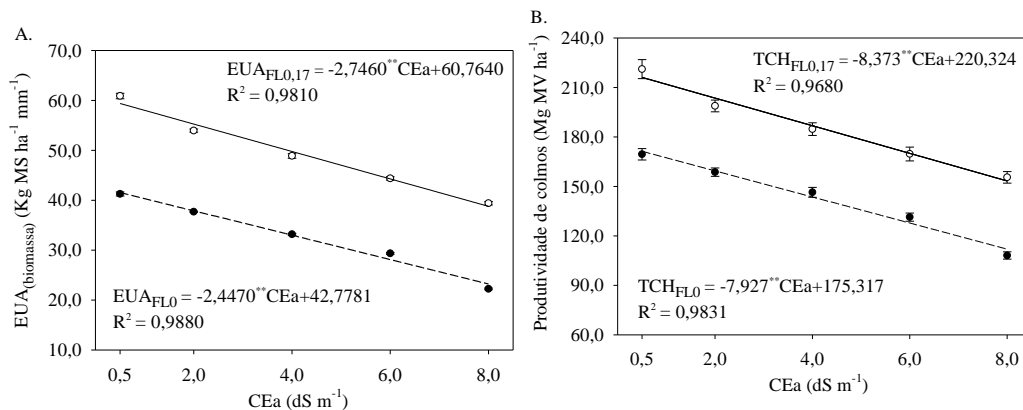


Figura 2. Eficiência no uso de água da biomassa seca (A) e Produtividade de massa verde de colmos (B) da cana-de-açúcar (RB92579) primeira soca em função dos níveis de salinidade da água de irrigação e frações de lixiviação.

Olivier & Singels (2015) avaliando a variedade N14, em Komatipoort, África do Sul, sob diferentes níveis de cobertura do solo, arranjos de cultivo e manejos de irrigação, encontraram valores de até $41,4 \text{ Kg MS ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$.

Para TCH (Figura 2B), o aumento unitário dos níveis salinos promoveu decréscimos de 7,927 e 8,373 Mg MV ha^{-1} para as condições sem (FL 0) e com fração de lixiviação (FL 0,17). O maior rendimento de massa verde de colmos foi obtido quando se adotou a FL 0,17 na salinidade de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ ($216,14 \text{ Mg MV ha}^{-1}$), enquanto que, no nível salino de $8,0 \text{ dS m}^{-1}$ para esta mesma condição a TCH foi de $153,34 \text{ Mg MV ha}^{-1}$ (-29,06%). Na condição FL0, os valores obtidos de TCH foram de 171,35 e $111,29 \text{ Mg MV ha}^{-1}$, para os respectivos níveis de salinidade da água de irrigação, redução de -34,69%.

De acordo com a classificação proposta por Maas & Hoffmam (1977), a cana-de-açúcar apresenta salinidade limiar de $1,7 \text{ dS m}^{-1}$, sendo classificada como moderadamente sensível a salinidade. No entanto, com base na queda rendimento em massa seca dos colmos, a variedade RB92579 foi classificada como moderadamente tolerante, de acordo com a classificação de Fageria (1985), pois a redução da produção encontra-se dentro da faixa de 20,1 a 40%.

Estudo realizado com Lira et al. (2018) em Recife, PE com a variedade RB867515 sob irrigação com águas salobras ($0,5$ a $6,5 \text{ dS m}^{-1}$) observaram uma redução de 28,64% no rendimento de massa verde, sendo o maior rendimento ($116,60 \text{ Mg MV ha}^{-1}$) obtido no menor nível de salinidade. Os autores ainda destacam que a variedade foi classificada como moderadamente sensível à salinidade.

CONCLUSÕES

O incremento da salinidade da água de irrigação reduziu as eficiências no uso de nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre, bem como a eficiência no uso de água da biomassa seca e produtividade de massa verde de colmos.

O uso da fração de lixiviação 0,17 reduziu os efeitos deletérios dos sais plantas.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq/INCTsal).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allen, R. G.; Pereira, P. S.; Raes, R.; Smith, M. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300p. Irrigation and Dranaige, Paper 56.

Amaral, J. F. T.; Martinez, H. E. P.; Laviola, B. G.; Fernandes Filho, E. I.; Cruz, C. D. Eficiência de utilização de nutrientes por cultivares de cafeeiro. *Ciência Rural*, v.41, p.621-629, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782011005000027>

Araya, A.; Stroosnijder, L.; Girmay, G.; Keesstra, S. D. Crop coefficient, yield response to water stress and water productivity of teff (*Eragrostis tef* (Zucc.). *Agricultural Water Management*, n.98, p.775-783, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2010.12.001>

Bernardo, S. Manual de irrigação. 7. ed. Viçosa: UFV, 2006.

Bezerra Neto, E.; Barreto, L. P. Análises químicas e bioquímicas em plantas. Recife: UFRPE, Editora Universitária da UFRPE, 2011. 267p.

Cavalcanti, F. J. A. Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco. 2.ed. Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco, 2008. 198p.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar. v.6 - safra 2019/2020 - Primeiro levantamento. Brasília, 2019. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana> >. Acesso em: 02/07/2019.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solo. 2ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 212p.

Fageria, N. K. Salt tolerance of rice cultivars. *Plant and Soil*, v.88, p.237-243, 1985. <https://doi.org/10.1007/BF02182450>

Guerzoni, J. T.; Belintani, N. G.; Moreira, R. M.; Hoshino, A. A.; Domingues, D. S.; Filho, J. C.; Vieira, L. G. O gene $\Delta 1$ -pirrolina-5-carboxilato sintetase induzido por estresse (P5CS) confere tolerância ao estresse salino na cana transgênica. *Acta Physiologiae Plantarum*, v.36, 2309-2319, 2014. <https://doi.org/10.1007/s11738-014-1579-8>

Lira, R. M.; Silva, Ê. F. F.; Barros, M.S.; Gordin, L. C.; Willadino, L. G.; Barbosa, R. F. Water potential and gas exchanges in sugarcane irrigated with saline waters. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.22, p.679-682, 2018. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n10p679-682>

Maas, E. V.; Hoffman, G. J. Crop salt tolerance: Current assessment. *Journal of Irrigation and Drainage Division*, v.103, p.115-134, 1977.

Marin, F.; Nassif, D.S.P. Mudanças climáticas e a cana-de-açúcar no Brasil: fisiologia, conjuntura e cenário futuro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.17, p.232-239, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013000200015>

Medeiros, J. F.; Gheyi, H. R.; Costa, A. R. F.; Tomaz, H. V. Q. Manejo do solo-água-planta em áreas afetadas por sais. In: Gheyi, H. R.; Dias, N. S.; Lacerda, C. F. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza, INCT Sal, 2010. Cap.20, p.319-335.

Oliveira, E. C. A.; Freire, J. F.; Oliveira, R. I.; Oliveira, A. C.; Freire, M. B. G. S. Acúmulo e alocação de nutrientes em cana-de-açúcar. *Revista Ciência Agronômica*, v.42, p.579-588, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902011000300002>

Olivier, F. C.; Singels, A. Increasing water use efficiency of irrigated sugarcane production in South Africa through better agronomic practices. *Field Crops Research*, v.176, p.87-98, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2015.02.010>

Silva, M. A.; Arantes, M. T.; Rhein, A. F. L.; Gava, G. J. C.; Kolln, O. T. Potencial produtivo da cana-de-açúcar sob irrigação por gotejamento em função de variedades e ciclos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.18, p.241-249, 2014. <https://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662014000300001>

Rodolfo Junior, F.; Ribeiro Junior, W. Q.; Ramos, M. L. G.; Rocha, O. C.; Batista, L. M. T.; Silva, F. A. M. Produtividade e qualidade de variedades de cana-de-açúcar de terceira soca sob regime hídrico variável. *Nativa*, v.4, n.1, p.36-43, 2016. <http://dx.doi.org/10.14583/2318-7670.v04n01a08>

Santos, H. G.; Jacomine, P. K. T.; Anjos, L. H. C.; Oliveira, V. A.; Lumbrreras, J. F.; Coelho, M. R.; Almeida, J. A. de; Araújo Filho, J. C. de; Oliveira, J. B. de; Cunha, T. J. F. Sistema brasileiro de classificação de solos. 5ª ed., rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 592p.

Taiz, L.; Zeiger, E.; Møller, I. M.; Murphy, A. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.

Yasar, A.; Shabbir, S. A.; Tabinda, A. B.; Nazar, M.; Rasheed, R.; Mukhtar, A. M. S. Refuse-derived fuels as a renewable energy source in comparison to coal, rice husk, and sugarcane bagasse. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, v.41, p.564-572, 2019. <https://doi.org/10.1080/15567036.2018.1520340>