

Trocas gasosas e produtividade da cana-de-açúcar irrigada via gotejamento subsuperficial com esgoto doméstico tratado com base na demanda hídrica da cultura

GONÇALVEZ, I. Z.¹, NAZÁRIO, A. A.², BARBOSA, E. A. A.³, FEITOSA, D. R. C.⁴, MATSURA, E. E.⁵

¹ Drº. Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, (19) 983515958, ivo.zution@gmail.com

² Doutoranda em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, (19) 982715174, aline.a.n@hotmail.com

³ Drº. Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, (19) 981512099, eduardo.agnellos@gmail.com

⁴ MSc. Profº IF Sertão-Pe, (87) 98192943, daniel.feitosa@yahoo.com.br

⁵ Drº. Profº. Universidade Estadual de Campinas, (19) 992974990, eematsura@gmail.com

Apresentado no

XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015

13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro- SP, Brasil

RESUMO: As baixas precipitações e escassez dos recursos hídricos são as maiores responsáveis pela baixa produtividade da cana-de-açúcar no Brasil, todavia, o uso de fontes alternativas na irrigação pode suprir essa demanda por água. Assim, objetivou-se avaliar as trocas gasosas e seu efeito na produtividade da cana-de-açúcar durante a segunda soca de cultivo, irrigada via gotejamento subsuperficial, com aplicação de esgoto doméstico tratado em diferentes profundidades de instalação da fita gotejadora. A pesquisa foi realizada na região de Campinas-SP, com parcelas irrigadas com esgoto doméstico tratado ou água de reservatório superficial com gotejadores instalados a 0,20 ou 0,40 m no perfil do solo para ambas as qualidades de água, em quatro repetições, todas com fertirrigação, além da testemunha sem irrigação. Foram avaliados a fotossíntese, transpiração, condutância estomática e eficiência no uso da água utilizando analisador de gás, além do rendimento de colmos. Independente da qualidade e profundidade de água aplicada, não houve diferenças entre os tratamentos irrigados, mas foram superiores significativamente em relação ao cultivo não irrigado, com um ganho médio de mais de 100% em produtividade. O efluente aumenta a produtividade da cana-de-açúcar pelo incremento nas trocas gasosas, quando aplicado via gotejamento subsuperficial com base na demanda hídrica da cultura

PALAVRAS-CHAVE: Reuso de água, Meio ambiente, *Saccharum officinarum* L.

Gas exchange and yield of sugarcane irrigated by subsurface drip with application of domestic wastewater based on the crop water demand

ABSTRACT: The low rainfall and scarcity of water resources are the most responsible for the low productivity of sugarcane in Brazil, however, the use of alternative sources for irrigation can supply this demand for water. Thus, it was aimed to evaluate gas exchange and its effect on the productivity of sugarcane during the second ratoon crop, irrigated via subsurface drip irrigation with application of treated domestic sewage in different depths of installation of drip tape. The research was conducted in Campinas-SP, with irrigated plots with treated domestic sewage or surface water reservoir with drippers installed at 0.20 or 0.40 m in the soil profile for both water qualities, with four replications, all with fertigation, and a control without irrigation. We evaluated photosynthesis, transpiration, stomatal conductance and water use efficiency using infrared gas analyzer in addition to yield stems. Regardless of the quality and depth of water applied, there were no differences between the irrigated treatments, but these were higher significantly compared to non-irrigated cultivation, with an average gain of over 100% in productivity. The effluent increases the productivity of sugarcane by the increase in gas exchange by subsurface drip based on the crop water demand.

KEYWORDS: Water reuse, Environment, *Saccharum officinarum* L.

INTRODUÇÃO

A produtividade brasileira da cana-de-açúcar estimada para a safra atual de 2014/2015 foi de 73,44 t.ha⁻¹, valor este 3,1% menor em relação à safra passada, devido principalmente às condições climáticas adversas relacionadas à falta de chuvas que afetaram a região centro-sul e sudeste do país, maiores polos produtores do Brasil. Apesar da expansão da cultura, a produção total de cana moída praticamente não aumentou devido à queda na produtividade, ou seja, houve um aumento de 3,3% da área cultivada e menos de 0,042% na produção total (CONAB, 2014).

Isso ocorre devido a importância da água no metabolismo da cana-de-açúcar, pois sua indisponibilidade no solo provoca a redução nas trocas gasosas das plantas afetando de forma negativa a assimilação de CO₂ nos cloroplastos, diminuindo assim a produção de assimilados para o desenvolvimento da cultura e produção de sacarose (TAIZ & ZEIGER, 2013). Em um estudo com cana-de-açúcar com variedades sob estresse hídrico em casa de vegetação, Gonçalves et al. (2010) observaram uma redução significativamente na condutância estomática, transpiração, fotossíntese líquida e na eficiência no uso da água para as parcelas não irrigadas.

Diante do exposto, uma alternativa para o aumento da produtividade na cana-de-açúcar é o reuso direto de fontes alternativas de água e nutrientes de diversas fontes. Uma delas é o uso de esgoto doméstico tratado (EDT), que tem despertado o interesse de pesquisadores e produtores devido não só por proporcionar economia em água e fertilizantes, mas também pela sua importância ambiental, pois com a prática de reuso, milhares de litros de esgoto deixam de serem lançados no ambiente aquático e no solo, mantendo as águas superficiais potáveis para o abastecimento humano e a dessedentação animal, preservando ainda a fauna e flora aquática. É válido ressaltar que o reuso direto do esgoto tratado.

Segundo o último censo do IBGE (2010), apenas 55,14% dos municípios brasileiros possuem serviço de esgotamento sanitário por rede coletora, e destes apenas 51,67% tratam de alguma forma seus resíduos antes de lança-los ao ambiente, produzindo quase 8,5 milhões de m³ de esgoto tratado todos os dias. O Estado de São Paulo apresentando o maior volume do efluente tratado, com 36,2% do volume total produzido nacionalmente, volume poderia estar atendendo áreas agrícolas, a exemplo de Israel, no qual 65% do efluente sanitário tratado são utilizados na irrigação (CAPRA & SCICLONE, 2004).

Assim, objetivou-se avaliar as trocas gasosas e seu efeito na produtividade da cana-de-açúcar durante a segunda soca de cultivo, irrigada via gotejamento subsuperficial, com aplicação de esgoto doméstico tratado em diferentes profundidades de instalação da fita gotejadora.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no campo experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas, Campinas - SP, localizado nas coordenadas geográficas: Latitude 22°53'S e Longitude 47°05'W a uma altitude de 620 m

Segundo a classificação climática de Köppen o clima da cidade de Campinas é Cwa/Cfa, ou seja, clima subtropical/tropical de altitude, com temperatura média anual de 22,3 °C, umidade relativa média anual de 62% e pluviometria total anual de 1425 mm. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distroférico (SANTOS et al. 2006). Os meteoros do clima foram obtidos a partir da estação meteorológica automática localizada ao lado da área de cultivo.

A variedade adotada de cana-de-açúcar foi a RB867515, a mais cultivada em área no Brasil desde 2007 (CTC, 2011). O plantio da cana de açúcar foi realizado no mês de maio de 2011, distribuindo de 15 a 18 gemas por metro linear, com profundidade de plantio de 0,30 m.

Cada parcela experimental constou de área de 97,2 m² (5,4 x 18 m), sendo a área total do experimento de 2430 m² (25 parcelas), sendo cultivadas com 3 linhas duplas de cana. O espaçamento utilizado entre o centro das linhas duplas (compostas por duas fileiras espaçadas 0,4 m) foi de 1,8 m.

A água utilizada para a irrigação foi proveniente de duas origens, água de reservatório superficial e o esgoto doméstico tratado, este último obtido a partir do sistema de tratamento de efluentes construído no campo experimental da FEAGRI/UNICAMP.

O sistema de tratamento constitui-se por reator anaeróbico de 4,19 m³ compartimentado, a partir do qual, por meio de tubulações, o esgoto é conduzido até seis leitos dispostos em duas linhas paralelas que contém brita nº 2 com cultivo de macrófitas. Os leitos têm formato retangular (2,7 m x 1,7 m) com profundidade de 0,5 m, e volume de 2,3 m³. O EDT era armazenado em três reservatórios de 15.000 L, para posterior utilização na irrigação da cultura através de um sistema automático de bombeamento localizado na casa de bombas.

O delineamento experimental empregado foi do tipo blocos casualizados (DBC), em um esquema fatorial 2 x 2 + 1 (duas profundidades de instalação da fita gotejadora; duas qualidades de água e a testemunha sem irrigação (SI), totalizando 5 tratamentos (Tabela 1).

TABELA 1. Tratamentos implantados na área experimental.

Treatments installed in the experimental area.

Tratamento	Origem da água	Profundidade fita gotejadora (cm)	Vazão (L h ⁻¹)
SI	Sem irrigação	-	-
E20	EDT ⁽¹⁾	20	1,6
E40	EDT	40	1,6
A20	ARS ⁽²⁾	20	1,0
A40	ARS	40	1,0

SI: Sem irrigação; E20: Esgoto doméstico tratado aplicado a 0,20 m; E40: Esgoto doméstico tratado aplicado a 0,40 m; A20: água de reservatório superficial aplicado a 0,20 m; A40: água de reservatório superficial aplicado a 0,40 m.; ⁽¹⁾Esgoto doméstico tratado; ⁽²⁾Água de reservatório superficial.

Todos os tratamentos irrigados foram fertirrigados com adubação química mineral, considerando a qualidade nutricional da origem da água utilizada, realizada por sistema de tubo venturi duas vezes por semana, aplicando-se 120, 40 e 60 Kg.ha⁻¹ para nitrogênio (nitrato de cálcio), P₂O₅ (fosfato monoamônico) e K₂O (sulfato de potássio) total para a segunda soca e, a adubação no tratamento sem irrigação foi realizada em cobertura entre as linhas de plantio (ROSSETTO et al. 2008) para altas produtividades e seguindo a fertilidade do solo.

Para os tratamentos irrigados foi instalado o sistema de gotejamento subsuperficial no centro das linhas duplas nas profundidades de 0,20 e 0,40 m (Figura 1).

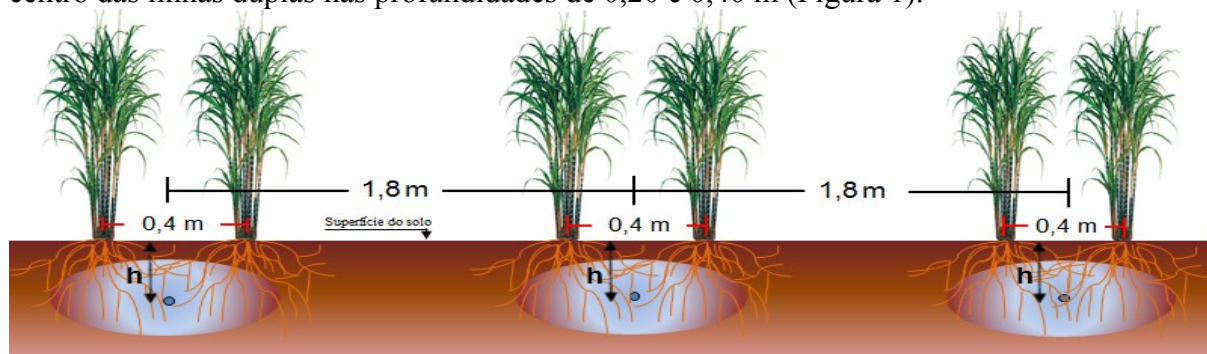


FIGURA 1. Instalação das fitas gotejadoras no centro das linhas simples da cana-de-açúcar.

Os gotejadores utilizados foram do modelo DripNet PC™ AS 16250 (Netafim®) que é do tipo integrado autocompensante, com espaçamento entre emissores de 0,55 e 0,65 m para as vazões de 1,0 e 1,6 L h⁻¹ respectivamente. Este gotejador tem labirinto com amplas secções de passagem da água que melhoram a resistência contra obstruções, com sistema de auto-limpeza e ampla área de filtragem. Além disto, tem sistema anti-sifão que previne o fluxo de partículas de solo para o interior do gotejador. Para prevenir a sucção das partículas do solo foi instalada adicionalmente válvulas antivácuo nos finais de linhas.

Para permitir individualização dos tratamentos, foram instalados, no cabeçal de controle, dois conjuntos de pressurização do sistema: uma para aplicação de água de reservatório superficial e o outro para aplicação de EDT.

Para o manejo da irrigação foi utilizado o balanço de água no solo através do monitoramento do seu teor através da técnica do TDR, (reflectometria no domínio do tempo) com calibração prévia para o presente solo em questão (SOUZA et al. 2006) conforme Equação 1 com R² de 98%.

$$\theta = 3 \times 10^{-5} K_a^3 - 0,0017 K_a^2 + 0,0415 K_a - 0,0603 \quad (1)$$

Em que,

θ - conteúdo de água do solo (%);

K_a - constante dielétrica aparente (adimensional).

Foram instaladas 5 sondas por tratamento nos blocos centrais, a primeira sonda foi instalada no primeiro gotejador a partir dos dois primeiros metros da bordadura da parcela na linha útil. As sondas foram instaladas com distância de 0,15 m no sentido longitudinal, nas profundidades de 0 - 0,2; 0,2 - 0,4; 0,4 - 0,6; 0,6 - 0,8; e 0,8 - 1,0 m, (Figura 11), obtendo assim o monitoramento da água no solo na zona efetiva radicular da cana-de-açúcar.

Foram consideradas no cálculo da lâmina de irrigação aplicada para as parcelas com a fita gotejadora instalada a 0,20 m as sondas até 0,60 m, e para a fita a 0,40 m as sondas de 0,20 a 0,80 m, evitando-se dessa forma sub ou superestimar a lamina de água aplicada. As medidas do teor de água no solo foram coletadas uma hora antes da irrigação, realizando 3 leituras da constante dielétrica aparente (K_a) por sonda, utilizando o multiplexador SDMX50 conectado ao TDR 100 o qual permite realizar a leitura dos dados de forma simultânea, utilizando o software loggernet.

Dessa forma, a partir do balanço de água no solo, sendo calculado pela diferença entre o conteúdo de água presente no solo (obtido pela técnica da TDR) e a capacidade máxima de armazenamento de água a 20 Kpa (capacidade de campo considerando a umidade média no perfil do solo de 35%) pode-se inferir a quantidade de água aplicada por tratamento em m³, conforme Equação 2.

$$V_i = (\theta_{cc} - \theta_i) \times (Z_s \times F_{lg} \times C_f) \times N_l \quad (2)$$

Em que,

V_i – Volume irrigado por tratamento (m³);

θ_a - Umidade volumétrica a (m³ m⁻³);

θ_i - Umidade volumétrica medida pelo TDR (m³ .m⁻³);

Z_s - Profundidade amostrada pela sonda (0,60 m);

F_{lg} – Largura da faixa do gotejador, 0,5 m segundo Elaiuy et al. (2012);

C_f – Comprimento da faixa (18 m);

N_l – Número de linhas irrigadas por tratamento (15 linhas).

A prática da irrigação ocorreu duas vezes por semana até o corte da mesma dois meses antes da colheita visando o acúmulo de sacarose nos colmos.

A partir de então, foram avaliadas as trocas gasosas usando analisador de gases infravermelho portátil (IRGA), modelo LCPro SD Analyser (ADC BioScientific Limited, UK), com área de câmara de 0.00058 m² com densidade de fótons fotossinteticamente ativos fixados em 2000 μmol m⁻² s⁻¹ e CO₂ fixado a 380 ppm.

As leituras foram realizadas em todos os tratamentos com 4 repetições, as medições foram realizadas no terço médio do limbo foliar, em folhas não sombreadas e fisiologicamente maduras (+2), de 12:00 às 14:00 horas um dia após a irrigação em dias de céu claro.

Os parâmetros medidos foram fotossíntese líquida (A, μmol m⁻² s⁻¹), condutância estomática (Gs, mol m⁻² s⁻¹), transpiração foliar (E, mmol H₂O m⁻² s⁻¹), concentração intercelular de CO₂ (C_i, μmol CO₂ mol⁻¹).

A partir dos dados coletados foram calculadas a eficiência do uso da água (EUA) e a eficiência aparente de carboxilação (ECi), de acordo com as equações 3 e 4 respectivamente.

$$EUA = \frac{A}{E} \quad (3)$$

Em que,

EUA – eficiência no uso da água (μmolCO₂. mmol H₂O⁻¹)

A – fotossíntese líquida (μmol m⁻² s⁻¹)

E – transpiração (mmol H₂O m⁻² s⁻¹)

$$ECi = \frac{A}{C_i} \quad (4)$$

Em que,

ECi – eficiência aparente de carboxilação (mmol m⁻² s⁻¹ Pa⁻¹)

A – fotossíntese líquida (μmol m⁻² s⁻¹)

C_i - Carbono intercelular (μmol CO₂ mol⁻¹)

Os dados foram adquiridos aos 81; 100; 113; 140; 163; 169; 225 e 260 DAC da primeira soca. Não foi possível realizar medidas até o fim da colheita, visto que as plantas alcançaram alturas que impossibilitavam o alcance até a folha +2, além do acamamento, dificultando a entrada na área de cultivo.

Para a estimativa de colmos, foi estimada a produtividade segundo a Equação 5 em t.ha⁻¹, para todos os tratamentos, coletando-se 5 colmos por parcela em todos os blocos experimentais.

$$EPC = MFC \cdot N_p \cdot 2,22 \quad (5)$$

Em que,

EPC – Estimativa produção de colmos (t.ha⁻¹);

MFC – Massa fresca total de cinco colmos (kg);

N_p – Número de perfilhos por metro linear.

O rendimento do açúcar teórico recuperável (RTR), foi calculado seguindo a Equação 6.

$$RTR = \frac{ATR \cdot EPC}{100} \quad (6)$$

Em que,

RTR – Rendimento teórico de açúcar total recuperável (t.ha⁻¹);

EPC – Estimativa de produção de colmos;

ATR – Açúcar total recuperável (%) (CONSECANA, 2006).

Os resultados foram submetidos ao teste F da análise de variância a 5% de

probabilidade, e as médias quando diferentes significativamente, foram comparadas a 5% pelo teste de Scott Knott.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação aos dados climáticos, foi um período atípico da região de Campinas-SP, onde o total precipitado foi de apenas 684,1 mm, muito abaixo da média histórica da região. Volume este precipitado insuficiente para o cultivo da cana-de-açúcar, sendo importante a prática da irrigação para suprir as demandas plenas de água pela cultura. A evapotranspiração foi de 1101,80 mm, muito superior as chuva acumulada no período, e a temperatura média durante toda a segunda soca foi de 22,83 °C.

Estes resultados influenciaram diretamente nas trocas gasosas e, conseqüentemente na produtividade da cultura. Na tabela 2 estão apresentados os dados de trocas gasosas referente a segunda soca de cultivo da cana-de-açúcar.

TABELA 2. Fotossíntese líquida (A), transpiração (E), condutância estomática (Gs), eficiência no uso da água (EUA), carbono intercelular (Ci) e eficiência de carboxilação (ECi) durante a segunda soca de cultivo.

Photosynthesis (A), transpiration (E), stomatal conductance (Gs), efficiency in water use (EUA), intercellular carbon (Ci) and carboxylation efficiency (ECi) during the second ratoon crop.

	Ci	E	Gs	A	EUA	ECi
	$\mu\text{mol CO}_2$ mol^{-1}	$\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}$ s^{-1}	Gs, mol m^{-2} s^{-1}	$\mu\text{mol m}^{-2}$ s^{-1}	-	-
81 DAC						
SI	183,50 a	6,66 a	0,50 a	27,49 a	4,13 c	0,150 a
E20	180,25 a	7,27 a	0,61 a	32,95 a	4,53 c	0,183 a
E40	187,75 a	6,66 a	0,54 a	33,62 a	5,05 a	0,179 a
A20	174,25 a	5,45 b	0,59 a	31,02 a	5,71 a	0,151 a
A40	169,50 a	7,32 a	0,57 a	33,85 a	4,63 c	0,189 a
Média	179,05	6,67	0,56	31,79	4,81 b	0,170
(CV%)	(4,1)	(11,3)	(7,9)	(8,3)	(12,5)	(11,0)
100 DAC						
SI	150,25 b	10,83 a	0,60 a	35,31 a	3,26 b	0,236 b
E20	135,25 b	10,60 a	0,63 a	38,85 a	3,67 b	0,289 a
E40	168,50 a	10,38 a	0,65 a	38,30 a	3,69 b	0,222 b
A20	168,25 a	8,37 b	0,64 a	34,84 a	4,20 a	0,195 b
A40	149,75 b	11,06 a	0,65 a	40,12 a	3,62 b	0,268 a
Média	154,40	10,25	0,63	37,48	3,69 b	0,242
(CV%)	(9,1)	(10,6)	(3,2)	(6,1)	(9,2)	(15,4)
113 DAC						
SI	144,75 b	9,41 a	0,63 a	36,68 a	3,90 b	0,253 a
E20	142,00 b	8,77 a	0,64 a	38,56 a	4,41 a	0,272 a
E40	171,75 a	8,95 a	0,56 a	38,63 a	4,31 a	0,225 a
A20	160,75 a	8,27 a	0,63 a	38,49 a	4,73 a	0,182 b
A40	159,00 a	9,41 a	0,61 a	38,79 a	4,12 b	0,244 a
Média	155,65	8,96	0,61	38,23	4,30	0,235
(CV%)	(7,9)	(5,3)	(4,9)	(2,3)	(7,3)	(14,5)

Continuação Tabela 2.

140 DAC						
SI	136,75 b	8,72 b	0,38 b	29,12 b	3,33 b	0,213 b
E20	136,75 b	10,58 a	0,56 a	36,94 a	3,49 b	0,271 a
E40	154,50 a	9,74 a	0,55 a	35,99 a	3,69 b	0,234 a
A20	163,00 a	8,02 b	0,51 a	32,16 b	4,15 a	0,185 b
A40	151,75 a	9,98 a	0,60 a	38,35 a	3,84 a	0,256 a
Média	148,55 a	9,41	0,52	34,51	3,70	0,232
(CV%)	(7,8)	(10,9)	(16,5)	(11,0)	(8,6)	(14,7)
163 DAC						
SI	127,00 a	7,57 b	0,20 b	20,50 b	2,70 a	0,162 b
E20	127,33 a	11,47 a	0,51 a	33,72 a	2,94 a	0,265 a
E40	137,25 a	11,33 a	0,59 a	36,71 a	3,24 a	0,269 a
A20	138,00 a	11,00 a	0,55 a	34,64 a	3,15 a	0,237 a
A40	130,25 a	11,15 a	0,53 a	34,58 a	3,10 a	0,267 a
Média	131,97	10,50	0,47	32,03	3,03	0,240
(CV%)	(4,0)	(15,7)	(32,5)	(20,4)	(7,0)	(18,9)
169 DAC						
SI	132,50 a	7,11 b	0,27 b	23,51 b	3,31 a	0,178 b
E20	133,50 a	8,43 a	0,40 a	30,39 a	3,60 a	0,230 a
E40	143,75 a	8,98 a	0,47 a	33,49 a	3,73 a	0,235 a
A20	145,75 a	6,90 b	0,38 a	24,77 b	3,59 a	0,170 b
A40	141,75 a	8,40 a	0,40 a	28,99 a	3,45 a	0,205 a
Média	139,45	7,96 a	0,38	28,23	3,53	0,204
(CV%)	(4,3)	(11,4)	(19,2)	(14,5)	(4,5)	(14,6)
Continua						
225 DAC						
SI	137,00 b	5,37 b	0,15 b	15,90 b	2,95 c	0,117 d
E20	118,50 b	8,67 a	0,39 a	31,20 a	3,59 b	0,263 a
E40	154,50 a	7,76 a	0,50 a	33,10 a	4,27 a	0,214 c
A20	138,00 a	7,59 a	0,44 a	27,87 a	3,69 b	0,174 c
A40	152,50 a	8,07 a	0,45 a	29,50 a	3,66 b	0,196 b
Média	140,10	7,49	0,38	27,51	3,63	0,193
(CV%)	(10,4)	(16,8)	(36,3)	(24,6)	(12,9)	(27,7)
260 DAC						
SI	171,50 b	3,20 b	0,10 b	11,10 b	3,46 c	0,076 b
E20	161,50 b	5,57 a	0,33 a	23,70 a	4,26 b	0,148 a
E40	158,50 b	5,68 a	0,41 a	27,69 a	4,88 a	0,176 a
A20	200,75 a	4,95 a	0,39 a	23,09 a	5,05 a	0,114 b
A40	162,00 b	6,04 a	0,34 a	25,72 a	4,24 b	0,164 a
Média	162,95	5,09	0,31	22,26	4,38	0,136
(CV%)	(3,0)	(22,1)	(39,0)	(29,2)	(14,4)	(29,9)

E20: Esgoto doméstico tratado aplicado a 0,20 m; E40: Esgoto doméstico tratado aplicado a 0,40 m; A20: água de reservatório superficial aplicado a 0,20 m; A40: água de reservatório superficial aplicado a 0,40 m. DAC: Dias após o corte.

Observa-se que nos três primeiros períodos avaliados (81; 100 e 113 DAC) poucas diferenças significativas foram constatadas em relação aos tratamentos, devido principalmente as altas precipitações correspondentes ao período (setembro/2013 a janeiro/2014).

A partir dos 140 DAC, quando os volumes precipitados diminuíram, nota-se diferenças estatísticas entre nas trocas gasosas em relação aos cultivos irrigados e o sem irrigação para a A e Gs, nesta fase é o início da formação dos colmos, onde a necessidade de água disponível no solo é alta ($K_c > 1$), e como não houve chuva no período (apenas 12 mm em fevereiro), a irrigação foi muito importante para suprir as necessidades hídricas da cultura, garantindo seu pleno desenvolvimento vegetativo.

Na fase de rápido desenvolvimento vegetativo, onde há rápido crescimento de colmos e expansão foliar, é o momento em que as plantas mais necessitam de água para a realização das trocas gasosas com a atmosfera, assim, a indisponibilidade de água no solo afetará a produção de açúcar de forma negativa (PIRES et al. 2008).

Uma das importantes causas na redução na assimilação de CO_2 pelas plantas, ocorre devido ao fechamento estomático pela baixa disponibilidade de água no solo, afetando a fotossíntese devido à restrição ao fluxo de CO_2 , acarretando em efeitos prejudiciais diretamente sobre o aparelho fotossintético (TAIZ & ZEIGER, 2013).

Este efeito foi verificado no decorrer das avaliações, e aos 260 DAC a taxa fotossintética para o cultivo não irrigado alcançou o menor valor, chegando a $11,10 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, representando menos da metade da média para os cultivos irrigados, neste período, choveu pouco mais de 30 mm representando os meses de maio e junho.

Entre os tratamentos irrigados, em relação a qualidade de água e as diferentes profundidades de instalação das fitas gotejadoras, não foi observado diferenças significativas nas trocas gasosas que apontam qual o melhor tratamento, pois todos os tratamentos irrigados receberam quantidades de água e nutrientes que atenderam plenamente suas demandas hídricas e nutricionais, ressalta-se ainda que como a cana-de-açúcar possui um sistema fotossintético do tipo C4, a mesma apresenta alta eficiência de carboxilação (TAIZ & ZEIGER, 2013), mesmo os teores de umidade serem diferentes nas camadas do perfil do solo e as qualidades de água aplicadas também serem distintas, as plantas encontraram as condições necessárias para realizarem suas atividades de trocas gasosas.

Em um estudo realizado em Petrolina - PE com o objetivo de avaliar a influência de três sistemas de irrigação sobre as trocas gasosas, sendo sulco, gotejamento superficial e gotejamento subsuperficial com as fitas gotejadoras instaladas a 0,20 m no perfil do solo, SIMÕES et al. (2015) concluíram que a IGS apresentou os menores valores para Gs, E e A na cana-planta, primeira e segunda socas de cultivo em um solo de textura arenosa. Os autores justificaram os resultados devido ao não umedecimento da superfície do solo pelos emissores enterrados (0-0,20 m), acarretando menor disponibilidade de água para as raízes que se concentram em grande parte nesta camada de solo.

Neste estudo acima, entretanto, foi observado que as trocas gasosas quando a cultura canavieira foi cultivada sobre um solo argiloso como na presente pesquisa, o sistema de IGS apresentou A, E e Gs igual ou superior aos demais sistemas.

Com relação as produtividades e RTR encontradas, os resultados seguiram a tendência dos valores obtidos pelas trocas gasosas, onde os tratamentos irrigados apresentaram as maiores médias, sendo estas não diferentes entre si estatisticamente, mas superiores significativamente em relação ao cultivo sem irrigação (Figura 2).

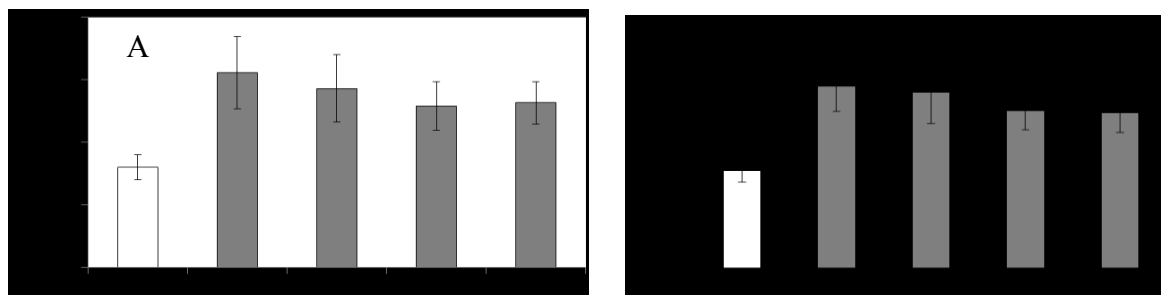


FIGURA 2. Produtividade (A) e rendimento teórico de açúcar recuperável (B) da cana-de-açúcar para cada tratamento.

Médias seguidas por cores iguais não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott Knott. SI: Sem irrigação; E20: Esgoto doméstico tratado aplicado a 0,20 m; E40: Esgoto doméstico tratado aplicado a 0,40 m; A20: água de reservatório superficial aplicado a 0,20 m; A40: água de reservatório superficial aplicado a 0,40 m.

Resultados semelhantes também foram encontrados por Leal et al. (2009) em um estudo com uso da IGS com aplicação de EDT no Estado de SP para a cana-planta, os autores encontraram uma produção estatisticamente maior para o cultivo com aplicação do efluente em relação as parcelas não irrigadas.

Outras pesquisas mostraram que o uso de irrigação na cultura da cana-de-açúcar, utilizando o sistema de gotejamento subsuperficial mais fertirrigação com as fitas instaladas a 0,15 m no perfil do solo, segundo Quintana et al. (2012), além de ter aumentado a produtividade em 100,4% (175,1 t.ha⁻¹) em relação ao cultivo não irrigado, a quantidade de açúcar total recuperável também aumentou significativamente e reduziu o teor de açúcares redutores do caldo.

CONCLUSÕES

As trocas gasosas foram maiores para os tratamentos irrigados, influenciando em maiores produtividades de colmo e açúcar quando comparados com o cultivo sem irrigação.

O esgoto doméstico tratado, aplicado via gotejamento subsuperficial, pode ser utilizado na produção de cana-de-açúcar.

REFERÊNCIAS

CONAB: Companhia Nacional de Abastecimento: **Cana-de-açúcar - 2º Levantamento de safra 2014/2015, abril/2014**. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_08_28_08_52_35_boletim_cana_portugues_-_2o_lev_-_2014-15.pdf. Acesso em 24 de novembro de 2014.

CAPRA, A.; SCICOLONE, B. Emitter and filter tests for wastewater reuse by drip irrigation. **Agricultural water management**, V. 8, n.2, p.135-149, 2004.

CONSECANA - Conselho dos produtores de cana-de-açúcar, açúcar e álcool do Estado de São Paulo. **Manual de instruções**. 5ª Ed, Piracicaba-SP, 2006, 111p.

CTC – Centro de Tecnologia Canavieira. Censo varietal e de produtividade. 2011, 28p. Disponível em : <http://www.ctcanavieira.com.br/downloads.html>. Acesso em: novembro de 2012.

ELAIUY, M. L. C.; SANTOS, L.N.S.; SOUSA, A.C.M.; MATSURA, E.E. Application of treated domestic sewage in the soil for design the subsurface drip irrigation. In: International Conference on Agricultural Engineering/CIGR-AgEng2012 Conference, 2012, Valencia. Proceedings CIGR, Valencia: CIGR-AgEng, 2012.

GONÇALVES, E. R.; FERREIRA, V. M.; SILVA, J. V.; ENDRES, L.; BARBOSA, T. P.; DUARTE, W. G. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila a em variedades de cana-de-açúcar submetidas à deficiência hídrica. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.14, n.4, p.378–386, 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. População 2010. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/defaultta_bpdf_esgot_san.shtm. Acesso em 01 mar. 2012.

LEAL, R. M. P.; FIRME, L. P.; MONTES, C. R.; MELFI, A. J. ; PIEDADE, S. M. S. Soil exchangeable cations, sugarcane production and nutrient uptake after wastewater irrigation. **Scientia Agricola**, v. 66, p. 242-249, 2009a.

PIRES, R. C. M.; ARRUDA, F. B.; SAKAI, E. Irrigação e drenagem. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. (Ed.). **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2008, 882p.

QUINTANA, K. A.; ZANINI, R. J.; SILVA, E. R da. Irrigação e fertirrigação por gotejamento em cana-de-açúcar na presença e ausência de boroJaboticabal, v.40, n.2, p.103 – 116, 2012.

ROSSETTO, R.; DIAS, F. L. F.; VITTI, A. C. fertilidade do solo, nutrição e adubação. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. (Ed.). **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2008, 882p.

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. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2006. 306p.

SIMÕES, W. L.; CALGARO, M.; COELHO, D. S.; SOUZA, M. A de.; LIMA, J. A. Respostas de variáveis fisiológicas e tecnológicas da cana-de-açúcar a diferentes sistemas de irrigação. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 1, p. 11-20, jan-mar, 2015.

SOUZA, C. F.; FOLEGATTI, M. V.; MATSURA, E. E.; OR, D. Calibração da reflectometria no domínio do tempo (TDR) para a estimativa da concentração da solução no solo. **Eng. Agric.**, v. 26, p.282-291, 2006.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: 5. Ed. Artmed, 2013. 954p.