

PRODUÇÃO DE ÓXIDO NITROSO EM PLANTAÇÃO DE FEIJÃO

Gustavo Porto Salmi

Universidade de Taubaté

Taubaté, SP

Plinio Carlos Alvalá

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

São José dos Campos, S.P.

E-mail:plinio@dge.inpe.br

RESUMO

O óxido nitroso é um dos mais importantes gases do efeito estufa; contribuiu com cerca de 6% do aquecimento global nos anos 80, e participa de ciclos catalíticos de destruição do ozônio estratosférico. As taxas de crescimento deste gás foram maiores a partir de 1950 que nos dois últimos séculos. Estudos recentes mostraram que grande parte deste aumento está associado à agricultura, que é a responsável por quase 75% das emissões. As estimativas globais para emissões provenientes da agricultura tem grandes incertezas devido a variabilidade natural no espaço e no tempo dos processos que ocorrem nos solos. Este projeto tem como objetivo implementar as primeiras medidas de fluxo do óxido nitroso em plantações no Brasil. As amostras de ar serão obtidas utilizando-se da técnica de câmara estática em acrílico. Em intervalos de tempo predeterminados serão coletadas amostras de ar, através de uma tubulação de teflon para o interior de cilindros especiais. As amostras serão posteriormente analisadas em laboratório pela técnica de cromatografia gasosa. Este trabalho será desenvolvido através do convênio entre o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e a UNITAU (Universidade de Taubaté). O plantio do feijão ocorreu em 2 de julho, no campus da Fazenda Piloto do Departamento de Ciências Agrárias da UNITAU, em parcelas de 4x4 metros. Foram realizados cinco tipos de adubação e um testemunho (sem adubação). Destes, foram escolhidos dois tipos de adubação: sulfato de amônio e lodo de esgoto para o estudo da emissão de óxido nitroso. Neste início de julho, está-se realizando as primeiras coletas de amostras de ar, com previsão de esta atividade durar cerca de 60 dias. As amostras estão sendo analisadas no laboratório de Ozônio/INPE utilizando-se da técnica de cromatografia gasosa.

**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE
INICIAÇÃO CIENTÍFICA – PIBIC/CNPq**

**TÍTULO: PRODUÇÃO DE ÓXIDO NITROSO (N₂O) EM
PLANTAÇÃO DE FEIJÃO**

Bolsista : Gustavo Porto Salmi

**Orientador: Dr. Plinio Carlos Alvalá
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
São José dos Campos, S.P.**

RESUMO

O óxido nítrico é um dos mais importantes gases do efeito estufa; contribuiu com cerca de 6% por década para o aquecimento global, e participa de ciclos catalíticos de destruição do ozônio estratosférico. Este gás traço apresentou uma taxa de crescimento de 0,2-0,3% anual nas últimas décadas. Estudos recentes mostraram que grande parte deste aumento está associado à agricultura, que é a responsável por quase 75% das emissões. As estimativas globais para emissões provenientes da agricultura tem grandes incertezas devido a variabilidade natural no espaço e no tempo dos processos que ocorrem nos solos. Este projeto tem como objetivo implementar as primeiras medidas de fluxo do óxido nítrico em plantação de feijão no Brasil, utilizando-se dois tipos diferentes de fertilização. As amostras de ar serão coletadas utilizando-se de câmaras de acrílico, no interior da qual os gases se acumularão. As amostras serão posteriormente analisadas em laboratório pela técnica de cromatografia gasosa. Este trabalho será desenvolvido através do convênio entre o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e a UNITAU (Universidade de Taubaté).

SUMÁRIO

1. Introdução	1
2. Objetivos	2
2.1 Objetivos Gerais	2
2.2 Objetivos Específicos	2
3. Justificativa	2
4. Metodologia	4
5. Conclusões	6
6. Agradecimentos	6
Cronograma	7
Referências Bibliográficas	8
Anexo I	10

1. INTRODUÇÃO

O impacto da atividade humana em um processo de escala global tornou-se visivelmente crescente durante as últimas décadas. O aumento contínuo, devido à produção antropogênica, das concentrações atmosféricas de dióxido de carbono, óxido nitroso, metano e outros gases têm influência em fenômenos de escala global como o efeito estufa e o buraco do ozônio (Matson e Vitousek, 1990). A intervenção da atividade humana sobre os processos naturais torna a identificação das fontes uma tarefa complexa, difícil de decifrar e quantificar. Esta avaliação é, porém, cada vez mais necessária para se prever os efeitos a longo prazo sobre a atmosfera e participar do movimento global que vem se desenvolvendo para controlar e diminuir a emissão destes gases.

Os principais gases responsáveis pelo efeito estufa são: o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4), o óxido nitroso (N_2O), clorofluorcarbonos (CFCs) e o ozônio (O_3). Para efeitos de comparação, as emissões dos gases do efeito estufa são geralmente expressas em CO_2 equivalente, baseados no Potencial de Aquecimento Global (do inglês, GWP "Global Warming Potencial") correspondente a 100 anos. Os GWP do CO_2 , do CH_4 e do N_2O são 1, 21 e 310, respectivamente. Isso significa que o CH_4 apresenta um potencial de aquecimento global 21 vezes superior ao CO_2 , e que o N_2O apresenta um potencial de aquecimento global 310 vezes superior ao do CO_2 .

A agricultura contribui para o efeito estufa, com emissões de gases como o CH_4 , CO_2 , N_2O e óxidos de nitrogênio (NO_x). Estimam-se que 20% do incremento anual da forçante radiativa global são devidos ao setor agrícola considerando-se só o efeito dos gases metano, óxido nitroso e gás carbônico (baseado em IPCC, 1996 a).

Uma das grandes incertezas no balanço global de óxido nitroso é proveniente da agricultura. Considerando-se que uma grande quantidade de fertilizante é adicionada ao solo e nem tudo é aproveitado pela planta, ocorrem grandes perdas de nitrogênio em forma de N_2O para a atmosfera. A amplitude de variação nas taxas de emissão deste gás podem variar dependendo do fertilizante usado, planta, tipo e preparo do solo, fatores ambientais e pela variação natural de ponto para ponto (Clayton et al, 1994). Em 1970 aproximadamente 32Tg (1Tg= 10^{12} g) de fertilizante a base de nitrogênio (N) foram produzidas globalmente, e a maior parte dele foi aplicada em países em desenvolvimento na zona temperada. Em 1990, cerca de 80Tg foram produzidas, e cerca de 40% foi aplicado em países nos trópicos e subtropicos (Matson et al, 1996). Projeções correntes sugerem que 100Tg/ano de fertilizantes a base de nitrogênio serão aplicadas em países em desenvolvimento no ano 2025 (Matson et al, 1996). Entretanto, a partir da assinatura do Protocolo de Kyoto, os estudos nesta área vem sendo coordenados para que ocorra um melhor aproveitamento dos fertilizantes e a diminuição do seu uso. Segundo Kroeze e Mosier (2000), de acordo com o "Cenário de Redução" proposto, as emissões deverão ser reduzidas em 20% relativas ao ano 2000.

As influências do uso dos fertilizantes, sobre as emissões de óxido nitroso, tem sido avaliadas por diversos pesquisadores. Matson et al (1996) estudaram as emissões de N_2O e NO em plantações de cana-de-açúcar no Hawai. Clayton et al (1994) fizeram medidas em um solo na Escócia, inicialmente pouco drenado, que foi fertilizado. Uma das características mais claramente visíveis nestes trabalhos foi o aumento na emissão de N_2O após a fertilização.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

O objetivo geral deste projeto, onde o bolsista irá desenvolver o seu trabalho é realizar as primeiras medidas de fluxo de óxido nitroso em cultivo de feijão, no Brasil.

2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos do projeto relacionados com o trabalho do bolsista serão:

- a) Confeccionar, testar e implementar as câmaras onde serão medidos os fluxos de óxido nitroso no cultivo de feijão.
- b) Coletar amostras de ar das câmaras na época adequada, isto é, logo após o plantio e nas fases subsequentes do desenvolvimento do cultivo.
- c) Analisar as amostras de ar colhidas, através da técnica de cromatografia cromatografia gasosa;
- d) Estudo das propriedades do solo em função da fertilização utilizada.
- e) Determinar os fluxos de óxido nitroso emitidos no cultivo de feijão.
- f) Avaliar os resultados obtidos analisando-os em conjunto com dados da literatura;
- g) Publicação e apresentação dos resultados através dos meios adequados.

Pretende-se que após um período onde o bolsista tenha contato com as teorias envolvidas nas várias fases do projeto, o mesmo participe ativamente de todas as fases e possa aplicar seus conhecimentos em outras áreas da pesquisa.

3. JUSTIFICATIVA

O óxido nitroso é um gás traço com concentração média global de aproximadamente 315 partes por bilhão por volume (ppbv), esta concentração tem crescido de 0,2-0,3% ao ano nos últimos 20-30 anos (Khalil e Rasmussen, 1992). É um dos importantes gases do efeito estufa. Na baixa atmosfera o óxido nitroso absorve

eficientemente a radiação infravermelha da superfície terrestre, e na estratosfera este gás tem papel fundamental em ciclos de catálise do ozônio (Cicerone, 1987; Isaksen e Stordal, 1986). O aumento nas concentrações do óxido nitroso, é portanto importante tanto na troposfera quanto na estratosfera.

O óxido nitroso tem fontes tanto naturais quanto antropogênicas. Ele é produzido por microorganismos, nos sistemas terrestres e marinhos, como intermediário em diversos processos do ciclo do nitrogênio incluindo desnitrificação e nitrificação (Matson e Vitousek, 1990). O óxido nitroso também é produzido pela queima de biomassa ou de combustíveis fósseis, e ainda outras fontes menores. O maior sumidouro deste gás é a reação com oxigênio ativo na estratosfera. O crescimento anual de óxido nitroso na atmosfera é de aproximadamente 3,9Tg. As fontes e sumidouros estão sumarizados na Tabela 1.

Tabela 1. Balanço global de N₂O (Mosier e Kroeze, 1998).

	TgN/ano
Fontes	
Naturais	
Oceanos	3,0 (1-5)
Solos tropicais	
Floresta úmida	3,0 (2,2-3,7)
Savanas secas	1,0 (0,5-2,0)
Solos temperados	
Florestas	1,0 (0,1-2,0)
Pradarias	1,0 (0,5-2,0)
Total	9,0 (4,3-14,7)
Antropogênicas	
Solos de agricultura	3,3 (0,6-14,8)
Queima de biomassa	0,5 (0,2-1,0)
Fontes industriais	1,3 (0,7-1,8)
Gado	2,1 (0,6-3,1)
Total	7,2 (2,1-19,7)
Total de fontes	16,2 (6,4-34,4)
Sumidouros	
Solos	?
Estratosfera	12,3 (9-16)
Aumento na atmosfera	3,9 (3,1-4,7)

Como pode ser verificado na Tabela 1, a contribuição devida à agricultura é uma das mais importantes fontes antropogênicas e tende a crescer. Segundo Matson et al (1996). A aplicação de fertilizantes a base de nitrogênio tem crescido rapidamente nas últimas décadas. Esta intensificação na expansão do uso de fertilizantes pode ter conseqüências no balanço de diversos gases traço como o óxido nitroso. As influências do uso de fertilizantes em sistemas de agricultura tropical ainda não foram adequadamente avaliados, sendo que no Brasil ainda não se tem estudos sobre esta emissão de óxido nitroso em solos de cultura. Assim este projeto procura obter os primeiros dados para esta emissão. Os resultados obtidos fornecerão subsídios para o desenvolvimentos de um melhor aproveitamento na utilização dos fertilizantes.

É importante salientar que o feijão foi escolhido como cultura de estudo por três motivos principais:

- 1- De acordo com o IBGE/PAM/LSPA, apesar da área nacional de plantio de feijão ter crescido de apenas 4%, o seu rendimento por hectare cresceu de 5 vezes;
- 2- Nas raízes de leguminosas existem colônias de bactérias (gênero *Rhizobium*) que durante a fixação do nitrogênio nos processo de nitrificação e desnitrificação liberam o N_2O que tem vida livre no solo (*Azotobacter*) e também são responsáveis pela fixação do N. De forma simplificada o processo é o seguinte: essas bactérias utilizam a amônia contida em fertilizantes ou proveniente da própria biomassa do solo e a oxidam em NH_2OH . Este composto instável dá origem ao íon NO_3^- e aos compostos NO e N_2O . A planta só utiliza como fonte de nitrogênio o íon NO_3^- , sendo os outros dois compostos liberados para a atmosfera. Isso é o que acontece durante a nitrificação (processo aeróbico). Já na desnitrificação, ao contrário das bactérias fixadoras de nitrogênio, elas partem de compostos nitrogenados como nitratos e nitritos e os reduzem a N_2O , NO e N_2 (todos gases voláteis que vão para a atmosfera), fechando o ciclo do nitrogênio. Esse processo se dá em condições anaeróbicas e é uma forma de sobrevivência dessas bactérias. As bactérias que fazem este processo são as *Pseudomonas denitrificans*.
- 3- Os pesquisadores da UNITAU vem desenvolvendo trabalhos nesta cultura há alguns anos.

4. METODOLOGIA

A determinação do fluxo de N_2O pelo solo envolve a coleta das amostras de ar utilizando-se a técnica da câmara estática (câmaras de acrílico), a serem colocados sobre o solo na área de plantio. O ar retirado das câmaras é pressurizado em cilindros de aço inoxidável com uma bomba de ar portátil. As coletas serão realizadas em três réplicas mais uma de testemunho (sem fertilização), de uma a duas vezes por semana. As amostras serão analisadas no Laboratório de Ozônio do INPE, através da técnica de cromatografia gasosa. Dos cinco tipos de fertilização utilizados no plantio de feijão serão estudados somente dois: sulfato de amônio e lodo de esgoto (ver anexo I, com a disposição das parcelas e os respectivos fertilizantes utilizados). O período de coletas de amostras está previsto acontecer durante cerca de 70 dias, ou até que se obtenha um fluxo estável.

As seguintes fases do projeto já foram realizadas com a participação do bolsista:

a) Contato com a literatura pertinente ao gás em estudo e sua importância relacionada ao efeito estufa e a obtenção de medidas de fluxo através da técnica de câmara estática. (Fevereiro-março/2001)

b) Confeccionar, testar as câmaras (4 câmaras de 50x50 cm e 125 litros):

As câmaras são feitas em acrílico transparente nas oficinas do INPE. Os testes consistiram na realização de diversas medidas de fluxo nos jardins do próprio INPE. Estes testes nos permitiram antecipar e solucionar possíveis problemas que possam ocorrer no trabalho de campo (abril-maio/2001).

c) Definição da área de cultivo e dos fertilizantes a serem utilizados e os que serão estudados para o fluxo de óxido nítrico. Foram escolhidos o sulfato de amônio e o lodo de esgoto. (ver Anexo I). O primeiro por ser o mais indicado para este tipo de leguminosa e o segundo, por ser um estudo iniciado pela UNITAU na utilização do lodo urbano como fertilizante e o seu impacto no meio ambiente (maio-junho/2001).

d) Plantio na área de cultivo ocorreu em 2 de julho, em 24 parcelas de 4x4 metros, utilizando 5 tipos diferentes de fertilizantes e um de testemunho .

e) As coletas tiveram início em 5 de julho obedecendo o seguinte esquema:

Para três parcelas do fertilizante estudado foi colocado uma câmara.

Para cada câmara: 2 coletas: 30 e 60 minutos, mais uma coleta da atmosfera.

Coleta em um dos tipos de fertilizantes antes do meio dia e em outro tipo após o meio dia local (julho/2001).

Total de coletas por dia: 18.

Coletas já realizadas: 5 de julho

12 de julho (interrompida devido a chuva)

16 de julho

19 de julho

f) Em conjunto com as coletas também teve início as análises das amostras no laboratório de Ozônio do INPE. Cada amostra toma 30 minutos para a sua análise (julho/2001).

Próximas fases a serem realizadas com a participação do bolsista:

a) Continuação das coletas até que o fluxo chegue a um nível estável após um máximo de emissão. Espera-se que este período dure cerca de 70 dias (julho a setembro/2001).

b) Análise das coletas realizadas neste período (julho a outubro/2001).

c) Estudo das propriedades do solo em função da fertilização utilizada (julho a outubro/2001).

d) Determinação do fluxo de óxido nítrico em função das coletas e parâmetros medidos no momento da coleta: pressão atmosférica, temperatura no interior da câmara, volume e área coberta pela câmara e a variação da concentração do N_2O no interior da câmara (outubro a dezembro/2001).

e) Avaliar os resultados obtidos analisando-os em conjunto com dados da literatura (novembro a fevereiro/2001).

f) Preparação e apresentação dos resultados através dos meios adequados (fevereiro a junho/2002).

5. CONCLUSÕES

O estudo do fluxo de gases através da utilização da técnica de câmara estática, na qual o bolsista está inserido é composto de várias fases, onde cada fase tem seu próprio tempo de desenvolvimento. Em cada uma das fases o bolsista irá ter contato com a aplicação do método científico, seja na fase experimental, como na fase de tratamento dos dados até a obtenção dos fluxos de óxido nítrico na área de cultivo. No momento, está-se iniciando a fase experimental, junto a UNITAU, da onde o bolsista é estudante e a fase de análise das amostras através da utilização da cromatografia gasosa. O bolsista tem demonstrado grande interesse e aplicação nos trabalhos a ele propostos.

6. AGRADECIMENTOS

O orientador e o bolsista agradecem ao INPE pelo suporte dado na execução do projeto, ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica – PIBIC/CNPq pelo apoio financeiro recebido e a UNITAU pela colaboração na realização do cultivo, o qual está propiciando a execução do projeto.

7. CRONOGRAMA FÍSICO

ANO 2001

2002

MÊS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 1 2 3 4 5 6

Fases já realizadas

a) XXXX

b) XXXX

c) XXXX

d) XXXX

e) XXXXXXXX

Fases a serem realizadas

c) XXXX

d) XXXXXXXX

c) XXXXXXXX

d) XXXXXXXX

e) XXXXXXXX

f) XXXXXXXX

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvalá, P. C., Observações do metano atmosférico no Brasil, Tese de Doutorado em Ciência Espacial, São José dos Campos, *INPE*, 1995. 107p.
- Cicerone, R.J., Changes stratospheric ozone, *Science*, 237: 35-42, 1987.
- Clayton, H.; Arah, J.R.M.; Smith, K.A., Measurement of nitrous oxide emissions from fertilized grassland using closed chambers, *Journal of Geophysical Research*, 99 (D8): 16.599-16.607, 1994.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 1995. Impacts, adaptations and mitigation of climate change: Scientific – Technical Analysis. Cambridge University Press. 878p, 1996(a)
- Isaksen, I. S. A., F. Stordal, Ozone perturbations by enhanced levels of CFCs, N₂O, CH₄: a two-dimensional diabatic circulation study including uncertainty estimates. *Journal of Geophysical Research*, 91(D4): 5249-5263, Apr. 1986.
- Khalil, M. A. K., R. A. Rasmussen, The Global Sources of Nitrous Oxide, *Journal of Geophysical Research*, vol97(D13): 14.651- 14660, 1992.
- Khalil, M.A.; Rasmussen, R.A.; Shearer, M.J.; Zong-Liang Chen; Heng Yao; Jun Yang, Emissions of methane, nitrous oxide, and other trace gases from rice fields in China, *Journal of Geophysical Research*, 103(D19): 25.241-25.250, 1998.
- Kroeze, C.; Mosier, A. New estimates for emissions of nitrous oxide, in: Non-CO₂ Greenhouse Gases: Scientific Understanding, Control and Implementation, Edited by J. Van Ham, A.P.M. Baede, L.A. Meyer and R. Ybema, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht-Boston-London, 2000.
- Marinho, E.V.A. Medidas de óxido nitroso em ecossistemas naturais do Brasil, Tese de doutorado e Geofísica, São Paulo, IAG-USP, 1993.
- Matson, P.A.; Vitousek, P.M., Ecosystem approach to a Global Nitrous Oxide Budget, *BioScience*, 40 (9): 667-672, 1990.
- Matson, P.A.; Billow, C.; Hall, S. Fertilization practices and soil variations control nitrogen oxide emissions from tropical sugar cane, *Journal of Geophysical Research*, 101 (D13): 18533-18545, 1996.
- Matson, P.A.; Naylor, R.; Ortiz-Monasterio, I., Integration of Environmental, Agronomic, and Economic Aspects of Fertilizer Management, *Science*, 280: 112-115, 1998.

Mosier, A.; Kroeze, C., A new approach to estimate emissions of nitrous oxide from agriculture and its implications to the global N₂O budget, IGACTivities NewsLetter, Issue 12, 1998.

Smith, K.A.; Clayton, H.; Arah, J.R.M.; Christensen, S.; Ambus, P.; Fowler, D.; Hargreaves, K.J.; Skiba, U.; Harris, G.W.; Wienhold, F.G.; Klemetsson, L.; Galle, B., Micrometeorological and chamber methods for measurement of nitrous oxide fluxes between soils and the atmosphere: Overview and conclusions, *Journal of Geophysical Research*, 99(D8): 16.541-16.548, 1994.

ANEXO I

CROQUI DE CAMPO – UNITAU

T2R1	ESPAÇO	T1R2	ESPAÇO	T2R3
T4R1		T3R2		T4R3
T3R1		T2R2		T3R3
T1R1		T5R2		T5R3
T5R1		T4R2		T1R3
T6R1		T6R2		T6R3
		ESPAÇO		ESPAÇO
		T1R4		T6R5
		T5R4		T4R5
		T3R4		T2R5

TRATAMENTOS:

T1: Testemunho (sem fertilizantes)

T2: Fosfato diamônico

T3: Nitrato de potássio

T4: Uréia

T5: Sulfato de amônio

T6: Lodo de Esgoto

R1, R2, R3 e R4: Ruas