

Foto: Bruno José Rodrigues Alves



A fixação biológica de nitrogênio não é uma fonte direta de N₂O de solos agrícolas

Bruno José Rodrigues Alves¹
Abmael S. Cardoso²
Ana Carolina R. Lessa²
Débora Paredes²
Cláudia Pozzi Jantalia¹
Henrique Pereira dos Santos³
Julio C. Franchini⁴
Segundo Urquiaga¹
Robert Michael Boddey¹

Da mesma forma que gás carbônico (CO₂) e metano (CH₄), o óxido nitroso (N₂O) está listado como um potente gás de efeito estufa (GEE) do planeta. No Brasil, a agricultura é a atividade que mais contribui no volume total de N₂O emitido para a atmosfera, anualmente (BRASIL, 2004).

As emissões de N₂O de solos agrícolas, que fazem parte do inventário nacional de GEEs, são computadas com base na metodologia do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas, elaborada em 1996 (IPCC, 1996), e no Guia de Boas Práticas e Gestão de Incertezas para Inventários de GEEs do ano 2000 (IPCC, 2000). Em 2006, foi divulgada a mais recente revisão das metodologias do IPCC (IPCC, 2006), no entanto ainda não foi aprovada pela Convenção Quadro das Nações Unidas para as Mudanças do Clima (UNFCCC).

De acordo com a metodologia do IPCC de 1996, as emissões de N₂O de solos agrícolas ocorrem após a aplicação ao solo de fertilizantes nitrogenados e

adubos de origem animal, de resíduos de colheita que mineralizam e liberam N mineral para o solo, da deposição de excrementos de animais, do manejo de solos orgânicos e da fixação biológica de nitrogênio (FBN). De todas essas fontes, a mais questionada é a FBN, não existindo evidências que sustentem que 1,25% do N₂ fixado por leguminosas sejam emitidos como N₂O durante o crescimento da planta (ROCHETTE e JANZEN, 2005), tal como consta na metodologia do IPCC (1996).

Os trabalhos de BREMNER et al. (1980) e de DUXBURY et al. (1982) foram os primeiros a sugerir que o processo de FBN teria relação direta com as emissões de N₂O, o que foi reforçado com a demonstração da capacidade desnitrificadora do rizóbio (O'HARA & DANIEL, 1985). Resultados de estudos *in vitro* obtidos na Embrapa Agrobiologia confirmam essa característica para várias estirpes de *Bradyrhizobium* spp. utilizadas como inoculantes em leguminosas, entre elas a soja (LESSA et al., 2009). De fato, os resultados mostraram que existem diferenças

¹ Embrapa Agrobiologia, BR 465, km 7, 23890-000, Seropédica, RJ.

² Pós-graduação em Agronomia (Ciência do Solo), UFRRJ, 23890-000, Seropédica, RJ.

³ Embrapa Trigo, BR 285, km 294, 99001-970, Passo Fundo, RS.

⁴ Embrapa Soja, Rod. Carlos João Strass - Distrito de Warta, 86001-970, Londrina, PR.

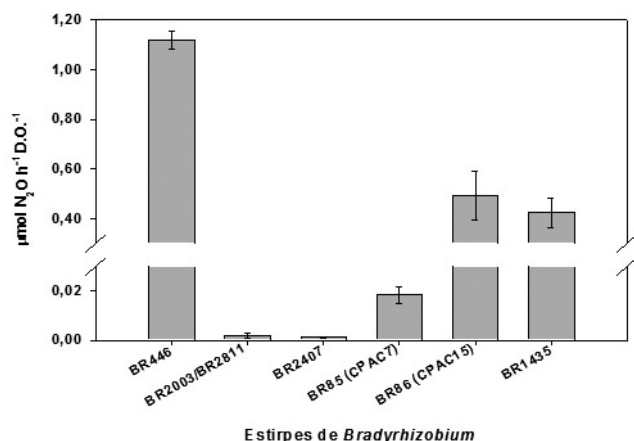


Fig. 1. Emissão de N_2O (taxa de emissão por densidade ótica do meio de cultura) por bactérias do gênero *Bradyrhizobium* em meio de cultura contendo NO_3NH_4 . A estirpe BR 446 é recomendada para *Stylosanthes* sp., o coquetel BR2003/BR2811 para *Crotalaria* sp., BR 2407 para *Dolichos lablab*, as estirpes BR85 (CPAC7) e BR86 (CPAC 15) para *Glycine max* e a estirpe BR1435 para *Arachis* sp. (LESSA et al.,2009).

entre as estirpes na capacidade de desnitrificar e produzir N_2O em meio de cultura. A estirpe BR 446, por exemplo, selecionada para *Stylosanthes* sp., foi a que mais produziu N_2O em meio enriquecido com NH_4NO_3 , tal como a estirpe BR 86 (CPAC 15, SEMIA 5079), usada em soja. A estirpe BR 85 (CPAC 7, SEMIA 5080), também selecionada para soja, mostrou menor potencial desnitrificador (Fig. 1). Nesse estudo, a produção de N_2O ocorreu sem que necessariamente a bactéria estivesse fixando N_2 , em função do meio rico em N mineral e ausência de hospedeiro, essencial para o processo (GILLER, 2001).

No solo, não somente o rizóbio, mas inúmeras espécies de bactérias são capazes de desnitrificar em condições favoráveis para o processo, e resultados da literatura mostram que o rizóbio teria pouca participação na produção de N_2O total do solo (GARCIA-PLAZAOLA et al., 1993).

No caso da cultura da soja, cuja FBN a ela associada contribui no Brasil com cerca de 70 - 85% de todo o N acumulado na planta (ALVES et al., 2003), com a produtividade média de 2.931 kg ha^{-1} esperada para 2010, a FBN estaria contribuindo com algo equivalente entre 140 e 180 kg N ha^{-1} , o que implicaria em computar emissões de N_2O entre 1,78 a 2,17 kg N ha^{-1} , assumindo-se o fator de emissão direta de N_2O (1,25%) do IPCC (1996). Para verificar a ocorrência dessas emissões de N_2O , estudos utilizando câmaras estáticas fechadas foram realizados durante o ciclo da

soja pela Embrapa Agrobiologia, em parceria com a Embrapa Soja e Embrapa Trigo. Os monitoramentos da produção de N_2O de solos plantados com soja foram feitos em Passo Fundo, RS, e em Londrina, PR, todos em Latossolos. Em Passo Fundo, as emissões de N_2O durante o ciclo da cultura variaram de 0,057 a 0,069 kg N ha^{-1} , em áreas sob plantio direto e com preparo de solo convencional, respectivamente, enquanto que em Londrina, variaram de 0,077 a 0,094 kg N ha^{-1} . As produtividades da soja nessas áreas variaram entre 2,4 e 2,7 Mg ha^{-1} , o que significa que a FBN contribuiu em média com aproximadamente 130 kg N ha^{-1} , considerando a umidade dos grãos de 13%, um índice de colheita de 50%, 4% de N na planta e uma FBN média de 75% (JANTALIA, 2005; ZOTARELLI, 2000). Utilizando o valor recomendado pelo IPCC (1996) esperavam-se, dessa forma, emissões de N_2O da ordem de 1,60 kg N ha^{-1} devidas a FBN associada à cultura. As maiores taxas de FBN ocorrem no período próximo da floração até a formação de vagens, e por isso, fluxos de N_2O superiores a 100 $\mu\text{g N m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ deveriam ser frequentes nesse período. Os fluxos de N_2O registrados até a colheita em Passo Fundo (Fig. 2) e Londrina (Fig. 3) foram muito baixos, ficando entre 4 e 7% do esperado, caso a FBN estivesse diretamente relacionada às emissões de N_2O pela cultura.

Um resultado quase incontestável, que reforça a tese de que a FBN não está diretamente relacionada à produção de N_2O , foi conseguido com um experimento realizado na Embrapa Agrobiologia, utilizando um Latossolo proveniente da região oeste de São Paulo, durante o verão 2007/2008, quantificando-se os fluxos de N_2O emitidos durante 64 dias de desenvolvimento

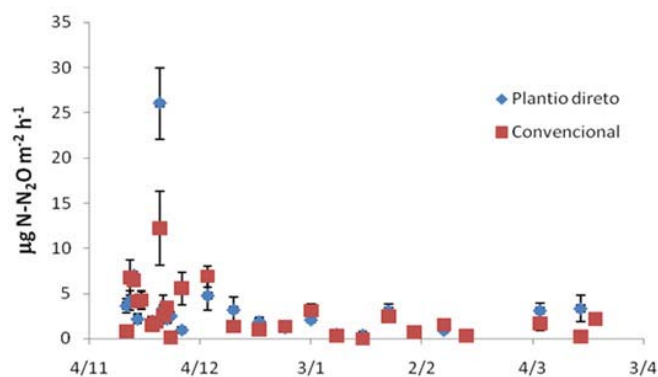


Fig. 2. Fluxos de N_2O quantificados durante o crescimento da cultura da soja, manejada em plantio direto e convencional, em Passo Fundo, RS. As barras verticais mostram o erro padrão da média.

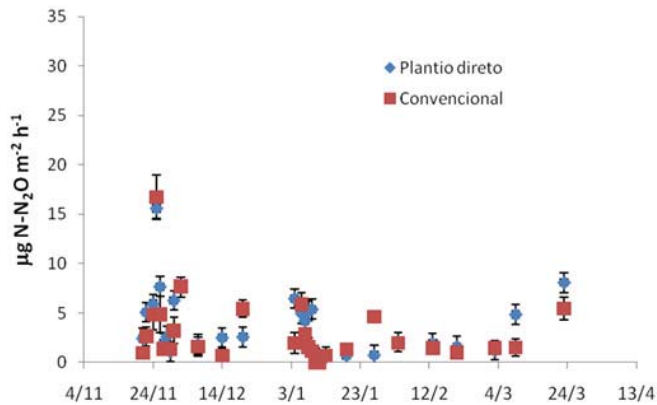


Fig. 3. Fluxos de N₂O quantificados durante o crescimento da cultura da soja, manejada em plantio direto e convencional, em Londrina, PR. As barras verticais mostram o erro padrão da média.

da cultura de soja (CARDOSO et al., 2008). Além de um tratamento sem planta, foram avaliadas duas variedades de soja, cv. Conquista e uma variedade não nodulante var. T-201 (fornecida pela Embrapa Soja), crescidas em vasos com capacidade para 10 kg de solo. As sementes foram tratadas com inoculante comercial (*Bradyrhizobium japonicum* e *Bradyrhizobium elkanii*) de boa qualidade à base de turfa. Os fluxos de N₂O foram avaliados com câmaras formadas pelo acoplamento de outro vaso de forma invertida sobre o vaso usado no experimento. Os maiores fluxos de N₂O foram observados no início do experimento, provavelmente pela maior disponibilidade de N mineral no solo devido à perturbação que sofre no seu preparo para o experimento (Fig. 4). A grande diferença na acumulação de N entre a variedade nodulante e não nodulante mostra que a dependência da soja nodulante pela FBN foi elevada (Tab. 1), sendo estimada em 95% do N na planta. Apesar disso, as emissões de N₂O encontradas com a soja nodulante, não nodulante e solo nu não diferiram entre si.

Se fosse considerado o fator de emissão de N₂O para FBN, de 1,25%, o total de N₂O emitido seria estimado em pouco mais do que 14 mg N vaso⁻¹. Como as emissões de N₂O medidas não foram diferentes entre tratamentos (Tab. 1), ou seja, a diferença entre a emissão medida na soja fixadora de N₂ e a não fixadora é praticamente nula, confirma-se que a FBN não é uma fonte direta de N₂O para a atmosfera, tal como sugerido por (ROCHETTE & JANZEN, 2005).

Embora muitas bactérias diazotróficas sejam capazes de desnitrificar *in vitro*, os resultados demonstram que as emissões de N₂O em solo plantado com soja sob

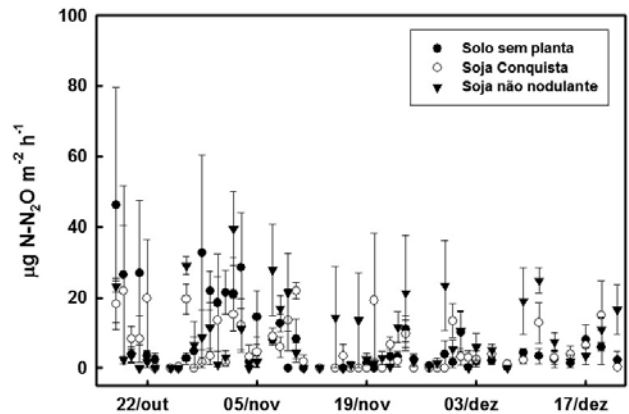


Fig. 4. Fluxos de N₂O medidos nos vasos com as variedades de soja nodulante e não-nodulante, e no solo sem planta, durante os 64 dias de crescimento das plantas (CARDOSO et al, 2008).

Tabela 1. Acumulação de matéria seca e N pelas plantas das variedades de soja nodulante e não nodulante, e emissão de N₂O encontrada para os diferentes tratamentos, após 64 dias de crescimento das plantas (CARDOSO et al, 2008).

Tratamentos	Matéria Seca por vaso (g)	N acumulado por vaso (g)	mg N-N ₂ O vaso ⁻¹
Solo nu	--	--	0,54 a
Soja nodulante (Conquista)	52,16	1,20	0,52 a
Soja não nodulante (T-201)	4,42	0,05	0,67 a

Na coluna, médias seguidas pelas mesmas letras não são significativamente diferentes de acordo com o teste de Scott-Knott, ao nível de 5%.

fixação de N₂ são provenientes do N disponível do solo, e não diretamente do processo de FBN. Os dados corroboram com a decisão mais recente do IPCC (IPCC, 2006) de não mais considerar a FBN como fonte direta de N₂O nos sistemas agrícolas.

Agradecimentos

Os autores agradecem o CNPq, CAPES e FAPERJ pelas bolsas concedidas de apoio à pesquisa, e à FINEP - Projeto Carboagro pelo apoio financeiro recebido.

Referências Bibliográficas

ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S. The success of BNF in soybean in Brazil. **Plant and Soil**, v. 252, p. 1-9, 2003.

BRASIL. Ministério de Ciência e Tecnologia. **Inventário brasileiro das emissões atróficas por fontes e remoções por sumidouros de gases efeito estufa não controlados pelo protocolo de montreal: comunicação Inicial do Brasil**. 2004. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0004/4199.pdf>

BREMNER, J. M.; ROBBINS, S. G.; BLACKMER, A. M. Seasonal variability in emission of nitrous oxide from soil. **Geophysical Research Letters**, v. 7, p. 641-644, 1980.

CARDOSO, A. S.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M.; SOARES, L. H. B. Uma evidência de que a FBN não é uma fonte direta de N_2O na cultura da Soja. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NU-TRICÃO DE PLANTAS, 28., REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 12., SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 10., REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 7., 2008, Londrina. **FertBio 2008: desafios para o uso do solo com eficiência e qualidade ambiental: anais**. Londrina: Embrapa Soja: SBCS: IAPAR, UEL, 2008.

DUXBURY, J. M.; BOULDIN, D. R.; TERRY, R. E.; TATE, R. L. Emissions of nitrous oxide from soils. **Nature**, v. 298, p. 462-464, 1982.

GARCIA-PLAZAOLA, J. I.; BECERRIL, J. M.; ARRESE-IGOR, C.; HERNANDEZ, A.; GONZALEZ-MURUA, C.; APARICIOTEJO, P. M. The contribution of Rhizobium meliloti to soil denitrification. **Plant and Soil**, v. 157, p. 207-213. 1993.

GILLER, K. **Nitrogen fixation in tropical cropping systems**. 2. ed. Wallingford, UK: CAB International Publishing, 2001. 410 p.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Greenhouse gas Inventories: reference manual revised 1996 IPCC guidelines for national greenhouse inventories**. Genebra, 1996.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. National Greenhouse Gas Inventories Programme. **Good practice guidance and uncertainty management in national greenhouse gas inventories**. Genebra, 2000.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. Greenhouse Gas Inventory Programme. **Guidelines for national greenhouse gas inventories**. Hayama, Japan: Institute for Global Environmental Strategies, 2006. Disponível em: <<http://www.ipcc-nggi.iges.or.jp/public/2006gl>>

JANTALIA, C. P. **Estudo de sistemas de uso do solo e rotações de culturas em sistemas agrícolas brasileiros: dinâmica de nitrogênio e carbono no sistema solo - planta - atmosfera**. 2005. 127 f. Tese. (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

LESSA, A. C. R.; PAREDES, D. S.; OLIVEIRA, W. R. D.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Produção de N_2O por estirpes de Bradyrhizobium spp. in vitro, e do solo sob plantas de soja noduladas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32., 2009, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009.

O'HARA, G. W.; DANIEL, R. M. Rhizobial denitrification: a review. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 17, p. 1-9, 1985.

ROCHETTE, P.; JANZEN, H.H. Towards a revised coefficient for estimating N_2O emissions from legumes. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 73, p. 171-179, 2005.

ZOTARELLI, L. **Balço de nitrogênio numa rotação em sistema de plantio direto e convencional na Região de Londrina-PR**. 2000. 110 f. Dissertação. (Mestrado em Agronomia, Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

Comunicado Técnico, 125

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Agrobiologia
Endereço: BR465, km7 - Caixa Postal 74505
 CEP 23851-970 - Seropédica/RJ, Brasil
Fone: (21) 3441-1500
Fax: (21) 2682-1230
Home page: www.cnpab.embrapa.br
E-mail: sac@cnpab.embrapa.br
1ª edição

1ª impressão (2010): 50 exemplares

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento



Comitê de Publicações

Presidente: Norma Gouvêa Rumjanek
Secretária-Executiva: Carmelita do Espírito Santo
Membros: Bruno José Rodrigues Alves, Ednaldo da Silva Araújo, Guilherme Montandon Chaer, José Ivo Baldani, Luis Henrique de Barros Soares.

Expediente

Revisão de texto: Luis Henrique de Barros Soares, Ednaldo da Silva Araújo e Marco Antônio de Almeida Leal
Normalização bibliográfica: Carmelita do Espírito Santo
Tratamento das ilustrações: Maria Christine Saraiva Barbosa
Editoração eletrônica: Marta Maria Gonçalves Bahia