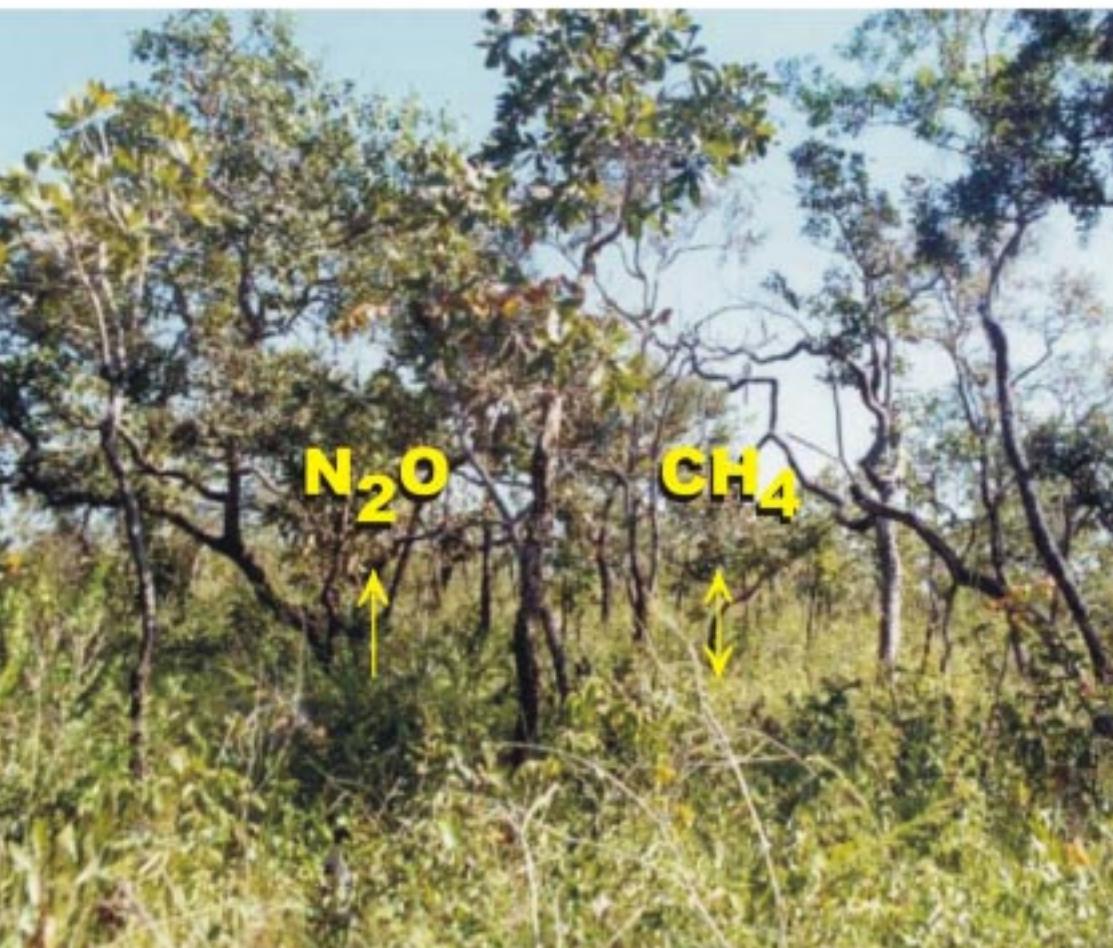


**Fluxo de Gases-traço de Efeito Estufa
na Interface Solo - Atmosfera em Solos
de Cerrado**





*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

ISSN 1676-918X

Novembro, 2001

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 17

Fluxo de Gases-traço de Efeito Estufa na Interface Solo/Atmosfera em Solos de Cerrado

Alexandre N. Cardoso
Tereza C. Saminêz
Milton A. Vargas

Planaltina, DF
2001

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Cerrados

BR 020, Km 18, Rod. Brasília/Fortaleza

Caixa Postal 08223

CEP 73301-970 Planaltina - DF

Fone: (61) 388-9898

Fax: (61) 388-9879

<http://www.cpac.embrapa.br>

sac@cpac.embrapa.br

Comitê de Publicações

Presidente: *Ronaldo Pereira de Andrade*

Secretária-Executiva: *Nilda Maria da Cunha Sette*

Membros: *Maria Alice Bianchi, Leide Rovênia Miranda de Andrade, Carlos Roberto Spehar, José Luiz Fernandes Zoby*

Supervisão editorial: *Nilda Maria da Cunha Sette*

Revisão de texto: *Maria Helena Gonçalves Teixeira /
Jaime Arbués Carneiro*

Normalização bibliográfica: *Maria Alice Bianchi*

Capa: *Chaile Cherne Soares Evangelista*

Editoração eletrônica: *Leila Sandra Gomes Alencar*

1ª edição

1ª impressão (2001): tiragem 300 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

CIP-Brasil. Catalogação-na-publicação.
Embrapa Cerrados.

C268 Cardoso, Alexandre N.

Fluxo de gases-traço de efeito estufa na interface solo/atmosfera em solos de Cerrado / Alexandre N. Cardoso, Tereza C. Saminéz, Milton A. Vargas. – Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001.

23 p. — (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Cerrados, ISSN 1676-918X ; 17)

1. Cerrado - solo - atmosfera.

I. Saminéz, Tereza C. II. Vargas, Milton A. III. Título. IV. Série

631.4 - CDD 21

Sumário

Resumo	5
Abstract	6
Introdução	7
Material e Métodos	12
Resultados e Discussão	14
Conclusões	19
Referências Bibliográficas	20

Fluxo de Gases-traço de Efeito Estufa na Interface Solo/Atmosfera em Solos de Cerrado

Alexandre N. Cardoso¹

Tereza C. Saminêz²

Milton A. Vargas³

Resumo - A contribuição da agricultura para as emissões de gases de efeito estufa tem sido discutida em vários estudos. No que se refere às emissões de CH₄ (metano) e N₂O (óxido nitroso), tem sido demonstrado que a contribuição dela está em torno de 65% e 90% do total das emissões antropogênicas respectivamente. O metano é produzido pela decomposição anaeróbica da matéria orgânica no solo, queima de resíduos e fermentação de ruminantes. O consumo desse gás ocorre pela oxidação de radicais "OH" na troposfera e por oxidação microbiológica no solo. O óxido nitroso é igualmente distribuído na troposfera e apresenta um tempo de residência bem maior do que o metano. Esse gás é produzido nos solos por processos biológicos e não-biológicos, a partir de transformações microbianas de nitrogênio inorgânico nos solos, sendo a denitrificação e a nitrificação, os processos microbiológicos que mais contribuem para a emissão de N₂O. A conversão de florestas para o uso agrícola tem sido indicado como causador do aumentado nos fluxos de N₂O, no entanto, neste estudo, em áreas de Cerrado, emissões muito reduzidas foram medidas. A capacidade de os solos da Região do Cerrado consumir CH₄ foi demonstrada neste estudo. Embora tenha sido observada uma variação sazonal dos fluxos, em nenhum período foi medida emissão desse gás, mesmo durante o período chuvoso. A possível redução nas taxas de oxidação de metano como resultado do aumento de fontes nitrogenadas em áreas cultivadas, indicada por trabalhos anteriores, não é verificada pelo estudo.

Termos para indexação: metano, óxido nitroso, oxidação de metano.

¹ Eng. Agrôn., Ph.D., Embrapa Cerrados, alexc@cpac.embrapa.br

² Eng. Agrôn., M.Sc., Embrapa Hortaliças

³ Eng. Agrôn., Ph.D., Bioagri Laboratórios, Caixa Postal 08287, 73301-970 - Planaltina, DF

Greenhouse Trace Gas Fluxes in Soil - Atmosphere Interface in the Cerrados Soils

Abstract - *The contribution of agriculture to greenhouse gas emissions has been discussed in several studies. Concerning CH₄ (methane) and N₂O (nitrous oxide) emissions, it has been shown that agriculture contribution is around 65% and 90% of total antropogenic emissions, respectively. Methane is produced through anaerobic decomposition of organic matter in soil, residue burning and ruminant fermentation. The consumption of this gas occurs through oxidation by "OH" groups in the troposphere and through microbiological oxidation in the soil. Nitrous oxide is evenly distributed in the troposphere and presents a residence time longer than methane. This gas is produced in the soil by biological and non-biological processes, through microbiological transformations of inorganic nitrogen in the soils, with nitrification and denitrification being the main biological processes related to its emissions. Forest conversion to crop production has been indicated as responsible for the increases on N₂O fluxes; however, very low emissions were measured, on this study, in the Cerrados. The capacity of Cerrado soils to consume CH₄ was demonstrated in this study. Although it was observed a seasonal variation for the fluxes, with lower methane oxidation rates during the rainy season, no gas emission occurred during period. A possible reduction on methane oxidation rates, previously observed, as a result of nitrogen sources increase in cultivated areas was not verified in the present study.*

Index terms: Methane, nitrous oxide, methane oxidation.

Introdução

As atividades antropogênicas têm sido apontadas como as principais responsáveis pelo aumento da concentração atmosférica dos "gases estufa" ([Drennem et al., 1993](#)). Segundo [Duxbury \(1994\)](#), a agricultura contribui com respectivamente, 25% , 65% e 90% do total das emissões antropogênicas para CO_2 , CH_4 e N_2O . A Tabela 1, publicada por [Lima \(2000\)](#), sumariza a significância dos principais gases-traço para o aumento do efeito estufa.

Em relação ao CH_4 e N_2O , tem sido indicado um desequilíbrio entre fontes e drenos, resultando em excedente de gases emitidos (Tabela 1).

Tabela 1. Gases-traço atmosféricos significantes para o aumento do efeito estufa.

	Gás Carbônico (CO_2)	Metano (CH_4)	Óxido Nitroso (N_2O)
Principal fonte antrópica	Combustíveis fósseis, desflorestamento	Cultivo de arroz inundado, pecuária, combustíveis fósseis, queima de biomassa	Fertilizantes, conversão do uso da terra
Tempo de vida na atmosfera	50-200 anos	10 anos	150 anos
Taxa anual atual de aumento	0,5%	0,9%	0,3%
Contribuição relativa ao efeito estufa antrópico	60%	15%	5%

Adaptado de Krupa, 1997.

Fluxos de Metano

O metano é um importante "gás estufa", pois tem vida relativamente longa na atmosfera, de 8 a 10 anos de residência ([Steadler et al., 1989](#)) e alta capacidade de absorção da radiação infravermelha quando comparado com o CO_2 . Embora presente na atmosfera, em concentração bem inferior a do CO_2 , sua contribuição para o efeito estufa tenderá a aumentar. Segundo [Pearce \(1989\)](#), dentro de 50 anos será o principal gás a influenciar o clima global.

O principal consumo de metano ocorre na troposfera onde esse gás é oxidado fotoquimicamente por radicais "OH" ([Crutzen, 1981](#)), estimado por [Pearman & Fraser \(1988\)](#) em 400-600 Tg/ano. Nos solos, a oxidação microbiológica ocorre em menores proporções ([Stuedler et al., 1989](#); [Mosier et al. 1991](#)), estimada em 32 Tg/ano por [Melillo et al. \(1989\)](#). Alguns resultados indicam que os níveis de radicais OH têm decrescido na atmosfera devido ao aumento da concentração de metano e monóxido de carbono. Embora as estimativas de oxidação de metano no solo representem pequena parcela das taxas de oxidação fotoquímica, a contribuição dos solos não-saturados consiste na única via biológica de oxidação de metano. Assim sendo, qualquer processo no solo que venha a diminuir essas taxas, irá alterar significativamente as concentrações de metano na atmosfera.

O metano é produzido pela decomposição anaeróbia da matéria orgânica, promovida por bactérias metanogênicas nos solos. Essa matéria orgânica, primeiramente, é decomposta por processos aeróbicos, depois é atacada anaerobicamente por bactérias não-metanogênicas, formando compostos mais simples como celulose, aminoácidos, açúcares e gorduras. Essas substâncias simples são quebradas em pequena cadeia de compostos orgânicos (H_2 , CO_2 , CH_3COOH , $HCOOH$ e CH_3OH) que formam os substratos para as bactérias metanogênicas.

Em condições naturais, áreas submersas ou inundadas periodicamente, constituem as maiores fontes de emissão de metano. De acordo com dados do [IPCC \(2001\)](#), as fontes antropogênicas são responsáveis por aproximadamente 70% das emissões. Embora a fonte, em nível global, seja relativamente bem conhecida, a magnitude da contribuição individual de cada setor ainda não está bem definida ([IPCC, 2001](#)).

Do total das emissões antropogênicas de metano, 55% são ocasionadas por atividades agrícolas ([IPCC, 1995](#)). Entre as fontes agrícolas, a fermentação nos ruminantes contribui com 80 Tg, a produção de arroz inundado com 60 Tg, a queima de biomassa com 40 Tg e os restos de animais com 25 Tg ([Duxbury, 1994](#)). As características da vegetação, em áreas inundadas, controlam a produção do metano uma vez que fornecem substrato para a metanogênese, via material em decomposição e exudatos das raízes, e também servem de conduto para as trocas gasosas ([Schultz et al., 1989](#)).

A produção de CH₄ a partir da queima de resíduos agrícolas ocorre predominantemente na fase em que há produção de fumaça. Os cultivos da cana-de-açúcar e do algodão herbáceo são os maiores responsáveis por emissões de metano no setor agrícola brasileiro, estando concentrados nas regiões Sudeste e Nordeste ([Lima et al., 1999](#)).

[Steadler et al. \(1989\)](#) colocam que tanto as bactérias produtoras de metano (metanogênicas) quanto as oxidantes (incluem metanotróficas e nitrificantes) são difundidas no solo e estão presentes na mesma área, porém, as metanogênicas, por serem anaeróbias obrigatórias, ocupam horizontes mais profundos ou úmidos do solo, e as oxidantes ocupam a superfície por serem aeróbias obrigatórias. O resultado líquido desses processos bacteriológicos antagônicos, produção em microambiente anaeróbico e oxidação em microambiente aeróbico é que determina a ocorrência da emissão ou consumo de metano nos solos ([Sass, 1994](#)).

Fatores que afetam as características físico-químicas e biológicas dos solos influenciam a produção e a emissão de metano. Entre esses fatores [Minami \(1989\)](#) cita: Potencial redox (correlação entre potencial redox e emissão de metano, potencial redox diminui depois da inundação); reação do solo - pH (ocorre maior formação de metano em solos com pH próximo à neutralidade, pois o pH ótimo para as diferentes espécies metanogênicas varia de 6,4 a 7,8); temperatura (importante fator que afeta a atividade microbiana dos solos); substrato e disponibilidade de nutrientes (disponibilidade de substratos oxidáveis e fertilizantes nitrogenados, pois o nitrato exerce efeito restritivo à formação de metano); adsorção e oxidação (metano pode ser absorvido por constituintes não-ácidos dos solos, pode ficar retido em gases líquidos no solo e pode ser oxidado); influência das plantas (solos plantados com arroz emitem menos metano do que correspondentes não-plantados).

Além dos processos de produção e oxidação do metano, também o transporte desse gás entre as camadas do solo é fator importante que interfere no fluxo do metano, na interface solo/atmosfera ([Moore & Dalva, 1997](#)). [Bradford et al. \(2001\)](#) discutiram sobre a importância de entender e de quantificar o papel desses três processos na dinâmica do metano em solos não-saturados. Dessa forma, seria possível prever os possíveis impactos de mudanças ambientais na contribuição positiva advinda da oxidação biológica do metano, levando em consideração, também, o processo de difusão do gás no solo, apontado pelos autores como importante regulador no seqüestro de metano no solo.

A oxidação do metano ocorre tanto em solos de florestas tropicais quanto nos de florestas temperadas ([Keller et al., 1993](#)). Mudanças no uso da terra, deposição de N na atmosfera e alterações na dinâmica de N nos solos cultivados têm sido apontados como causas da redução na oxidação de metano ([Duxbury, 1994](#)).

Fluxos do Óxido Nitroso

Processos que ocorrem na superfície terrestre são a principal fonte de N_2O para a atmosfera, assim sendo, mudanças no uso da terra podem modificar os níveis das emissões e influenciar sua concentração na atmosfera ([IPCC, 2001](#)).

Segundo o [IPCC \(2001\)](#), as incertezas relativas à magnitude atual das fontes e drenos de N_2O e à amplitude de vida desse gás na atmosfera têm limitado o cálculo preciso da quantidade de N_2O na atmosfera, tendo sido anteriormente estimado por ([Pearce, 1989](#)) em 954 Tg N_2O , contribuindo com aproximadamente 5% do efeito estufa. As emissões foram estimadas e 14 Tg N ano⁻¹ ([IPCC, 2001](#)).

O N_2O é igualmente distribuído na troposfera e apresenta amplitude de vida bem mais longa que a do metano. Depois da difusão, sob ação dos raios ultravioletas na estratosfera, o N_2O é decomposto em N_2 e O.

O N_2O também reage com o átomo de O produzindo NO que reage com ozônio (O_3), formando NO_2 e O_2 .

O NO_2 recém-formado reage com o átomo de O, formando NO e O_2 . Por essas repetidas reações, ocorre a destruição da camada de ozônio.

As atividades antropogênicas causaram aumento na faixa de 1,91 Tg N_2O a 2,86 Tg N_2O . A emissão dos solos é considerada a principal fonte de N_2O ([Duxbury, 1994](#); [Keller et al., 1993](#)), como resultado do uso de fertilizantes nitrogenados, fixação biológica de nitrogênio, adição de dejetos animais e incorporação de resíduos culturais ([Lima, 2000](#)). O resultado é uma contribuição dos solos cultivados na faixa de 0,019 a 1,91 Tg/ano, sendo essa amplitude um reflexo das condições e das práticas agrícolas adotadas

([IPCC, 1992](#)). Assim como outros "gases estufa", o N_2O também é produzido quando ocorre queima de resíduos agrícolas, sendo gerado predominantemente na fase de combustão com presença de chama ([Lima et al., 1999](#)), embora em quantidade bem inferior ao produzido no solo.

O óxido nitroso é produzido nos solos por processos biológicos e não-biológicos ([Yamaguchi et al., 1994](#)), a partir de transformações microbianas das formas inorgânicas do nitrogênio nos solos ([Yamaguchi et al., 1994](#)). Denitrificação e nitrificação são os processos microbiológicos que ocorrem nos solos que mais contribuem para a emissão de N_2O .

Nitrificação é um processo que requer condições de oxidação. A nitrificação autotrófica usa CO_2 como fonte de carbono e obtém energia da oxidação do amônio. O NH_4^+ pode ser originado da mineralização de material orgânica nos solos, de outros organismos ou pela adição de fertilizantes. A nitrificação processa-se em duas etapas, primeiro o NH_4^+ é oxidado a NO_2^- pelas bactérias amoníum-oxidantes, conhecidas como Nitrossomonas e depois o NO_2^- é oxidado a NO_3^- pelas bactérias nitrato-oxidantes, pertencentes ao gênero Nitrobacter. Da oxidação do NH_4^+ , a NO_2^- pelas Nitrossomas ocorre a formação de produtos intermediários, como hidroxilamida (NH_2OH) que se decompõe quimicamente em N_2O , principalmente, sob condições ácidas, sendo essa reação chamada de denitrificação química ([Yamaguchi et al., 1994](#)). Dependendo das condições, produtos intermediários podem-se acumular e eventualmente ocorrer a liberação de N_2O para a atmosfera.

Denitrificação é o último passo no ciclo do nitrogênio. É o processo pelo qual o N_2 fixado do ar, por via industrial ou biológica, é devolvido à atmosfera sob condições anaeróbias, sendo o N_2O o intermediário obrigatório nesse processo.

A denitrificação era considerada como a principal fonte de N_2O até 1980, depois desse período, trabalhos conduzidos por [Bremner & Blackmer \(1978\)](#) e [Bremner et al. \(1981\)](#) mostraram que a nitrificação também é uma importante fonte de N_2O .

A interação de diversos fatores químico-físicos e biológicos influenciam não só a emissão de N_2O , conteúdos de carbono orgânico, quantidades de amônio, nitrato, água e ar, como também tipo e pH do solo, a vegetação, a temperatura e

a sazonalidade ([Yamaguchi et al. 1994](#)). As operações de cultivo incluem, entre outras práticas, a adição de fertilizantes nitrogenados, exploração da fixação biológica de nitrogênio, alterando os fatores controladores da emissões de N_2O e, conseqüentemente, aumentando as emissões ([Mosier, 1991](#); [Duxbury, 1994](#)). Considerando a importância dos fluxos de CH_4 e N_2O como gases de efeito estufa e a influência de mudanças no uso do solo na extensa área sob Cerrado, este estudo avaliou as influências do uso do solo e possíveis variações sazonais durante o período estudado sobre os fluxos desses gases.

Material e Métodos

Locais e Datas da Coleta das Amostras de Gases:

As avaliações ocorreram em parcelas de um experimento de longa duração, estabelecido no campo experimental da Embrapa Cerrados-DF, implantado no ano agrícola 1991/1992, num Latossolo Vermelho-Escuro argiloso, proporcionando uma das primeiras oportunidades de mediação dos fluxos de metano e óxido nitroso em área de Cerrado.

Entre os tratamentos instalados em parcelas de 2000 m², foi selecionada uma parcela para cada uma das quatro situações de uso do solo que se segue:

- Cerrado nativo;
- Cultura anual contínua (rotação milho-soja-milho), com aração e gradagem do solo;
- Pastagem contínua (*Andropogon gayannus* cv. Planaltina) sob pastejo;
- Pastagem contínua consorciada (*Andropogon gayannus* cv. Planaltina, *Calopogonium mucunoides*, *Stylosanthes guianenses* cv. Mineirão, *Centrosema brasilianum* CPAC 1219 e *Neotonia wightii* sob pastejo).

As medições ocorreram no período de julho de 1994 a agosto de 1995 para os fluxos de metano, e de setembro de 1994 a agosto de 1995 para os fluxos de óxido nitroso, e nas parcelas sob o tratamento pastagem consorciada ocorreram por período mais curto devido a problemas operacionais.

A adubação das áreas estudadas foi feita conforme indicado na Tabela 2.

Tabela 2. Quantidades de nitrogênio, fósforo, potássio e micronutrientes aplicadas no experimento.

Ano/cultura	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Micros
	Kg/ha.....		
1993-milho	80	100	60	2
1994-soja	-	100	100	-
1995-milho	80	100	100	22
Pastagem	-	20	20	-

Medições dos Fluxos na Interface Solo/Atmosfera

As trocas do CH₄ e N₂O na interface solo/Atmosfera foram medidas semanalmente, entretanto, no início e no final do período chuvoso, a amostragem foi mais freqüente. Essa freqüência foi a mesma para medições de metano e de óxido nítrico.

Os fluxos dos gases foram medidos com o uso de campânulas, de acordo com o procedimento descrito por [Matson et al. \(1990\)](#), segundo o qual são utilizadas campânulas encaixadas em anéis de PVC já instalados no solo. Quatro anéis foram inseridos no solo a uma profundidade de 5 cm permanecendo ali durante o período estudado.

Nas áreas do Cerrado e de pastagens, os anéis foram distribuídos ao acaso, nas parcelas e na área sob cultivo, sempre entre as linhas de plantio.

As amostras gasosas foram coletadas, utilizando-se de seringas de vidro com válvula de vedação entre a seringa e a agulha. O início da amostragem ocorreu sempre cinco minutos depois do encaixe das campânulas, sendo coletadas amostras, no máximo, 40 minutos, em intervalos de 10 minutos. As amostras foram analisadas no mesmo dia da amostragem, sendo o período entre a análise e a amostragem inferior a duas horas.

A determinação da concentração dos gases nas amostras foi feita por cromatografia gasosa. O CH₄ foi analisado em um cromatógrafo CG 370, equipado com detector de ionização de chama e coluna POROPAK N, e o N₂O em um cromatógrafo HP 5890 equipado com detectores de captura de elétrons e coluna POROPAK Q.

Os fluxos, em cada campânula foram calculados com base no ajuste linear das concentrações dos gases no tempo da amostragem e o fluxo para cada data e local, como a média dos valores medidos nas quatro campânulas.

Foram calculados o fluxo médio e o desvio-padrão para cada conjunto de dados obtidos dentro de cada mês. Uma estimativa dos valores acumulados no período estudado foi obtida do produto do fluxo médio pelo número de dias de cada mês e posterior soma dos valores para os meses avaliados no estudo.

Resultados e Discussão

Taxas de Oxidação de Metano

Ainda são escassos o dados referentes ao fluxo de metano em regiões tropicais. Nas condições estudadas, esses fluxos indicaram captura de metano pelo solo, tendo ocorrido esse processo de oxidação para todos os tratamentos. Esse comportamento ocorreu durante todo o período avaliado, sem exceção, tendo sido registrado que mesmo imediatamente depois de um evento de chuva, não foi registrada emissão de metano.

As taxas de oxidação de metano foram bastante influenciadas pela variação espacial ([Tabela 3](#)), limitando uma análise dos efeitos dos tratamentos estudados. Por sua vez, foi verificada uma variação temporal dos dados, sendo evidenciado um efeito sazonal nas taxas de oxidação de metano para todos os tratamentos.

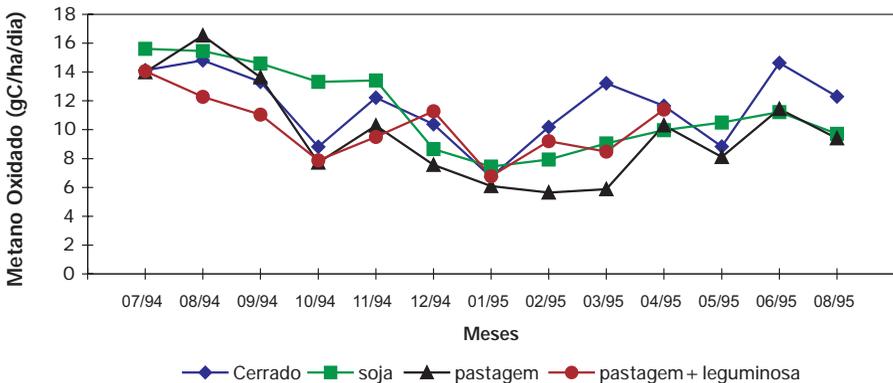
Com base nos dados apresentados na [Figura 1](#), pode-se inferir sobre a ocorrência de um efeito sazonal nas taxas de oxidação de CH_4 , com redução durante o período chuvoso. De acordo com [King & Adamsen \(1992\)](#), menores taxas de oxidação de metano durante a estação chuvosa estariam associadas a restrições no transporte do gás no solo, estando relacionadas com a porosidade do solo e o espaço ocupado por O_2 .

O cálculo da média dos fluxos para os meses secos, (julho, agosto, setembro de 1994 e junho, agosto de 1995) resultou nos seguintes valores: 13.84, 13.32, 12.99 e 12.47 g C.ha⁻¹.dia⁻¹, respectivamente para os tratamentos Cerrado, cultivo, pastagem e pastagem com leguminosa, não demonstrando diferença entre os tratamentos. Nos meses com ocorrência de chuvas (outubro de 1994 a maio de 1995), a média dos fluxos foi de: 10.25, 10.03, 7.7 e 8.87 g C.ha⁻¹.dia⁻¹ e, durante esse período, as áreas de pastagem apresentaram as menores taxas.

Tabela 3. Fluxo médio diário de metano para cada mês em função do uso do solo.

Mês / Ano	Cerrado	Milho/Soja	Pastagem	Pastagem c/ Leg.
	----- g C.ha ⁻¹ dia ⁻¹ -----			
07/94	14.13 (4.68)	15.62 (3.86)	13.98 (2.98)	14.07 (0.95)
08/94	14.81 (3.76)	15.45 (3.44)	16.53 (4.21)	12.29 (3.06)
09/94	13.32 (6.15)	14.60 (5.94)	13.63 (7.12)	11.05 (4.21)
10/94	8.81 (2.91)	13.31 (5.99)	7.72 (4.63)	7.88 (2.90)
11/94	12.23 (5.21)	13.42 (4.50)	10.28 (5.23)	9.49 (5.71)
12/94	10.38 (5.06)	8.66 (3.12)	7.57 (3.74)	11.28 (5.43)
01/95	6.71 (4.34)	7.45 (2.85)	6.10 (3.65)	6.77 (4.16)
02/95	10.18 (2.48)	7.93 (1.73)	5.64 (2.62)	9.21 (0.76)
03/95	13.22 (5.76)	9.05 (2.78)	5.88 (5.34)	8.48 (4.83)
04/95	11.65 (5.15)	9.96 (3.87)	10.31 (5.71)	11.39 (6.83)
05/95	8.84 (3.66)	10.49 (1.78)	8.10 (5.35)	
06/95	14.63 (1.62)	11.22 (2.02)	11.44 (1.18)	
08/95	12.30 (2.43)	9.71 (1.07)	9.39 (0.37)	

Valor entre parênteses representa o desvio-padrão para os fluxos obtidos em cada mês.

**Figura 1.** Comportamento dos fluxos médios diários de metano para cada mês durante o período estudado.

Uma tentativa de cálculo dos valores acumulados, no período estudado, poderia ser indicativo de que a área sob cultivo anual (soja) em solos de Cerrado proporcionaram taxas anuais de oxidação superiores às das pastagens, praticamente igualando-se àquelas observadas no solo de Cerrado, totalizando aproximadamente 3.5 kg C.ha⁻¹ (Figura 2).

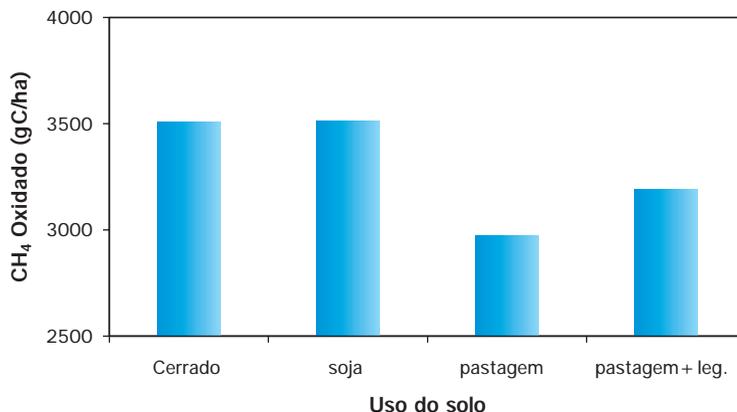


Figura 2. Estimativa do acúmulo de metano oxidado em função do uso do solo na Região do Cerrado.

As menores taxas de oxidação do metano, observadas nos solos sob pastagens, poderiam ser o resultado da compactação superficial do solo, causada pelo pastejo de animais ([Lauren et al., 1995](#)). Essa hipótese seria possivelmente confirmada em pastagens mais antigas, já que as áreas em estudo contavam apenas com menos de três anos de pastejo na época da avaliação. [Feigl et al. \(1999\)](#) encontraram taxas de oxidação média anual na ordem de 4,7 kg C. ha⁻¹ em solo sob floresta, tendo, no entanto, ocorrido, inversão no fluxo, passando a surgir emissão do gás, em áreas de pastagem com mais de quatro anos de idade.

Uma análise preliminar dos dados disponíveis indica a hipótese de que atividades agrícolas, principalmente, com adição de fertilizantes, reduziriam a oxidação de metano no solo, ([Ojima et al., 1993](#); [Keller et al., 1990](#); [Mosier et al., 1991](#)), não se aplicaria nas condições estudadas.

Comparando dados preliminares coletados em florestas de clima temperado e os valores alcançados nessa mesma área de estudo, sob Cerrado, [Lauren et al. \(1995\)](#) obtiveram taxas de oxidação de metano significativamente maiores no cerrado brasileiro, chegando a acumular cinco vezes mais metano oxidado do que na floresta temperada. Mesmo em condições de clima tropical úmido, [Valdekamp et al., 2001](#) também observaram oxidação de metano sob pastagem, medindo, no entanto, taxas inferiores à metade das conseguidas em pastagem na Região do Cerrado.

Dada a magnitude do efeito oxidativo, indicado por esses dados em condições tropicais, no contexto das estimativas globais, maior atenção deverá ser dada ao uso dos solos de Cerrado e provavelmente de outros tipos de savana. Entretanto, as tendências observadas para áreas sob cultivo, podem não se manter em áreas degradadas, onde a porosidade desses solos estaria significativamente alterada.

Taxas de Emissão de Fluxos de Óxido Nitroso

Foi estimado por [Bouwman \(1990\)](#) que 90% do total de N_2O emitido tem origem no solo, estando, geralmente, associado ao desmatamento, à irrigação e a acréscimos de fontes nitrogenadas, estando essas atividades diretamente relacionadas com o setor agrícola. A mudança no uso do solo torna-se fator importante, nesse contexto. [Luizão et al., 1989](#) observaram que a conversão do solo para pastagem, tendo como base a floresta tropical, triplicou a emissão de N_2O .

No estudo atual, em solos do Cerrado, a emissão de óxido nitroso foi muito baixa, chegando a ser quase nula em certos períodos. A comparação entre os efeitos dos tratamentos foi limitada devido à alta variabilidade espacial característica na medição desses fluxos (Tabela 4).

Tabela 4. Fluxo médio diário de óxido nitroso para cada mês em função do uso do solo.

Mês/Ano	Cerrado	milho/soja	pastagem	pastagem c/ leg.
..... g N ha ⁻¹ dia ⁻¹				
09/94	1.44 (0.05)	2.68 (0.93)	1.98 (0.75)	1.93 (0.84)
10/94	4.08 (2.43)	4.69 (2.81)	2.78 (1.88)	3.79 (2.07)
11/94	4.27 (2.91)	9.50 (7.60)	5.49 (2.46)	5.85 (3.26)
12/94	2.93 (1.38)	3.33 (1.73)	7.66 (4.83)	6.68 (3.85)
01/95	1.21 (0.61)	2.29 (1.34)	3.26 (1.64)	4.11 (1.63)
02/95	1.03 (0.56)	1.33 (0.36)	1.60 (0.65)	1.65 (0.63)
03/95	1.69 (0.86)	2.62 (1.80)	4.20 (2.00)	2.16 (1.14)
04/95	0.88 (0.16)	9.25 (3.85)	3.41 (1.91)	2.31 (1.27)
05/95	1.50 (0.10)	1.40 (0.30)	2.10 (0.90)	
06/95	1.28 (0.76)	2.69 (2.06)	0.70 (0.00)	
07/95	1.90 (0.96)	2.06 (0.45)	1.57 (0.69)	
08/95	3.50 (0.10)	5.20 (1.70)	6.83 (3.65)	

Valor entre parênteses representa o desvio-padrão para os fluxos obtidos em cada mês.

O cálculo da média dos fluxos para os meses secos, (setembro de 1994 e junho, julho e agosto de 1995) resultou nos seguintes valores: 2.03, 3.16, 2.77 e 1.93 g de N. ha⁻¹. dia⁻¹, respectivamente para os tratamentos Cerrado, cultivo, pastagem e pastagem com leguminosa. Nos meses com ocorrência de chuvas (outubro de 1994 a maio de 1995), as médias dos fluxos apresentaram tendências de elevação, estando nos níveis de: 2.20, 4.30, 3.81 e 3.79 g de N.ha⁻¹. dia⁻¹. Para ambos os períodos, ocorreram tendências de maiores taxas para o tratamento sob cultivo, sendo esses valores bastante influenciados no período chuvoso por dois picos mais intensos ocorridos em novembro de 1994 e abril de 1995 (Figura 3).

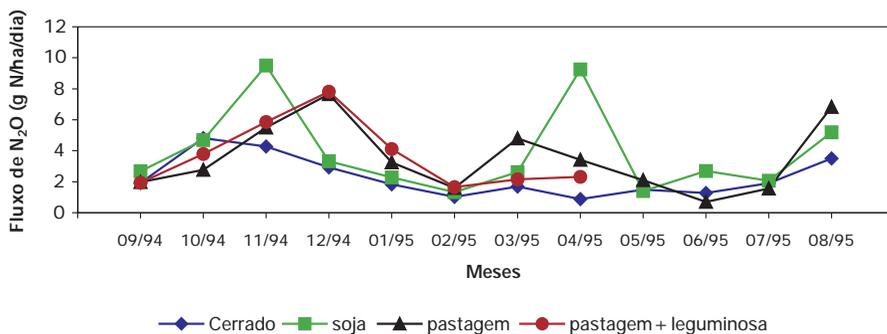


Figura 3. Comportamento dos fluxos médios diários de metano para cada mês durante o período estudado.

As menores variações nos fluxos no período estudado ocorreram na área do Cerrado, tendo sido observado maior fluxo no início do período chuvoso seguido por um decréscimo na emissão de N₂O nos meses seguintes (Figura 3).

Esse comportamento foi igualmente observado nos demais tratamentos, porém, com maiores oscilações nos fluxos.

A causa dessa variação sazonal está descrita na literatura, estando relacionada com o acúmulo de N orgânico no solo durante o período seco e as altas taxas de nitrificação possibilitadas no início das chuvas.

A estimativa dos valores médios acumulados no período de oito meses demonstram tendência de maiores emissões do óxido nitroso nas áreas cultivadas em relação ao Cerrado, com o cultivo da soja, resultando em maiores emissões, seguido das áreas sob pastagem (Figura 4).

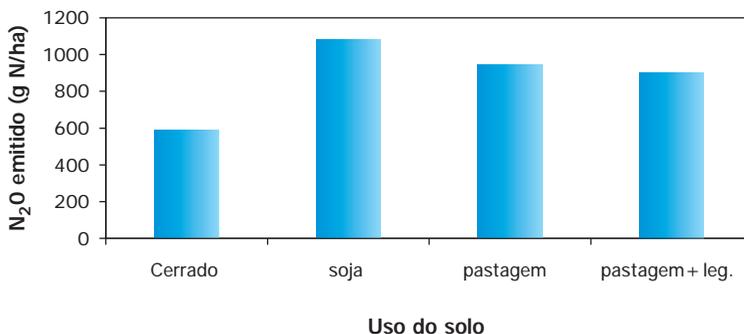


Figura 4. Estimativa do acúmulo de óxido nitroso emitido no período de oito meses em função do uso do solo na Região do Cerrado.

Com base nos estudos realizados sobre os fluxos de óxido nitroso no Cerrado ([Nobre, 1994](#); [Cardoso, 1995](#); [Poth et al., 1995](#); [Saminêz, 1999](#)), pode-se concluir que os solos do Cerrado não constituem importantes fontes de óxido nitroso.

Uma exceção, nesse cenário, ocorre em sistemas agrícolas submetidos à fertilização onde foram medidas emissões relativamente altas, variando de 1,02 a 1,6 kg de N.ha⁻¹.ano⁻¹ ([Saminêz, 1999](#)).

Conclusões

Ocorreu captura de metano pelo solo (processo de oxidação), para os tratamentos e durante o período estudado, tendo sido observado efeito sazonal nas taxas de oxidação de CH₄, com redução durante o período chuvoso.

A emissão de óxido nitroso foi muito baixa, chegando a ser quase nula em certos períodos do ano, entretanto, maiores emissões foram registradas no início do período chuvoso.

Referências Bibliográficas

BOUWMAN, A. F. (Ed.). Soils and the greenhouse effect. Chichester: J. Wiley, 1990. 575 p.

BRADFORD, M. A.; INESON, P.; WOOKEY, P. A.; LAPPIN-SCOTT, H. M. Role of CH₄ oxidation, production and transport in forest soil CH₄ flux. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, UK, v. 33, p. 1625-1631, 2001.

BREMNER, J. M.; BLACKMER, A. M. Nitrous oxide emission from soils during nitrification of fertilizer nitrogen. *Science*, Washington, v. 199, p. 295-296, 1978.

BREMNER, J. M.; BREINTENBECK, G. A.; BLACKMER, A. M. Effect of anhydrous ammonia fertilization on emission of nitrous oxide from soils. *Journal of Environmental Quality*, Madison; v. 10, p. 77-80, 1981.

CARDOSO, A. N.; DUXBURY, J.; LAUREN, J.; VARGAS, M.; MATSON, P.; SAMINEZ, T. Methane and nitrous oxide fluxes in agroecosystems of the Brazilian savannas. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ENVIRONMENTAL BIOGEOCHEMISTRY, 12., 1995, Rio de Janeiro. Biosphere and atmospheric changes: abstracts. 1995. p. 131.

CRUTZEN, P. J. Methane's sink and sources. *Nature*, London, v. 350, p. 380-381, 1981.

DRENNEM, T. E.; KAISER, H. M. Agricultural dimensions of global climate change. Ithaca: Cornell University, 1993. 311 p.

DUXBURY, J. M. The significance of agricultural sources of greenhouse gases. *Fertilizer Research*, Dordrecht, v. 38, p. 151-163, 1994.

FEIGL, B.; BERNOUX, M.; CERRI, C.; PICCOLO, M. O efeito da sucessão floresta/pastagem sobre o estoque de carbono e o fluxo de gases em solos da amazônia. In: WORKSHOP SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS E A AGROPECUÁRIA BRASILEIRA, 1999, Campinas, SP. Mudanças climáticas globais e a agropecuária brasileira: memória do workshop. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, p. 36, 1999. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 4).

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Climate change: radiative forcing of climate change and an evaluation of the IPCC IS92 emission scenarios. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. 339 p. Editado por J. T. Houghton, L. G. Meira Filho, J. Bruce, Hoesung Lee, B. A. Callander, E. Haites, N. Harris e K. Maskell.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Climate change 1992: the supplementary report to the IPCC scientific assessment. Cambridge: Cambridge University Press, 1992. Editado por J. T. Houghton; B. A. Callander e S. K. Varney.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Climate change: IPCC special report on land use, land-use change and forestry. Disponível em: <http://www.grida.no/climate/ipcc/land_use/index.htm, 2001 > . Acesso em: 24 abr. 2002.

KELLER, M.; MITRE, M. E.; STALLARD, R. F. Consumption of atmospheric methane in soils of central Panama: Effects of agricultural development. *Global Biogeochemical Cycles*, Washington, v. 4, p. 21-27, 1990.

KELLER, M.; VELDKAMP, E.; WEITZ, A. M.; REINERS, W. A. Effect of pasture age on trace-gas emissions from a deforested of Costa Rica. *Nature*, London, v. 365, n. 16, p. 244-246, 1993.

KING, G. M.; ADAMSEN, P. S. Effects of temperature on methane consumption in a forest soil and in pure cultures of the methanotroph *Methylomonas rubra*. *Applied and Environmental Microbiology*, Washington, v. 58, p. 2758-2763, 1992.

LAUREN, J.; CARDOSO, A. N.; DUXBURY, J.; VARGAS, M.; AYARSA, M.; MATSON, P. Effects of agricultural development on methane uptake by soils: a temperate - tropical comparison. In: SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA ANNUAL MEETING, 1995, St. Louis, Missouri. Annual meeting abstracts. St. Louis: American Society of Agronomy: Crop Science Society of America: Soil Science Society of America, 1995. p. 237.

LIMA, M. A. Emissão de gases de efeito estufa provenientes de sistemas agrícolas no Brasil. *Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento*, v. 3, n. 17, p. 38-43, 2000.

LIMA, M. A. Methane emissions from livestock in Brazil: an overview of the potential mitigation options. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON METHANE MITIGATION, 2., 1999, Novosibirsk, RU. Proceedings... Novosibirsk: U.S EPA: Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, 1999. p. 161-168.

LUIZÃO, F.; MATSON, P.; LIVINGSTON, G; LUIZÃO, R.; VITOUSEK, K. P. Nitrous oxide flux following tropical land clearing. *Global Biogeochemical Cycles*, Washington, v. 3, n. 3, p. 281-285, 1989.

MATSON, P. A.; VITOUSEK, P. M. Ecosystem approach to a global nitrous oxide budget. *BioScience*, Washington, v. 40, p. 667-672, 1990.

MELILLO, J. M.; STEUDLER, P. A.; ABEER, J. O.; BOWDEN, R. D. Atmospheric deposition and nutrient cycling. In: ANDREAE, M. O.; SCHIMEL, D.S. (Ed.). *Exchange of trace gases between terrestrial ecosystems and the atmosphere*. Chichester: J. Wiley, 1989, p. 263-280.

MINAMI, K. Methane measurements and alternative management practices: Recent work in Japan I. In: INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. *Workshop on greenhouse gas emissions from agricultural systems*. Washington: IPCC-RSWG, 1989.

MOORE, T. R.; DALVA, M. Methane and carbon dioxide exchange potentials of peat soils in aerobic and anaerobic laboratory incubations. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, UK, v. 29, p. 1157-1164, 1997.

MOSIER, A. M.; SCHIMEL, D.; VALENTINE, D.; BRONSON, K.; PARTON, W. J. Methane and nitrous oxide fluxes in native, fertilized and cultivated grasslands. *Nature*, London, v. 350, p. 330-332, 1991.

NOBRE, A. D. Nitrous oxide emissions from tropical soils. 1994. Thesis (Ph.D) - University of New Hampshire, New Hampshire.

OJIMA, D. S.; VALENTINE, D. W.; MOSIER, A. R.; PARTON, W.J.; SCHIMEL, D. S. Effect of land use change on methane oxidation in temperate forest and grassland soils. *Chemosphere*, Oxford, UK, v. 26, p. 675-685, 1993.

PEARCE, F. Methane: the hidden greenhouse gas. *New Scientist*, London, v. 6, n. 1663, p. 37-41, 1989.

PEARMAN, G. I.; FRASER, P. J. Sources of increased methane. *Nature*, London, v. 332, p. 482-490, 1988.

POTH, M. A.; ANDERSON, I. C.; MIRANDA, H. S.; MIRANDA, A. C.; RIGAN, P. J. The magnitude and persistence of soil NO, N₂O, CH₄ and CO₂ fluxes from burned tropical savanna in Brazil. *Global Biogeochemical Cycles*, Washington, v. 9, p. 503-513, 1995.

SAMINÊZ, T. C. O. Efeito do sistema de cultivo, tensão de água, biomassa microbiana e temperatura do solo nos fluxos de CH₄ e N₂O em solos de Cerrados. 1999. 99 p. Tese (Mestrado) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília.

SASS, R. L. Short summary chapter for methane. In: MINAMI, K., MOSIER, A.; SASS, R. (Ed.). CH₄ and N₂O: Global emissions and controls from rice fields and other agricultural and industrial sources. Japan: National Institute of Agro-Environmental Sciences, 1994. 234 p.

SCHÜLTZ, H.; HOLZAPFEL-PSCHORN, A.; CONRAD, R.; RENMEMBERG, H.; SEILER, W. A 3-year continuous record on the influence of daytime, season, and fertilizer treatment on methane emission rates from an Italian rice paddy. *Journal of Geophysics Research*, v. 94, n. 16, p. 405-416, 1989.

STEUDLER, P. A.; BOWDEN, R. D.; MELILLO, J. M.; ABER, J. D. Influence of nitrogen fertilization on methane uptake in temperate forest soils. *Nature*, London, v. 341, p. 314-316, 1989.

VELDKAMP, E.; WEITZ, A. M.; KELLER, M. Management effects on methane fluxes in humid tropical pasture soils. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v. 33, p. 1493-1499, 2001.

YAMAGUCHI, T.; VARGAS, M. A. T.; LUCHIARI JUNIOR, A.; KOSUGE, N. Attempts to measure N₂O using a Brazilian made chromatograph. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. Relatório técnico do projeto nipo-brasileiro de cooperação em pesquisa agrícola nos cerrados 1987/1992. [Planaltina]: Embrapa-CPAC: Jica, 1994. p. 504-516.