

13520 - Variabilidade temporal da emissão de CO₂, temperatura e umidade do solo em áreas de cana-de-açúcar

Temporal variability of CO₂ emission, temperature and soil moisture in areas of sugar cane

MOITINHO, Mara Regina⁽¹⁾; PADOVAN, Milton Parron⁽²⁾; PANOSSO, Alan Rodrigo⁽³⁾; LA SCALA JR, Newton⁽⁴⁾

⁽¹⁾Doutoranda em Agronomia (Ciência do Solo), Departamento de Ciências Exatas, UNESP – Jaboticabal/SP, maramoitinho@gmail.com; ⁽²⁾Pesquisador da Embrapa Agropecuária Oeste – Dourados/MS, milton.padovan@embrapa.br; ⁽³⁾Professor Assistente Doutor, Departamento de Matemática, UNESP – Ilha Solteira/SP, arpanosso@yahoo.com.br; ⁽⁴⁾Professor Adjunto, Departamento de Ciências Exatas, UNESP – Jaboticabal/SP, lascala@fcav.unesp.br

Resumo: A emissão de CO₂ do solo, importante componente do ciclo global de carbono, apresenta variações ao longo do tempo e do espaço. Neste estudo, objetivou-se investigar a variabilidade temporal da emissão de CO₂, temperatura e umidade do solo em áreas de cana-de-açúcar. O estudo foi conduzido na área experimental da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados/MS, sendo avaliadas: a emissão de CO₂ do solo (FCO₂) utilizando o sistema portátil LI-8100; a temperatura do solo (termômetro integrante do sistema LI-8100) e a umidade do solo (aparelho TDR). A média da FCO₂ variou de 1,89 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ a 2,32 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, sendo que, as maiores médias diárias da FCO₂ ocorreram após eventos chuvosos. A umidade do solo apresentou as maiores variações ao longo do período de estudo (8,00% a 32,22%). A FCO₂ foi positivamente correlacionada ($r = 0,66$; $p < 0,05$) com a umidade do solo. A temperatura do solo apresentou baixa variabilidade, não houve correlação entre esta variável e a FCO₂.

Palavras-chave: respiração do solo; variabilidade; precipitações; temperatura; umidade.

Abstract: The CO₂ emission from the soil, an important component of the global carbon cycle, varies over time and space. This study aimed to investigate the temporal variability of the emission of CO₂, temperature and soil moisture in areas of sugar cane. The study was conducted in the experimental area of Embrapa, Dourados/MS and evaluated: the emission of CO₂ from the soil (FCO₂) using the LI-8100 portable system, the soil temperature (thermometer built into the system LI-8100) and soil moisture (TDR apparatus). The average FCO₂ varied between 1.89 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ to 2.32 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, the highest daily averages of FCO₂ occurred after rainfall events. Soil moisture showed the greatest variation over the study period (8.00% to 32.22%). The FCO₂ was positively correlated ($r = 0.66$, $p < 0.05$) with soil moisture. Soil temperature showed low variability, there was no correlation between this variable and FCO₂.

Keywords: soil respiration; variability; precipitation; temperature, moisture.

Introdução

A emissão de CO₂ do solo (FCO₂) em áreas agrícolas é um processo resultante da interação de diferentes fatores inerentes as condições de clima e solo. A produção de CO₂ no interior do solo está diretamente relacionada à atividade biológica, como a respiração de raízes e a decomposição da matéria orgânica do solo (MOS) pela atividade microbiana, influenciada pela temperatura e pela umidade do solo (EPRON et al., 2006; LAL, 2009).

Variações estacionais com elevações na temperatura do solo e do ar oferecem condições propícias para a atividade dos microrganismos do solo, intensificando a

taxa de degradação da matéria orgânica (KANG et al., 2003). De acordo com Davidson et al. (2000), a taxa de respiração do solo aumenta, seguindo um modelo exponencial, explicando por que maiores emissões são observadas em regiões de clima tropical. Fang e Moncrieff (2001) observaram que a respiração do solo foi intensificada quando a temperatura do solo apresentava valores até 32 °C com a temperatura ambiente próxima de 40 °C, enquanto em temperaturas mais elevadas que estas, a respiração era reduzida.

O processo de respiração também é afetado pelo conteúdo de umidade presente no solo, que pode tanto favorecer como inibir a produção de CO₂, uma vez que afeta a atividade microbiana e a difusão de gases (LAL, 2009). A transição do solo seco para o úmido aumenta o fluxo de CO₂ logo nas primeiras horas, porém após determinado tempo tende a normalizar-se e até a diminuir essa emissão com o solo ainda úmido (SMART & PEÑUELAS, 2005).

Considerando que tanto a umidade quanto a temperatura do solo apresentam grande variação espaçotemporal e relação direta com as condições climáticas locais (PANOSSO et al., 2009), a caracterização do fluxo de CO₂ do solo é um dos grandes desafios da comunidade científica devido às incertezas relacionadas a essas medidas. Dentro deste contexto, o objetivo deste estudo foi investigar a variabilidade temporal da emissão de CO₂, temperatura e umidade do solo em áreas de cana-de-açúcar, no município de Dourados-MS.

Metodologia

O estudo foi conduzido na área experimental da Embrapa Agropecuária Oeste (CPAO), em Dourados-MS, localizada a 22° 14' Latitude Sul, 54° 49' Longitude e 452 m a cima do nível do mar, num Latossolo Vermelho Distroférico típico e textura muito argilosa (152; 104 e 744 g kg⁻¹ de areia, silte e argila, respectivamente) (EMBRAPA, 2006).

O plantio da cana-de-açúcar ocorreu no dia 28 de novembro de 2009. A área experimental foi composta por uma mistura das variedades (RB 93-5744; RB 72-454; RB 93-5608; RB 85-5113 e SP 83-2847) espaçada de 1,2 m entre as linhas, totalizando 3.000 m² de área plantada. A adubação foi realizada aplicando 2 t ha⁻¹ de composto orgânico no sulco de plantio, imediatamente abaixo dos colmos da cana. Anteriormente ao plantio da cana, a área foi cultivada com aveia-preta (*Avena stringosa*).

Para as avaliações foram marcados 60 pontos e inseridos colares de PVC ao longo da área experimental com espaçamento de 5 m entre os colares na linha de plantio da cana-de-açúcar. Foram 10 dias de avaliações compreendidos entre os dias 15, 16, 19, 21, 22, 26, 27 e 30 de setembro de 2011 e 03 e 04 de outubro de 2011, no horário matutino das 8 às 10 h. Utilizando-se da denominação do dia Juliano, essas datas correspondem a 258, 259, 262, 264, 265, 269, 270, 273, 276, 277 de 2011.

A emissão de CO₂ do solo (FCO₂) foi registrada utilizando-se de um sistema portátil da companhia LI-COR (LI-8100), Nebraska EUA. Este sistema consiste de uma câmara fechada, acoplada sobre os colares anteriormente inseridos no solo nos pontos estudados. Em seu modo de medição, o sistema monitora as mudanças na concentração de CO₂ dentro da câmara, por meio de espectroscopia de absorção óptica na região do infravermelho (IRGA Infrared Gas Analyzer). Concomitantemente

às leituras de emissão de CO₂, foram conduzidas avaliações da temperatura do solo (Ts) na camada de 0-20 cm de profundidade, utilizando-se de um termômetro (termistor portátil), que é parte integrante do sistema ao qual a câmara para solos é acoplada. A umidade do solo (Us) foi avaliada em todos os pontos, utilizando-se de um sistema portátil TDR-Campbel® (Hydrosense TM, Campbell Scientific, Australia), que avaliou a umidade disponível do solo (% em volume) na camada de 0-20 cm.

Informações referentes às precipitações ocorridas na área, durante o período experimental, foram extraídas de um conjunto de dados pertencentes ao acervo da Estação Agrometeorológica da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados-MS, localizada próxima ao local onde o experimento foi conduzido.

Os dados foram analisados, inicialmente, por meio da estatística descritiva (média, desvio-padrão, erro-padrão da média e coeficiente de variação). As análises de correlação linear foram realizadas para se determinar o grau de relacionamento entre as variáveis analisadas.

Resultados e discussões

A média da emissão de CO₂ do solo (FCO2) durante o período de estudo variou de 1,89 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ a 2,32 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ nos dias 258 e 276, respectivamente (Tabela 1). Os valores observados foram similares aos reportados por outros autores em estudos conduzidos em áreas sob cultivo de cana-de-açúcar (PANOSSO et al., 2009; BRITO et al., 2009).

O valor médio da FCO2 aumentou entre os dias 270 a 277, coincidindo com precipitações registradas nos dias 269 (27,8 mm), 274 (7,8 mm) e 275 (0,2 mm) (Figura 1). La Scala et al. (2001) verificaram a interferência da precipitação sobre os fluxos de CO₂ do solo, onde os padrões das emissões foram alterados a curto prazo após a ocorrência de um período de chuvas. O mesmo fenômeno foi observado por Panosso et al. (2009) quando as emissões atingiram valores tão altos quanto 5,11 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ após eventos chuvosos.

TABELA 1. Estatísticas descritivas da emissão de CO₂ (FCO2), temperatura e umidade do solo durante o período de estudo.

Dia	FCO2 ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)				Temperatura (°C)				Umidade (%)			
	Médi	DP	EP	CV	Médi	DP	EP	CV	Médi	DP	EP	CV
	a				a				a			
258	1,89	0,70	0,09	37,04	19,11	1,92	0,25	10,05	8,69	3,39	0,44	39,01
259	1,92	0,70	0,09	36,46	19,50	0,55	0,07	2,82	8,00	1,80	0,23	22,50
262	1,97	0,71	0,09	36,04	20,13	0,42	0,05	2,09	10,66	2,66	0,35	24,95
264	2,05	0,79	0,10	38,54	19,55	0,50	0,06	2,56	15,39	4,84	0,63	31,45
265	2,02	0,74	0,10	36,63	18,43	0,58	0,08	3,15	14,25	3,59	0,47	25,19
269	1,96	0,85	0,11	43,37	18,24	0,79	0,10	4,33	21,69	3,57	0,46	16,46
270	2,16	0,97	0,13	44,91	18,44	0,75	0,10	4,07	32,22	8,37	1,09	25,98
273	2,25	0,99	0,13	44,00	21,07	0,71	0,09	3,37	17,08	3,21	0,42	18,79
276	2,32	0,99	0,13	42,67	20,30	0,67	0,09	3,30	24,14	4,53	0,59	18,77
277	2,11	0,80	0,10	37,91	20,03	0,64	0,08	3,20	20,12	3,54	0,46	17,59

N = 60; DP = Desvio-Padrão; EP = Erro-Padrão da média; CV = Coeficiente de variação (%).

Elevações rápidas na umidade do solo com o advento das precipitações resultam num aumento dos fluxos de CO₂ para a atmosfera, em decorrência da substituição do ar encontrado nos poros pela água, gerando um estímulo imediato da atividade

dos microrganismos do solo como resposta a maior disponibilidade de água (SMART & PEÑUELAS, 2005). A U_s apresentou grandes variações ao longo do período de estudo (8,00% a 32,22%) nos dias 259 e 270 respectivamente (Tabela 1), sendo que a média mais elevada (32,22%) foi registrada após eventos chuvosos, um aumento de 50% quando comparada a média do dia anterior (Figura 1).

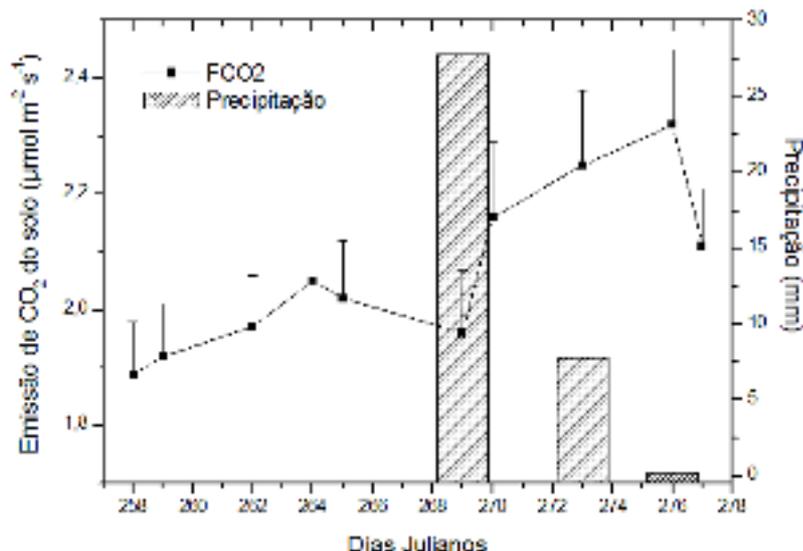


FIGURA 1. Emissão de CO₂ do solo (FCO2) com metade do erro-padrão e precipitações ocorridas no período de estudo.

Conforme se observou variações na FCO2 após esses eventos, foi realizada a análise de correlação entre as variáveis. Foram observados índices de correlação positivo e significativo ($r = 0,66$; $p < 0,05$) entre as médias diárias da FCO2 e U_s , indicando que a umidade do solo afetou as taxas de emissão de CO₂ do mesmo. Por outro lado, não foi observado índices de correlação significativos ($p > 0,05$) entre a emissão de CO₂ do solo e a T_s ao longo do período experimental. A baixa variabilidade da T_s (mínimo de 18,2 °C para o dia 269 e máximo de 21,0 °C para o dia 273) (Tabela 1), ao longo do período estudado, possivelmente, contribuiu para a ausência de correlação entre a FCO2 e a T_s .

O coeficiente de variação (CV) para a U_s oscilou de médio (CV < 24%) a alto (CV > 24%), segundo o critério de classificação proposto por Warrick & Nielsen (1980). Para a FCO2, o CV é considerado alto para todos os dias de estudo. Entretanto, os valores de CV referentes à FCO2 são similares àqueles observados em áreas de floresta (EPRON, et al., 2006; TEDESCHI et al., 2006) e de cultivo de cana-de-açúcar (Panosso et al., 2009). La Scala et al. (2003), avaliando a variabilidade espacial e temporal da emissão de CO₂ em solo desprovido de vegetação, encontraram valores menores do CV (20,3% a 28,7%) para esta propriedade. Brito et al. (2009), em estudos desenvolvidos no interior de São Paulo, em áreas de cana-de-açúcar, avaliaram o efeito de diferentes posições topográficas e atributos do solo na FCO2 e encontraram valores altos para a FCO2 (CV=55,21%) e umidade do solo (CV=28,68%), e ao contrário deste estudo, valores médios referentes à temperatura do solo (CV=16,43%).

Conclusões

As maiores médias diárias da emissão de CO₂ do solo (FCO₂) e da umidade do solo ocorreram logo após eventos chuvosos. A FCO₂ foi positivamente correlacionada com a umidade do solo. A temperatura do solo apresentou baixa variabilidade, não houve correlação entre esta variável e a FCO₂.

Referências bibliográficas:

BRITO, L.F.; MARQUES Jr., J.; PEREIRA, G.T.; SOUZA, Z.M.; LA SCALA Jr., N. Soil CO₂ emission of sugarcane field as affected by topography. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 66, n. 1, p.77-83, 2009.

DAVIDSON, E.A.; VERCHOT, L.V.; CATTÂNIO, H.; ACKERMAN, I.L. & CARVALHO, E.M. Effects of soil water content on soil respiration in forests and cattle pastures of eastern amazonia. **Biogeochemistry**, Dordrecht, v.48, n. 2, p. 53–69, 2000.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 2006. 412p.

EPRON, D.; BOSC, A.; BONAL, D.; FREYCON, V. Spatial variation of soil respiration across a topographic gradient in a tropical rain forest in French Guiana. **Journal of Tropical Ecology**, Nova York, v. 22, n. 5, p. 565-574, 2006.

FANG, C.; MONCCRIEFF, J. B. The dependence of soil CO₂ efflux on temperature. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v.33, n. 2, p.155-165, 2001.

KANG, S.; KIM, S.; OH, S.; LEE, D. Predicting spatial and temporal patterns of soil temperature based on topography, surface cover, and air temperature. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 136, n. 3, p. 173-184, 2003.

LA SCALA, N.; LOPES, A.; MARQUES JR, J.; PEREIRA, G.T. Carbon dioxide emissions after application of tillage systems for a dark red latosol in southern Brasil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 62, n. 3-4, p. 163-166, 2001.

LA SCALA, N.; PANOSSO, A.R.; PEREIRA, G.T. Modelling short-term temporal changes of bare soil CO₂ emissions in a tropical agrosystem by using meteorological data. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 24, n. 1, p. 113-116, 2003.

LAL, R. Challenges and opportunities in soil organic matter research. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v. 60, n. 2, p. 158–169, 2009.

PANOSSO, A.R.; MARQUES JR, J.; PEREIRA, G.T.; LA SCALA JR, N. Spatial and temporal variability of soil CO₂ emission in a sugarcane area under green and slash-and-burn managements. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 105, n. 2, p. 275-282, 2009.

SMART, D.R. & PEÑUELAS, J. Short-term CO₂ emissions from planted soil subject to elevated CO₂ and simulated precipitation. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 28, n. 3, p. 247-57, 2005.

TEDESCHI, V.; REY, A.; MANCA, G.; VALENTINI, R.; JARVIS, P.G.; BORGHETTI, M. Soil respiration in a Mediterranean oak forest at different developmental stages after coppicing. **Global Change Biology**, Oxford, v. 12, n. 1, p. 110-121, 2006.

WARRICK, A.W. & NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. ed. Applications of Soil Physics. New York: Academic Press, 1980. p. 319:344.