

Injeção de dejetos de suínos no solo associada a um inibidor de nitrificação como estratégia para mitigar as emissões de óxido nitroso⁽¹⁾

Rogério Gonzatto⁽²⁾; Alexandre Doneda⁽³⁾; Diego Antonio Giacomini⁽³⁾; Géssica Gaboardi De Bastiani⁽⁴⁾; Gerson Guarez Garcia⁽⁵⁾; Celso Aita⁽⁶⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos fornecidos pela CAPES e CNPq.

⁽²⁾ Doutorando do Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo; Universidade Federal de Santa Maria; Santa Maria, RS; E-mail: rogonzatto@gmail.com; ⁽³⁾ Aluno do Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo; Universidade Federal de Santa Maria; ⁽⁴⁾ Graduanda em Agronomia; Universidade Federal de Santa Maria; ⁽⁵⁾ Professor Adjunto do Departamento de Zootecnia; Universidade Federal de Santa Maria; ⁽⁶⁾ Professor Associado do Departamento de Solos; Universidade Federal de Santa Maria.

RESUMO: A aplicação de dejetos líquidos de suínos (DLS) no solo aumenta as emissões de óxido nitroso (N_2O) para a atmosfera. Por isso, é importante buscar estratégias que reduzam tais emissões quando os mesmos são aplicados no solo. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do modo de aplicação de DLS, associado ou não ao uso do inibidor de nitrificação dicianodiamida (DCD), sobre a emissão de N_2O em plantio direto de aveia. O experimento foi conduzido em um Argissolo Vermelho Alumínico úmbrico, na Universidade Federal de Santa Maria/RS. Os tratamentos foram: solo sem adição de DLS (testemunha), DLS em superfície, DLS em superfície com adição de DCD, DLS injetado e injetado com DCD. Os DLS ($40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) foram aplicados manualmente nos tratamentos em superfície e com injetor tracionado por trator nos tratamentos com injeção. O inibidor de nitrificação utilizado foi DCD (10 kg ha^{-1}). O N_2O foi avaliado por cromatografia gasosa, através da coleta de amostras da atmosfera interna de câmaras estáticas colocadas sobre uma base metálica inserida no solo. A injeção dos DLS aumentou em 80 % a emissão acumulada de N_2O em 120 dias, em relação à aplicação superficial. Todavia, na média das duas modalidades de aplicação dos dejetos, a aplicação de DCD juntamente com os DLS reduziu as emissões de N_2O em 50 %. A adição de DCD mostrou ser uma prática eficiente no controle das emissões de N_2O após a aplicação de DLS em plantio direto, independente da modalidade de aplicação dos mesmos no solo.

Termos de indexação: suinocultura, desnitrificação, N_2O .

INTRODUÇÃO

O grande volume de DLS gerados na atividade suinícola chama a atenção dos órgãos ambientais do mundo inteiro, pois na maioria das situações, a sua aplicação no solo como fonte de nitrogênio

(N) as plantas aumenta as perdas deste nutriente para a atmosfera via emissão de amônia (NH_3), dinitrogênio (N_2) e óxidos de N (NO_x), incluindo o óxido nitroso (N_2O).

A pesquisa tem estudado estratégias para reduzir o impacto das emissões de NH_3 e N_2O para atmosfera, com destaque para o N_2O uma vez que esse gás apresenta um potencial de aquecimento global (PAG) 296 vezes maior que o dióxido de carbono (CO_2) (IPCC 2007), além de ser responsável pela depleção da camada de ozônio (Ravishankara et al., 2009). Entre as estratégias para reduzir essas emissões após a aplicação de DLS destacam-se o uso de inibidores de nitrificação (IN) para o N_2O e a injeção dos dejetos para a NH_3 (Vanderzaag et al., 2011). Com a utilização de um IN busca-se reduzir a emissão do N_2O , gerado na nitrificação do N amoniacal dos DLS e na desnitrificação do nitrato (NO_3^-). No entanto, ao preservar maior quantidade de N na forma amoniacal no solo podem ser potencializadas as emissões de NH_3 (Kim et al., 2012) e, assim, as emissões indiretas de N_2O .

A injeção dos DLS no solo reduz a volatilização de NH_3 (Nyord et al., 2012) e desta forma as emissões indiretas de N_2O . No entanto, os trabalhos divergem sobre como a injeção dos dejetos no solo afeta as emissões de N_2O , além disso, são escassos os estudos sobre os efeitos da combinação de IN com a injeção de DLS. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho é avaliar o efeito do modo de aplicação de DLS, associado ou não ao uso de um inibidor de nitrificação, sobre a emissão de N_2O em plantio direto de aveia.

MATERIAL E MÉTODOS

Local, solo, clima e período

O trabalho foi conduzido durante o inverno de 2012, na área experimental do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Santa

Maria, RS. O solo foi classificado como Argissolo Vermelho Alumínico úmbrico (EMBRAPA, 2006) e o clima da região, segundo classificação de Koppen, é subtropical úmido, tipo Cfa2. As avaliações foram realizadas no período de 13 de junho de 2012 a 11 de outubro de 2012.

Tratamentos e amostragens

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com 20 parcelas (5,25 m X 6 m), cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram: T1-Solo sem adição de DLS (testemunha), T2-DLS aplicado em superfície (DLSs), T3-DLS em superfície com adição de DCD (DLSs + DCD), T4-DLS injetado (DLSi) e T5-DLS injetado com DCD (DLSi + DCD).

Os dejetos oriundos de animais em fase de terminação, foram coletados em uma esterqueira anaeróbica e aplicados ao solo sobre 10,6 Mg de palha de milho, no dia 12/06/2012, mesmo dia em que foi realizada a semeadura da aveia. Os dejetos foram aplicados em superfície, manualmente com regadores. No tratamento injetado, os DLS foram aplicados com um equipamento injetor tracionado com trator, equipado com oito linhas (espaçadas 0,35 m entre si), a uma profundidade entre 0,08 e 0,11 m. O IN utilizado foi a dicianodiamida (DCD), na dose de 10 kg ha⁻¹, diretamente misturada aos dejetos pouco antes da aplicação dos tratamentos. O volume de dejetos líquidos aplicado foi de 40 m³ ha⁻¹, equivalendo a 164,0 kg ha⁻¹ de N total. Nos DLS foram determinados os teores de matéria seca (MS), N total, N amoniacal e pH (Tedesco et al., 1995), cujos valores encontram-se na **Tabela 1**.

Tabela 1. Principais características dos dejetos líquidos de suínos (DLS) adicionados ao solo. Santa Maria, RS, 2012.

Variável	Aveia (2012)	
	Composição (g kg ⁻¹)	Adicionado (kg ha ⁻¹)
Matéria seca	37,0	1.480,0
C total	12,8	512,5
N total	4,1	164,0
N Amoniacal	2,8	112,0
C/N		3,1
pH		6,1
Taxa de aplicação ^a		40,0

^(a) em m³ ha⁻¹.

A avaliação da emissão de N₂O foi realizada em cada parcela, em câmaras estáticas. As câmaras possuíam dimensões de 0,3 m de

largura, 0,2 m altura e 0,4 m de comprimento, totalizando um volume interno de 0,024 m³. Em cada avaliação as câmaras eram dispostas sobre uma base metálica contendo uma canaleta de 0,04 m de altura, preenchida com água para completa vedação do sistema. As emissões de N₂O foram medidas durante 120 dias, iniciando-se dia 13/12/2012, um dia após a aplicação de DLS. As coletas de gases no interior das câmaras foram efetuadas com seringa de polipropileno de 20 mL, em quatro tempos (0, 15, 30 e 45 minutos após a colocação da câmara sobre a base). A concentração de N₂O foi determinada por cromatografia gasosa, em aparelho específico (Shimadzu, modelo GC-2014 Greenhouse). A cada coleta de N₂O foi monitorada a umidade gravimétrica na camada 0 - 0,10 m do solo (Tedesco et al., 1995). Com base nos valores de umidade, densidade aparente e de partícula, determinou-se o espaço poroso saturado por água (EPSA). Os dados de precipitação pluviométrica foram obtidos a partir da estação meteorológica situada próxima da área experimental.

Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas entre si pelo teste LSD a 5 % de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de DLS no solo tanto em superfície quanto injetada, com e sem a adição de DCD aumentou os fluxos de N₂O para atmosfera, principalmente nos primeiros 40 dias. Na média das duas primeiras coletas, a emissão nos tratamentos com a aplicação de dejetos superou em 15 vezes a testemunha. Esse padrão de emissão já foi reportado em outros trabalhos com dejetos de suínos (Fangueiro et al., 2010; Chantigny et al., 2010). Apesar do aumento nos fluxos de N₂O com a aplicação dos DLS no solo, o principal pico nas emissões ocorreu apenas aos seis dias, alcançando valores próximos a 700 µg de N-N₂O m⁻² h⁻¹ no tratamento DLSs e 518 µg de N-N₂O m⁻² h⁻¹ no DLSi. Nessa mesma avaliação, o uso de DCD reduziu os fluxos de N₂O em 3,7 vezes no tratamento com dejetos em superfície e em 4,8 vezes com a injeção dos dejetos no solo (**Figura 1**).

Considerando o período entre a quinta coleta, aos sete dias, até a décima quinta, aos 30 dias, os fluxos médios de N₂O foram de 196,3 µg de N-N₂O m⁻² h⁻¹, com a injeção dos dejetos no solo, superando em 77,5 % a aplicação superficial. No entanto, quando a aplicação dos dejetos foi

acompanhada do uso da DCD os fluxos de N_2O foram reduzidos em 83,5 % e 68,3 %, no injetado e superfície, respectivamente. Esse efeito da DCD em reduzir as emissões de N_2O após a aplicação de DLS também foi constatado por Vallejo et al. (2005). Estes autores encontraram uma redução de pelo menos 37 % nas emissões de N_2O quando aplicaram dejetos de suínos com DCD, tanto injetado quanto em superfície. Tal redução nas emissões de N_2O é atribuída à inibição da nitrificação pela DCD que, embora não tenha efeito direto sobre a desnitrificação, pode reduzir os teores de NO_3^- no solo, o qual pode ser utilizado como aceptor final de elétrons pelas bactérias desnitrificadoras na falta de O_2 . Além disso, ao inibir a nitrificação, a DCD reduz as emissões de N_2O durante a nitrificação, pelo processo chamado nitrificação desnitrificante (Wrage et al., 2001).

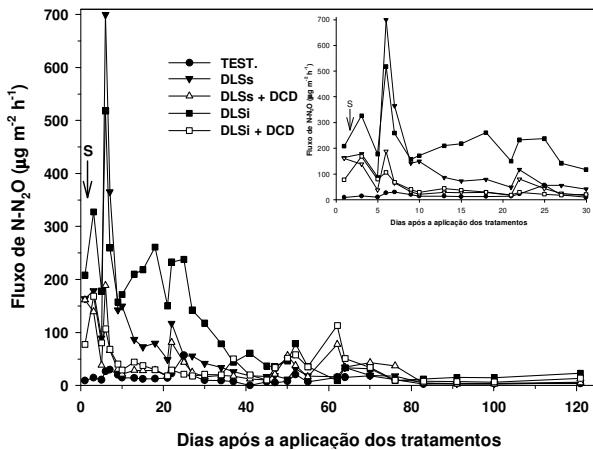


Figura 1. Fluxos de óxido nitroso após a aplicação de dejetos líquidos de suínos injetados (DLSi) e em superfície (DLSS), com e sem DCD.

Os fluxos de N_2O aumentaram com a injeção dos DLS no solo, superando o tratamento com aplicação dos dejetos na superfície, em 29 das 31 datas de coleta realizadas durante o período de avaliação. Esses resultados devem-se a concentração dos DLS no sulco de injeção, pois os dejetos possuem alto conteúdo de C orgânico (Tabela 1) e por isso, pode criar zonas de baixo do potencial redox no sulco de injeção, já que esse C prontamente disponível estimula a atividade dos microrganismos heterotróficos desnitrificadores que, ao consumirem o O_2 provocam anaerobiose. Além disso, o contato reduzido com o ar e a infiltração dificultada dos DLS no interior do sulco de injeção, devido ao bloqueio dos poros pelo material particulado dos dejetos e pela compactação da haste de injeção na interface com o solo, também podem gerar zonas de anaerobiose (Wulf et al., 2002). Outra evidência que explica as maiores emissões no

tratamento onde os dejetos foram injetados ao solo são os valores de EPSA. Dentro do sulco é reduzida a evaporação de água, o que mantém a umidade do solo. Neste tratamento, o EPSA foi maior que 60 % durante todo o período de avaliação (Figura 2), o que, segundo Bhandral et al. (2010), favorece a desnitrificação. O fato dos valores de EPSA no tratamento injetado ter se mantido superior em relação ao em superfície, associado ao elevado conteúdo de C adicionado com os dejetos no sulco, contribuiu com as emissões de N_2O por desnitrificação no tratamento com a injeção dos dejetos sem DCD.

Após 60 dias de avaliação, as emissões de N_2O nos tratamentos que receberam DLS diminuíram para valores próximos da testemunha ($11,2 \mu g$ de $N-N_2O m^{-2} h^{-1}$), mesmo com a elevação do EPSA provocado pela ocorrência de precipitação. Esse resultado pode estar relacionado às transformações e redução na disponibilidade de C e N (Wulf et al., 2002), já que o N pode ter sido perdido por volatilização e lixiviação, além de ter sido absorvido pelas plantas de aveia.

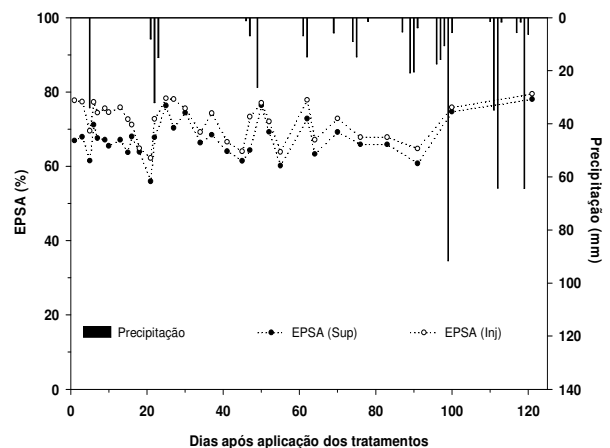


Figura 2. Espaço poroso saturado por água (EPSA), nos tratamentos com aplicação dos DLS em superfície (Sup) e injetados (Inj) no solo e precipitação durante os 120 dias de avaliação.

A aplicação de DLS no solo como fonte de N afetou as emissões cumulativas de N_2O , indicando que a sua aplicação estimula a produção desse gás. A emissão cumulativa no período de 120 dias foi significativamente maior nos tratamentos com aplicação dos dejetos sem DCD (Tabela 2), sendo que o maior valor acumulado foi encontrado no tratamento DLSi ($2.180,5 g N-N_2O ha^{-1}$), o qual superou o tratamento DLSS ($1.210,8 g N-N_2O ha^{-1}$) em 44,5 %. O uso de DCD reduziu em 32,4 % e 59,8 % a emissão acumulada de N_2O quando os dejetos foram aplicados em superfície e injetados, respectivamente. Sem o inibidor, a nitrificação

ocorre normalmente, fornecendo o NO_3^- como aceptor final de elétrons para a respiração das bactérias desnitrificadoras, sob condições de anaerobiose. A emissão acumulada de N_2O foi 75,9 % maior nos tratamentos com aplicação de DLS, do que no tratamento testemunha. Isso se deve à adição de DLS como fonte de C, N e líquidos (urina e água).

Tabela 2. Perdas acumuladas e fator de emissão de $\text{N-N}_2\text{O}$ ao final do período de avaliação. Santa Maria 2012.

Tratamentos	Aveia (2012)			
	Acumulado total (g ha ⁻¹)		Fator de emissão (%)	
Testemunha	305,5*	d	-	-
DLSs	1210,8	b	0,55	b
DLSs + DCD	818,7	c	0,31	c
DLSi	2180,5	a	1,14	a
DLSi + DCD	877,2	c	0,35	c

*Médias seguidas pela mesma letra, nos tratamentos, não diferem entre si pelo teste LSD, a 5 % de nível de significância.

A modalidade de aplicação dos DLS e a adição do DCD influenciaram a proporção do N aplicado ao solo com os DLS e que foi perdida como N_2O (Fator de emissão). A perda de N_2O em relação ao nitrogênio total adicionado foi significativamente maior no tratamento DLSi (1,14 %), seguido dos tratamentos DLSs (0,55 %), DLSi + DCD (0,35 %), DLSs + DCD (0,31 %).

CONCLUSÕES

A injeção de DLS aumenta a emissão de N_2O em plantio direto de aveia.

A aplicação de DLS no solo associada ao inibidor de nitrificação DCD reduz as emissões de N_2O e a percentagem de perda do N total aplicado com os DLS.

AGRADECIMENTOS

A CAPES e ao CNPq pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

BHANDRAL, R.; BOLAN, N. S. & SAGGAR, S. Nitrous oxide emission from farm dairy effluent application in grazed grassland. R. C. Suelo Nutr. Veg. 10: 22-34. 2010.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2. ed. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 306 p., 2006.

FANGUEIRO, D. et al. Nitrogen mineralization and CO_2 and N_2O emissions in a sandy soil amended with original and acidified pig slurry or with the relative fractions. Biol. Fert. Soils. 46:383-391. 2010.

IPCC. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge.

KIM, D.; SAGGAR, S. & ROUDIER, P. The effect of nitrification inhibitors on soil ammonia emissions in nitrogen managed soils: a meta-analysis. Nutr. Cycl. Agroecosyst. 93:51-64. 2012.

NYORD, T.; HANSEN, M. N. & BIRKMOSE, T. S. Ammonia volatilisation and crop yield following land application of solid-liquid separated, anaerobically digested, and soil injected animal slurry to winter wheat. Agri. Ecosyst. Environ. 160:75-81. 2012.

RAVISHANKARA, A. R.; DANIEL, J. S. & PORTMANN, R. W. Nitrous Oxide (N_2O): The Dominant Ozone-Depleting Substance Emitted in the 21st Century. Science. 326:123-125. 2009.

TEDESCO, M. J. et al. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.

VALLEJO, A. et al. Comparison of N losses (NO_3^- , N_2O , NO) from surface applied, injected or amended (DCD) pig slurry of an irrigated soil in a Mediterranean climate. Plant. Soil. 272:313-325. 2005.

VANDERZAAG, A. C.; JAYASUNDARA, S. & WAGNERRIDDLE, C. Strategies to mitigate nitrous oxide emissions from land applied manure. Anim. Feed Sci. Tech. 166-167:464-479. 2011.

WRAGE, N. et al. Role of nitrifier denitrification in the production of nitrous oxide. Soil Biol. Biochem. 33:1723-1732. 2001.

WULF, S.; MAETING, M. & CLEMENS, J. Application technique and slurry cofermentation effects on ammonia, nitrous oxide, and methane emissions after spreading: II. Greenhouse gas emissions. J. Environ. Qual. 31: 1795-1801. 2002.