



## Fluxos de N<sub>2</sub>O e disponibilidade de N mineral em solo sob sistema de integração lavoura-pecuária <sup>(1)</sup>

**Juliana de Almeida Marques<sup>(2)</sup>; Juliana Hiromi Sato<sup>(3)</sup>; Arminda Moreira de Carvalho<sup>(4)</sup>; Thais Rodrigues Coser<sup>(5)</sup>; Cícero Célio de Figueiredo<sup>(6)</sup>; Robélio Leandro Marchão<sup>(4)</sup>**

<sup>(1)</sup>Trabalho executado com recursos da Embrapa Cerrados;

<sup>(2)</sup>Estudante de Graduação em Gestão Ambiental; Universidade de Brasília; Brasília, DF. julianaturals@hotmail.com;

<sup>(3)</sup>Estudante de Pós-Graduação em Agronomia – Doutorado; Universidade de Brasília; <sup>(4)</sup>Pesquisador; Embrapa Cerrados; <sup>(5)</sup>Pós-Doutoranda; Universidade de Brasília/Embrapa Cerrados; <sup>(6)</sup>Professor da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília.

**RESUMO:** A mineralização com consequente formação de nitrato e amônio no solo é indicador da disponibilidade de N e do potencial de emissão de N<sub>2</sub>O nos sistemas agropecuários. Os sistemas integrados de produção, como a integração lavoura-pecuária, surgem como uma alternativa conservacionista para mitigar a emissão de gases de efeito estufa. Ainda há pouca informação sobre o efeito desse sistema na redução das emissões de N<sub>2</sub>O em solos do Cerrado. Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar a disponibilidade de N mineral, e sua relação com a emissão de N<sub>2</sub>O em sistema de integração lavoura-pecuária, na fase lavoura, em um experimento de longa duração com 24 anos de implantação. Os tratamentos avaliados foram: lavoura contínua com plantio direto, lavoura contínua com plantio convencional, integração lavoura-pecuária com plantio direto e Cerrado nativo. O delineamento experimental foi blocos ao caso com duas repetições. As coletas de N<sub>2</sub>O foram realizadas com câmaras do tipo estática fechada e os gases determinados por cromatografia gasosa. O nitrogênio mineral nas formas de nitrato e amônio foi determinado em amostras compostas coletadas próximas às câmaras de incubação de gases de cada tratamento, utilizando o método de Kjeldahl. Os resultados mostraram que as maiores emissões de N<sub>2</sub>O ocorrem em sistema de plantio convencional, enquanto os menores valores são obtidos no Cerrado nativo. A formação de nitrato e amônio nos solos nos sistemas integrados são maiores no período chuvoso e eventos de fertilização nitrogenada, o que favorece a emissão de N<sub>2</sub>O.

**Termos de indexação:** nitrato, amônio, gases de efeito estufa, sistemas integrados de produção.

### INTRODUÇÃO

O óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) é um importante gás de efeito estufa e tem recebido grande atenção devido ao seu potencial de aquecimento e tempo de

residência na atmosfera de mais de 150 anos, contribuindo para o aquecimento global.

Atualmente, no Brasil, as emissões diretas de N<sub>2</sub>O dos solos agrícolas representam 64% das emissões do setor agropecuário, sendo que 43% dessas emissões ocorre em função do pastejo animal, 8% de resíduos agrícolas e 7% de fertilizantes sintéticos (MCTI, 2013). Segundo as últimas projeções realizadas pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2014) as áreas agricultáveis tendem a sofrer redução em virtude das mudanças de manejo para formas mais sustentáveis, entretanto, há uma tendência de aumento de emissão de N<sub>2</sub>O nos agroecossistemas.

Devido à dinâmica de nitrogênio (N) nos solos, os fatores que favorecem a emissão de N<sub>2</sub>O ainda não estão totalmente esclarecidos. Portanto, estudos que explorem os diferentes sistemas de produção no Brasil são de grande importância para caracterizar esses fatores. E a disponibilidade de N no solo pela mineralização de resíduos vegetais por meio de processos de nitrificação e desnitrificação é um dos aspectos mais importantes relacionados às emissões de N<sub>2</sub>O.

O estudo da mineralização do N, vinculado à formação de íons nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) e amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), é utilizado como indicador potencial da disponibilidade de N, sendo que suas concentrações no solo variam com a atividade microbiana, influenciada pelas precipitações e oscilações de temperatura (Kelley et al., 2013).

Nesse sentido, o objetivo desse estudo foi avaliar a disponibilidade de N mineral, através dos teores de nitrato e amônio no solo, e sua relação com a emissão de N<sub>2</sub>O em sistema de integração lavoura-pecuária na fase lavoura em um experimento de longa duração.

### MATERIAL E MÉTODOS

#### Área experimental

O experimento foi conduzido na Embrapa Cerrados (Planaltina-DF) em experimento de longo



prazo implantado em 1991. O solo da área de estudo é classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico. Os tratamentos foram constituídos por: sistema de lavoura contínua sob plantio direto (PD), lavoura contínua sob plantio convencional (PC) e sistema de integração lavoura pecuária sob plantio direto (ILP), tendo o Cerrado Nativo como referência. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com duas repetições.

As coletas foram realizadas no período de safrinha de sorgo (*Sorghum bicolor*) BRS 330. A semeadura foi realizada em 19/03/14 e as coletas de óxido nítrico foram iniciadas no dia 21/03/14, finalizando o ciclo em 28/08/14. A fertilização de plantio foi de 20 kg de N ha<sup>-1</sup>, 150 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> e 80 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>, e a de cobertura foi feita em uma aplicação no dia 24/04/14 com ureia na dosagem de 80 kg de N ha<sup>-1</sup>.

#### Fluxo de óxido nítrico

Para a avaliação dos fluxos de N<sub>2</sub>O quatro câmaras do tipo estática fechada foram colocadas em cada parcela. As câmaras são compostas por base retangular de metal com 38 cm por 58 cm e inseridas ao solo até 5 cm de profundidade. A amostragem de gás foi feita depois de fechar as câmaras com campânulas de plástico, com 9 cm de altura e acoplá-las à base de metal utilizando borrachas para garantir a vedação das câmaras. Essas campânulas foram revestidas com esponja de borracha e manta de alumínio para isolamento térmico. As amostras de ar foram coletadas no interior das câmaras em três tempos: tempo 0 - logo após o fechamento das câmaras, 15 minutos e 30 minutos após o fechamento das câmaras. Foram utilizadas seringas plásticas de 60 mL adaptadas com válvulas de três vias. As câmaras foram posicionadas nas linhas e entrelinhas de semeadura, e antes da fertilização de cobertura as que estavam posicionadas nas linhas foram transferidas para as entrelinhas devido à altura das plantas que não permitiam acoplarem dentro da câmara.

As concentrações de N<sub>2</sub>O foram determinadas no Laboratório de Cromatografia da Embrapa Cerrados, utilizando um cromatógrafo gasoso com coluna preenchida com "Porapak Q" e detector de captura de elétrons. Os fluxos de N<sub>2</sub>O 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 N<sub>2</sub>O 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 N<sub>2</sub>O e V<sub>m</sub> é o volume molecular na temperatura de amostragem.

#### Disponibilidade de N mineral

Para quantificação de nitrogênio mineral nas formas de nitrato e amônio foram coletadas 8 submostras para compor uma amostra composta. Cada duas subamostras foram coletadas próximas as câmaras de coleta de N<sub>2</sub>O.

A determinação do N mineral foi realizada após extração com KCl 1 mol L<sup>-1</sup>, segundo o método Kjeldahl (Bremmer e Mulvaney 1982). O teor de água no solo na camada avaliada (0 a 5 cm) foi estimado pelo método gravimétrico.

#### Temperatura e precipitação

Os dados de precipitação e temperatura média do ar foram obtidos na estação meteorológica da Embrapa Cerrados.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 são apresentados os teores médios de N disponível nas formas de nitrato (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) e amônio (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) na camada de 0-5 cm do solo e dados climatológicos para o período avaliado.

As médias de fluxos de N<sub>2</sub>O para os sistemas avaliados foram as seguintes: 2,91 µg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> para o Cerrado Nativo, 38,44 µg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> no ILP, 42,27 µg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> no PD e 83,39 µg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> no PC

Os maiores fluxos verificados no plantio convencional (PC) ocorreram em virtude do revolvimento da camada arável e à rápida decomposição de resíduos da cultura recém-colhida, a soja. Assim, os resíduos vegetais da soja incorporados no solo têm sua mineralização acelerada, favorecendo o fornecimento de N prontamente disponível e aumentando a emissão de N<sub>2</sub>O (Cruvinel et al., 2011; Zschornack et al., 2011). Nos sistemas PD e ILP as médias de fluxos apresentaram comportamento semelhante, devido ao sistema ILP estar na fase lavoura, seguindo mesma rotação de culturas implantadas nas lavouras contínuas.

Picos de emissão também foram observados logo após a fertilização de cobertura, realizada com ureia em dosagem única, indicada pela segunda seta na Figura 1. A aplicação de N em cobertura influenciou a emissão de N<sub>2</sub>O. Carvalho et al. (2010) compararam diferentes fontes nitrogenadas, verificando maiores fluxos de N<sub>2</sub>O com o uso de ureia como fonte de nitrogênio.

A disponibilidade de N-mineral também é um fator que influencia na emissão de N<sub>2</sub>O. As formas de N mineral sofreram variações diárias ao longo do período avaliado. Os maiores teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> foram observados logo após a semeadura do sorgo e da aplicação de N em cobertura.

A presença de N disponível, tanto nas formas



orgânicas quanto minerais, incluindo o nitrato e amônio, são fontes prontamente assimiladas por plantas e microrganismos, estando intimamente relacionado com os fluxos de  $N_2O$  do solo (Butterbach-Bahl et al., 2013), verificado pelos maiores valores de fluxos de  $N_2O$  quando os teores de N mineral foram maiores no solo.

Os valores de N na forma de amônio variaram de 0,96 a 40,95 mg  $kg^{-1}$ , enquanto que os valores de N na forma de nitrato variaram de 0,58 a 33,88 mg  $kg^{-1}$ . Esses altos valores de N mineral já foram verificados por D'Andréa et al. (2004) que trabalharam em sistema plantio direto.

O Cerrado nativo apresentou os menores teores médios de N mineral, tanto para amônio quanto para nitrato, justificado pela maior labilidade dos resíduos vegetais encontrados nos sistemas agrícolas. No Cerrado nativo, o N fica imobilizado temporariamente, impedindo os processos de nitrificação e desnitrificação, e portanto, uma menor emissão de gases  $N_2O$ .

## CONCLUSÕES

1. De maneira geral, os menores teores de N mineral foram verificados no Cerrado Nativo, quando comparados aos sistemas integrados.
2. Os maiores picos de emissão de  $N_2O$  ocorrem no sistema PC, promovidos pelo revolvimento do solo e mineralização dos resíduos vegetais da cultura de soja colhida anteriormente, e associado à aplicação de N em cobertura.
3. O sistema ILP apresenta menores valores de emissão de  $N_2O$  comparado aos demais sistemas, apresentando-se como um sistema agropecuário mais conservacionista.

## REFERÊNCIAS

BREMMER, J. M. & MULVANEY, C. S. Nitrogen – Total. In: Methods of Soil Analysis, Part 2 (A. L. Page, R. H. Miller And D. R. Keeney, Eds). American Society of Agronomy, Madison, 595-624, 1982.

BUTTERBACH-BAHL, K.; BAGGS, E.M.; DANNENMANN, M. et al. Nitrous oxide emissions from soils: how well do we understand the processes and their controls? Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 368:1-13, 2013.

CARVALHO, A.M., ALVES, B.J.R., PEREIRA, L.L. Emissão de óxido nitroso do solo com aplicação de fontes de fertilizantes nitrogenados em sistema plantio direto.

Planaltina, DF: Embrapa Cerrados. 14p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Nº 281), 2010.

CRUVINEL, E.B.F. BUSTAMANTE, M.M.; KOZOVITS, A.R. et al. Soil emissions of NO,  $N_2O$  and  $CO_2$  from croplands in the Savanna region of central Brazil. Agriculture, Ecosystems and Environment, 144(1):29-40., 2011.

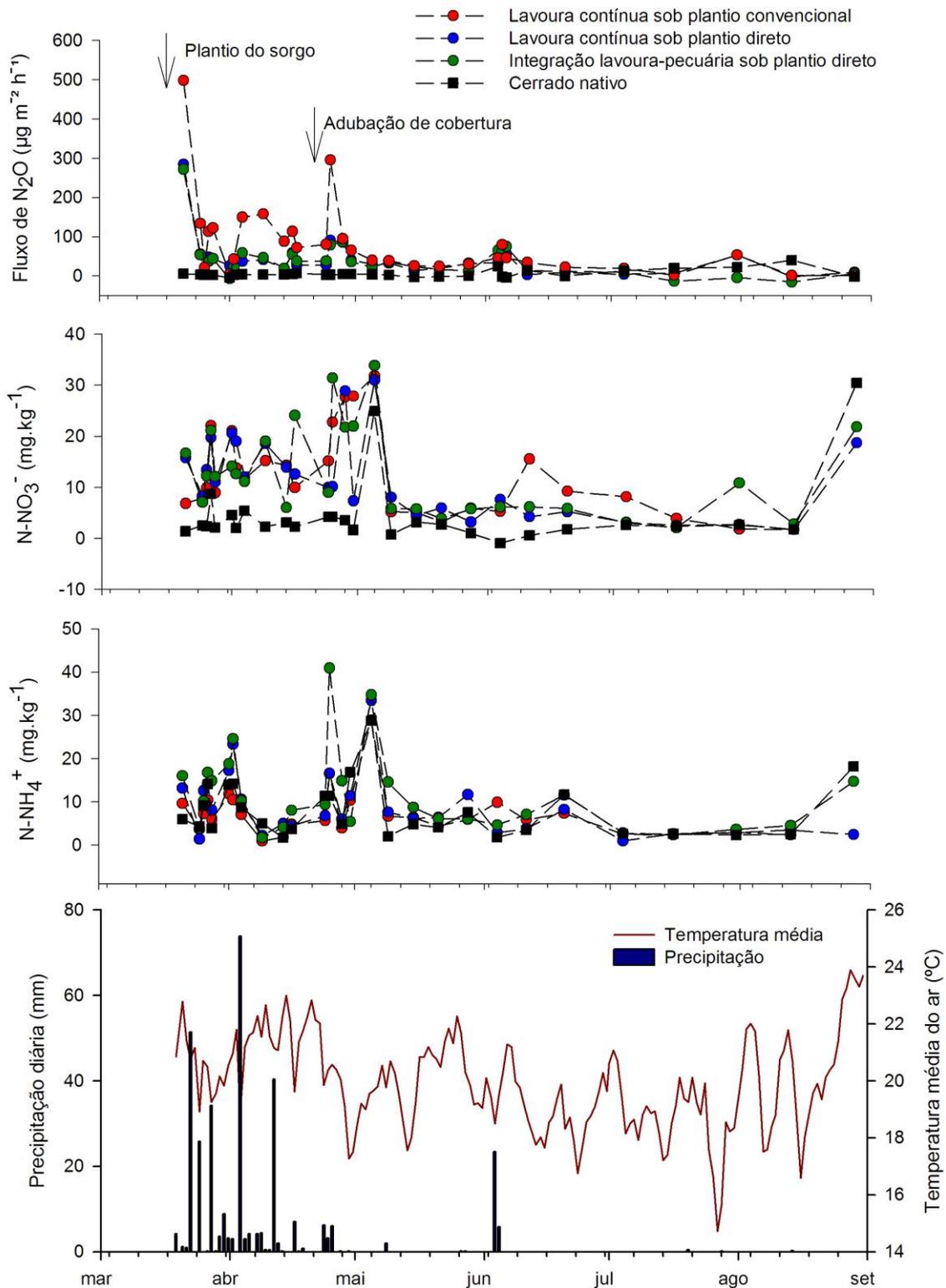
D'ANDRÉA, A.F.; SILVA, M.L.N.; CURI, N. et al. Estoque de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 39(2):179-186, 2004.

IPCC. Mudanças climáticas 2014: Impactos, Adaptação e Vulnerabilidades. Climate Change: Intergovernmental Panel on Climate Change. WGII AR5 Summary for Policy makers: Disponível em: <[https://ipccwgc2.gov/AR5/images/uploads/IPCC\\_WG2A\\_R5\\_SPM\\_Approved.pdf](https://ipccwgc2.gov/AR5/images/uploads/IPCC_WG2A_R5_SPM_Approved.pdf)> Acesso em: 28 ago 12.

KELLEY, C.J.; KENT KELLER, C.; EVANS, R.D et al... Nitrate-nitrogen and oxygen isotope ratios for identification of nitrate sources and dominant nitrogen cycle processes in a tile-drained dryland agricultural field. Soil Biology and Biochemistry, 57: 731-738, 2013.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO – MCTI. Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil. 2013. Disponível em: <<http://gvc.es.com.br/arquivos/177/EstimativasClima.pdf>> Acesso em: 12 ago 2014.

ZSCHORNACK, T.; BAYER, C.; ZANATTA, J.A.; et al. Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from flood-irrigated rice by no incorporation of winter crop residues into the soil. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 35:623-634, 2011.



**Figura 1:** Teores de N mineral ( $N-NO_3^-$  e  $N-NH_4^+$ ) em Latossolo Vermelho distrófico na camada de 0-5 cm sob lavoura contínua sob plantio direto, lavoura contínua sob plantio convencional, integração lavoura pecuária sob plantio direto e Cerrado nativo; e temperatura e precipitação para o período avaliado.