



## Emissão de CO<sub>2</sub> em área com cana-de-açúcar irrigada com diferentes qualidades de água<sup>(1)</sup>

**Aline Azevedo Nazário<sup>(2)</sup>; Guilherme Adalberto Ferreira Castioni<sup>(3)</sup>; Eduardo Augusto Agnellos Barbosa<sup>(4)</sup>; Edson Eiji Matsura<sup>(5)</sup>**

<sup>(1)</sup>Trabalho executado com recursos de FAPESP e CAPES.

<sup>(2)</sup>MSc. Eng. Agrônoma, doutoranda na Faculdade de Engenharia Agrícola – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo; aline.a.n@hotmail.com; <sup>(3)</sup>MSc. Eng. Agrônomo, doutorando UNICAMP, guilhermecastioni@hotmail.com; <sup>(4)</sup>DSc. Eng. Agrônomo, UNICAMP; eduardo.agnellos@gmail.com; <sup>(5)</sup>DSc. Eng. Agrônomo, professor titular Faculdade de Engenharia Agrícola – UNICAMP, matsura@feagri.unicamp.br

**RESUMO:** No balanço global de fluxos de CO<sub>2</sub> atmosféricos à superfície sobre ecossistemas têm se tornado um objeto de relevante interesse científico. O entendimento desses processos está vinculado ao papel da biosfera no controle da emissão/remoção de gases efeito estufa, o que desta forma está relacionado à questão de variabilidade climática regional e global. Neste sentido objetivou-se avaliar o efeito da irrigação da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) variedade RB867515 com efluente de esgoto doméstico tratado e água de reservatório, sob fertirrigação e em duas profundidades de enterrio dos gotejadores, por um período de 2 irrigações consecutivas. Os tratamentos foram: TSI – Cultivo não irrigado com adubação em cobertura; TA20 – Irrigado com água reservatório com tubo gotejador a 0,2 m; TA40 – Irrigado com água reservatório com tubo gotejador a 0,4 m; TE20 – Irrigado com EDT com tubo gotejador a 0,2m; TE40 – Irrigado com EDT com tubo gotejador a 0,4m. O fluxo CO<sub>2</sub> do solo foi determinado por analisador de gás no infravermelho (IRGA), onde não foram observados efeitos do manejo da irrigação com EDT nos fluxos de CO<sub>2</sub> quanto à profundidade de enterrio dos tubos gotejadores. As maiores emissões do fluxo de CO<sub>2</sub> foram observadas nos momentos iniciais da irrigação, especialmente no tratamento TA40, onde todo processo de emissão de CO<sub>2</sub> relacionou-se diretamente com a temperatura e inversamente com a umidade do solo.

**Termos de indexação:** Reúso de água; Gotejamento subsuperficial; Fluxo CO<sub>2</sub>.

### INTRODUÇÃO

A produção de cana-de-açúcar tem se expandido nos últimos anos, estimulada principalmente pelo incentivo ao consumo de combustíveis menos poluentes como o álcool e, conseqüentemente, redução da poluição atmosférica.

No sistema de produção, o manejo da colheita da cana sem queima, tem sido adotado em várias regiões produtoras, visando às reduções das emissões de gases efeito estufa, através da eliminação das queimadas e do acréscimo de

carbono, acréscimo e manutenção de matéria orgânica e microorganismos ao solo pela manutenção da palhada sobre o solo.

O efeito estufa é um fenômeno que possibilita a manutenção da temperatura na Terra, no qual os gases impedem a saída de parte da energia solar que atinge a superfície da terra. O aumento da concentração dos gases do efeito estufa (CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O e CO<sub>2</sub>), principalmente em função das atividades antrópicas como a utilização de combustíveis fósseis e queimadas, tem acarretado em alterações no clima, com grandes consequências para a produção agrícola e para as atividades humanas.

O gás metano e o óxido nitroso apresentam potencial de aquecimento maior que o gás carbônico (CH<sub>4</sub> = 23 vezes o CO<sub>2</sub> e; N<sub>2</sub>O = 296 vezes o CO<sub>2</sub>), o CO<sub>2</sub> é emitido em maiores quantidades devido à queima de combustíveis fósseis e desmatamento ou queimada (Machado, 2005). A produção de gás carbônico no solo ocorre por meio de processos biológicos, como a decomposição de resíduos orgânicos e a respiração de organismos e do sistema radicular das plantas (Ball & Simth, 1991).

Considerando que grande parte da área de cultivo de cana-de-açúcar é de sequeiro, o manejo irrigado representa uma prática promissora, particularmente no estado de São Paulo, onde se concentra a maior área plantada com a cultura (Agrianual, 2009). O uso de efluente de esgoto tratado na irrigação de plantas, apesar de ser uma prática antiga e comum em diversos países (Ramires, 2002), é recente no Brasil e representa uma alternativa de recursos hídricos e também de nutrientes, com grande potencial de uso em áreas de cana-de-açúcar (Leal, 2007). Além de fornecer água para o sistema solo-planta, a irrigação das plantas com efluente implica no aporte de sais minerais e compostos orgânicos, resultando em modificações nas condições ambientais (Fonseca, 2007).

Apesar das informações existentes, ainda permanecem pouco esclarecidos pontos importantes a respeito das emissões de CO<sub>2</sub> no solo. O conhecimento de como isso ocorre, como em condições de clima tropical, é fundamental para identificação de diferenças nos padrões de fluxo de



CO<sub>2</sub> em solos distintos quanto a sua gênese ou quanto a condições de uso e manejo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da irrigação da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) variedade RB867515 com efluente de esgoto doméstico tratado e água de reservatório superficial, sob fertirrigação e em duas profundidades de enterrio dos gotejadores, por um período de 2 irrigações consecutivas sobre a emissão de CO<sub>2</sub> do solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no campo experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP, Campinas – SP, sob Latossolo Vermelho distroférico (Embrapa, 2006). O clima, segundo a classificação de Köppen, é uma transição entre Cwa e Cfa, com precipitação média anual em torno de 1425 mm, temperatura média anual de 22,4°C e umidade relativa do ar de 62% (Cepagri, 2013). A variedade de cana-de-açúcar foi a RB867515 instalada no campo experimental, a uma profundidade de 0,3 m, em março de 2011, o corte da cana-planta foi realizado em setembro de 2012, iniciando novo ciclo (primeira soca) e avaliação deste experimento em abril de 2013. Foi utilizado espaçamento combinado/linhas duplas, onde duas linhas de cana-de-açúcar foram dispostas a 0,4 m de distância, distantes a 1,4 m das linhas duplas subsequentes, sendo a distância entre o centro de duas linhas duplas de 1,8 m.

O sistema de irrigação utilizado foi o gotejamento enterrado (subsuperficial) em duas profundidades de 0,2 e 0,4 m, o manejo de irrigação adotado foi o do balanço de água no solo, sendo calculado pela diferença entre o conteúdo de água presente no solo antes da irrigação (obtido pela técnica da TDR - reflectometria no domínio do tempo, segundo Equação de calibração proposta por Souza et al., 2001) e a capacidade máxima de armazenamento de água (capacidade de campo). Foram utilizadas duas qualidades de água para irrigação: esgoto doméstico tratado (EDT) e água de reservatório superficial (ARS). O esgoto é coletado nas instalações da FEAGRI (banheiros, laboratórios, cozinhas, entre outras) e, posteriormente, tratado em reator compartimentado anaeróbico seguido de um sistema pós-tratamento composto de seis *wetlands*, resultando no EDT. A ARS é bombeada de um reservatório superficial construído dentre das instalações da UNICAMP, em uma microbacia hidrográfica.

A adubação foi realizada conforme a recomendação de Rosseto et al. (2008). Na testemunha não irrigada, a adubação foi realizada manualmente em única aplicação na linha de

plântio. Nos tratamentos com fertirrigação mineral os fertilizantes foram aplicados de acordo com a marcha de absorção de nutrientes pela cana-de-açúcar (Haag et al., 1987). A aplicação dos fertilizantes via fertirrigação foi realizada de forma complementar aos nutrientes já fornecidos pelas águas, de acordo com as análises da ARS e EDT.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com cinco tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram: TSI – Cultivo não irrigado com adubação em cobertura; TA20 – Irrigado com água reservatório com tubo gotejador a 0,2 m; TA40 – Irrigado com água reservatório com tubo gotejador a 0,4 m; TE20 – Irrigado com EDT com tubo gotejador a 0,2m; TE40 – Irrigado com EDT com tubo gotejador a 0,4m, onde todos os tratamentos irrigados com fertirrigação.

As avaliações ocorreram nos dias 09/04/2013 e 12/04/2013, iniciando as avaliações uma hora antes de iniciar a irrigação, e continuamente de hora em hora durante toda a irrigação, até uma hora após término da irrigação. A emissão de CO<sub>2</sub> foi avaliada com auxílio de câmaras de solo fabricadas pela companhia LI-COR, Nebraska, EUA. O equipamento é um sistema fechado com volume interno de 991 cm<sup>3</sup>, com área de contato com o solo de 71,6 cm<sup>2</sup> e colocado sobre colares de PVC, instalados no solo dias anteriores da realização das medições. A temperatura no solo foi avaliada simultaneamente com a medição da concentração de CO<sub>2</sub> por meio de sensor de temperatura acoplado ao sistema LI-8100.

De posse dos dados, foi realizado o teste F da análise de variância e, quando necessário, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados do fluxo de CO<sub>2</sub> médio calculado em cada tratamento pra cada hora avaliada mostra que ocorreu uma variação de 3,1 a 5,9 μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> para o tratamento TSI antes da irrigação e tratamento TA40 no início da irrigação, respectivamente (**Figura 1**). Observa-se que as maiores médias encontra-se no início do período de irrigação, até às 2 horas de irrigação, fato que pode ser explicado pela infiltração de água ao longo do perfil do solo, substituição do espaço poroso aéreo do solo por água, ocorrendo o fenômeno de expulsão dos gases para a atmosfera.

O comportamento das emissões de CO<sub>2</sub> pode estar relacionado com o estímulo promovido pela disponibilidade de água e nutrientes, fornecidos com a irrigação sobre o crescimento vegetativo da planta, e conseqüentemente, uma maior produção de raízes (Nogueira, 2009). Este fato, somado ao



favorecimento do metabolismo microbiano pela umidade, pode auxiliar na compreensão do resultado observado para as emissões de CO<sub>2</sub>, fato observado na **Figura 2**, onde há diferença significativa entre os tratamentos irrigados e não irrigados, especialmente no momento inicial da irrigação.

As mudanças da umidade e temperatura média do solo para o período de coleta refletiram no fluxo de CO<sub>2</sub> do solo, como indicado na **Figura 3**. Resultaram numa resposta direta à maior disponibilidade de água no solo e menores temperaturas, o que fez com que reduzisse a emissão de gás carbônico do solo para atmosfera.

Panosso et. al (2008) comparando o efeito do manejo com queima e sem queima de cana-de-açúcar cultivada em Latossolo associaram que as maiores emissões de CO<sub>2</sub> estão diretamente relacionadas com o aumento da temperatura e inversamente relacionadas com a umidade do solo, no local com manejo de cana queimada, e não no sistema de cana crua, onde a presença de palhada certamente impede a ação direta da radiação solar e o escoamento de chuvas.

## CONCLUSÃO

Não foram observados efeitos do manejo da irrigação com EDT nos fluxos de CO<sub>2</sub> quanto à profundidade de enterrio dos tubos gotejadores. Ao passo que maiores emissões do fluxo de CO<sub>2</sub> foram observados nos momentos iniciais da irrigação, especialmente no tratamento TA40, onde todo processo de emissão de CO<sub>2</sub> relacionou-se diretamente com a temperatura e inversamente com a umidade do solo.

## AGRADECIMENTO

O primeiro autor agradece ao CNPq pela bolsa de estudo e autores agradecem a FAPESP e CAPES pelo apoio financeiro ao projeto.

## REFERÊNCIAS

Cana-de-Açúcar. Agriannual 2009. Ed. FNP, p. 235.

CEPAGRI (Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura). *Clima de Campinas*. Disponível em: <<http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-de-campinas.html>>. Acesso em: 25/04/2013.

EMBRAPA - 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.

HAAG, H. P.; DECHEN, A. R.; CARMELLO, Q. A. C. Nutrição mineral da cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S. B. Cana-de-açúcar, Cultivo e Utilização. Campinas: Fundação Cargill, v.1, p. 88-162. 1987.

LEAL, R.M.P. 2007. Efeito da irrigação com efluente de esgoto tratado em propriedades químicas de um Latossolo cultivado com cana-de-açúcar. Dissertação de mestrado. USP/ESALQ, 109p.

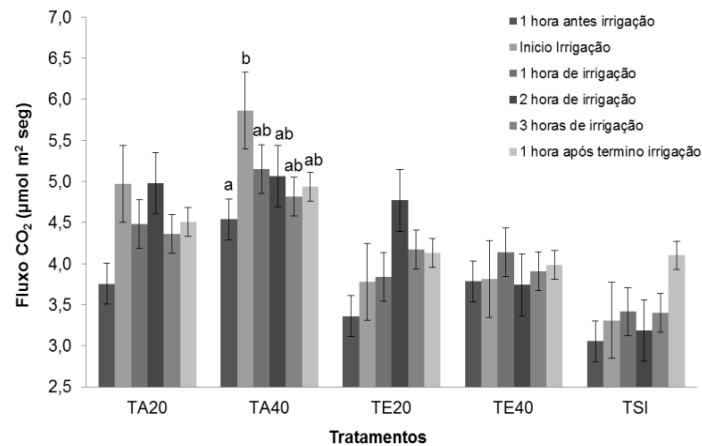
NOGUEIRA, S. F.; CASTRO, B. S.; PAULA, A. M. de; GOMES, T. M.; DEON, M. D.; PEREIRA, B. F. F. MONTES, C. R.; MELFI, A. J. Fluxo de gases (CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O e CO<sub>2</sub>) em área de cana-de-açúcar sem queima irrigada com efluente de esgoto tratado. Congresso brasileiro de ciência do solo, 32., 2009, Fortaleza. Fortaleza: UFC: SBCS, 2009.

PANOSSO, A.R., PEREIRA, G.T., MARQUES JÚNIOR, J., SCALA JÚNIOR, N. Variabilidade espacial da emissão de CO<sub>2</sub> em Latossolos sob cultivo de cana-de-açúcar em diferentes sistemas de manejo. Engenharia Agrícola. 28:p.227-236, 2008.

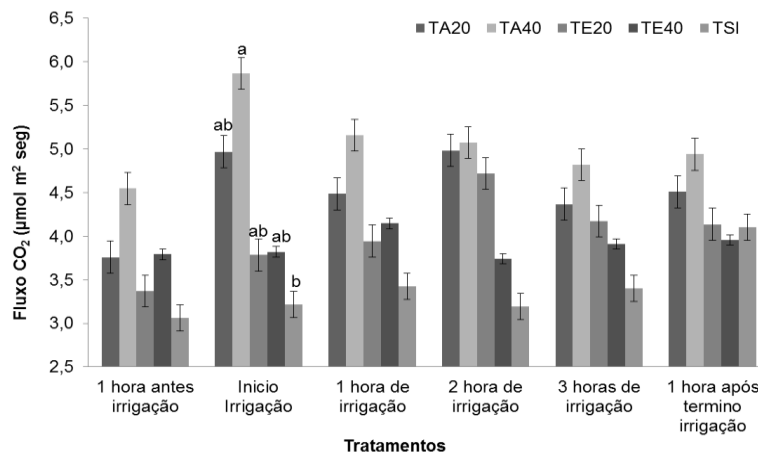
RAMIREZ, E. F., LUCHO-CONSTANTINO, C., ESCAMILLA-SILVA, E., DENDOOVEN, L. 2002. Characteristics and carbon and nitrogen dynamics in soil irrigated with wastewater for different lengths of time. Bioresour Technol, 85:79-187

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 Agronômico, 2008, 882p.

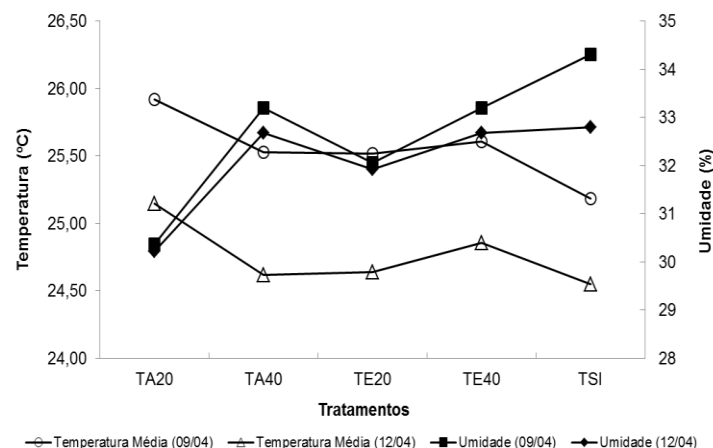
SOUZA, C. F.; MATSURA, E. E.; TESTEZLAF, R. Experiência do Laboratório de Irrigação e Drenagem da Faculdade de Engenharia Agrícola/Unicamp no uso da técnica de TDR. In: MATSURA, E. E. (Org.). Aplicações da Técnica de TDR na Agricultura. 1ª. ed. Campinas: Biblioteca da Área de Engenharia (BAE) - UNICAMP, 2001, 178p.



**Figura 1** - Fluxos médios e desvios padrões de CO<sub>2</sub> em área de cana-de-açúcar em função dos tratamentos (TSI – Cultivo não irrigado com adubação em cobertura; TA20 – Irrigado com água reservatório com tubo a 0,2 m; TA40 – Irrigado com água reservatório com tubo gotejador a 0,4 m; TE20 – Irrigado com EDT com tubo gotejador a 0,2m; TE40 – Irrigado com EDT com tubo gotejador a 0,4m). Médias sem letras não diferiram entre si, no Teste de Tukey a 5% de probabilidade.



**Figura 2** - Fluxos médios e desvios padrões de CO<sub>2</sub> em área de cana-de-açúcar em função dos tempos de avaliação (1 hora antes irrigação; Início irrigação; 1 hora de irrigação; 2 horas de irrigação; 3 horas de irrigação e 1 hora após termino da irrigação). Médias sem letras não diferiram entre si, no Teste de Tukey a 5% de probabilidade.



**Figura 3** - Temperatura média do solo ao longo das medições diárias e umidade do solo antes dos períodos de irrigação durante período de avaliação para cada tratamento.