



## XX Congreso Latinoamericano y XVI Congreso Peruano de la Ciencia del Suelo

“EDUCAR para PRESERVAR el suelo y conservar la vida en La Tierra”

Cusco – Perú, del 9 al 15 de Noviembre del 2014  
Centro de Convenciones de la Municipalidad del Cusco

### APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO E FLUXOS DE N<sub>2</sub>O EM LATOSSOLO SOB CULTIVO DE MILHO

Carvalho, A.M.<sup>\*1</sup>; Coser, T.R.<sup>1</sup>; Veras, M.S.<sup>2</sup>; Ramos, M.L.G.<sup>2</sup>; Andrade, A.M.de.<sup>2</sup>; Sousa, T.R.de.<sup>2</sup>; Santana, C.L. .<sup>2</sup>; Figueiredo, T.de.O.V.<sup>2</sup>; Marques, J.de.A.<sup>2</sup>; Bispo, O.B.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa – Cerrados); <sup>2</sup>Universidade de Brasília; <sup>3</sup>Universidade Estadual de Goiás

\*Autor de contacto: Email: [arinda.carvalho@embrapa.br](mailto:arinda.carvalho@embrapa.br); Embrapa Cerrados BR 020 km 18, Planaltina – DF, Brasil, CEP: 73310-970; 55-61-33889913

#### RESUMO

O sistema plantio direto associado às plantas de cobertura apresenta-se como alternativa para aumentar o teor de carbono orgânico no solo e reduzir as emissões de gases de efeito estufa. O objetivo deste trabalho foi avaliar efeitos de plantas de cobertura e da fertilização nitrogenada nos fluxos de N<sub>2</sub>O em Latossolo Vermelho com cultivo de milho em sistema plantio direto no Cerrado. O experimento foi conduzido na Embrapa Cerrados, com delineamento experimental de blocos ao acaso em parcelas subdivididas. As parcelas foram plantas de cobertura (*Brachiaria ruziziensis*, *Canavalia brasiliensis* e *Pennisetum glaucum*) e as subparcelas a presença (65 kg N ha<sup>-1</sup> em cada uma de duas aplicações) e ausência de fertilizante nitrogenado. A *Brachiaria ruziziensis* resultou nos maiores fluxos de N<sub>2</sub>O logo após a semeadura do milho (85 µg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>) e primeira aplicação de N em cobertura (119 µg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>). O maior valor de fluxo de N<sub>2</sub>O foi sob uso de *Canavalia brasiliensis* (127 µg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>) aos 10 dias após a segunda aplicação de N em cobertura. A aplicação de N em cobertura resultou nos maiores fluxos de N<sub>2</sub>O no solo sob cultivo de milho em sucessão às plantas de cobertura. A qualidade dos resíduos vegetais de *Brachiaria ruziziensis* e *Canavalia brasiliensis*, que apresentam baixa razão lignina:N favorecem as emissões de N<sub>2</sub>O, sobretudo na presença de fertilizante nitrogenado, que reduz ainda mais esta relação favorecendo o processo de decomposição.

#### PALAVRAS-CHAVES

Gases de efeito estufa; Plantas de cobertura, Sistema plantio direto

## INTRODUÇÃO

As concentrações atmosféricas dos gases de efeito estufa (GEEs) têm aumentado rapidamente devido às atividades antrópicas, sobretudo, no setor agropecuário. Estima-se que o desmatamento e as queimadas, juntamente com as atividades agropecuária e florestal, respondam por mais de 80% da contribuição do Brasil para o efeito estufa do planeta (Teixeira et al. 2006). O  $N_2O$  é um gás traço cuja molécula tem um potencial de aquecimento equivalente a 310 vezes o da molécula de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) (UNFCCC 2005), e meia-vida na atmosfera estimada em 120 anos (IPCC 2006). Em termos globais, 60% das emissões de  $N_2O$  provêm da agricultura (Smith et al. 2007), principalmente, pela utilização intensiva de fertilizantes, revolvimento do solo e incorporação de resíduos vegetais.

Os óxidos de nitrogênio ( $NO$  e  $N_2O$ ) são produtos das reações de nitrificação e desnitrificação de nitrogênio ( $N$ ) no solo. O nitrato ( $NO_3^-$ ) pode se acumular no solo quando produzido além da demanda de microrganismos e plantas, potencializando as reações de desnitrificação (Beauchamp 1997). A umidade do solo, ou o seu grau de saturação, é fundamental nesse processo, tal como foi demonstrado por Linn e Doran (1984). O processo de desnitrificação depende da difusão do  $O_2$  da atmosfera para o interior do solo, e sempre que a difusão é restringida e o  $O_2$  existente é consumido, formam-se os sítios anaeróbicos no solo.

A cultura do milho destaca-se como granífera cultivada no Cerrado e seu rendimento médio é superior àquele observado para o restante do Brasil. Cerca de 44% da produção nacional da cultura de milho na safra de 2012/2013 é proveniente da região do Cerrado (CONAB 2013). Como uma das práticas de conservação do solo, o sistema plantio direto em todo Brasil, ocupa uma área de aproximadamente 32 milhões de hectares (FEBRAPDP 2014), sendo dependente da rotação e/ou consórcio de culturas para a produção e manutenção de palhada como cobertura do solo e para a ciclagem de nutrientes (MACEDO 2009). Entretanto, a decomposição de resíduos vegetais é um dos processos considerados pelo IPCC (2006) como responsável pelas emissões diretas de  $N_2O$  do solo. Nesse caso, o uso de leguminosas e/ou gramíneas para adubação verde ou cobertura de solo, que podem introduzir altas quantidades de nitrogênio e carbono no solo, conseqüentemente, resultam em maiores emissões de  $N_2O$ .

Assim, o objetivo deste trabalho foi quantificar os fluxos de  $N_2O$  em sistemas de produção de milho em sucessão às plantas de cobertura *Brachiaria ruziziensis*, *Canavalia brasiliensis* e *Pennisetum glaucum* com e sem aplicações de  $N$  em cobertura.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido com a sucessão de milho em sistema plantio direto e plantas de cobertura cultivadas nas mesmas parcelas desde 2005 na EMBRAPA Cerrados, em Planaltina, DF (15 ° 35 ' 30 " S e 47 ° 42 ' 00 " W), na região Centro-Oeste do Brasil, em um Latossolo Vermelho. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw (tropical chuvoso), com invernos secos e verões chuvosos. Além disso, uma característica marcante do clima local e do Cerrado é um período sem chuvas durante a estação chuvosa, conhecido como veranico.

Antes da instalação desse experimento a área foi mantida com rotação soja/milho entre os anos de 1999 e 2004 e na instalação do mesmo a composição química do solo era a seguinte: pH (em água) = 6,0; MO = 21,7 g kg<sup>-1</sup>; P<sub>Mehlich1</sub> = 0,9 mg kg<sup>-1</sup>; Al<sup>3+</sup> = 0,1 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; Ca<sup>2+</sup>+Mg<sup>2+</sup> = 2,9 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; K<sup>+</sup> = 0,1 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>.

O milho foi semeado em novembro de 2013, sobre os resíduos vegetais das seguintes plantas de cobertura cultivadas anteriormente na entressafra desse mesmo ano: *Brachiaria ruziziensis* (braquiária), *Canavalia brasiliensis* (feijão bravo-do-ceará), e *Pennisetum glaucum* (milheto). A densidade de plantas de *B. ruziziensis*, *C. brasiliensis* e *P. glaucum* foi de 20 plantas m<sup>-1</sup>, 10 plantas m<sup>-1</sup> e 25 plantas m<sup>-1</sup>, respectivamente. Foi utilizado o espaçamento de 0,5 m entre as linhas de semeadura para todas as espécies, conforme recomendação de Carvalho e Amabile (2006).

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso em parcelas subdivididas e com três repetições. Nas parcelas foram semeadas as plantas de cobertura e nas subparcelas foi avaliada a aplicação de N em cobertura (com e sem N) à cultura do milho. O Cerrado nativo foi utilizado como área de referência. Na semeadura do milho foram aplicados 20 kg ha<sup>-1</sup> de N, 150 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O no sulco e nos tratamentos com N, foram realizadas duas aplicações de N em cobertura com uréia (65 kg ha<sup>-1</sup> de N, quando as plantas emitiram o quarto par de folhas e a mesma dose de N quando as plantas emitiram o oitavo par de folhas).

As coletas de N<sub>2</sub>O foram realizadas entre 21/11/2013 (um dia após semeadura do milho) e 27/12/2013. Para quantificar as emissões de N<sub>2</sub>O em cada sub-parcela, foram colocadas duas câmaras do tipo estática fechada, compostas por uma base retangular de metal com 38 cm x 58 cm e colocadas no solo até 5 cm de profundidade. Para a amostragem do gás, colocou-se uma campânula plástica revestida por uma manta de alumínio (isolamento térmico) e acoplada à base de metal. As amostras do gás dentro das câmaras foram coletadas no período da manhã (entre 8:00 e 11:00 h) (Alves et al. 2012) e posteriormente analisadas em um cromatógrafo gasoso com coluna preenchida com "Porapak Q" e detector de captura de elétrons, no Laboratório de Cromatografia para Análise de GEEs da Embrapa Cerrados.

Durante o monitoramento dos fluxos de N<sub>2</sub>O foram coletadas amostras de solo na camada de 0-5 cm para a determinação da quantidade de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) e amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), da umidade e foi calculado o espaço poroso do solo saturado por água (EPSA). A umidade gravimétrica nestas amostras foi obtida através da secagem do solo a 105°C por 48 horas. O EPSA foi calculado com base nos resultados do conteúdo gravimétrico de água no solo e dos valores de densidade do solo de amostras indeformadas. A determinação de nitrato e amônio no solo foi feita através de extração com cloreto de potássio segundo a metodologia de Silva et al. (2010).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os fluxos de N<sub>2</sub>O, o EPSA e a distribuição da precipitação pluvial mensal e da temperatura média no período de avaliação estão apresentados na Figura 1. Os fluxos de N<sub>2</sub>O nos sistemas de cultivo de milho variaram de 3,00 no *P. glaucum* com N a 144,45 µg N-N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> no tratamento com *C. brasiliensis* sem N. Os fluxos de N<sub>2</sub>O sob Cerrado Nativo foram os mais baixos e oscilaram entre -0,45 a 3,90 µg N-N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>.

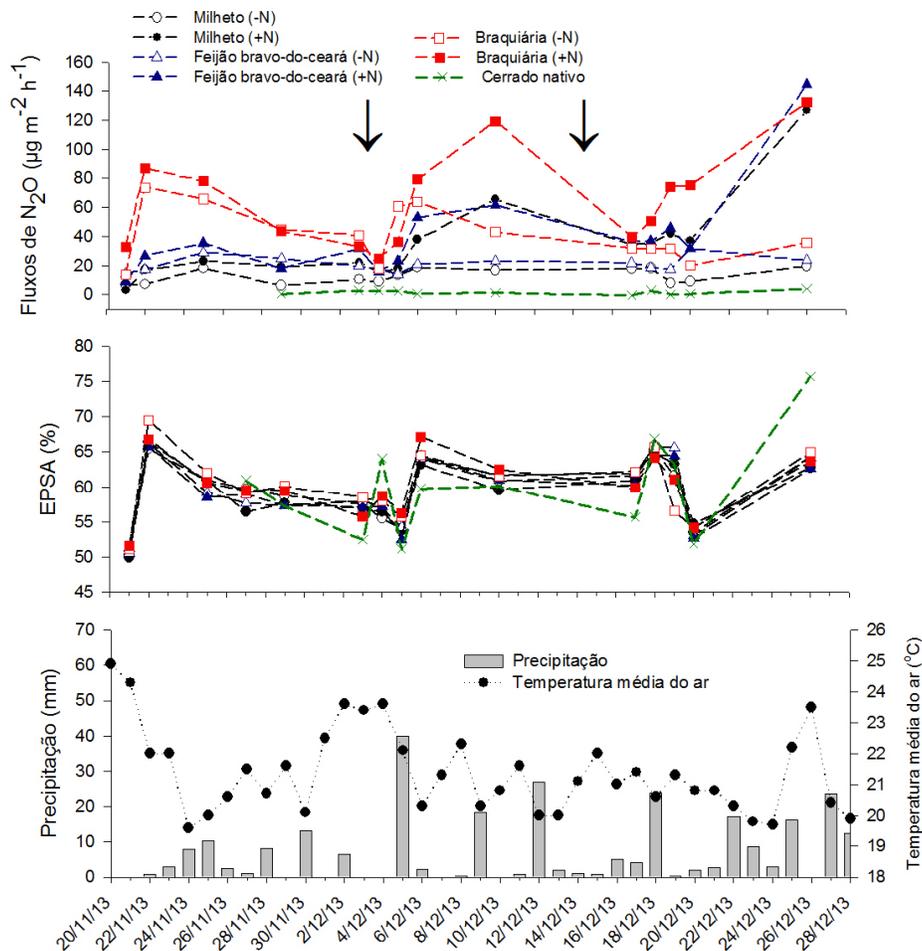


Figura 1. Fluxos de  $N_2O$  (a) e EPSA (b) em solo sob cultivo de milho em sucessão às plantas de cobertura *Urochloa ruziziensis*, *Canavalia brasiliensis* e *Pennisetum glaucum* com e sem aplicação de nitrogênio em cobertura e Cerrado nativo. Precipitação e temperatura média do ar (c) na área do experimento, Embrapa Cerrados, Planaltina-DF, Brasil. As setas pretas indicam os dias de aplicação de fertilizante nitrogenado em cobertura.

Os picos de  $N_2O$  ocorreram entre 4 até 10 dias após os eventos de aplicação de N em cobertura no solo. Esses maiores picos de  $N_2O$  nos sistemas de cultivo do milho em sucessão às plantas de cobertura foram acompanhados pelos maiores valores de EPSA, acima de 50%, valor este considerado como o limiar para a predominância de reações de desnitrificação em relação à nitrificação, pois a difusividade do oxigênio nos agregados, aliada à respiração do solo, é diminuída, aumentando as zonas de anaerobiose que favorecem a redução do  $NO_3^-$  (Dobbie e Smith 2001). Apesar dos valores de EPSA terem variado muito pouco entre os sistemas de manejo com N e sem N, a presença de N foi determinante para aumentar os fluxos de  $N_2O$ .

Em geral, os maiores fluxos foram obtidos no solo sob cultivo de milho em sucessão à *B. ruziziensis* e com aplicação de N em cobertura. Essas maiores emissões no solo sob *B. ruziziensis* podem estar relacionadas à decomposição acelerada dos resíduos vegetais desta gramínea devido aos menores teores de lignina e menor razão lignina:N e C:N da mesma em relação às outras plantas de cobertura,

favorecendo a disponibilidade de substrato para a microbiota do solo (Carvalho et al. 2012).

As concentrações de amônio não mostraram relação com as emissões de  $N_2O$  do solo (Figura 2). Entretanto, a presença do nitrato após as aplicações de N em cobertura coincidiram com os incrementos dos fluxos de  $N_2O$  no solo (Figura 2). Os maiores teores de  $NO_3^-$  no solo, associados à condição de EPSA maior que 60% potencializaram as emissões de  $N_2O$  do solo. O solo sob *B. ruziziensis* com aplicação de N em cobertura resultou em picos de  $N-NH_4^+$ , o que refletiu em valores mais elevados de  $N_2O$  em relação aos demais tratamentos. Esse é provavelmente um efeito direto da transformação da uréia aplicada na primeira adubação de cobertura. O Cerrado apresentou baixas concentrações de N mineral, seja na forma de nitrato ou de amônio.

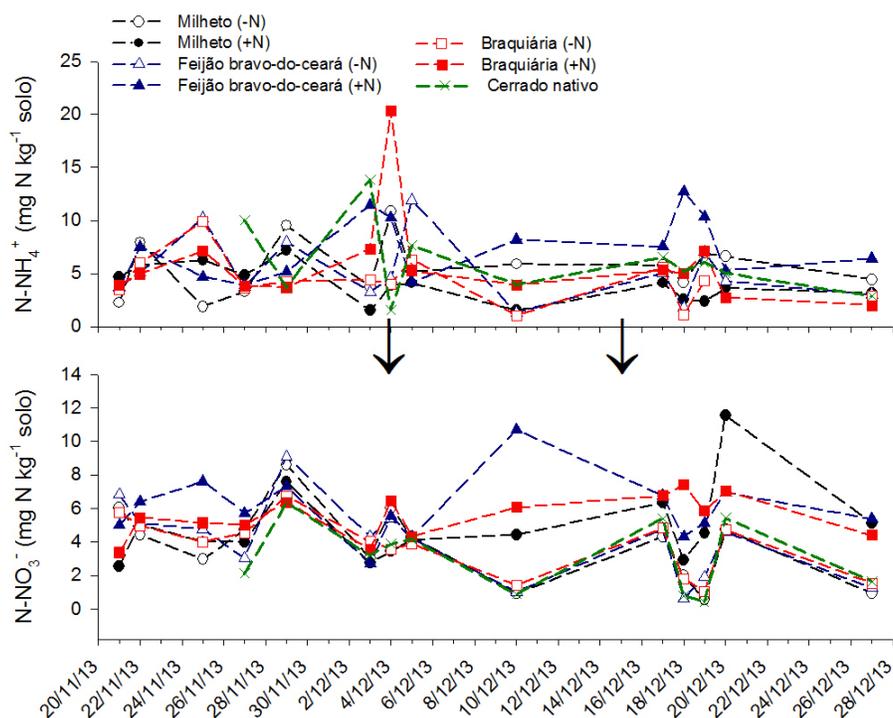


Figura 2. Concentrações de amônio (a) e nitrato (b) na camada de 0-5 cm de solo sob cultivo de milho em sucessão às plantas de cobertura *Urochloa ruziziensis*, *Canavalia brasiliensis* e *Pennisetum glaucum* com e sem aplicação de nitrogênio em cobertura e Cerrado nativo.

## CONCLUSÕES

Os eventos de chuva com o aumento do EPSA e a aplicação de fertilizantes nitrogenados aumentam os fluxos de  $N_2O$  em sistemas de cultivo de milho em sucessão às plantas de cobertura

Os fluxos de  $N_2O$  do solo com a presença da *B. ruziziensis* foram maiores que aqueles sob *C. brasiliensis* e *P. glaucum*

A presença de  $NO_3^-$  no solo aumentam os fluxos de  $N_2O$ .

## BIBLIOGRAFIA

- ALVES, B.J.R.; SMITH, K.A.; FLORES, R.A.; CARDOSO, A.S.; OLIVEIRA, W.R.D.; JANTALIA, C.P.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M. Selection of the most suitable sampling time for static chambers for the estimation of daily mean N<sub>2</sub>O flux from soils. *Soil Biol. Biochem.*, 46:129-135, 2012.
- BEAUCHAMP, E. G. Nitrous oxide from agricultural soils. *Canadian Journal of Soil Science* 77, 113-123, 1997.
- CARVALHO, A.M.; AMABILE, R.F. Plantas condicionadoras de solo: interações edafoclimáticas, uso e manejo. In 'Cerrado: adubação verde'. (Eds A.M. de CARVALHO, R.F. AMABILE) pp. 143–170. (Embrapa Cerrados: Planaltina, Brazil). 2006.
- CARVALHO, A.M.; COELHO, M.C.; DANTAS, R.A.; FONSECA, O.P.; GUIMARÃES JÚNIOR, R. & FIGUEIREDO, C.C. Chemical composition of cover plants and its effect on maize yield in no-tillage systems in the Brazilian savanna. *Crop Past. Sci.*, 63:1075-1081, 2012.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Brasília: CONAB, v. 1, 2013. 67p.
- DOBBIE, K.E.; SMITH, K.A.; The effects of temperature, water-filled pore space and land use on N<sub>2</sub>O emissions from a imperfectly drained gleysol. *European Journal of Soil Science* 52, 667-673, 2001.
- FEBRAPDP. FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA. Evolução do plantio direto no Brasil. Disponível em <<http://www.febrapdp.org.br/port/plantiodireto.html>>. Acesso em: 25 agosto de 2014.
- IPCC (International Panel on Climate Change) 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Reference Manual.
- LINN, D.W.; DORAN J.W. Effect of water-filled pore space on carbon dioxide and nitrous oxide production in tilled and non-tilled soils. *Soil Science Society of American Journal*. v. 48, p. 1267-1272, 1984.
- MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Brasília, v. 38, p.133-146, 2009.
- SILVA, D.F.; ANDRADE, C.L.T.; SIMEONE, M.L.F.; AMARAL, T.A.; CASTRO, L.A.; MOURA, B. F. Análise de nitrato e amônio em solo e água -- Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo,. 55 p. (Documentos / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1518-4277; 114). 2010.
- SMITH, P.; MARTINO, D.; CAI, Z.; GWARY, D.; JANZEN, H.; KUMAR, P.; McCARL, B.; OGLEMARA, S.; RICE, C.; SCHOLLES, B.; SIROTENKO, O. Agriculture. In *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [B. METZ, O.R. DAVIDSON, P.R. BOSCH, R. DAVE, L.A. MEYER (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2007.
- TEIXEIRA, M.A.; MURRAY, M.L.; CARVALHO, M.G. Assessment of land use and land use change and forestry (LULUCF) as CDM projects in Brazil. *Ecological Economics*, v. 60, p. 260-270, 2006.
- UNFCCC, 2005. Caring for Climate: A guide to the Climate Change Convention and the Kyoto Protocol (revised 2005 edition). Climate Change Secretariat (UNFCCC), Bonn, Germany.