

Emissão de N₂O em solo sob Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) e Integração Lavoura-Pecuária (ILP) durante a estação chuvosa no Cerrado⁽¹⁾

Arminda Moreira de Carvalho⁽²⁾; Kleberon Worsley de Souza⁽³⁾; Willian R. D. de Oliveira⁽⁴⁾; Bárbara de Fátima Silva Moura⁽⁵⁾; Munique Caixeta Cortes⁽⁵⁾; Maria Lucrecia Gerosa Ramos⁽⁶⁾;

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do projeto PECUS/EMBRAPA

⁽²⁾ Pesquisadora, EMBRAPA/CERRADOS, Brasília – DF. arminda.carvalho@embrapa.br; ⁽³⁾ Pós-Doutorando, UnB/Embrapa Cerrados Brasília - DF. kleberonws@gmail.com; ⁽⁴⁾ Doutorando, Universidade de Brasília; Brasília – DF; ruralwillian@hotmail.com; ⁽⁵⁾ Alunos de graduação, Universidade de Brasília, Brasília – DF; ⁽⁶⁾ Professora Associada 4, Universidade de Brasília, Brasília – DF. lucrecia@unb.br

RESUMO: O N₂O, dentre os gases de efeito estufa, é o que possui maior importância para o setor agropecuário devido às suas emissões estarem relacionadas com a dinâmica de N do solo, além de possuir capacidade de aquecimento 310 vezes maior do que o CO₂. O objetivo desse trabalho foi avaliar os fluxos de N₂O em solo sob sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) e Lavoura-Pecuária (ILP) e no Cerrado Nativo. O experimento foi conduzido na Embrapa Cerrados, em Planaltina, DF. Os fluxos, no geral, apresentaram valores abaixo de 10 µg N₂O m⁻² h⁻¹, porém, também foram detectados valores acima de 30 µg N₂O m⁻² h⁻¹. A área de Cerrado Nativo apresentou os menores fluxos, incluindo valores negativos. Esse comportamento pode ser devido à área de Cerrado Nativo apresentar-se mais preservada, com equilíbrio em relação ao teor de matéria orgânica, atividade microbológica, temperatura e umidade do solo, assim como o balanço entre produção e consumo de N₂O. Entre os sistemas integrados, o solo sob ILPF apresentou menores valores de fluxos, enquanto, o solo sob sistema de ILP apresentou os maiores fluxos, com a maioria dos valores acima de 10 µg N m⁻² h⁻¹, incluindo um pico de 40 µg N m⁻² h⁻¹ medido no mês de novembro. A umidade do solo exerceu maior impacto sobre os fluxos de N₂O quando as condições de EPSA (espaço poroso saturado com água) ficaram acima de 60%. Os picos de emissão no sistema ILP correspondem aos maiores teores de N na forma de nitrato no solo.

Termos de indexação: Gases de efeito estufa, matéria orgânica do solo, nitrogênio.

INTRODUÇÃO

O óxido nitroso (N₂O) é produzido naturalmente nos solos por meio dos processos de nitrificação e desnitrificação. A desnitrificação é a reação dominante na produção do N₂O e ocorre em condições de baixa aeração do solo. A

nitrificação é favorecida pela presença de NH₄⁺, por condições adequadas de aeração do solo e pela maior ciclagem de nitrogênio no sistema. O nitrato, por sua vez, pode se acumular no solo quando produzido em concentrações acima da demanda de microrganismos e plantas, potencializando reações de desnitrificação (Matson et al., 1999; Davidson et al., 2000).

A umidade e a aeração do solo, representadas pela porcentagem de espaços dos poros preenchidos pela água (EPPA) e a temperatura, contribuem para potencializar ou não o efeito da aplicação de nitrogênio (Davidson et al., 2000). A quantidade e qualidade da biomassa produzida (composição química), a umidade do solo, a fórmula e o modo de aplicação do fertilizante, geralmente, determinam a duração das altas emissões (picos) de óxido nitroso (Carvalho et al., 2006).

A modernização da agropecuária no Cerrado resultou em aumento de produtividade, gerado por aplicações de altas doses de fertilizantes e a expansão para novas áreas, incrementando o desmatamento que, a longo prazo, pode potencializar os agroecossistemas como fontes de GEEs. Para minimizar os impactos negativos, a região vem adotando novas tecnologias, como o Sistema Plantio Direto, a Integração Lavoura-Pecuária e Lavoura-Pecuária-Floresta, permitindo que os produtores possam incrementar a produtividade juntamente com a qualidade do ambiente. Assim, esses sistemas integrados geram um ambiente diversificado, criando melhores condições para a microbiota do solo e contribuem para mitigação dos gases de efeito estufa (Baggs & Phillipot, 2010).

Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar fluxos de N₂O em solo sob sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) e Lavoura-Pecuária (ILP) e no Cerrado Nativo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Embrapa Cerrados, em Planaltina, DF. O experimento de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) foi implantado em janeiro de 2009 em uma área anteriormente ocupada por pastagem degradada. A área experimental apresenta as seguintes coordenadas geográficas: 15° 36' 38,82" S e 47° 42' 13,63" W, altitude de 980 m. Na área experimental, a estação chuvosa concentra-se nos meses de outubro a abril, com média de 1100 mm, a temperatura média é de 21,7° C e a classificação climática segundo Koppen é Aw. O solo é caracterizado como Latossolo Vermelho, com textura argilosa.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, consistindo de dois tratamentos, com 3 blocos cada: pastagem, que foi implantada com a cultura do sorgo, intercalada com renques de *Eucalyptus urograndis*, com 2 linhas cada, com espaçamento de 2 x 2 m entre plantas e 22 m entre renques (ILPF); e pastagem também implantada com a cultura do sorgo sob sistema de ILP, sem a presença de *Eucalyptus urograndis*, além de uma parcela localizada em Cerrado Nativo adjacente ao experimento, como testemunha.

Em cada parcela foram implantadas 3 câmaras estáticas fechadas, compostas de uma base de metal retangular (38 x 58 cm), inserida no solo até a profundidade de 5 cm, ficando com uma altura aproximada de 10 cm acima do solo. Uma tampa retangular com largura e comprimento iguais aos da base, era colocada sobre a base para vedar o sistema com uma espuma de borracha, antes das amostragens de gases. As amostragens de gases foram feitas utilizando-se bombas de vácuo manuais, e as amostras foram mantidas em frascos de vidro vedados com septos de borracha butírica, para subsequente análise das concentrações de N₂O.

As coletas foram realizadas entre os meses de outubro de 2012 e fevereiro de 2013. Em dezembro de 2012, os sistemas integrados receberam quatro bois adultos da raça Nelore em cada parcela.

As análises das concentrações de N₂O foram realizadas no laboratório da Embrapa Cerrados, utilizando um cromatógrafo de gás (Thermo TraceGC) equipado com uma coluna empacotada com Porapak Q e um detector de captura de elétrons. Os fluxos de N₂O (FN₂O) foram calculados pela equação $FN_{2O} = \frac{\delta C}{\delta t} (V/A) M/V_m$, onde $\delta C/\delta t$ é a mudança de concentração de N₂O na câmara no intervalo de incubação; V e A são, respectivamente, o volume da câmara e a área de solo coberta pela câmara; M é o peso

molecular de N₂O e V_m é o volume molecular na temperatura de amostragem.

Durante a realização do estudo também foram realizadas amostragens de solo, para determinar a umidade e a concentração de formas minerais de N no solo (NO₃⁻ e NH₄⁺). O processo de amostragem consistiu na retirada de três amostras simples, na profundidade de 0-5 cm, com o auxílio de um trado modelo holandês, de uma parcela de cada tratamento, resultando em uma amostra composta por tratamento. As amostras de solo foram coletadas durante as amostragens de gases e posteriormente colocadas em latas metálicas lacradas com fita crepe, para a determinação de umidade. No laboratório, as latas metálicas foram pesadas, colocadas em estufa a 105° C por 72 horas, em seguida pesadas para determinação da umidade gravimétrica. Os valores de umidade gravimétrica foram convertidos para Espaço Poroso Saturado com Água (EPSA %) calculado pela fórmula:

$EPSA (\%) = \frac{\text{umidade gravimétrica} (\%) \times \text{densidade do solo}}{\text{porosidade total do solo} \times 100}$;

onde: porosidade total do solo = $(1 - (\text{densidade do solo}/2,65))$, com 2,65 [g cm⁻³] sendo a densidade das partículas assumida do solo.

O nitrogênio do solo nas formas de nitrato e amônio foi analisado por destilação por arraste de vapores. As amostras de solo foram colocadas em potes com solução extratora de KCl 1M, separando cerca de 10 g de solo, permanecendo em repouso por, pelo menos, 18 horas. Na preparação da amostra, determinou-se o teor de umidade de cada amostra, que foi seca em estufa a 105° C durante 72 h. Alíquotas de 10 ml da solução foram colocadas em tubos de ensaio para destilação. Para a determinação de NH₄⁺ foram adicionados ao tubo de ensaio 0,25 g de óxido de magnésio e realizada a destilação da amostra em destilador de arraste de vapores. O condensado foi coletado em erlenmeyer de 50 ml, contendo 10 ml de solução indicadora de ácido bórico a 2%. Para determinação de NO₃⁻, utilizou-se a mesma alíquota de 10 ml destilada anteriormente. A essa quantidade de extrato foi adicionada 0,25 g de liga de Devarda e efetuada novamente a destilação dessa solução em destilador de arraste de vapores. O condensado obtido na destilação foi titulado com solução de H₂SO₄ 0,005 M, através de restituição de ácido bórico utilizado na formação de borato de amônio, composto que confere a cor verde-azulada à solução condensada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os fluxos, no geral, apresentaram valores abaixo de 10 µg N₂O m⁻² h⁻¹, porém, também

foram detectados valores acima de $30 \mu\text{g N}_2\text{O m}^{-2} \text{h}^{-1}$ em algumas das avaliações realizadas (Figura 1). Essa alta heterogeneidade é atribuída à variação presente nos processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem no solo, uma vez que esse meio é muito dinâmico e influenciado pelas condições ambientais.

Dentre os tratamentos, o solo sob Cerrado Nativo apresentou os menores fluxos, incluindo valores negativos (Figura 1). Esse fato pode ser devido à área de Cerrado Nativo apresentar-se mais preservada, mantendo-se em maior equilíbrio em relação ao teor de matéria orgânica, atividade microbiológica, temperatura e umidade do solo, assim como o balanço entre produção e consumo de N_2O (Baggs & Philippot, 2010).

O solo com pastagem implantada sob o sistema de ILP apresentou os maiores fluxos, com a maioria dos picos mostrando valores acima de $10 \mu\text{g N m}^{-2} \text{h}^{-1}$. Essas emissões mais intensas podem ser explicadas devido à maior produção de biomassa vegetal na área de ILP, onde não ocorreu o sombreamento das árvores de *Eucalyptus urograndis*. Com maior produção de biomassa, a deposição de material vegetal sobre o solo se torna mais intensa, aumentando, assim, o aporte de resíduos em processo de decomposição, conseqüentemente, a disponibilidade de N para a microbiota do solo (Baggs et al., 2000). Na terceira avaliação realizada no mês de novembro foi medido fluxo de $40 \mu\text{g N m}^{-2} \text{h}^{-1}$ no Sistema ILP, provavelmente, devido ao acúmulo de chuva que ocorreu depois de um longo período de estresse hídrico (Figura 1). O valor de EPPA (Figura 1) foi de 60%, considerado suficiente para os processos microbiológicos que levam às emissões de N_2O (Davidson et al., 2000). Além disso, a deposição mais intensa de material vegetal sobre o solo do Sistema ILP pode estar indicando presença de substrato para as bactérias nitrificadoras que, na presença de água, foram estimuladas e retomaram sua atividade mais intensamente após o umedecimento do solo. O pulso de NO_3^- analisado nesta condição para ILP também é um indicativo do processo de nitrificação.

As concentrações de nitrato e amônio no solo oscilaram bastante durante o período de avaliação (Figura 2). A concentração de nitrato atingiu valores acima de 20 ppm em novembro de 2012 no ILP e em Fevereiro de 2013 no Cerrado Nativo. As concentrações de NH_4^+ oscilaram pouco nos sistemas de ILP e ILPF, mas na área sob Cerrado Nativo apresentaram vários picos que atingiram até 100 ppm. Esses picos de NH_4^+ podem estar associados à mineralização de nitrogênio orgânico tanto em condições aeróbias quanto anaeróbias, pois o valor de EPSA em área

de Cerrado Nativo em muitas das avaliações esteve acima de 60%, indicando condições de baixa aeração ou anaerobiose.

Observa-se tendência de relação positiva entre as emissões de N_2O do solo sob Sistema de ILPF e o espaço poroso saturado com água (EPSA). Os maiores fluxos de emissão nesse sistema ocorreram em condições de EPSA acima de 60% (Figura 1). A desnitrificação também é um processo importante de produção de N_2O nos solos e muitos estudos têm demonstrado que as emissões são mais intensas com o aumento do EPSA, sendo que este está em torno de 60% para muitos solos que se encontram na capacidade de campo, valor considerado como o limiar para a predominância de reações de desnitrificação em relação à nitrificação do solo (Liu et al, 2007; Dobbie et al, 1999). Assim, com valores de EPSA acima de 60%, a desnitrificação torna-se mais intensa, estimulando ainda mais as emissões de N_2O . Os picos de emissão no Sistema ILP correspondem aos maiores teores de N na forma de nitrato no solo (Figura 1), indicando nitrificação de N na forma orgânica.

CONCLUSÕES

Nas condições desse trabalho:

1. O solo sob ILP resulta nos valores mais elevados de fluxos de N_2O .
2. Os solos sob ILPF e sob Cerrado Nativo apresentam os menores valores de fluxos de N_2O .
3. O pico de emissão de N_2O no início da estação chuvosa no solo sob ILP está associado a uma concentração mais elevada de N na forma de nitrato.
4. Ocorrem picos de concentração de amônio no solo sob Cerrado Nativo.

AGRADECIMENTOS

À CAPES, CNPq e à EMBRAPA pelo apoio na forma de bolsas e recursos, respectivamente, para o desenvolvimento do trabalho.

REFERÊNCIAS

- BAGGS, E. M., REES R. M., SMITH K. A., VINTEN J. A. Nitrous legume oxide emission from soils after incorporating crop residues. *Soil Use Manage.* vol. 16, p. 82–87, 2000.
- BAGGS E. M. & PHILIPPOT L. Microbial Terrestrial Pathways to Nitrous Oxide. In: SMITH, K. (ed). *Nitrous Oxide and Climate Change*. Earthscan, London, p. 4–36, 2010.
- CARVALHO, A. M., BUSTAMANTE, M. M.C., KOZOVITS, A. R., MIRANDA, L. N., VIVALDI, L. J., SOUSA, D. M. Emissão de óxidos de nitrogênio

associada à aplicação de ureia sob plantio convencional e direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.4, p.679-685, 2006.

DAVIDSON, E. A., KELLES, M., ERICKSON, H. E., VERCHOT, L. V., VELDKAMP, E. Testing a conceptual model of soil emissions of nitrous and nitric oxides. **Bioscience**. vol. 50, nº 8, p. 667-680, 2000.

DOBBIE K. E., MCTAGGART I. P., SMITH K. A. Nitrous oxide emissions from intensive agricultural

systems: Variations between crops and seasons, key driving variables, and mean emission factors. **Journal of Geophysical Research**, vol. 104, nº D21, p. 26,891–26,899, 1999.

LIU X. J., MOSIER A. R., HALVORSON A. D., REULE C. A., ZHANG F. S. Dinitrogen and N₂O emissions in arable soils: Effect of tillage, N source and soil moisture. **Soil Biology & Biochemistry**. vol. 39, p. 2362–2370, 2007.

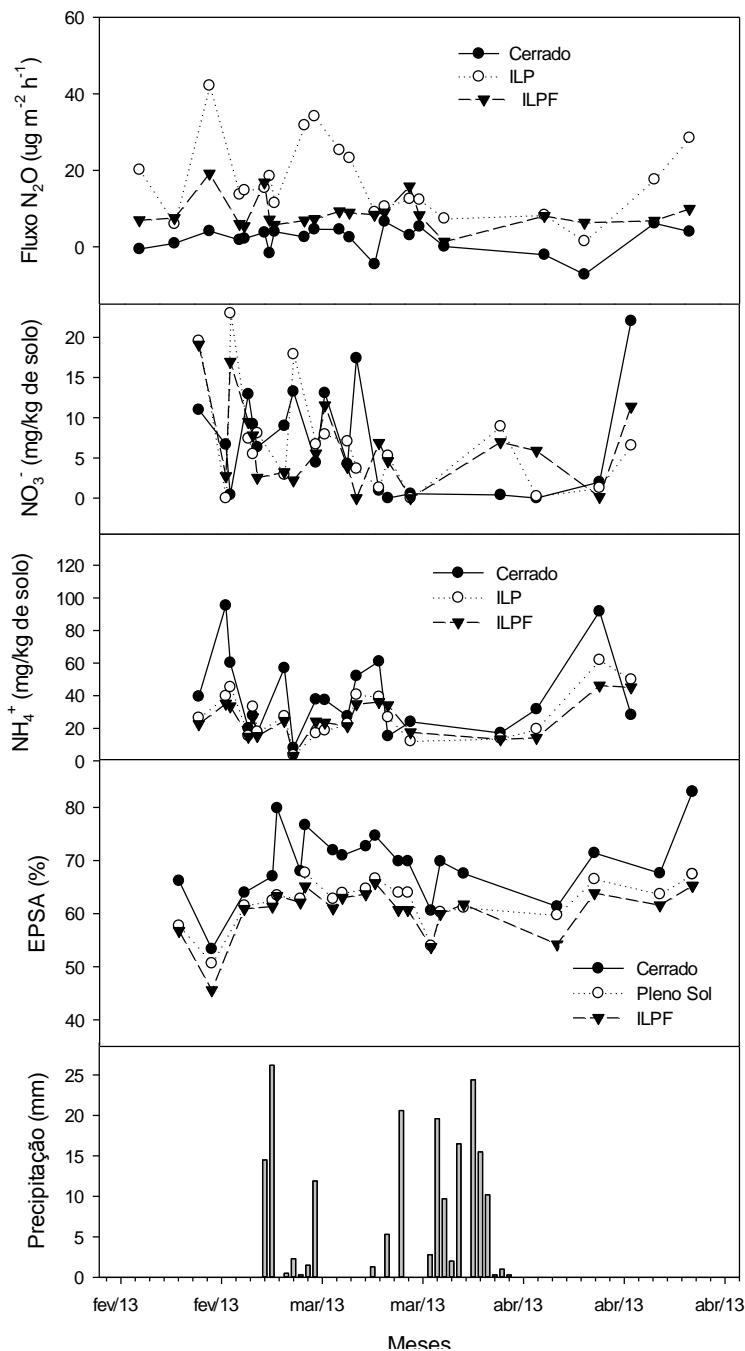


Figura 1 – Emissão de N₂O, teores de NO₃⁻ e NH₄⁺ na camada de 0-5 cm do solo, EPPA e precipitação pluviométrica, no período de outubro de 2012 a fevereiro de 2013.