



FERTBIO 2012

A responsabilidade socioambiental da pesquisa agrícola
17 a 21 de Setembro - Centro de Convenções - Maceió/Alagoas

Variação ao longo de um dia das emissões de gases de efeito estufa de um solo sob pastagem e irrigado com efluente de esgoto tratado

Roberta Clemente Santin⁽¹⁾; Magnus Dall'Igna Deon⁽²⁾; Julius Blum⁽³⁾; Diana Signor⁽¹⁾; Adolpho José Melfi⁽⁵⁾; Célia Regina Montes⁽⁶⁾

⁽¹⁾ Aluna de pós-graduação do Departamento de Ciência do Solo da ESALQ/USP, Av. Pádua Dias, 11, Piracicaba-SP, CEP: 13418-900, Brasil, roberta.santin@usp.br; disignor@hotmail.com; ⁽²⁾ Pesquisador; Nutrição Mineral de Plantas; Embrapa Semiárido, BR 428, Km 152, Zona Rural - C.P. 23, Petrolina, PE - CEP 56302-970, magnus.deon@cpatsa.embrapa.br; ⁽³⁾ Professor adjunto de Manejo e Conservação do Solo e da Água e Agroecologia, Departamento de Ciências do Solo, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Av. Mister Hull, 2977, Presidente Kennedy - CEP: 60021-970 - Fortaleza, CE - Brasil - Caixa-Postal: 12168; ⁽⁵⁾ Professor Titular do Departamento de Ciência do Solo da ESALQ/USP-Nupegel, Av. Pádua Dias, 11, Piracicaba-SP, CEP: 13418-900, Brasil; ⁽⁶⁾ Professora Doutora do CENA/USP-Nupegel, Av. Centenário, 303, Piracicaba-SP, CEP: 13416-903, Brasil

RESUMO – As emissões de gases do efeito estufa oriundas do solo estão entre as mais relevantes para o Brasil. Estudos de quantificação da emissão de GEE pelo solo em longos períodos normalmente são realizados extrapolando-se as emissões mensuradas em uma coleta para todo um período homogêneo. Contudo, poucos trabalhos fazem referência ao melhor horário para a amostragem de gases. Este trabalho relata o monitoramento das emissões diárias de CO₂, CH₄ e N₂O por um solo irrigado com efluente de esgoto tratado, cultivado com capim Tifton 85 e verifica que fatores permitem explicar as variações nas emissões dos gases nesse sistema. As emissões de gases do efeito estufa não podem ser correlacionadas com o horário da medida. A relação entre a emissão e temperaturas sendo linear, o horário de coleta de gases que representa a emissão de CO₂ média do dia é o horário em que a temperatura do solo medido a 10 cm de profundidade coincide com a temperatura do solo média do dia.

Palavras-chave: metano, gás carbônico, óxido nitroso, reúso de água, emissões diárias.

INTRODUÇÃO - A agropecuária, a mudança no uso da terra e o desmatamento são os principais setores responsáveis pelas emissões de gases de efeito estufa (GEE) (CO₂, CH₄ e N₂O) no Brasil (IPCC, 2007). Tendo a liberação do carbono do solo e plantas grande potencial para a elevação da concentração dos GEE na atmosfera. Pois a quantidade de carbono orgânico armazenada no solo até 1 m de profundidade é cerca de 1500 Pg (1 Pg = 10¹⁵ g) e outros 560 Pg de C estão armazenados na vegetação, de maneira que esses dois compartimentos juntos guardam aproximadamente três vezes mais C que aquele contido na atmosfera (LAL, 2008). As emissões de GEE pelo solo são associadas aos sistemas de produção e ao manejo do solo, principalmente à práticas

que interfiram na temperatura, umidade e aeração do solo. Desse modo, o entendimento dos processos de emissões de GEE pelo solo é ponto chave para direcionar esforços para sua diminuição em nossas condições.

Em condições de umidade e aeração adequadas, quando a temperatura está mais elevada há um aumento da atividade microbiana no solo e, conseqüentemente, maiores emissões de alguns GEEs para a atmosfera. A temperatura e umidade do solo podem ainda influenciar as formas de transporte desses gases no interior do solo (Sá et al., 2001; Janssens et al., 2001). Como as temperaturas do ar e do solo variam ao longo do dia e, é de se esperar também variações nas emissões de GEE. No entanto, estudos de quantificação da emissão de GEE pelo solo em longos períodos normalmente são realizados extrapolando-se as emissões mensuradas em uma coleta para todo um período homogêneo. Contudo, poucos trabalhos fazem referência ao melhor horário para a amostragem de gases. Khalil et al. (2007) sugerem que amostragens feitas em torno do meio dia são representativas dos fluxos diários de N₂O do solo.

O objetivo deste trabalho foi monitorar as emissões diárias de CO₂, CH₄ e N₂O de um solo irrigado com efluente de esgoto tratado, cultivado com capim Tifton 85 e verificar qual o melhor horário para a coleta desses gases.

MATERIAL E MÉTODOS

A área experimental está localizada no município de Lins/SP e anexa a um sistema de tratamento de esgotos urbanos por meio de lagoas de estabilização. O efluente proveniente do tratamento é utilizado para irrigação de uma área cultivada com capim Tifton 85. Mais detalhes sobre a área experimental e o efluente estão descritos em Nogueira et al. (2011). Esse capim é cortado bimestralmente e adubado em seguida com nitrato de amônio na quantidade de 172 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹.



FERTBIO 2012

A responsabilidade socioambiental da pesquisa agrícola
17 a 21 de Setembro - Centro de Convenções - Maceió/Alagoas

Tratamentos e amostragens

As amostras de gases para a quantificação das emissões de CH₄, CO₂ e N₂O foram coletadas a cada três horas, durante 24 horas consecutivas: 12 horas do dia 27/07 até às 12 horas do dia 28/07/2010. A amostragem foi realizada 15 dias após a adubação, que foi realizada imediatamente após o corte do capim. O potencial mátrico do solo no dia da coleta era de -38,3 kPa.

Para a determinação dos fluxos dos gases utilizou-se o método da câmara fechada (Jacinthe e Dick, 1997). A câmara era composta de um cilindro de aço galvanizado (20 cm de altura e 27 cm de diâmetro) e uma tampa de PVC, com sistema de vedação hidráulico entre as partes. Foram instaladas três câmaras no local, em posição aleatória, enterradas a 2 cm de profundidade no solo.

As amostras gasosas para a determinação das concentrações de CO₂, CH₄ e N₂O foram coletadas com seringas de 60 mL em quatro tempos: 0, 5, 10 e 20 minutos após o fechamento da câmara. Imediatamente, as amostras foram transferidas para frascos de vidro selados (rolhas de borracha e anel de alumínio) previamente evacuados por meio de bomba elétrica.

Ao início e ao final de cada amostragem foram realizadas medições da temperatura do ar e do solo a 5 e 10 cm de profundidade por meio de termômetros analógicos.

A determinação da concentração dos gases foi realizada por cromatografia gasosa em equipamento Shimadzu, GC-17A, com detector ⁶³Ni de captura de elétrons (ECD) e um detector de ionização por chama (FID) (Bowden et al., 1990; Steudler et al., 1991), utilizando padrões certificados (White Martins) para calibração. Os fluxos foram calculados pela alteração linear da concentração dos gases com o tempo de fechamento da câmara.

Análise estatística

O tempo foi expresso como uma variável contínua e, juntamente com as informações de temperatura, foram realizadas análises de correlação, de variância e de regressão para os fluxos dos três gases avaliados, com o auxílio do pacote estatístico SAS. Os dados e os resíduos de ajuste foram testados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As emissões dos gases CO₂ (Figura 1a) e N₂O (Figura 1b) foram positivas e, em geral, maiores durante o dia. Já o metano comporta-se de forma inversa, tendo sido obtido em concentrações sucessivamente menores na câmara fechada em contato com o solo do que no ar atmosférico, indicando fluxo negativo a partir do solo, que atua como dreno deste GEE. O módulo deste fluxo negativo de metano também aparentou ser maior durante o dia (Figura 1b).

No entanto, as emissões não apresentaram correlação significativa com o horário da medição para nenhum dos gases avaliados (Tabela 1). Apenas foi possível estabelecer correlação positiva e significativa a 5% de probabilidade da emissão de CO₂ com a temperatura do solo medida a 10 cm de profundidade. Houve correlação positiva e significativa a 10% de probabilidade também para a emissão de CO₂ com a temperatura do solo a 5 cm de profundidade. Muitos trabalhos mostram relações significativas entre a temperatura do solo e do ar com as emissões de CO₂ (Russell & Vooney, 1998), pois elevam de forma exponencial as taxas de respiração do solo.

O fluxo de CH₄ também se correlacionou com a temperatura do solo em ambas as profundidades medidas e de forma negativa. A significância estatística obtida de 10% não é conclusiva, mas serve de indício de que o comportamento deste gás também é governado pela temperatura do solo, fato que pode ser confirmado em estudos com maior número de amostras. Para a emissão de CH₄, a temperatura do solo e da água, quando utilizada em cultivos de arroz, são fatores que influenciaram no fluxo desse gás para a atmosfera (Costa et al., 2008).

Os fluxos de N₂O não foram correlacionados a nenhum dos fatores estudados. Pois em sua maior parte, as emissões de N₂O pelo solo são relacionadas com a quantidade e o tipo de fonte de nitrogênio presente no solo (Signor et al., 2011).

Tabela 1 – Coeficientes de correlação de Pearson das emissões de gases observadas entre si e com outras variáveis medidas

Variável	Emissões de gases do solo		
	CH ₄	CO ₂	N ₂ O
Horário	0.2750 ^{ns}	-0.3128 ^{ns}	-0.1217 ^{ns}
CH ₄		0.0292 ^{ns}	0.0150 ^{ns}
CO ₂	0.0292 ^{ns}		0.2503 ^{ns}
N ₂ O	0.0150 ^{ns}	0.2503 ^{ns}	
Temperatura do ar	-0.2423 ^{ns}	0.3298 ^{ns}	0.2469 ^{ns}
Temperatura do solo a 5cm	-0.3411 ⁺	0.3749 ⁺	0.2291 ^{ns}
Temperatura do solo a 10 cm	-0.3321 ⁺	0.3956 [*]	0.2468 ^{ns}

^{ns}: não significativo; ⁺: significativo a 10% de probabilidade; ^{*}: significativo a 5% de probabilidade

A emissão de CO₂ foi ajustada a um modelo linear em função da temperatura medida a 10 cm de profundidade (Figura 2). Embora significativo (P<0,05), o coeficiente de determinação do ajuste foi baixo (r²=0,16) o que é comum para essa variável, sujeita a considerável desvio em sua amostragem e determinação (Figura 2). Os resíduos do ajuste, no entanto, foram considerados normais pelo teste de Shapiro-Wilk, o que atesta que uma parte significativa da variação dos dados foi isolada pelo fator em teste. Este resultado endossa os resultados já registrados por Russel e Vooney (1998), que já



FERTBIO 2012

A responsabilidade socioambiental da pesquisa agrícola
17 a 21 de Setembro - Centro de Convenções - Maceió/Alagoas

mostravam o papel da temperatura na ativação da respiração do solo. A grande variabilidade também dificulta o ajuste de modelos de regressão significativos às emissões dos outros gases analisados e por isso, apesar da não significância estatística dos ajustes testados, não se pode excluir a hipótese de influência da temperatura também sobre eles sem estudos mais intensivos. Estas informações demonstram a importância de padronizar ou registrar a temperatura do solo durante as avaliações de emissões de GEE em campo.

CONCLUSÕES Sendo a relação entre a emissão e temperaturas linear, o horário de coleta de gases que representa a emissão de CO₂ média do dia é o horário em que a temperatura do solo medido a 10 cm de profundidade coincide com a temperatura do solo média do dia.

Para CH₄ e N₂O não houve correlação entre horário de coleta e emissão.

AGRADECIMENTOS - À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Superintendência do Abastecimento de Água do Estado de São Paulo (SABESP).

REFERÊNCIAS

BOWDEN, R.D.; STEUDLER, P.A.; MELILLO, J.M. Annual nitrous oxide fluxes from temperate forest soil in the northeastern United State. **Journal of Geophysical Research**, v.95, p.13997-14005, 1990.

COSTA, F.S.; BAYER, C.; LIMA, M.A.; FRIGHETTO, R.T.S.; MACEDO, V.R.M. & MARCOLIN, E. Variação diária da emissão de metano em solo cultivado com arroz irrigado no Sul do Brasil. **Ci. Rural**, v.38, p. 2049-2053, 2008.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climatechange 2007: The physical science basis**, contribution of working group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, edited by S. Solomon et al. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. 142 p.

JACINTHE, P.A.; DICK, W.A. Soil management and nitrous oxide emissions from cultivated fields in Southern Ohio. **Soil Tillage Research**, v. 41, p. 221-235, 1997.

JANSSENS, I.A.; KOWALSKI, A.S.; CELEUMANS, R. Forest floor CO₂ fluxes estimated by eddy covariance and chamber-based model. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 106, p. 61-69, 2001.

KHALIL, M. I.; VAN CLEEMPUT, O.; ROSENANI, A. B.; SCHMIDHALTER, U. Daytime, Temporal, and Seasonal Variations of N₂O Emissions in an Upland Cropping System of the Humid Tropics', **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.38, n. 1, p.189-204, 2007.

LAL, R. Carbon sequestration. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v. 363, p. 815-830, 2008.

NOGUEIRA, S.F.; PAULA, A. M.; PEREIRA, B.F.F.; SALEMI, L.F.; FONSECA, A.F.; MONTES, C.R.; VICTÓRIA, R.L.. Water type and irrigation time effects on microbial metabolism of a soil cultivated with Bermuda-grass Tifton 85. **Braz. arch. biol. technol.**, v.54, n.3, p.477-786, 2011.

RUSSEL, C.A.; VORONEY, R.P. Carbon dioxide efflux from the floor of a boreal aspen forest. I. Relationship to environmental variables and estimates of C respired. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v.78, p. 301-310, 1998.

SÁ, J.C.M.; CERRI, C.C.; DICK, W.A.; LAL, R.; VENZKE FILHO, S.P.; PICCOLO, M.C. & FEIGL, B.J. Organic matter dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 65, p. 1486-1499, 2001.

SIGNOR, D.; CERRI, C. E. P.; DEON, M. Emissões de N₂O de um Latossolo após a aplicação de fertilizantes nitrogenados. In: III Simpósio de Mudanças Climáticas e Desertificação no Semiárido Brasileiro, 2011, Juazeiro. **Anais do III Simpósio de Mudanças Climáticas**. Petrolina : Embrapa Semiárido, 2011.

STEUDLER, P.A.; MELILLO, J.M.; BOWDEN, R.D.; CASTRO, M.S. & LUGO, A.E. The effects of natural and human disturbances on soil nitrogen dynamics and trace gas fluxes in a Puerto Rican wet forest. **Biotropica**, v.23 n.4^a, p.356-363, 1991.



FERTBIO 2012

A responsabilidade socioambiental da pesquisa agrícola
17 a 21 de Setembro - Centro de Convenções - Maceió/Alagoas

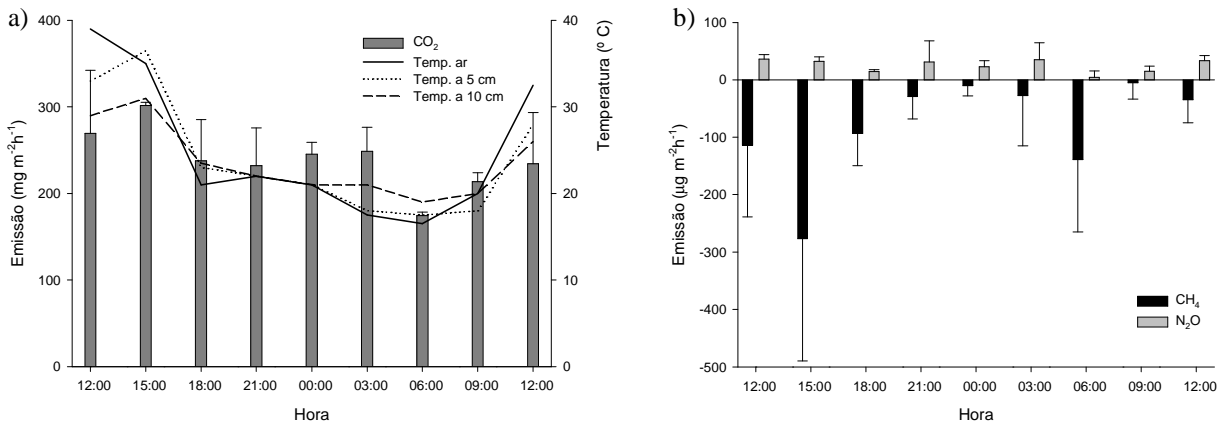


Figura 1- Fluxos dos gases de efeito estufa durante o dia. a) Emissões de CO₂ pelo solo nas diferentes horas do dia; b) Emissões de CH₄ e N₂O pelo solo nas diferentes horas do dia.

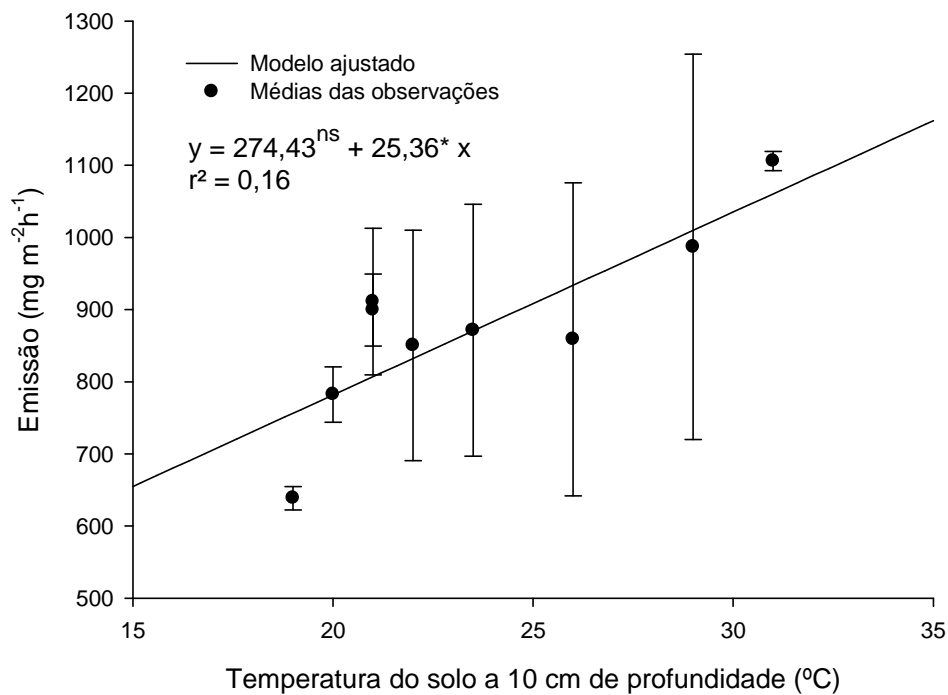


Figura 2. Emissões de CO₂ do solo em função da temperatura do solo medida a 10 cm de profundidade