

Emissão de óxido nitroso de um Nitossolo sob adubação orgânica e sistemas de preparo do solo⁽¹⁾

Roberto André Grave⁽²⁾; Rodrigo da Silveira Nicoloso⁽³⁾; Paulo Cezar Cassol⁽⁴⁾; Martha Mayumi Higarashi⁽³⁾; Alexandre Antoniazzi⁽⁵⁾; Rodrigo Vieira⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do CNPq (processo 477603/2011-4).

⁽²⁾ Doutorando; CAV-UDESC; Lages, SC, roberto.grave@ifc-concordia.edu.br; ⁽³⁾ Pesquisador; Embrapa Suínos e Aves;

⁽⁴⁾ Professor; CAV-UDESC; ⁽⁵⁾ Bolsista de iniciação científica; Embrapa Suínos e Aves.

RESUMO: O uso dos dejetos líquidos de suínos pode aumentar as emissões de N₂O em relação aos fertilizantes minerais. O objetivo deste trabalho foi avaliar as emissões de N₂O de um Nitossolo submetido sistemas de preparo do solo e fontes de fertilizantes nitrogenados. O experimento teve delineamento blocos ao acaso com quatro repetições. Nas parcelas principais foram avaliados: preparo convencional (PC) e plantio direto (PD). As subparcelas receberam: 140 kg N ha⁻¹ na forma de uréia (NMIN), dejetos líquidos de suínos (DLS), biofertilizante (BIOF), composto orgânico (COMP), e um tratamento controle sem adubação (CTR). As emissões acumuladas de N₂O foram 95,4% superiores sob PD do que sob PC. A maior emissão de N₂O foi observada no tratamento PD DLS. A aplicação de BIOF ao solo sob PD reduziu as emissões de N₂O em relação à adubação com DLS. A emissão líquida de N-N₂O representou 2,7, 2,0, 0,8 e 1,2% da quantidade de N total adicionado ao solo sob PD via DLS, BIOF, COMP e NMIN, respectivamente.

Termos de indexação: dejetos líquidos de suínos, composto orgânico, biofertilizante.

INTRODUÇÃO

A agricultura é responsável por 84% das emissões de N₂O para a atmosfera (Rice, 2006). As emissões deste gás são críticas em solos aerados sob adubação nitrogenada mineral ou orgânica (Denega, 2009). Os fluxos de N₂O são controlados por diversos fatores, entre eles: pH, temperatura do solo e do ar, porosidade do solo preenchida por água, disponibilidade de oxigênio, NO₃⁻ e carbono orgânico (CO) rapidamente biodegradável e a população de bactérias nitrificantes e desnitrificantes no solo (Giles et al., 2012).

O uso dos dejetos líquidos de suínos (DLS) como fertilizantes no solo agrícola pode aumentar as emissões de N₂O em relação aos fertilizantes minerais, devido ao concomitante aporte de carbono orgânico biodegradável presente no dejetos (Denega, 2009). No entanto, a dinâmica das emissões de N₂O promovidas pela aplicação de DLS tratado por biodigestão (biofertilizante) ou compostagem (composto orgânico) ao solo é ainda pouco conhecida.

As emissões de N₂O são igualmente afetadas pelo sistema de manejo do solo adotado, embora com resultados contrastantes na literatura. Enquanto alguns estudos apontam que a adoção do sistema plantio direto pode reduzir as emissões de N₂O em relação ao preparo convencional do solo (Ussiri et al., 2009), outros não encontraram diferenças significativas entre os dois sistemas (Veterea et al., 2011). Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar as emissões de N₂O de um Nitossolo submetido a diferentes sistemas de preparo do solo (preparo convencional e plantio direto) e fontes de fertilizantes nitrogenados (uréia, DLS, biofertilizante e composto orgânico).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Embrapa Suínos e Aves em Concórdia-SC (27°18'53"S 51°59'25"O). O clima do local é o Cfa, conforme Köppen, e o solo é classificado como Nitossolo Vermelho distroférrico (Embrapa, 1999). No momento da implantação do experimento, o solo (0-10 cm) apresentava os seguintes teores de argila: 266,2 g kg⁻¹; pH-H₂O_(1:1): 5,3; pH-SMP: 5,8, MOS: 39,0 g kg⁻¹, P_{Mehlich-1}: 6,6 mg dm⁻³, K_{Mehlich-1}: 249,6 mg dm⁻³, Ca: 7,5 cmol_c dm⁻³, Mg: 3,3 cmol_c dm⁻³, CTC: 11,8 cmol_c dm⁻³ e V: 68,1%.

O experimento teve delineamento blocos ao acaso com parcelas subdivididas e quatro repetições. Em cada parcela foi adicionado resíduo de trigo equivalente a 4 Mg ha⁻¹ de matéria seca sob o solo descoberto. Nas parcelas principais (1x5 m) foram avaliados dois tratamentos: preparo convencional (PC) e plantio direto (PD). Nas parcelas PC, o solo foi mobilizado, incorporando a palha de trigo, com o auxílio de pá de corte até uma profundidade de aproximadamente 15 cm. Nas parcelas PD, a palha de trigo foi mantida na superfície do solo. As subparcelas (1x1 m) receberam cinco tratamentos: 140 kg N ha⁻¹ na forma de uréia (NMIN), dejetos líquidos de suínos (DLS), dejetos líquidos de suínos tratado por biodigestão – biofertilizante (BIOF), dejetos líquidos de suínos tratado por compostagem – composto orgânico (COMP), além de um tratamento controle sem adubação (CTR). A dose de 140 kg N ha⁻¹

aplicada via fertilizantes orgânicos foi calculada com base no teor de N total dos fertilizantes (**Tabela 1**).

Tabela 1 – Teores de Matéria Seca, N-total, N-org, N-NH₄, e N-NO_x, e dose aplicada dos fertilizantes orgânicos utilizados no experimento.

Fertilizante	MS	N-total	N-org	N-NH ₄	N-NO _x	Dose
	%	kg m ⁻³				m ³ ha ⁻¹
DLS	7,38	4,41	1,67	2,74	-	31,72
BIOF	6,52	5,17	2,55	2,62	-	27,09
	%	g kg ⁻¹				Mg ha ⁻¹
COMP ^a	29,06	16,59	15,12	1,18	0,29	29,04

^aTeores de nutrientes expressos em base seca.

As emissões de N-N₂O foram realizadas com adaptações da metodologia descrita por Nicoloso et al. (2013). Resumidamente, foram usadas câmaras estáticas medindo 40x80x30 cm (LxCxA). As amostras foram coletadas entre as 9-11h da manhã, aos 0, 15, 30 e 45 min após o fechamento das câmaras, usando um conjunto de seringas de 120 mL (duas seringas de 60 mL unidas por válvulas de três vias “Luer-lock”). As amostras foram então analisadas em um analisador de gases espectrômetro de infravermelho fotoacústico INNOVA 1412 (Lumasense Tech., Dinamarca). A avaliação das emissões de N-N₂O foi realizada durante 64 dias (24/01-28/03/2013) após a aplicação dos tratamentos, considerando que este período abrange a maior parte (aproximadamente 80%) das emissões anuais de N-N₂O (Denega, 2009). Ainda, no primeiro mês de avaliação, as amostras foram coletadas diariamente por ser este o período de maior emissão de N-N₂O (Denega, 2009). No período seguinte, as amostragens foram realizadas com intervalos máximos de dois dias, considerando as precipitações ocorridas. Os dados foram submetidos à análise de variância (SAS PROC MIXED) e comparação de médias pelo teste de Fisher (LSMEANS, p<0,05) (SAS Institute, 2009).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As emissões de N₂O foram fortemente influenciadas pelas precipitações ocorridas no período de realização do experimento (**Figura 1**). Em um primeiro momento (até o 19º dia), verificaram-se menores taxas de emissões de N₂O (até 443 µg N-N₂O m⁻² h⁻¹) que foram coincidentes como os menores volumes de chuva registrados no período. As menores emissões de N₂O neste período também podem ser atribuídas a menor disponibilidade de N-NO₃⁻ no solo, visto que o N-NH₄⁺ é completamente oxidado a N-NO₃⁻ entre 15-20 dias após a aplicação dos fertilizantes orgânicos

ao solo (Aita et al., 2007).

No período subsequente (20-64 dias), houve pronunciado aumento das emissões de N₂O, com maior distinção entre tratamentos. Neste período, as precipitações ocorreram com maior frequência e intensidade. O pico das emissões de N₂O ocorreu no 21º dia do experimento, variando entre 334 a 1.806 µg N-N₂O m⁻² h⁻¹. Os maiores teores de N-NO₃⁻ e umidade no solo (dados não apresentados) favoreceram as emissões de N₂O neste período. A enzima N₂O-reductase, responsável pela redução de N₂O até N₂, é a mais sensível entre as enzimas envolvidas no processo de desnitrificação à restrição de O₂, conseqüentemente, o N₂O é o subproduto dominante da desnitrificação em condições de elevada umidade do solo (Giles et al., 2012). Ainda, teores elevados de N-NO₃⁻ no solo podem inibir a redução de N₂O até N₂, visto que o ganho energético com a redução de N₂O é menor que o obtido com a redução de outros óxidos de nitrogênio (Giles et al., 2012).

As emissões acumuladas de N₂O até o 19º dia representaram 11,6 e 25,5% das emissões registradas durante todo o período avaliado, na média dos tratamentos sob PD e PC, respectivamente (**Figura 2**). Neste período, as emissões de N₂O foram 11,8% maiores sob PC (0,48 kg N-N₂O ha⁻¹) do que sob PD (0,44 kg N-N₂O ha⁻¹), na média dos tratamentos de adubação. No tratamento PC CTR (0,38 kg N-N₂O ha⁻¹), a mobilização do solo dobrou as emissões de N₂O em relação ao PD CTR (0,19 kg N-N₂O ha⁻¹). Este aumento pode estar relacionado à maior taxa de mineralização do C e N oriundo da palha de trigo incorporado ao solo e à mineralização da matéria orgânica do solo exposta à atividade microbiana pelo rompimento dos agregados de solo pelo preparo (Zanatta, 2009). A adição dos fertilizantes aumentou em 166 e 36% as emissões de N₂O do solo sob PD (0,37-0,81 kg N-N₂O ha⁻¹) e PC (0,37-0,62 kg N-N₂O ha⁻¹) neste primeiro período, na média dos tratamentos que receberam adubação. No segundo período (20-64 dias), observou-se uma inversão das emissões de N₂O sob PC e PD. A maior umidade do solo sob PD associado ao maior teor de NO₃⁻ (dados não apresentados) no solo pode ter estimulado as emissões de N₂O naqueles tratamentos (Zanatta, 2009).

Considerando todo o período analisado (64 dias), as emissões de N₂O foram 95,4% superiores sob PD (3,72 kg N-N₂O ha⁻¹) do que sob PC (1,90 kg N-N₂O ha⁻¹), na média dos tratamentos de adubação (**Tabela 2**). Sob PC, as emissões totais de N₂O variaram entre 1,42 e 2,55 kg N-N₂O ha⁻¹, enquanto que sob PD, as emissões variaram entre 1,85 e 5,59 kg N-N₂O ha⁻¹. Houve diferença significativa entre

sistemas de prepara apenas para o tratamento COMP, onde as emissões de N_2O foram de 4,67 e 1,56 kg $N-N_2O$ ha^{-1} sob PD e PC, respectivamente. Para os demais tratamentos de adubação, o efeito de sistemas de preparo do solo não foi significativo.

Tabela 2 – Emissão acumulada de óxido nitroso de um Nitossolo sob adubação orgânica e sistemas de preparo de solo.

Adubação	PC	PD	p
	----- kg $N-N_2O$ ha^{-1} -----		
CTR	1,42±0,18	1,85±0,73 c	0,9480
NMIN	1,87±0,72	3,52±0,65 ab	0,1207
DLS	2,55±0,51	5,60±1,38 a	0,0508
BIOF	2,10±0,40	2,94±1,18 bc	0,6063
COMP	1,56±0,13 B	4,67±1,70 Aab	0,0171
p	0,4431	0,0047	-

* Valor p do teste F (ANOVA). **Médias seguidas pela mesma letra minúscula na mesma coluna ou maiúscula na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Fisher (LSMEANS, $p < 0,05$). O valor após o sinal \pm indica o erro padrão da média ($n=4$).

Não verificou-se diferenças significativas entre os tratamentos de adubação sob PC, entretanto, sob PD as maiores emissões de N_2O foram observadas com a aplicação de DLS (5,60 kg $N-N_2O$ ha^{-1}), que não diferiram estatisticamente dos tratamentos COMP (4,67 kg $N-N_2O$ ha^{-1}) e NMIN (3,52 kg $N-N_2O$ ha^{-1}). O tratamento BIOF (2,94 kg $N-N_2O$ ha^{-1}) teve menor emissão de N_2O em relação ao tratamento DLS, não diferindo dos demais, inclusive do tratamento CTR (1,85 kg $N-N_2O$ ha^{-1}). O tratamento dos dejetos de suínos por biodigestão (BIOF) mostrou-se uma alternativa para reduzir as emissões de N_2O do solo sob PD em comparação com os DLS.

A emissão líquida de N_2O para os tratamentos que receberam adubação sob PC variou entre 0,14 e 1,13 kg $N-N_2O$ ha^{-1} , descontando-se a emissão verificada no tratamento CTR. Já sob PD, a emissão líquida de N_2O foi de 3,75, 2,82, 1,09 e 1,67 kg $N-N_2O$ ha^{-1} para os tratamentos DLS, COMP, BIOF e NMIN, respectivamente. Estes resultados indicam que 2,7, 2,0, 0,8 e 1,2% do N-total adicionado ao solo foi emitido na forma de $N-N_2O$ durante o período avaliado para os mesmos tratamentos de adubação sob PD, respectivamente. O fator de emissão observado neste trabalho para o DLS é semelhante ao observado por Denega (2009) para o mesmo período de avaliação.

CONCLUSÕES

O sistema plantio direto aumenta as emissões de N_2O em relação ao preparo convencional do solo sob adubação orgânica (COMP).

A adubação orgânica com DLS, COMP ou BIOF não aumenta as emissões de N_2O em relação à adubação nitrogenada mineral (uréia).

A aplicação de dejetos de suínos por tratados por biodigestão (BIOF) reduz as emissões de N_2O em relação ao solo adubado com DLS.

REFERÊNCIAS

AITA, C.; GIACOMINI, S.J.; HÜBNER, A.P. Nitrificação do nitrogênio amoniacal de dejetos líquidos de suínos em solo sob sistema de plantio direto. *Pesq. Agropec. Bras.*, 42:95-102, 2007.

DENEGA, G.L. Emissão de óxido nitroso e dióxido de carbono após aplicação de dejetos de suínos e bovinos em um argissolo. PPG em Ciência do Solo (Dissertação de Mestrado), UFSM, 2009, 93p.

GILES, M.; MORLEY, N.; BAGGS, E.M.; DANIELL, T.J. Soil nitrate reduction processes – drivers, mechanisms for spatial variation, and significance for nitrous oxide production. *Front. Microbiol.*, 3:407.

NICOLOSO, R.S.; BAYER, C.; DENEGA, G.L.; OLIVEIRA, P.A.V.; HIGARASHI, M.M.; CORREA, J.C.; LOPES, L.S. Gas chromatography and photoacoustic spectroscopy for the assessment of soil greenhouse gases emissions. *Ci. Rural*, 43:262-269, 2013.

SAS Institute. SAS/STAT@9.2: User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc., 2009. 8444p.

USSIRI, M.K.; LAL, R.; JARECKI, M.K. Nitrous oxide and methane emissions from long-term tillage under a continuous corn cropping system in Ohio. *Soil Till. Res.*, 104:247-255, 2009.

VETEREA, R.T.; BIJESH, M.; DOLAN, M.S. Fertilizer source and tillage effects on yield-scaled nitrous oxide emissions in a corn cropping system. *J. Environ. Qual.*, 40:1521-1531, 2011.

ZANATTA, J.A. Emissão de óxido nitroso afetada por sistemas de manejo do solo e fontes de nitrogênio. PPG em Ciência do Solo (Tese de Doutorado), UFRGS, 2009, 79p.

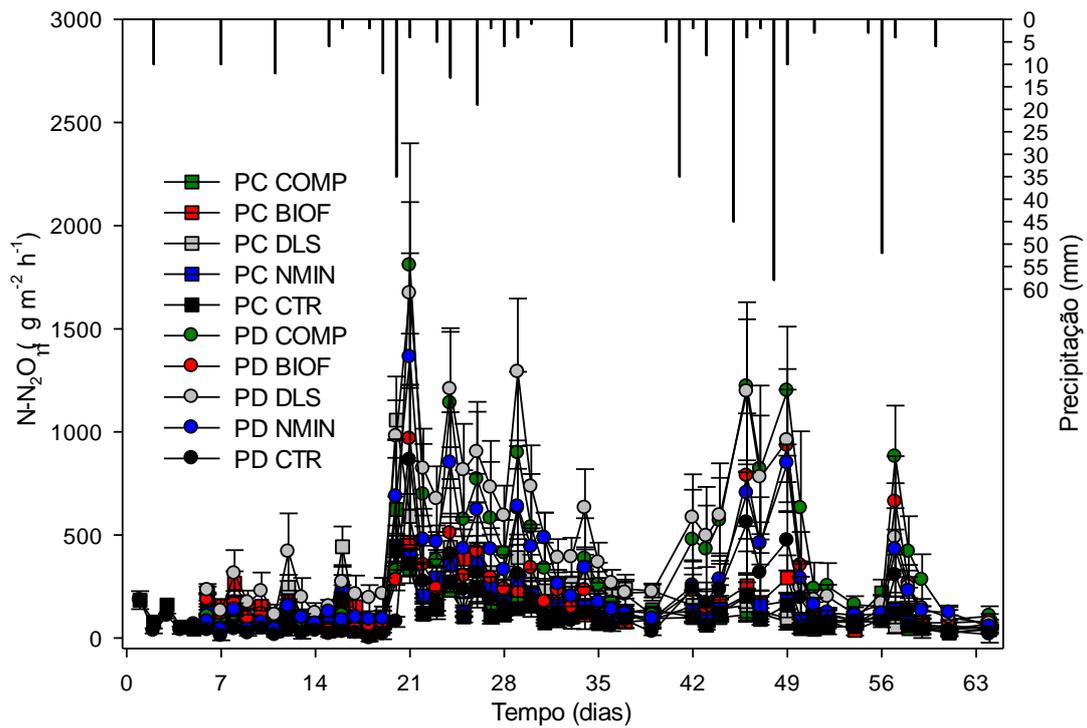


Figura 1 – Emissão diária de óxido nítrico de um Nitossolo sob adubação orgânica e sistemas de preparo de solo. PC = preparo convencional; PD = plantio direto; CTR = controle sem adubação; NMIN = nitrogênio mineral (uréia); DLS = dejetos líquidos de suínos, BIOF = biofertilizante efluente de biodigestor; COMP = composto orgânico de dejetos de suínos.

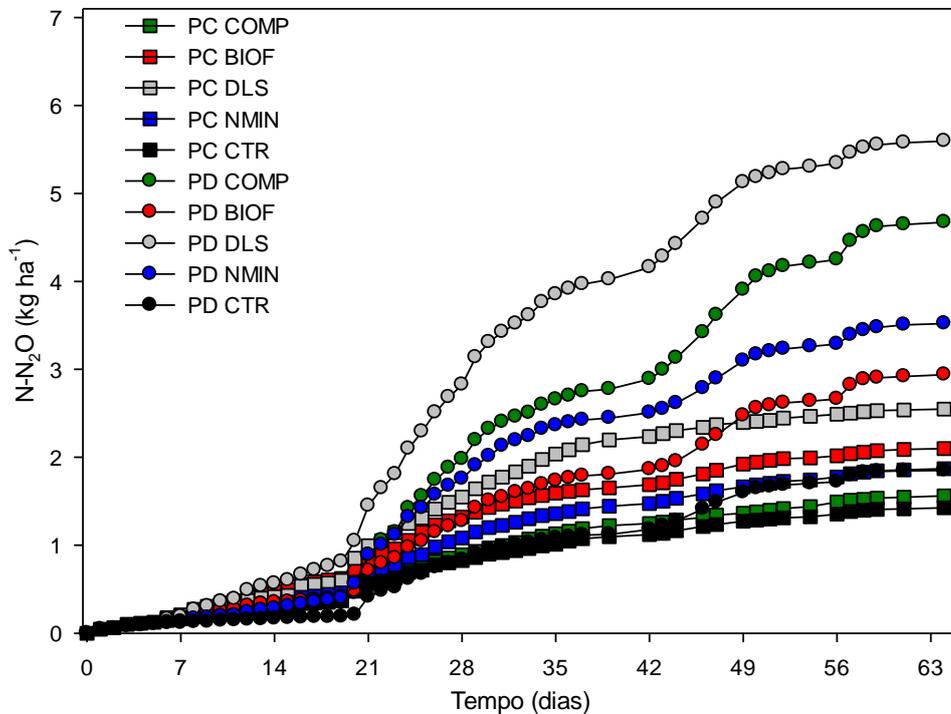


Figura 2 – Emissão acumulada de óxido nítrico de um Nitossolo sob adubação orgânica e sistemas de preparo de solo. PC = preparo convencional; PD = plantio direto; CTR = controle sem adubação; NMIN = nitrogênio mineral (uréia); DLS = dejetos líquidos de suínos, BIOF = biofertilizante efluente de biodigestor; COMP = composto orgânico de dejetos de suínos.