



## Emissões de óxido nitroso em resposta ao uso de vinhaça em lavoura de cana-de-açúcar no Cerrado

**DOUGLAS LINO VIEIRA<sup>(1)</sup>; Jéssica Fonseca da Silva<sup>(2)\*</sup>; Arminda M. de Carvalho<sup>(3)</sup>; Thomaz Rein<sup>(4)</sup>; Thaís Rodrigues Coser<sup>(5)</sup>; David Coomes<sup>(6)</sup>.**

<sup>(1)</sup> Estudante de graduação. Universidade de Brasília, Faculdade de Gestão do Agronegócio, Campus Planaltina. Trabalho realizado com recursos da Universidade de Cambridge e Embrapa Cerrados. \*douglasvieira9@gmail.com; <sup>(2)</sup> Estudante de doutorado. Universidade de Cambridge, Departamento de Plant Sciences; <sup>(3)</sup> Pesquisadora. Embrapa Cerrados; <sup>(4)</sup> Pesquisador. Embrapa Cerrados; <sup>(5)</sup> Pós - doutoranda. Embrapa Cerrados; <sup>(6)</sup> Pesquisador e professor. Universidade de Cambridge.

**RESUMO:** A adubação com nitrogênio mineral e fertilizante orgânicos, como a vinhaça - um dos coprodutos do bioetanol - é uma prática comum em canaviais no Brasil. A adição de vinhaça pode levar a um aumento das emissões de gases do efeito estufa. O óxido nitroso ( $N_2O$ ) é um gás do efeito estufa ainda mais nocivo do que o dióxido de carbono ( $CO_2$ ), e tem maior tempo de residência na atmosfera. Levantamos a hipótese de que as emissões de  $N_2O$  seria maior em um canavial, especialmente em tratamentos em que receberam a adubação combinada de nitrogênio mineral (N) e vinhaça (V), do que em remanescentes de vegetação nativa (Cerradão e cerrado s.s.). Esperamos ainda que os solos irrigados teriam os maiores fluxos de  $N_2O$ . Os resultados preliminares mostraram que um aumento das emissões ocorreu nos tratamentos que receberam N e V combinados, mostrando fluxos até três vezes maiores que os fluxos de outros tratamentos, e cerca de 1000 vezes maiores do que os fluxos da vegetação nativa ( $2549 \pm 1136$ ,  $611 \pm 116$ ,  $156 \pm 20$ ,  $6 \pm 2$  para V+N, N, V e áreas de Cerrado, respectivamente). O presente estudo é pioneiro no Cerrado e os dados são importantes para avaliar as variações regionais de fluxos de  $N_2O$  no Brasil. Esperamos reduzir a incerteza das estimativas nacionais e encontrar soluções mais sustentáveis para a produção de bioetanol de primeira geração no país.

**Termos de indexação:** Bioetanol; fertilizante mineral; vinhaça.

### INTRODUÇÃO

O óxido nitroso ( $N_2O$ ) tem cerca de 300 vezes maior efeito radiativo que o dióxido de carbono ( $CO_2$ ) e muito mais tempo de residência na atmosfera (mais de 100 anos). No entanto, menos dados sobre a magnitude das emissões de  $N_2O$  estão disponíveis na literatura. Uma das principais fontes de  $N_2O$  para a atmosfera é a agricultura, que no Brasil, juntamente com as mudanças de uso da terra (MUT), é responsável por 94% das emissões

de gases de efeito estufa (GEE) (Cerri et al., 2009). Os fluxos de  $N_2O$  variam muito em função do uso do solo, tipo de solo, clima e insumos de fertilizantes, o que dificulta a obtenção de dados detalhados. Portanto, quantificar as emissões em diferentes tipos de solo, clima e ecossistemas é importante para a mitigação das emissões de GEE. Ainda, dados mais acurados nos permitem melhorar as avaliações nacionais e globais de  $N_2O$ , e buscar um desenvolvimento mais sustentável para a produção do etanol.

A grande demanda de etanol no Brasil e internacionalmente tem causado crescente busca por maior produtividade. A produção de bioetanol duplicou na última década e as plantações já ocupam 14% das terras disponíveis no Brasil (IBGE 2012). Grande parte do Sudeste, o maior produtor de cana-de-açúcar, encontra-se saturado. Assim, a região centro-sul do Brasil - que contém grande parte do Cerrado - tem servido com áreas de expansão da cana (Feres et al. 2009; Myers et al., 2000; Lima 2010).

Uma das vantagens do uso de biocombustíveis, principalmente do etanol, é a redução das emissões de  $CO_2$ , um dos mais importantes GEE. Entretanto, um desafio a ser enfrentado no cultivo de plantas para a produção de biocombustíveis, neste caso a cana-de-açúcar para a produção de etanol, está relacionado ao balanço de gases oriundos do nitrogênio (N). Perdas de N aplicado como fertilizante da ordem de 3% a 5% como  $N_2O$  podem inviabilizar a eficiência ambiental dos biocombustíveis mesmo que as emissões de  $CO_2$  líquidas sejam neutras (Crutzen et al., 2008).

Esperam-se altas emissões de  $N_2O$  em sistemas de cana-de-açúcar, devido ao alto uso de fertilizantes, máquinas pesadas e irrigação (Lisboa et al. 2011). A maioria dos canaviais recebe altas doses de N de fontes minerais ou orgânicas. Além disso, o uso de maquinário pesado durante a colheita pode causar compactação do solo e criar agregados do solo com baixo teor de oxigênio. A maior disponibilidade de N aumenta a desnitrificação, principalmente quando os solos se



tornam hipóxicos, o que provoca um aumento das emissões de  $N_2O$ . A adição de resíduos da produção de bioetanol, prática comum no Brasil (Previtali 2011), influencia diretamente os fluxos de  $N_2O$ . A vinhaça, por exemplo, é produzida durante a fabricação do etanol e é reaplicada pelos agricultores nos canais (fertilização). Estudos demonstram que esta prática aumenta as emissões de  $N_2O$  em função da interação entre N e carbono no solo (Carmo et al. 2012, Cerri et al. 2013).

No presente estudo buscou-se avaliar as emissões de  $N_2O$  em sistemas de cana-de-açúcar em solos do Cerrado, com a combinação de adubação nitrogenada e aplicação de vinhaça, em diferentes níveis de irrigação.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na Estação experimental da Embrapa Cerrados, localizada em Planaltina-DF, a 38 km de Brasília, Brasil. O período de estudo foi de maio de 2014 a abril de 2015. O clima é classificado como tropical, com estações bem definidas, invernos secos e verões úmidos, e longos períodos de seca no inverno. A temperatura média anual varia entre 22 °C e 25 °C e a precipitação varia de 800 a 2.000 mm por ano, sendo que 80% dessa precipitação ocorre durante o período chuvoso, entre os meses de outubro e fevereiro. O solo da área de estudo é classificado como Latossolo Vermelho distrófico (Embrapa, 2006).

### Tratamentos e amostragens

Foi utilizado o método de câmaras estáticas fechadas retangulares para a coleta de  $N_2O$  (Carvalho et al. 2006, Jantalia et al. 2008, Carmo et al. 2012, Signor et al. 2013). RB867515 foi a variedade de cana-escolhida, que é comumente usada pelos agricultores no Brasil. Foram coletados 30 mL de ar usando seringas de 60 ml em três tempos: imediatamente após a selagem da câmara (0 min), e após 15 e 30 min. As amostras foram armazenadas em frascos *headspace* até serem analisadas no cromatógrafo a gás (ar Thermo Trace GC equipado com uma coluna Porapak Q e um elétrons detector).

Foi escolhido a irrigação nível de 75% (do déficit hídrico) para comparar com as áreas sem irrigação (0%). Assim, 3 repetições para cada um dos seguintes tratamentos foram estabelecidas no canal: N sem irrigação (N 0%); vinhaça sem irrigação (V 0%); nitrogênio mais vinhaça sem irrigação (N+V 0%); N irrigado (N 75%); vinhaça irrigada (V 75%); e o N mais vinhaça irrigados (N+V 75%). As emissões em dois remanescentes

Cerrados (tipo Cerradão) também foram medidas nos mesmos dias para comparações. Duas câmaras estáticas (A na entrelinha; B na linha) foram instaladas em cada tratamento no canal, totalizando 36 câmaras. Câmaras B receberam N diretamente nos tratamentos com N. Três câmaras por parcela foram instalados no Cerrado, totalizando 6 câmaras. Nitrato de amônio foi aplicado como fonte de nitrogênio a 120 kg N  $ha^{-1}$  antes da aplicação da vinhaça a uma dose de 150  $m^3 ha^{-1}$ , naqueles tratamentos que levaram vinhaça. A irrigação se procedeu uma semana depois a adubação e fertilização.

### Análise de dados

Os fluxos foram calculados assumindo-se parte um comportamento linear para o qual utilizou-se a seguinte equação de Jantalia et al. (2008):

$$\text{Equação 1. } F_{N_2O} = \frac{\delta C}{\delta t} * \frac{M}{V} * \frac{V}{A}$$

Onde, o fluxo de  $N_2O$  é reportado em  $\mu g m^{-2} h^{-1}$ ;  $\delta C/\delta t$  é a mudança na concentração de  $N_2O$  durante a incubação, M é a massa molar do  $N_2O$  e m é o volume do gás para tal temperatura; V é o volume da câmara e A é a área coberta pela câmara.

Para os fluxos com comportamento quadrático utilizou-se a seguinte equação Hutchinson & Mosier (Parkin et al, 2012):

$$\text{Equação 2. } F_{N_2O} = \frac{(C_1 - C_0)^2 / [t_1 * (2 * C_1 - C_2 - C_0)] * \ln[(C_1 - C_0) / (C_2 - C_1)]$$

$C_1$ ,  $C_0$  e  $C_3$  são as concentrações em ppb a 0,15 e 30 minutos.  $t_1$  = concentração no tempo 1 (15 min).

Tais fluxos da equação 2 foram transformados a  $\mu g m^{-2} h^{-1}$  utilizando a equação universal dos gases (ie.,  $PV=nRT$ ).

Os dados apresentados são referentes às duas primeiras semanas após cada aplicação de vinhaça, uma em maio e outra em novembro de 2014. Análise de variância (ANOVA) foi utilizada para testar a diferença entre as médias de cada tratamento e para a comparação com os fluxos de Cerrado. ANOVA também foi usada para testar a resposta quanto a irrigação.

Uma análise preliminar sobre o fator de impacto para cada tipo de fertilizante foi realizada utilizando-se a porcentagem do total de N adicionado que foi emitida em forma de  $N-N_2O$ . Para isto, utilizamos a média para cada tratamento e estimamos um fluxo total anual

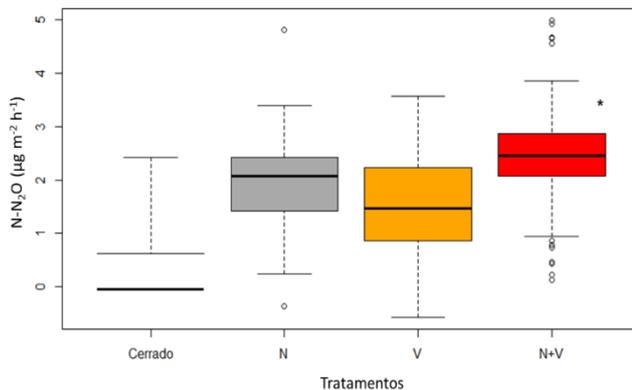
## RESULTADO E DISCUSSÃO

A chuva variou entre 0 e mais de 100 mm por dia, com marcada seca durante maio a setembro. Não encontramos diferenças entre os tratamentos



quanto a irrigação, embora as áreas de sequeiro experimentaram mais de 4 meses sem chuva. Logo, tratamentos com e sem irrigação foram combinados para avaliar o efeito do fertilizante. Até o momento encontramos que o tratamento sob N mineral e vinhaça foi responsável pelas maiores taxas de  $N_2O$  (Fig. 1).

O fator de emissão para tais tipos de manejo nos canaviais variou de 2 a 3.5 %, sendo maior nas áreas com N+V.



**Figura 1** - Fluxos de  $N-N_2O$  para os diferentes tratamentos de fertilizante e para a vegetação de cerrado em escala logarítmica base 10. VN: diferente a  $p < 0.005$ . N=nitrogênio mineral, V=vinhaça, VN=nitrogênio mais vinhaça. (Tratamentos irrigados e não-irrigados combinados).

Estudos recentes têm mostrado que a fertirrigação tem um efeito positivo sobre o  $N_2O$ , levando a fluxos de até  $9.000 \mu g m^{-2} h^{-1}$  (Paredes et al. 2014). Os fluxos médios de  $N_2O$  observados nesse estudo para o Cerrado foram aproximadamente zero.

Resultados publicados recentemente indicam que fatores de emissão de  $N_2O$  para fertilizantes nitrogenados aplicados em cana-soca, variam de 0,6 a 0,9% (Carmo et al., 2013). Porém, em áreas com grande quantidade de palha e vinhaça, o fator de emissão saltou para 3%, o que é muito maior que o 1% utilizado pelo IPCC (Foster et al. 2007). Nossos resultados mostram fatores de emissões semelhantes para cana-de-açúcar em solo de Cerrado localizado em Usina de açúcar e álcool.

## CONCLUSÕES

No presente estudo, foi verificado que emissões de óxido nitroso são de grande magnitude em canaviais cultivados em solos de Cerrado, embora o cerrado nativo não seja uma fonte de  $N_2O$ . O manejo de fertilizantes tem importância crucial para tais fluxos, ou seja, a vinhaça e o nitrogênio juntos aumentam sinergicamente as emissões. Ainda, que os fatores de emissões podem ser até três vezes

maiores que o fator utilizado nos cálculos nacionais e globais do IPCC.

## Citações Bibliográficas

Carmo, J.B. do et al. Infield greenhouse gas emissions from sugarcane soils in Brazil: effects from synthetic and organic fertilizer application and crop trash accumulation. *GCB Bioenergy*, 5(3), 267–280, 2012.

Embrapa Centro Nacional e Pesquisa em Solos (2006). Sistema brasileiro de classificação de solos. (Embrapa Solos:Brasília). 306 p.

Carvalho, A. et al., Emissão de óxidos de nitrogênio associada à aplicação de uréia sob plantio convencional direto. *Pesq. Agropec. Bras.*, 41(4), 679–685., 2006.

Castro et al. The expansion of sugar cane of State Goiás in the Cerrado: elements for a spatial analysis of process. *B. Goiano. Geogr. Goiânia*, 30, 1, 171-191, jan./jun. DOI 10.5216/bgg.V30i1.11203., 2010.

Cerri, C. C. et al. Brazilian greenhouse gas emissions: the importance of agriculture and livestock. *Scientia Agricola*, 66, 6, 831-843., 2009.

Davidson, E. A, Bustamante, M.M. & De Siqueira Pinto, A. Emissions of nitrous oxide and nitric oxide from soils of native and exotic ecosystems of the Amazon and Cerrado regions of Brazil. *TheScientificWorldJournal*, 1 Suppl 2(2), pp.312–9., 2001.

Feres, J.G., Reis, E.J. & Speranza, J.S. Produção de etanol e seus impactos sobre o uso da terra no Brasil. In *SOBER*. Available at: <http://www.sober.org.br/palestra/15/695.pdf>., 2009.

Forster, P. et al. Changes in atmospheric constituents and in radiative forcing Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Ed: S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor and H. L. Miller. New York: Cambridge University Press, 129–234., 2007.

IBGE. 2010. <http://www.ibge.gov.br/home/>

IBGE. 2012. <http://www.ibge.gov.br/home/>

Jantalia, C.P. et al., 2008. Fluxes of nitrous oxide from soil under different crop rotations and tillage systems in the South of Brazil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 82(2), pp.161–173., 2008.

Lima, D. A. L. L. *Estrutura e expansão da agroindústria canavieira e seus impactos no uso da terra na região Sudoeste de Goiás*. Campinas. 200p. Tese (Doutorado em Economia) Instituto de Economia, Unicamp., 2010.

Lisboa, C.C., Butterbach-Bahl, K., Mauder, M. & Kiese, R. Bioethanol production from sugarcane and emissions of greenhouse gases - known and unknowns. *GCB Bioenergy*, 3(4), 277–292., 2011.

Myers, N. et al., 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853–8., 2000.



Nobre, A. D. *Nitrous oxide emissions from tropical soils*, Ph.D. thesis, University of New Hampshire, Durham.,1994.

Oliveira, B.G. et al. Soil greenhouse gas fluxes from vinasse application in Brazilian sugarcane areas. *Geoderma*, 200-201, 77-84.,2013.

Oliveira, P.S & Marquis, R.J. *The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a Neotropical savanna*. Columbia University Press, Chichester.,2002.

Paredes, D. S. et al. Nitrous oxide emission and ammonia volatilization induced by vinasse and N fertilizer application in a sugarcane crop at Rio de Janeiro, Brazil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 98(1), 41-55.,2014.

Previtali, N.R. *Uso de vinhaça para fertirrigação*. Faculdade de Tecnologia de Aracatuba, 2011. Disponível em:

<[http://www.fatecaracatuba.edu.br/suporte/upload/Biblioteca/BIO\\_17711207141](http://www.fatecaracatuba.edu.br/suporte/upload/Biblioteca/BIO_17711207141)>., Acesso em: 11 jun. 2015.

Sawyer, D. Climate change, biofuels and eco-social impacts in the Brazilian Amazon and Cerrado. *Phil. transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 363(1498), 1747-52., 2008.

Signor, D. & C.A.P. Cerri. Nitrous oxide emissions in agricultural soils: a review. *Pesq. Agropec. Trop.*, 43, 3, 322-338, jul./set., 2013.

Signor, D., Cerri, C.E.P. & Conant, R. N<sub>2</sub>O emissions due to nitrogen fertilizer applications in two regions of sugarcane cultivation in Brazil. *Environmental Research Letters*, 8(1), 015013., 2013.

