



Atividade microbiana em solo cultivado com cana-de-açúcar irrigado com esgoto doméstico tratado⁽¹⁾.

Aline Azevedo Nazário⁽²⁾; Ivo Zution Gonçalves⁽³⁾; Eduardo Augusto Agnellos Barbosa⁽⁴⁾; Leonardo Nazário Silva dos Santos⁽⁵⁾; Edson Eiji Matsura⁽⁶⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do CNPq e Fapesp.

⁽²⁾ MSc. Eng. Agrônoma - Doutoranda em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, aline.a.n@hotmail.com; ⁽³⁾ Eng. Agrônomo – DSc. Engenharia Agrícola, UNICAMP, ivo.zution@gmail.com; ⁽⁴⁾ Eng. Agrônomo – DSc. Engenharia Agrícola, UNICAMP, eduardo.agnellos@gmail.com; ⁽⁵⁾ Eng. Agrônomo – DSc. Engenharia Agrícola, UNICAMP, nazarioss.leonardo@gmail.com; ⁽⁶⁾ Prof. DSc. na Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, matsura@feagri.unicamp.br

RESUMO: A água é um elemento de fundamental importância para o desenvolvimento das culturas agrícolas e com atual escassez dos recursos hídricos, fontes alternativas para a irrigação são necessárias, e o uso destas podem promover alterações nas características do solo. Desta forma o objetivo deste trabalho foi avaliar o uso da irrigação subsuperficial em diferentes profundidades de instalação da fita gotejadora com esgoto doméstico tratado (EDT) e água de reservatório superficial (ARS) e cultivo não irrigado sobre a microbiologia do solo em diferentes profundidades do solo cultivado com cana-de-açúcar no final da primeira e da segunda soca de cultivo. O estudo foi realizado na área experimental Feagri/UNICAMP. O sistema de irrigação utilizado foi o gotejamento subsuperficial, o manejo da irrigação em função da água disponível no solo através da técnica reflectometria no domínio do tempo (TDR). Os tratamentos utilizados foram irrigação com EDT e ARS a 0,20 e 0,40 m de profundidade de instalação das fitas gotejadoras para ambas as qualidades de água, mais fertirrigação complementar quando necessário, e o cultivo sem irrigação. Foi avaliado o carbono da biomassa, a respiração do solo e quociente metabólico do solo. O uso da irrigação favoreceu o acúmulo da biomassa microbiana em relação ao manejo sem irrigação, levando também a tendência de equilíbrio ao solo irrigado com EDT, logo, ambientes sobre manejo com EDT apresentaram menor índice de estresse da comunidade microbiológica do solo.

Termos de indexação: Gotejamento subsuperficial; Fertirrigação; Indicadores microbianos.

INTRODUÇÃO

A cultura da cana-de-açúcar é destaque no cenário agrícola do Brasil, sendo cultivada em vários tipos de ambiente e manejo, sem que tenha sido avaliado o impacto decorrente do manejo na microbiota do solo. O estudo das

respostas dos diferentes cultivares com tratamentos culturais diferenciados auxilia a exploração econômica da cultura, indicando práticas mais adequadas, de acordo com as propriedades biológicas do solo (Bezerra et al., 2008).

As alterações microbiológicas do solo com a aplicação de efluentes de esgoto, até cerca de dez anos não se dava maiores enfoques a essa característica, subestimando-se o papel da biota do solo em várias funções do solo. No entanto, muitos, se não a maioria, dos atributos físicos e químicos do solo exigidos para o máximo desenvolvimento vegetal é afetado diretamente pelos processos bióticos (Lee, 1994), destacando-se a importância dos microrganismos e seus processos no funcionamento e sustentabilidade de ecossistemas.

Muitos atributos biológicos do solo como a biomassa microbiana e a atividade heterotrófica de microrganismos do solo têm sido utilizados eficientemente como indicadores bioquímicos da qualidade do solo em áreas degradadas, solos sob impacto de metais pesados (Melloni et al., 2000) ou aqueles submetidos a diferentes sistemas de uso (Nogueira et al., 2006).

Já a respiração microbiana é um dos mais antigos parâmetros para quantificar a atividade microbiana (Moreira & Siqueira, 2002). Parkinson & Coleman (1991) consideram que a biomassa microbiana basal é capaz de fornecer resultados válidos sobre a atividade microbiana do solo, a qual, em alguns casos, é utilizada como um índice de sua fertilidade.

Portanto, a aplicação de efluente de esgoto tratado via gotejamento subsuperficial na cultura da cana-de-açúcar, necessita de estudos mais elaborados sobre seus efeitos nos atributos biológicos dos solos tropicais, de forma a expandir o conhecimento científico na área de reúso de água na agricultura.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no campo experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas



(FEAGRI/UNICAMP), Campinas, SP, com Latitude de 22°53'S e Longitude de 47°05'W e altitude média de 664 m. O solo é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico. O clima, segundo a classificação de Köppen, é uma transição entre Cwa e Cfa, com precipitação média anual de 1425 mm, temperatura média anual de 22,4°C e umidade relativa do ar de 62%. Os períodos de avaliação ocorreram no final da primeira soca (setembro/2013), e no final da segunda soca (setembro/ 2014), utilizando a variedade RB867515.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados no esquema fatorial 5x3x2, sendo 5 tratamentos com a qualidade de água, 3 profundidades de coleta do solo e 2 períodos de avaliação, com três repetições. As qualidades de água foram distribuídas da seguinte maneira: E-20 - Irrigação localizada subsuperficial com EDT com a fita gotejadora na profundidade de 0,2 m; E-40 - EDT, 0,4 m; A-20 - Irrigação localizada subsuperficial com ARS, fita gotejadora na profundidade de 0,2 m; A-40 - ARS, 0,4 m, e o plantio sem irrigação (S.I.).

O EDT utilizado foi proveniente das instalações da FEAGRI. Antes da aplicação, o efluente foi tratado em reatores anaeróbicos, e em seguida, por três leitos cultivados com macrófitas. As irrigações foram realizadas duas vezes por semana, se necessário, e a fertirrigação uma vez por semana. A lâmina de irrigação foi baseada nas condições de umidade do solo, que foi determinada pela técnica da TDR calibrada para as condições de solo da área (Souza, 2006).

A adubação foi realizada conforme Rosseto et al. (2008), na testemunha não irrigada, a adubação foi realizada manualmente em única aplicação na linha de plantio, e nos tratamentos com fertirrigação mineral, os fertilizantes NPK foram aplicados conforme marcha de absorção de nutrientes da cana-de-açúcar (Haag et al., 1987). Os nutrientes foram aplicados de maneira complementar a qualidade de cada água, para isto era coletado amostras das águas utilizadas, após a passagem pelo cabeçal de controle, e enviadas para análise de nitrogênio (Apha, 1999).

A coleta de solo foi realizada no final dos ciclos (1ª soca – setembro/2013 e 2ª soca - setembro/2014), sendo determinado carbono da biomassa, respirometria e quociente metabólico do solo. Os resultados foram submetidos ao teste de Tukey ao nível de 5% e 1% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de carbono da biomassa mostraram que os tratamentos foram significativos ao nível de 1% de probabilidade, a profundidade de coleta do solo, os períodos de avaliação e as interações dos fatores não se

mostraram significativo ao nível de 5% de probabilidade.

O tratamento (**Figura 1**) sem irrigação (SI) proporcionou menores valores de carbono da biomassa no solo em comparação com a irrigação com ARS a 0,4 m (A-40). Em trabalho de Cattelan et al. (1997) também concluíram que o desenvolvimento microbiano foi estimulado pelo aumento no teor de carbono orgânico e disponibilidade de água no solo, já em trabalho de Sauerbeck et al. (1982), os autores relataram que o aumento da biomassa microbiana na cana-de-açúcar pode ser devido a características intrínsecas à cultura, tais como produtos orgânicos novos gerados pelas plantas cultivadas, principalmente pelas raízes. Desta forma, a irrigação pode ter ocasionado o melhor desenvolvimento de raízes em profundidade, conseqüentemente maior aporte de carbono da biomassa.

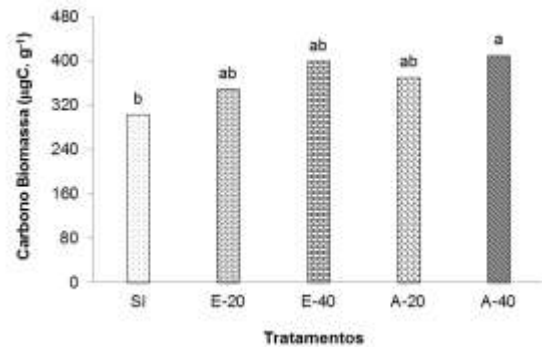


Figura 1 – Carbono da biomassa microbiana de um Latossolo Vermelho distroférrico em diferentes tratamentos sob cultivo de cana-de-açúcar. As medias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Cerri et al. (1985) encontraram valores de biomassa microbiana 100% maiores em área sem ação antrópica em relação a áreas cultivadas, devido, principalmente, à maior deposição de resíduos orgânicos no solo e à grande quantidade de raízes, o que estimula a microbiota do solo, principalmente nas camadas superficiais do solo.

Na respiração microbiana (**Tabela 1**) para cada período avaliado há variações ao logo das profundidades em estudo, onde com passar dos meses o manejo adotado proporcionou maiores diferenças entre cada profundidade de coleta. Assim como incrementos na respiração do solo em cada profundidade entre os períodos avaliados. Estes resultados demonstram maior equilíbrio da comunidade microbiana devido à adição de adubos químicos ou mesmo pelos nutrientes presentes na água de irrigação.



Tabela 1 – Respirometria do solo em cada período avaliado e nas diferentes profundidades de coleta do solo em experimento de cana-de-açúcar

Período	Profundidade (m)		
	0-0,2	0,2-0,4	0,4-0,6
Setembro/2013	13,106 bA	10,100 bB	7,665 aB
Setembro/2014	20,466 aA	16,072 aB	8,806 aC

*Médias seguidas de mesma letra minúscula para cada profundidade de coleta do solo dentro de cada período de avaliação e maiúscula para cada período avaliado dentro das profundidades estudadas não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

As diferenças na respiração do solo (**Figura 2**) podem estar relacionadas aos fatores como a produção de CO₂ no solo resultante da atividade respiratória de microrganismos, protozoários, nematoides, insetos, anelídeos e raízes do solo, onde a respiração é um indicador sensível e que revela rapidamente alterações nas condições ambientais que porventura afetem a atividade microbiana, tais resultados corroboram com Moreira & Siqueira, 2002; Nogueira et al., 2006; Meli, 2002. Já para o tratamento A-40 não ocorreu adequado equilíbrio entre os fatores abióticos e bióticos. Logo, mesmo com maiores valores de carbono da biomassa (**Figura 1**) podemos inferir que os microrganismos ainda estão se adaptando as condições do ambiente e aos diversos compostos orgânicos adicionados, o que pode ter elevado as taxas de CO₂.

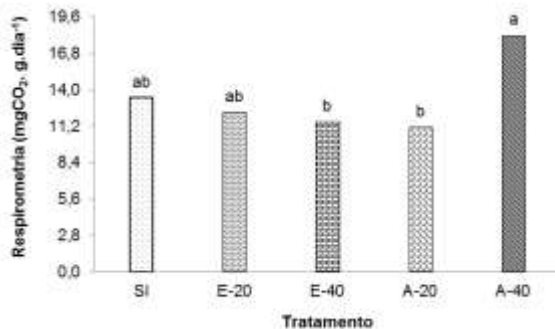


Figura 2 – Respirometria de um Latossolo Vermelho distroférico em diferentes tratamentos sob cultivo de cana-de-açúcar. As medias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

O quociente metabólico nos períodos de avaliação e nos tratamentos foi significativo ao nível de 1% de probabilidade, a profundidade de coleta do solo foi significativo ao nível de 5% de probabilidade e as interações dos fatores não se mostraram significativo ao nível de 5% de probabilidade.

O tratamento SI (**Figura 3**) diferiu dos demais, o que pode ser em função da manutenção da umidade do solo, associada à fertirrigação complementar, ou seja, a fonte hídrica juntamente

com a disponibilidade de nutrientes possibilitou adequado desenvolvimento da biomassa microbiana, o que culminou em um solo com menores taxas de CO₂ por dia. Neste sentido, o solo irrigado com efluente demonstrou menor quociente de respiração, esta relação também foi encontrado por Meli (2002) ao avaliar influência de águas residuais urbanas e água “limpa” em diferentes solos, onde as águas residuais urbanas mostraram pequenos incrementos na respiração de solo.

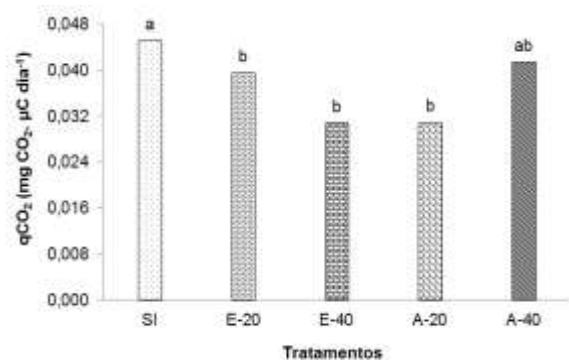


Figura 3 – Quociente metabólico de um Latossolo Vermelho distroférico em diferentes tratamentos sob cultivo de cana-de-açúcar. As medias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

O qCO₂ ao longo das profundidades avaliadas (**Figura 4**) apresentaram diferenças, onde a proximidade com a superfície do solo (0 – 0,4 m) apresentou maiores valores, do que a profundidade de 0,4 – 0,6 m, no mesmo sentido ocorreu ao longo dos períodos de avaliação (**Tabela 2**).

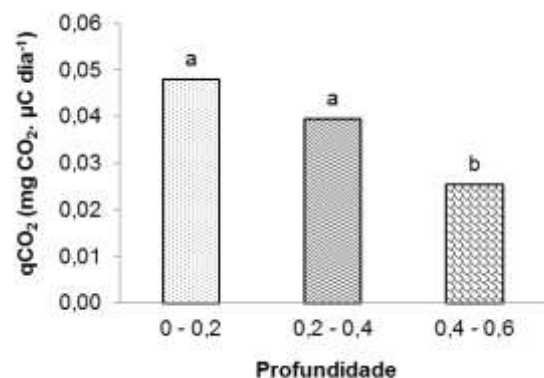


Figura 4 – Quociente metabólico nas diferentes profundidades de coleta de um Latossolo Vermelho distroférico sob cultivo de cana-de-açúcar. As medias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Estes resultados apresentaram uma tendência como a apresentada por Sparling (1992) que as mudanças no qCO₂ refletem o padrão de entrada



da matéria orgânica no solo, a eficiência da conversão do carbono microbiano, as perdas do carbono do solo e a estabilização do carbono orgânico pela fração mineral do solo. O qCO_2 correlaciona-se significativamente com diversos indicadores biológicos, como por exemplo a matéria orgânica, como também relatado por Araújo et al. (2003). Logo, seu valor pode indicar se está ocorrendo acúmulo ou perda de carbono no solo (Insam, 1990).

Tabela 2 – Quociente metabólico do solo nos períodos avaliados em experimento de cana-de-açúcar

Período	Quociente metabólico* ($mg\ CO_2\ \mu Cdia^{-1}$)
Setembro/2013	0,029 b
Setembro/2014	0,046 a

*Medias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

CONCLUSÕES

A atividade microbiana do solo sofreu alterações positivas, como aumento da biomassa microbiana e menor quociente metabólico quando irrigados com diferentes qualidades de águas de irrigação, frente ao tratamento sem irrigação, onde o esgoto doméstico tratado se mostrou uma fonte alternativa de recurso hídrico e de nutrientes para o cultivo da cana-de-açúcar.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e Fapesp pelo apoio no desenvolvimento do projeto.

REFERÊNCIAS

APHA, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1975), APHA/WWA-WPCF, 14 ed. 1 999.

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Microbial biomass and activity in a Brazilian soil plus untreated and composted textile sludge. *Chemosphere*, Oxford, v. 64, p. 1043-1046, 2006.

BEZERRA, R. G. D., DOS SANTOS, T. M. C., DE ALBUQUERQUE, L. S., CAMPOS, V. B., DA SILVA PRAZERES, S. Atividade microbiana em solo cultivado com cana-de-açúcar submetido a doses de fósforo. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.3, n.4, 2008.

CATTELAN, A.J. et al. Sistemas de rotação de culturas em plantio direto e os microrganismos do solo, na cultura da soja, em Londrina. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 21, p. 293-301, 1997

CERRI, C.C. et al. Efeito do desmatamento sobre a biomassa microbiana em Latossolo Amarelo da

Amazônia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 9, p. 1-4, 1985.

HAAG, H.P.; DECHEN, A.R.; CARMELLO, Q.A.C. Nutrição mineral da cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S.B. coord. *Cana-de-açúcar cultivado e utilização*. Campinas, FUNDAÇÃO CARGILL, 1987. v.1, p:88-162.

INSAM, H. Are the soil microbial biomass and basal respiration governed by the climatic regime. *Soil Biology and Biochemistry*, v.22, p.525-532, 1990.

LEE, K. E. The functional significance of biodiversity in soils. In: *World Congress of Soil Science, 15. Anais...* Acapulco: International Society of Soil Science, 1994.

MELI, S.; PORTO, M.; BELLIGNO, A.; BUFO, S. A.; MAZZATURA, A.; SCOPA, A. Influence of irrigation with lagooned urban wastewater on chemical and microbiological soil parameters in a citrus orchard under Mediterranean condition. *Science of the Total Environment*, 285(1/3): 69-77, 2002.

MELLONI, R.; ABRAHÃO, R. S.; MOREIRA, F. M. M.; FURTINI NETO, A. E. Impacto de resíduo siderúrgico na microbiota do solo e no crescimento de eucalipto. *Revista Árvore*, v.24, n.3, p.309-315, 2000.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. *Microbiologia e Bioquímica do Solo*. Lavras: Editora UFLA, 2002. 626p.

NOGUEIRA, M. A.; ALBINO, U. B.; BRANDÃO JÚNIOR, O.; BRAUN, G.; CRUZ, M. F.; DIAS, B. A.; Promising indicators for assessment of agroecosystems alteration between natural, reforested and agricultural land use in southern Brazil. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.115, p.237-247, 2006.

PARKINSON, D.; COLEMAN, D. C. Methods for assessing soil microbial populations, activity and biomass – Microbial communities, activity and biomass. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Amsterdam, v.34, n.1, p.3-33, 1991.

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.

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. *Engenharia Agrícola*, v. 26, 2006.

SPARLING, G.P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. *Australian Journal Soil Research*, Melbourne, v.30, n. 95-207, 1992.

SAUERBECK, D.R.; HELAL, H.M.; NONNEN, S.; ALLARD, J.L. Photosynthate consumption and carbon turnover in the rhizosphere depending on plant species and growth conditions. In: *COLÓQUIO REGIONAL SOBRE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO*, Piracicaba. Anais. São Paulo : CENA/PROMOCET, 1982. p.171-174.