



Fluxos de N₂O e CH₄ em Latossolo sob métodos de preparo em experimento de longa duração nos Campos Gerais do Paraná

**Reinaldo Carlos Brevilieri⁽¹⁾; Jeferson Dieckow⁽¹⁾; Gabriel Barth⁽²⁾;
Daiane Carvalho dos Santos⁽³⁾, Cecília Estima Sacramento dos Reis⁽⁴⁾ e Cimélio Bayer⁽⁴⁾**

Doutorando em Ciência do Solo e professor do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola; Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba – PR. E-mail: reinaldo_brevilieri@hotmail.com; ⁽²⁾ Pesquisador da Fundação ABC, Castro - PR; ⁽³⁾ Bióloga doutora, Secretaria Estadual do Meio Ambiente, Porto Alegre – RS e ⁽⁴⁾ Pós-doutoranda e Professor do Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre – RS.

RESUMO: A agricultura conservacionista pode mitigar emissões de gases de efeito estufa. O objetivo deste trabalho foi avaliar a contribuição de sistemas conservacionistas de preparo em mitigar a emissão de óxido nitroso (N₂O) e metano (CH₄) de Latossolo sob experimento implantado em Ponta Grossa-PR, em 1989. Os métodos de preparo foram: plantio direto (PD), plantio direto escarificado a 45 cm de profundidade a cada três anos (PDE), e preparo convencional (PC). Amostras de ar foram coletadas a partir da superfície do solo pelo método da câmara estática num período de duas safras agrícolas, sequência de trigo, soja, aveia preta e milho. Picos de emissão de N₂O ocorreram após a aplicação de N em cobertura no trigo e no milho; e na senescência da soja. O PC teve maiores picos; o preparo do solo favoreceu a mineralização do resíduo favorecendo as taxas de nitrificação/desnitrificação pelo incremento da atividade microbiana. Como resultado final, a emissão cumulativa de N₂O, em kg de N-N₂O ha⁻¹, foi maior no PC (0,80), menor no PD (0,53), não diferindo do PDE (0,57). Para CH₄, influxos normais decorrentes do consumo de CH₄ (metanotrofia) foram observados na maior parte do período, efluxos ocorreram após adubações nitrogenadas, principalmente, e preparos. O consumo cumulativo anual de CH₄, em kg de C-CH₄ ha⁻¹, foi maior no PD (0,59) e PDE (0,51), possivelmente devido à melhor condição estrutural do solo que estimula a metanotrofia, e menor no PC (0,39). Sistemas conservacionistas de preparo mitigam emissões de N₂O e CH₄ do solo.

Termos de indexação: sistemas conservacionistas; preparo convencional; aquecimento global.

INTRODUÇÃO

O setor agropecuário é responsável por 37 % das emissões de gases causadores do efeito estufa (MCTI, 2014 – estimativa até 2012). Dentro desse setor, os solos agrícolas brasileiros respondem com 35,9 % das emissões (MCTI, 2014).

Sistemas conservacionistas de preparo do solo mitigam as emissões de CO₂, pois potencializam o sequestro de C (Bayer et al., 2006). Apenas o sequestro de C não é uma forma definitiva de mitigação do aquecimento global por um sistema de uso e manejo. O balanço nos fluxos de N₂O e CH₄ também é importante para obtenção do potencial de aquecimento global (PAG) do sistema (Robertson et al., 2000; Six et al., 2004; Mosier et al., 2005), além dos custos operacionais, expressos em C equivalente (Lal, 2004).

O trabalho a seguir objetivou avaliar as emissões de N₂O e CH₄, a partir de um Latossolo de clima Subtropical, em experimento de longa duração na região dos Campos Gerais do Paraná, Sul do Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido em experimento de longa duração (24 anos), implantado em 1989, na Estação Experimental da Fundação ABC para Pesquisa e Divulgação Técnica Agropecuária (Ponta Grossa, Brasil, 25°00'53"S e 50°09'07"O) em LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico (Embrapa e Fundação ABC, 2001) derivado de arenito, período Devoniano (Maack, 1981) com textura argiloarenosa.

Tratamentos e amostragens

Os tratamentos avaliados foram três métodos de preparo do solo:

Preparo convencional - PC, com aração de discos a 20 cm de profundidade e duas gradagens de disco a 12 cm, antes de cada cultivo de inverno e de verão.

Plantio direto escarificado - PDE, com dessecação por glifosato antes da semeadura, mas escarificação a 40 cm de profundidade seguida de gradagem leve a 12 cm a cada três anos antes da semeadura da cultura de inverno.

Plantio direto - PD, com dessecação por glifosato antes da semeadura, sem preparo de solo.

O sistema de culturas do experimento, em rotação, inclui soja (*Glycine max* (L.) Merr.) e milho (*Zea mays* L.), no verão; e trigo (*Triticum aestivum*



L.) e aveia para cobertura, preta (*Avena strigosa* Schreb.) ou branca (*Avena sativa* L.), no inverno. Na adubação o trigo recebe 300 kg ha⁻¹ de 10-20-20 na base (semeadura) e 50 kg ha⁻¹ de N-uréia em cobertura; a aveia branca 300 kg ha⁻¹ de 30-60-60 na base e 50 kg ha⁻¹ de N-uréia em cobertura e soja, 300 kg ha⁻¹ de 0-20-20 na base; milho, 300 kg ha⁻¹ de 0-13-31 na base e 150 kg ha⁻¹ KCl + 300 kg ha⁻¹ de N-uréia em cobertura. As operações de preparo do solo, adubação base e semeadura são realizadas sempre no mesmo dia.

Amostras de ar foram coletadas a partir da superfície do solo, sempre no período da manhã (09h00min) por representar a temperatura média diária, pelo método de câmara estática, num período de 608 dias (25/05/2013 a 23/01/2015), que incluiu praticamente duas safras agrícolas numa sequência de trigo, soja, aveia preta e milho. O intervalo entre coletas foi de aproximadamente 20 dias, mas menor (a cada dois dias, com amostras coletadas no período da manhã de cada dia) após operações de preparo, semeadura e adubação. A concentração de N₂O e CH₄ foi determinada por cromatografia gasosa.

Análise estatística

Os resultados dos fluxos dos gases e emissões acumuladas no período avaliado foram submetidos à análise de variância ANOVA sob delineamento de blocos ao acaso com três repetições. As médias entre os tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,10$). As análises foram realizadas com o programa estatístico SAS[®], versão 8.0 (SAS Institute Inc).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No primeiro ano de avaliação, inverno de 2013, picos de emissão de N₂O ocorreram aproximadamente 10 dias após a aplicação de N em cobertura no trigo. Taxa de emissão mais elevada ocorreu no PC, seguida do PD e menor no PDE, com 165,7; 124,8 e 122,1 $\mu\text{g N m}^{-2} \text{h}^{-1}$, respectivamente (**Figura 1**). Gomes et al (2009) relatam que o aporte de N pela adubação mineral favorece a emissão de N₂O pelos processos de nitrificação e ou desnitrificação.

No verão de 2014, foram observados picos na senescência da soja, no momento de maior deposição de folhas na superfície do solo. Ciampitti et al. (2008) justificam que as emissões nesse período podem ocorrer pela mineralização do N

presente em nódulos radiculares e eventualmente de folhas caídas.

Ainda, no inverno desse mesmo ano, observou-se outro pico no PDE (147,5 $\mu\text{g N m}^{-2} \text{h}^{-1}$), aproximadamente 13 dias após escarificação, antes da semeadura da aveia preta. A mobilização do solo, nesse caso, pode ter favorecido à mineralização do resíduo, acarretando em emissão de N₂O.

Taxas de emissão mais expressivas de todo o período avaliado foram encontrados no verão de 2014 após aplicação de N em cobertura no milho. Nesse caso a maior dose de N-uréia aplicada (135 kg ha⁻¹) no milho aumentou significativamente a emissão de N₂O 3 dias mais tarde, nos três sistemas. O efeito do N do fertilizante no aumento da emissão de N₂O foi amplamente discutido (Baggs et al, 2003; Zanatta et al, 2010) e é atribuído à nitrificação ou desnitrificação induzida pelo rápido e grande aumento da concentração de N inorgânico no solo. Maior taxa de emissão foi encontrada no PC, seguida do PDE e menor no PD, sendo 526,3; 192,7 e 173,4 $\mu\text{g N m}^{-2} \text{h}^{-1}$, respectivamente.

Notadamente encontramos maiores picos de emissão de N₂O no PC. Baggs et al (2000) e Piva et al (2012) salientam que estes picos de emissão estão relacionados a uma estimulação rápida de decomposição microbiana do resíduo do solo e consequente aumento da oferta de substrato à nitrificação e desnitrificação após a incorporação do mesmo.

Para CH₄, influxos normais decorrentes do consumo de CH₄ (metanotrofia) foram observados na maior parte do período, embora alguns efluxos ocorreram após adubações nitrogenadas, principalmente, e preparos de solo (**Figura 2**). Esses efluxos, atribuídos à adubação nitrogenada, é reflexo da interferência direta na oxidação de CH₄, através da competição do íon NH₄⁺ com o CH₄ pela enzima mono-oxigenase, onde o primeiro encontra-se em maior concentração imediatamente após a adubação, atuando assim como inibidor do CH₄ (Boeckx et al., 1997).

Emissões de CH₄, associado ao preparo, é atribuído ao rompimento da estrutura do solo causada pelo preparo, liberando então o CH₄ eventualmente contido no espaço poroso. Além desse efeito físico direto, a alteração na estrutura do solo pelo preparo diminui a capacidade das bactérias em oxidar CH₄ (Ball et al., 1999) em função da diminuição das condições físicas, químicas e biológicas do solo que são ideais ao estabelecimento das bactérias metanotróficas (Smith et al., 2000).

Como resultado final, a emissão cumulativa de N₂O, em kg de N-N₂O ha⁻¹, foi maior no PC (0,80) e



menor no PD (0,53), que não diferiu de PDE (0,57). **(Figura 3).**

O consumo cumulativo anual de CH₄, em kg de C-CH₄ ha⁻¹, foi maior no PD (0,59) e PDE (0,51), possivelmente devido à melhor condição estrutural do solo que estimula a metanotrofia, e menor no PC (0,39) **(Figura 4).**

CONCLUSÃO

Sistemas conservacionistas de preparo, como plantio direto ou plantio direto escarificado a cada três anos, mitigam emissões de N₂O e CH₄ do solo em comparação ao preparo convencional, com reflexos positivos para controle do aquecimento global.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação ABC para pesquisa e divulgação técnica pela disponibilização das áreas para estudo e apoio técnico na execução de trabalhos a campo.

REFERÊNCIAS

- BAGGS, E. M.; REES, R. M.; SMITH, K. A.; VINTEN, A. J. A. Nitrous oxide emission from soils after incorporating crop residues. *Soil Use Manag* 16(2):82–87, 2000.
- BAGGS, E. M.; STEVENSON, M.; PIHLATIE, M.; REGAR, A.; COOK, H.; CADISCH, G. Nitrous oxide emissions following application of residues and fertiliser under zero and conventional tillage. *Plant Soil* 254(2):361–370, 2003.
- BALL, B. C.; SCOTT, A. & PARKER, J. P. Field N₂O, CO₂ and CH₄ fluxes in relation to tillage, compaction and soil quality in Scotland. *Soil Till. Res.*, 53:29- 39, 1999.
- BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A.; DIECKOW, J. Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till. *Soil Tillage Res* 86(2):237–245, 2006.
- BOECKX, P.; VAN C. & VILLARALVO, I. Methane oxidation in soils with different textures and land use. *Nut. Cycl. Agr.*, 49:91-95, 1997.
- CIAMPITTI, I.A.; CIARLO, E.A. & CONTI, M.E. Nitrous oxide emissions from soil during soybean [(Glycine max (L.) Merrill)] crop phenological stages and stubbles decomposition period. *Biology and Fertility of Soils* 44:581-588, 2008.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA: EMBRAPA/Fundação ABC. Mapa do Levantamento semidetalhado de solos: Município de Castro. Castro, 2001.
- GOMES, J.; BAYER, C.; COSTA, F. S.; PICCOLO, M. C.; ZANATTA, J. A.; VIEIRA, F.C.B.V. & SIX, J. Soil nitrous oxide emissions in long-term cover crops-based rotations under subtropical climate. *Soil & Tillage Research*, 106: 36-44, 2009.
- LAL, R. Carbon emission from farm operations. *Environ Int* 30(7):981–990, (2004).
- MAACK, R. Notas preliminares sobre clima, solos e vegetação do Estado do Paraná. Curitiba, Arquivos de Biologia e Tecnologia., 2:102-200, 1948.
- MCTI. Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil. Volume 2. Brasília, Ministério da Ciência e Tecnologia e Inovação, 2014. 164p.
- PIVA, J. T.; DIECKOW, D.; BAYER, C.; ZANATTA, J. A.; MORAES, A.; PAULETTI, V.; TOMAZI, T. & PERGHER, M. No-till reduces global warming potential in a subtropical Ferralsol. *Plant Soil*, 361:359–373, 2012.
- SAS INSTITUTE (Cary, Estados Unidos). SAS/STAT user's guide: version 8. Cary, 1243p, 1999.
- SIX, J.; BOSSUYT, H.; DEGRYZE, S. & DENEFF, K. A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. *Soil Tillage Research*, 79:7- 31, 2004.
- SMITH, K. A.; DOBBIE, K. E.; BALL, B. C.; BAKKEN, L. R.; SITAULA, B. K.; HANSEN, S.; BRUMME, R.; BORKEM, R.; CHRISTENSEN, S.; PRIEMÉ, A.; FOWLER, D.; MACDONALD, J. A.; SKIBA, U.; KLEMEDTSSON, L.; KASIMIRKLEMEDTSSON, A.; DEGORSKA, A. & ORLANSKI, P. Oxidation of atmospheric methane in Northern European soils, comparison with other ecosystems, and uncertainties in the global terrestrial sink. *Global Change Biol.*, 6:791-803, 2000.
- ZANATTA, J.A.; BAYER, C.; VIEIRA, F.C.B.; GOMES, J. & TOMAZI, M. Nitrous oxide and methane fluxes in South Brazilian Gleysol as affected by nitrogen fertilizers. *R. Bras. Ci. Solo*, 34:1653-1665, 2010.

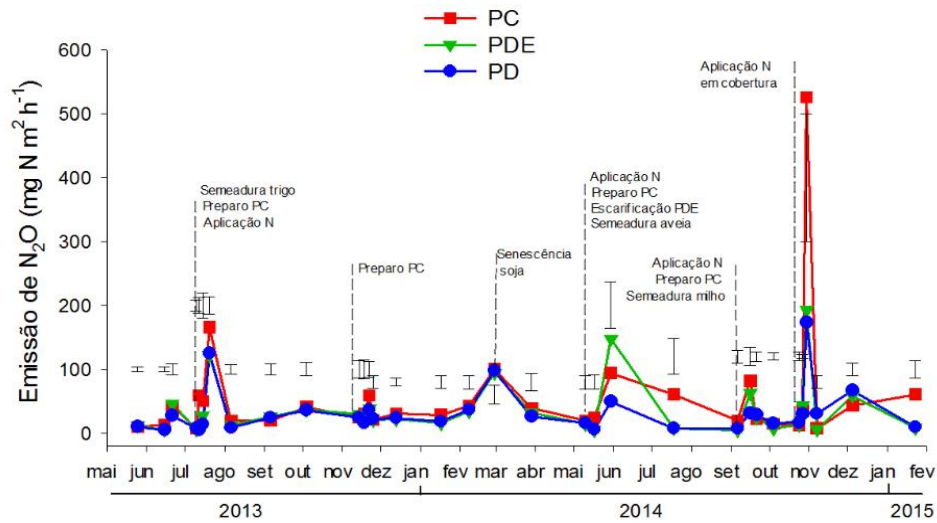


Figura 1 – Taxa de emissão de N_2O em métodos de preparo do solo. PC: preparo convencional, PDE: plantio direto escarificado e PD: plantio direto.

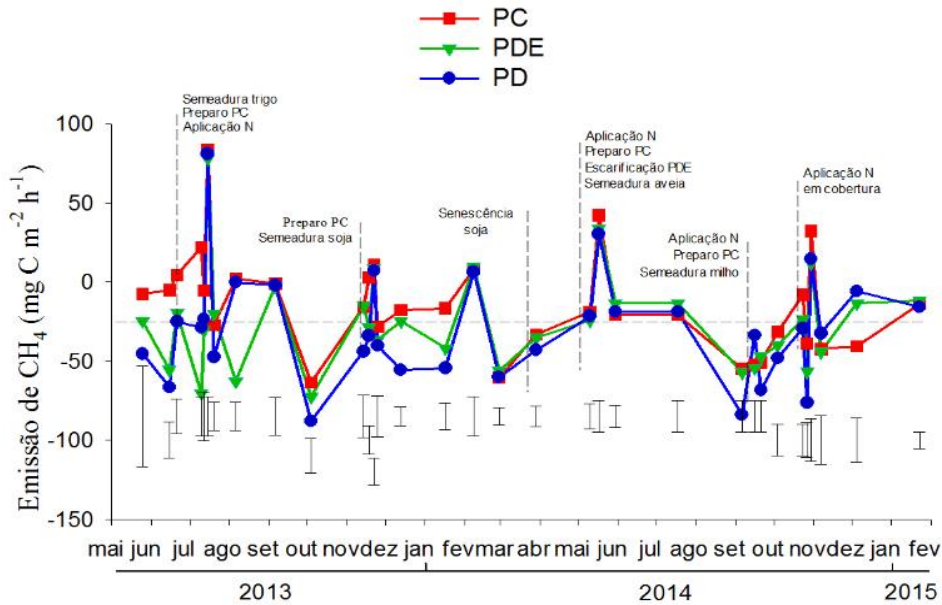


Figura 2 – Taxa de emissão de CH_4 em métodos de preparo do solo. PC: preparo convencional, PDE: plantio direto escarificado e PD: plantio direto.

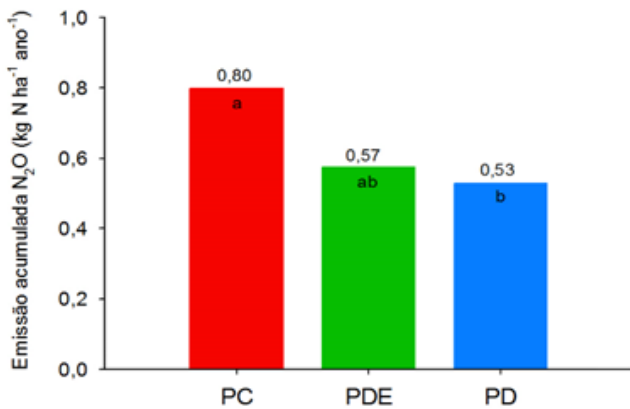


Figura 3 – Emissões acumuladas de N_2O em métodos de preparo do solo. PC: preparo convencional, PDE: plantio direto escarificado e PD: plantio direto.

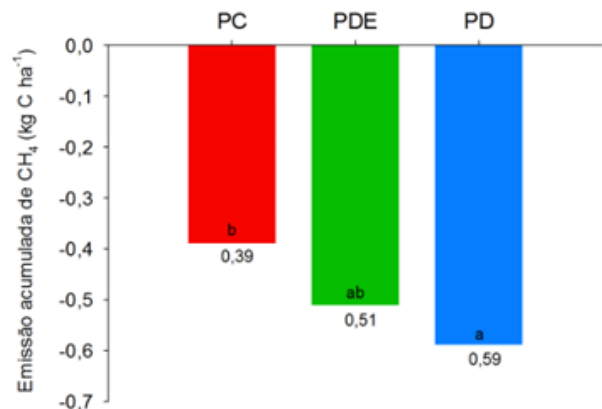


Figura 4 – Emissões acumuladas de CH_4 em métodos de preparo do solo. PC: preparo convencional, PDE: plantio direto escarificado e PD: plantio direto.