



## Fatores edafoclimáticos e fluxos de N<sub>2</sub>O no solo em sistemas integrados, pastagem e Cerrado nativo

Arminda Moreira de Carvalho<sup>(1)</sup>; Willian R. D. Oliveira<sup>(1)</sup>, Maria Lucrécia G. Ramos<sup>(2)</sup>, Thais R. Coser<sup>(1)</sup>, Kleberon W. Souza<sup>(1)</sup>, Juaci Vitória Malaquias<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/Cerrados Estudante; Universidade de Brasília; Brasília, DF; luciano.gomes.17@hotmail.com; <sup>(2)</sup> Pesquisadoras;; <sup>(2)</sup> Professor Adjunto, Departamento de Agronomia, Universidade de Brasília.

**RESUMO:** O N<sub>2</sub>O, 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 nitrogênio (N) do solo. Com o uso crescente de sistemas integrados de produção, a avaliação de fatores que influenciam na emissão de N<sub>2</sub>O deve ser considerado. O objetivo deste trabalho foi avaliar as emissões de N<sub>2</sub>O no solo em Integração Lavoura-Pecuária (ILP) e integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), além de Cerrado Nativo e pastagem de baixa produtividade e correlacioná-las com as seguintes variáveis edafoclimáticas: teores de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, espaço poroso saturado por água (EPSA) nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm e precipitação pluviométrica. O experimento foi conduzido na Embrapa Cerrado, Planaltina-DF, em Latossolo Vermelho, no período de fevereiro de 2012 a abril de 2014. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com três repetições. Os tratamentos foram: área cultivada intercalada com renques de *Eucalyptus urograndis*, com espaçamento de 2 x 2 m entre plantas e 22 m entre renques; e área cultivada a pleno sol, sem a presença de espécies arbóreas, além das testemunhas: uma área em Cerrado nativo e, uma área de pastagem de baixa produtividade. A emissão de N<sub>2</sub>O foi avaliada utilizando-se câmaras estáticas fechadas e as análises realizadas por cromatografia gasosa. O EPSA foi o fator que melhor explicou as emissões de N<sub>2</sub>O.

Termos de indexação: Gases do efeito estufa, mineralização de nitrogênio, mudanças climáticas.

### INTRODUÇÃO

Dentre os gases de efeito estufa, o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), é o que possui maior importância para o setor agropecuário devido às suas emissões estarem relacionadas com a dinâmica e disponibilidade de nitrogênio (N) no solo, às altas precipitações, umidade e temperatura do solo em agroecossistemas. O N<sub>2</sub>O é produzido naturalmente nos solos por meio dos processos de nitrificação e desnitrificação. A nitrificação é favorecida pela presença de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, por condições adequadas de

aeração do solo e pela maior ciclagem de nitrogênio no sistema. A desnitrificação é o processo dominante na produção do N<sub>2</sub>O e ocorre em condições de baixa aeração do solo. O nitrato (NO<sub>3</sub>), por sua vez, pode se acumular no solo quando produzido além da demanda de microrganismos e plantas, potencializando reações de desnitrificação, favorecendo e estimulando, assim, a produção de N<sub>2</sub>O (Carvalho et al., 2006).

As emissões também são fortemente influenciadas pelo conteúdo de água de solo, exibindo fluxos variáveis (Baggs & Philippot, 2010). Linn e Doran (1984) relataram que há grandes variações nas emissões de N<sub>2</sub>O em função da umidade do solo. Eles demonstraram que a nitrificação vai aumentando com o aumento do espaço poroso saturado com água (EPSA) até um valor de 60%, quando começa a decrescer. Já a desnitrificação é muito baixa a 60%, mas aumenta com o incremento da umidade, alcançando o seu máximo quando o EPSA alcança 100%. Dessa forma, a umidade influencia na atividade microbológica do solo, alterando a produção de N<sub>2</sub>O.

A integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) pode ser um sistema com potencial de redução dessas emissões. A introdução do componente florestal pode aumentar a aeração e reduzir a presença de sítios anaeróbios no solo, diminuindo a intensidade da desnitrificação (Baggs & Philippto, 2010). E ainda, pode aumentar a diversidade biológica do agroecossistema tornando-o mais equilibrado, além de reduzir a produção e decomposição do material vegetal depositado no solo, conseqüentemente as emissões de N<sub>2</sub>O.

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo correlacionar as emissões de N<sub>2</sub>O do solo em sistemas de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) e integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), além de pastagem de baixa produtividade e Cerrado Nativo com fatores edafoclimáticos.

### MATERIAL E MÉTODOS

#### Área de Estudo e parcelas experimentais

O experimento foi conduzido na Embrapa



Cerrados, em Planaltina, DF, em um sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF) implantado em janeiro de 2009 numa área anteriormente ocupada com pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu; *B. brizantha* consorciada com *Stylosanthes guianensis*; e *B. brizantha* consorciada com leucena. O clima da região é Aw (classificação de Köppen) com 1.500 mm de precipitação pluvial anual concentrada nos meses de outubro a abril, e temperaturas médias mínimas e máximas de 16,7 °C e 28,3 °C, respectivamente. O solo é caracterizado como Latossolo Vermelho, com textura argilosa.

O experimento para monitorar as emissões de N<sub>2</sub>O foi implantado em fevereiro de 2012 e constou de parcelas de 1.4 ha, com delineamento de blocos ao acaso e três repetições e três câmaras por cada parcela. Os tratamentos foram: área cultivada intercalada com renques de *Eucalyptus urograndis*, com espaçamento de 2 x 2 m entre plantas e 22 m entre renques; e área cultivada a pleno sol, sem a presença de espécies arbóreas, além das referências: uma área de pastagem cultivada de baixa produtividade a partir de fevereiro de 2013 e uma área em Cerrado nativo durante os dois anos de avaliações.

Em março de 2012 a soja foi colhida, em seguida, iniciada a implantação de pastagem com o cultivo de Sorgo granífero BRS 330, utilizando 8 kg ha<sup>-1</sup> de sementes viáveis, em consórcio com *B. brizantha* cultivar BRS piatã na densidade de 5 kg ha<sup>-1</sup> de sementes puras viáveis. A área foi adubada com formulado 08-20-15 na dosagem de 350 kg ha<sup>-1</sup>. Após a colheita do sorgo, a pastagem formada pelo capim piatã se estabeleceu, desenvolvendo-se até a entrada de animais, no início da estação chuvosa, em outubro de 2012. A área permaneceu com animais e *B. brizantha* até o encerramento das coletas no experimento, em abril de 2014. Durante esse período, foram realizadas duas aplicações de nitrogênio em cobertura na pastagem: nos dias 12 e 13 de março de 2013, com a aplicação de 200 kg ha<sup>-1</sup> de ureia; e no dia 24 de fevereiro de 2014, com 130 kg ha<sup>-1</sup> de ureia.

### Amostragens

Em cada parcela foram colocadas três câmaras estáticas, totalizando 24 câmaras no experimento de sistemas integrados (iLP e iLPF). As câmaras estáticas fechadas, compostas de uma base de metal retangular (38 x 68 cm), foram inseridas no solo até a profundidade de 5 cm. A vedação da tampa acoplada na base foi feita por meio de borracha isolante, e foram presas com o auxílio de

presilhas de borracha. Sobre cada tampa retangular era fixada uma válvula, com abertura para acessar o conteúdo da câmara fechada, permitindo a retirada dos gases no momento da amostragem.

Nas parcelas com *E. urograndis*, as câmaras foram colocadas paralelamente às linhas de cultivo, sendo que a primeira e terceira câmara permaneceram exatamente à distância de três metros do renque de árvores e a segunda câmara localizada ao centro do espaçamento. Nas parcelas a pleno sol, as câmaras foram colocadas próximas ao centro da parcela, cada uma seguindo o alinhamento das câmaras colocadas na área com árvores, respeitando a distância entre elas. Para evitar o pisoteamento da área ao redor das câmaras, sua localização era modificada a intervalos de aproximadamente 3 meses, sempre respeitando a distância entre as câmaras.

As amostras de N<sub>2</sub>O foram retiradas no momento do fechamento das câmaras (tempo zero), definindo a concentração inicial de N<sub>2</sub>O do ar, aos 15 minutos e aos 30 minutos depois do fechamento das câmaras. As análises das concentrações de N<sub>2</sub>O foram realizadas no Laboratório de Cromatografia Gasosa da Embrapa Cerrados, utilizando-se um cromatógrafo gasoso (ThermoTraceGC) equipado com uma coluna empacotada com Porapak Q e um detector de captura de elétrons.

Além de amostras de gases, durante a realização do estudo também foram realizadas amostragens de solo para determinar o teor gravimétrico de água e a concentração de formas minerais de nitrogênio no solo (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). O processo de amostragem consistiu na retirada de três amostras deformadas simples em cada parcela, na profundidade de 0-5 cm e de 5-10 cm, com o auxílio de um trado holandês, sendo então misturadas e homogeneizadas, resultando em uma amostra composta por tratamento. As amostras coletadas eram posteriormente colocadas em latas metálicas, para a determinação de umidade do solo. Para determinação do teor gravimétrico de água no solo, as latas contendo as amostras de solo foram levadas para a estufa e mantidas a 105° C por 72 horas, quando então foram pesadas e determinada a umidade do solo. A partir dos valores de umidade, foi calculado o Espaço Poroso Saturado com Água (EPSA %) pela seguinte fórmula:

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

Onde: porosidade total do solo = [1-(densidade do solo/2,65)], com 2,65 [g cm<sup>-3</sup>] sendo a



densidade das partículas assumida do solo.

O nitrogênio mineral do solo nas formas de nitrato e amônio foi analisado por destilação por arraste de vapores (Nogueira & Souza, 2005). As amostras de solo foram colocadas em potes com solução extratora de KCl  $1 \text{ mol L}^{-1}$ , separando cerca de 10 g de solo, permanecendo em repouso por, pelo menos, 18 horas. Os dados de precipitação pluviométrica no período das coletas foram obtidos na Estação Meteorológica da Embrapa Cerrados.

Os dados de emissões de  $\text{N}_2\text{O}$  e das co-variáveis foram submetidos à análise de Correlação de Pearson.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores absolutos das correlações dos fatores com os fluxos de  $\text{N}_2\text{O}$  no solo foram baixos, não apresentando coeficientes com valores superiores a 0,45 (Tabela 1). Entretanto, as correlações foram altamente significativas, com exceção das emissões provenientes do Cerrado nativo. Além disso, todas as correlações foram positivas, reforçando a relação direta que essas co-variáveis em estudo apresentam com os fluxos de  $\text{N}_2\text{O}$ .

Desses fatores, o Espaço Poroso Saturado com Água (EPSA) foi o mais significativo. Geralmente, os altos fluxos ocorrem após períodos de ocorrência de precipitação (Ussiri & Lal, 2013). Neste estudo, o regime de chuvas se apresentou bem distribuído dentre as estações do ano, se concentrando nos meses de outubro a abril (Figura 1), sendo que as maiores lâminas ultrapassaram os 40 mm diários. A ocorrência de precipitação provocou a elevação das emissões de  $\text{N}_2\text{O}$ .

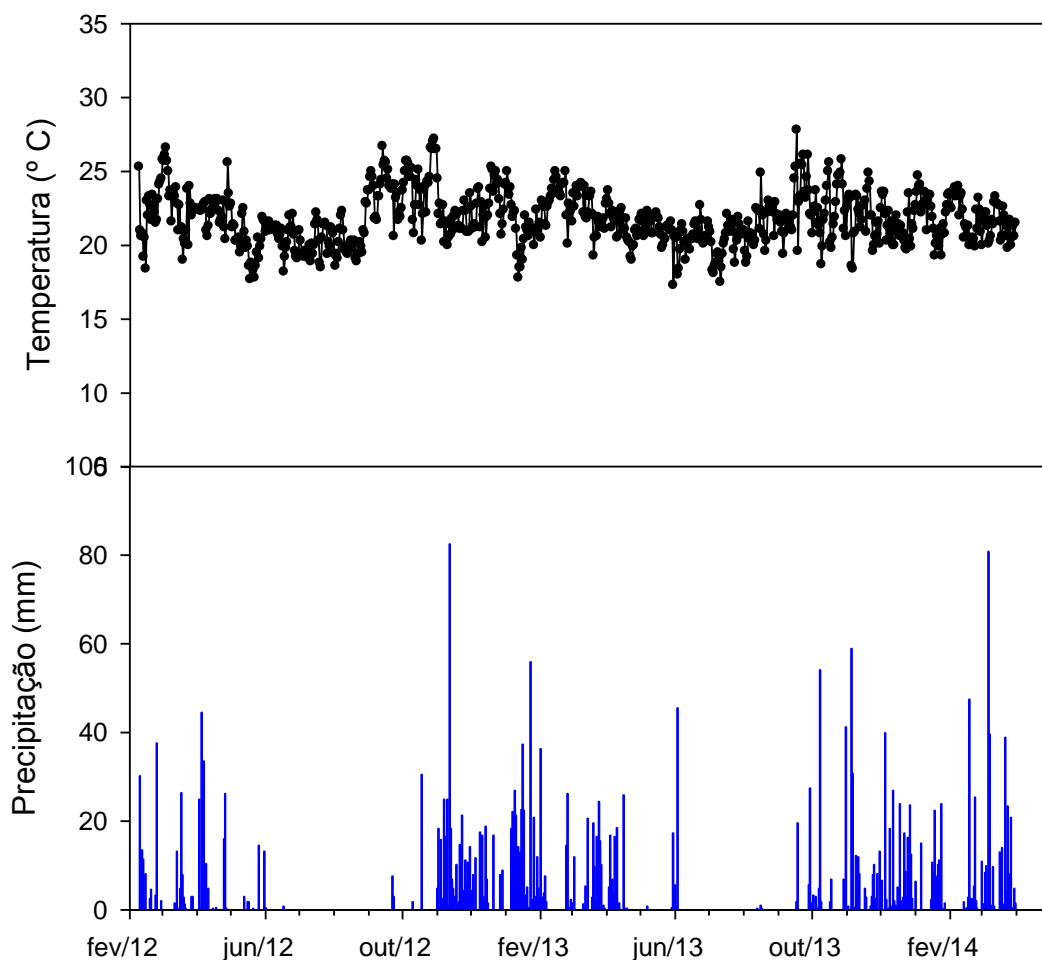
Os teores de  $\text{N-NO}_3^-$  apresentaram maior correlação com as emissões de  $\text{N}_2\text{O}$  do que os teores de  $\text{N-NH}_4^+$ . Esse resultado pode ser explicado pelas propriedades físicas (porosidade, taxa de infiltração) dos Latossolos. Os solos de Cerrado são bastante aerados, oferecendo condições para a nitrificação, de forma que as reações de transformação de  $\text{NH}_4^+$  ocorrem com mais frequência (Carvalho et al, 2006). Quando a precipitação pluviométrica eleva o EPSA do solo acima de 60%, a desnitrificação se torna mais intensa, consumindo o  $\text{NO}_3^-$  presente no solo e promovendo emissões mais intensas de  $\text{N}_2\text{O}$  (Davidson et al., 2000).

## CONCLUSÃO

Nas condições desse estudo conclui-se que EPSA é o fator que melhor explica as emissões de  $\text{N}_2\text{O}$  no solo.

## REFERÊNCIAS

- 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 uréia sob plantio convencional e direto. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 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. v. 50, n. 8, p. 667-680, 2000.
- LINN, D. M., DORAN, J. W.. Effect of water-filled pore space on carbon dioxide and nitrous oxide production in tilled and nontilled soils. Soil Science Society of America Journal, v. 48, p. 1267-1272. 1984.
- NOGUEIRA, R.A., SOUZA, G.B. Manual de laboratórios: Solo, Água, Nutrição Vegetal, Nutrição Animal e Alimentos. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005
- USSIRI, D. A. N., LAL, R. Soil Emission of Nitrous Oxide and its Mitigation. Springer Dordrecht, Rotterdam, Netherlands. 378 p. 2013.



**Figura 1.** Temperatura média e precipitação pluviométrica diária acumulada durante o período de fevereiro de 2012 a abril de 2014. Estação meteorológica da Embrapa Cerrados, Planaltina-DF.

**Tabela 1.** Coeficientes da correlação de Pearson representando a relação entre a emissão de N<sub>2</sub>O e variáveis do solo e clima, para as estações avaliadas.

Variáveis	Total	Estação Seca	Estação Chuvosa c/N	Estação Chuvosa s/N
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 0-5 cm	0,203***	0,074**	0,159***	0,086***
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 5-10 cm	0,226***	0,050*	0,217***	0,052*
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 0-5 cm	0,144***	0,109***	0,056*	0,069***
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 5-10 cm	0,058***	0,124***	-0,029 <sup>ns</sup>	0,015 <sup>ns</sup>
EPSA 0-5 cm	0,336***	0,266***	0,412***	0,212***
EPSA 5-10 cm	0,277***	0,237***	0,313***	0,145***
Precipitação pluviométrica	0,073***	0,184***	0,070**	-0,003 <sup>ns</sup>

<sup>ns</sup>Não significativo. \*\*\*, \*\* e \*Significativo a 1, 5 e 10% de probabilidade, respectivamente.