

**ESPAÇO CIENTÍFICO**  
Revista do CEUL de Santarém  
Vol. 13 – N.1/2 – 2012  
ISSN 1518-5044

**COMUNIDADE EVANGÉLICA  
LUTERANA SÃO PAULO**

**Presidente**  
Adilson Ratund  
**Vice-Presidente**  
Jair de Souza Junior



**UNIVERSIDADE LUTERANA DO BRASIL**

**Reitor**  
Marcos Fernando Ziemer  
**Vice-Reitor**  
**e Pró-Reitor de Extensão e Assuntos Comunitários**  
Valter Kuchenbecker

**Pró-Reitor de Administração**  
Levi Schneider

**Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação**  
Erwin Francisco Tochtrop Júnior

**Pró-Reitor de Graduação**  
Ricardo Willy Rieth

**Pró-Reitor Adjunto de Graduação**  
Pedro Antonio González Hernández

**Capelão Geral**  
Lucas André Albrecht

**CENTRO UNIVERSITÁRIO  
LUTERANO DE SANTARÉM**

**Diretor Geral**  
Ildo Schlender

**Direção Acadêmica**  
Celso Shiguetoshi Tanabe

**Capelão**  
Rev. Maximiliano Wolfram Silva  
**Coordenação de Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão**  
Maria Viviani Escher Antero

**ESPAÇO CIENTÍFICO  
Comissão Editorial**

Celso Shiguetoshi Tanabe  
Maria Sheyla Cruz Gama  
Maria Viviani Escher Antero

**Comissão Científica**

Carmen Tereza Velanga – UNIR  
Damião Pedro Meira Filho – IFPA  
Felipe Schaedler de Almeida – URGs  
Francisco dos Santos Rocha – CULM/ULBRA  
Gibson Santos Soares – CEULS/IFPA  
Izabel Alcina Evangelista Soares – CEULS/UEPA  
José Ricardo Geller – CEULS/OAB  
Lidiane Nascimento Leão – UFOPA  
Luiz Fernando Gouveia e Silva – UEPA  
Maria Antonia Vidal Ferreira – CEULS/ULBRA  
Maria Lilia Imbiriba Sousa Colares – UFOPA  
Maria Marlene Escher Furtado – UFOPA  
Marialina Corrêa Sobrinho – CEULS/IESPES  
Paula Chistina Figueira Cardoso – USP  
Robinson Severo – UFOPA  
Rosângela Maria Lima de Andrade CEULS/  
ULBRA/IESPES  
Sylviane Beck Ribeiro – UNIR  
Troy Patrick Beldini – UFOPA  
Wallington de Araujo Gabler – UFOPA

**Correspondência**

Av. Sérgio Henn, 1787, Bairro Diamantino  
CEP: 68025-000 – Santarém/Pará – Brasil  
Fone/Fax: (0xx93) 3524-1055  
E-mail: pesquisa.stm@ulbra.br

*Solicita-se permuta. We request exchange.  
On demande l'échange. Wir erbitten Austausch.*

**EDITORA DA ULBRA**

Diretor: Astomiro Romais  
Coord. de periódicos: Roger Kessler Gomes  
Capa: Everaldo Manica Ficanha  
Editoração: Isabel Kubaski

**PORTAL DE PERIÓDICOS DA ULBRA**

Gerência: Agostinho laqchan

*Matérias assinadas são de responsabilidade dos  
autores. Direitos autorais reservados. Citação  
parcial permitida, com referência à fonte.*

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

E77 Espaço Científico : revista do Centro Universitário Luterano de Santarém / Universidade Luterana do Brasil. – N. 1 (jan./jun. 2000)- . – Canoas : Ed. ULBRA, 2000- . . v. ; 27 cm.

Semestral.  
ISSN 1518-5044

1. Pesquisa científica – periódicos. 2. Ciência e tecnologia – periódicos. I. Universidade Luterana do Brasil. II. Instituto Luterano de Ensino Superior de Santarém.

CDU 5/6(05)

# Análise do fluxo de metano de uma plantação de arroz e soja em comparação com floresta tropical na Amazônia

Irene Cibelle Gonçalves Sampaio  
Raimundo Cosme de Oliveira Júnior  
Michael Keller  
Cleuton Pereira  
Kemeson Oliveira

## RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi quantificar o fluxo de metano ( $\text{CH}_4$ ) no solo de uma plantação convencional de arroz e soja, identificando fatores de impacto, além de comparar estes fluxos com aqueles medidos em floresta não perturbada. Os sítios de pesquisa foram: floresta tropical madura, plantação de arroz e plantação de soja. O fluxo de metano foi medido pela técnica de câmara estática e correlacionado com a umidade volumétrica e a temperatura superficial do solo. Em média, os solos dos sítios pesquisados apresentaram fluxo negativo de  $\text{CH}_4$ . O fluxo da floresta foi quantitativamente maior que o dos sítios sob plantação. Não houve diferença de fluxo entre os dois sítios sob plantação. Nos três sítios, a umidade e a temperatura do solo não foram eficientes controladores do fluxo de  $\text{CH}_4$ . A fertilização e o uso de pesticidas, nos sítios sob plantação, não tiveram efeito algum sobre o fluxo de metano.

**Palavras-chave:** Mudança no uso do solo. Metano. Plantação de arroz. Plantação de soja. Floresta tropical.

## ABSTRACT

The goal of this research was to quantify soil methane ( $\text{CH}_4$ ) flux in a conventional rice and soybean plantation, identify impact factors, beside to compare these fluxes with those measured in an undisturbed forest. The research sites were: mature tropical forest, rice and soybean plantation. Methane flux was measured by vented static chamber and correlated with soil moisture and soil temperature. The average fluxes of all soils studied showed negative  $\text{CH}_4$  flux. The fluxes in the forest were quantitatively higher than those under plantation. There was no difference between the two sites under plantation. At the three sites, soil moisture and soil temperature did not control efficiently the methane flux. The fertilizers and pesticides, used in the sites under plantation, did not influenced methane flux.

**Keywords:** Land use exchange. Methane. Rice. Soybean. Tropical forest.

---

Irene Cibelle Gonçalves Sampaio – Experimento de Larga Escala nas Amazônia, Santarém, Pará, Brasil.  
Raimundo Cosme de Oliveira Júnior – EMBRAPA, Amazônia Oriental, Belém, Pará, Brasil.  
Michel Keller – University of New Hampshire, Durham, New Hampshire.  
Cleuton Pereira – Instituto Floresta Tropical, Santarém, Pará, Brasil.  
Kemeson Oliveira – Instituto Floresta Tropical, Santarém, Pará, Brasil.

Espaço Científico	Santarém	v.13, n.1/2	p.47-60	2012
-------------------	----------	-------------	---------	------

# 1 INTRODUÇÃO

Desde a década de sessenta, a Amazônia Legal tem passado por uma rápida transformação no uso da terra. Nessa época, foram construídas estradas para ligar a Amazônia até regiões industrializadas do Brasil. Essas estradas estimularam a atividade madeireira e, principalmente, a pecuária na região.

Nos últimos anos, surgiu um novo elemento de influência no uso da terra: a construção de portos de exportação de grãos na Amazônia. O principal, destes portos localiza-se na cidade de Santarém (PA). Este foi construído para diminuir o tempo e o custo do escoamento de grãos do Estado do Mato Grosso, maior produtor de grãos do Brasil. Para aumentar ainda mais os lucros, muitos sojicultores expandiram o plantio de soja para áreas próximas à região de Santarém e ao longo da BR-163.

Este novo cenário tem provocado muitas preocupações sociais e ambientais. Uma das várias preocupações com o meio ambiente é o possível aumento da emissão dos gases do efeito estufa, que contribui para o aquecimento global.

Algumas pesquisas do LBA (Experimento de Larga Escala da Biosfera e Atmosfera na Amazônia) objetivam entender o processo de troca gasosa entre o ecossistema amazônico e a atmosfera. Os gases do efeito estufa que mais têm sido estudados são o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e o metano ( $\text{CH}_4$ ) porque são responsáveis por cerca de 50% e 20% do aquecimento global, respectivamente (HUTSCH, 2001).

Estes estudos têm demonstrado que o balanço de  $\text{CO}_2$  em floresta primária, possui comportamento heterogêneo entre algumas regiões da Amazônia. Por exemplo, pesquisas desenvolvidas em Manaus têm apontado um balanço negativo de  $\text{CO}_2$ , enquanto pesquisas em Santarém têm mostrado o contrário (OMETTO et al., 2005). É consenso, no entanto, que o solo da floresta Amazônica é um sumidouro de  $\text{CH}_4$  atmosférico (POTTER et al., 1996; MER; ROGER, 2001). Agora, se faz necessário entender como a atual conversão da floresta Amazônica em plantação de grãos pode afetar o fluxo de  $\text{CH}_4$  na interface solo-atmosfera.

Na Amazônia, o plantio da soja é precedido pela pastagem ou pela plantação de arroz. Áreas sob pasto degradado são preferidas em relação a áreas de floresta, pois não precisam de longo processo de limpeza. No entanto, quando há grande disponibilidade de terra sob floresta – a custo baixo – os sojicultores preferem cortar e queimar a floresta e plantar arroz (ALENCAR et al., 2004). O plantio de arroz, neste caso, torna-se parte do processo de limpeza da área. Somente após esta limpeza é possível o plantio mecanizado da soja.

O  $\text{CH}_4$  é um gás produzido durante o processo de decomposição de matéria orgânica em ambiente anaeróbico (MER; ROGER, 2001). Especialistas em solo afirmam que mesmo em solos bem drenados existem microambientes anóxicos (SCHLESINGER, 1997), onde há formação de metano.

No solo da floresta, em condição aeróbica, as bactérias metanotróficas oxidam  $\text{CH}_4$  a  $\text{CO}_2$ . Embora o sumidouro no solo seja relativamente pequeno, sua ausência

poderia causar um aumento na concentração de CH<sub>4</sub> de aproximadamente 1.5 maior do que a taxa atual (DUXBURE, 1994). De acordo com Thompson et al. (1992), podemos reduzir em 25% o aumento da temperatura global se as emissões de metano forem estabilizadas.

A conversão de Floresta Amazônica em plantação de soja possui potencialmente um grande impacto sobre o fluxo de CH<sub>4</sub> no solo, porque práticas agrícolas como a adubação, aragem e aplicação de pesticidas podem influenciar tanto a oxidação de CH<sub>4</sub>, como a atividade de bactérias metanogênicas, que produzem metano.

Quantificar o fluxo de metano no solo de uma plantação convencional de arroz e soja, e identificar os fatores de maior impacto além de comparar estes fluxos com aqueles medidos em floresta não explorada, são os objetivos deste trabalho.

## **2 METODOLOGIA**

### **2.1 Sítios de pesquisa**

A pesquisa foi desenvolvida em três sítios com diferentes coberturas vegetais. Sítio 1: Floresta tropical madura, Sítio 2: Plantação de arroz e Sítio 3: Plantação de soja. Estes estão localizados na região sudoeste do estado do Pará, microrregião de Santarém, próximo à Rodovia Santarém-Cuiabá (BR-163).

Na floresta, as amostragens tiveram início em fevereiro de 2000 e término em fevereiro de 2002. Na plantação de arroz, as amostragens começaram dia 07 de fevereiro e continuaram até dia 26 de dezembro de 2005 e, na plantação de soja, as amostragens foram realizadas desde 12 de maio até 26 de dezembro de 2005.

Na floresta, as amostragens foram feitas com frequência semanal. Na plantação de arroz, a frequência era de três vezes na semana até o dia 23 de maio, quando passou a ser mensal. Não houve amostragem na plantação de arroz nos meses de junho a agosto. Na plantação de soja a frequência das amostragens foi de três vezes na semana, até o dia 26 de setembro, quando passou a ser mensal. No mês de outubro não houve amostragem em nenhum dos sítios.

O solo, nos três sítios de pesquisa, foi classificado como Latossolo Amarelo Distrófico (OLIVEIRA JUNIOR et al., 1999). O clima é classificado como Aw1 no sistema Köppen; tropical quente e úmido com período de estiagem inferior a dois meses (PARROTA et al., 1995).

A floresta tropical pesquisada é uma Unidade de Conservação (UC), a Floresta Nacional do Tapajó (FLONA Tapajós). Segundo o Projeto Radam Brasil (1976), é classificada como Floresta Tropical Ombrófila Densa. Está localizada na margem direita da Rodovia Santarém-Cuiabá, Km 67.

Os sítios sob plantação de arroz e sob plantação de soja estão localizados na margem esquerda da Rodovia Santarém-Cuiabá, Km 77. A cobertura vegetal que

antecedeu a plantação de arroz era constituída por uma floresta secundária e aquela que antecedeu a plantação de soja era constituída por gramíneas.

## 2.2 Amostragem do fluxo de metano

O fluxo de metano era medido usando a técnica de câmara estática (VERCHOT et al., 2000). Câmaras portáteis de polivinilcarbono (PVC), de formato cilíndrico, com vinte e dois centímetro de altura por vinte e cinco de diâmetro eram fixadas aleatoriamente na superfície do solo no momento da amostragem. A profundidade de conexão da câmara no solo era de aproximadamente um centímetro.

Sensor de temperatura (TAYLOR® 9878) foi introduzido a dois centímetros de profundidade no solo, ao lado de cada uma das câmaras estáticas. O mesmo sensor fez a leitura da temperatura do ar, à sombra, no momento da amostragem de metano. Cada medida era visualizada no visor digital do sensor e anotada em caderno de campo.

No laboratório as amostra de ar foram analisadas, até trinta e seis horas após as coletadas. As análises eram feitas em um cromatógrafo gasoso Shimadzu modelo GC-14A, que utiliza um detector de ionização a chama (FID). O fluxo foi calculado pela taxa de mudança de concentração, com base na primeira lei de Fick's:

$$F = r \left( \frac{V}{A} \right) \left( \frac{dC}{dt} \right)$$

Onde:

$F$  é o fluxo de metano emitido na superfície do solo,  $\rho$  a densidade do ar ajustada à temperatura do ar no momento da amostragem,  $V$  o volume interno da câmara acima da superfície do solo,  $A$  a área superficial do solo encoberta pela câmara, e  $\frac{dC}{dt}$  a inclinação da curva de variação de concentração do gás em função do tempo; variação da concentração de metano sobre a variação do tempo.

A densidade do ar foi calculada segundo a fórmula:

$$\rho = \frac{P}{c * T}$$

Onde:

$c$  é a constante universal dos gases (0,083 l.atm.mol<sup>-1</sup>.k<sup>-1</sup>)

$T$  temperatura do ar, em Kelvin.

## 2.3 Amostragem de solo

Após cada medida do fluxo de metano, uma amostra do solo era coletada no exato local onde as câmaras haviam sido instaladas, a uma profundidade de 20 cm.

As amostras foram pesadas ao chegar do campo e levadas à estufa sob temperatura de sessenta e cinco graus Celsius. Após vinte e quatro horas, cada amostra era novamente pesada. A umidade volumétrica foi inferida pela diferença das duas pesagens.

## **2.4 Aplicação de fertilizante**

Na plantação de arroz, a fertilização aconteceu concomitantemente ao plantio. Foram aplicados quatrocentos quilogramas de fertilizante por hectare, com formulação 04-10-10. Sessenta dias após o plantio de arroz foram aplicados sessenta quilogramas de ureia por hectare.

Na plantação de soja, a fertilização foi realizada com a aplicação de quatrocentos quilogramas de fertilizante por hectare, com formulação 02-10-10.

## **2.5 Aplicação de pesticidas**

Na plantação de arroz, a aplicação do herbicida e fungicida, “Ópera”, ocorreu trinta e três dias após o plantio. Na plantação de soja, o “Ópera” foi aplicado oitenta e sete dias após o plantio.

## **2.6 Análise estatística**

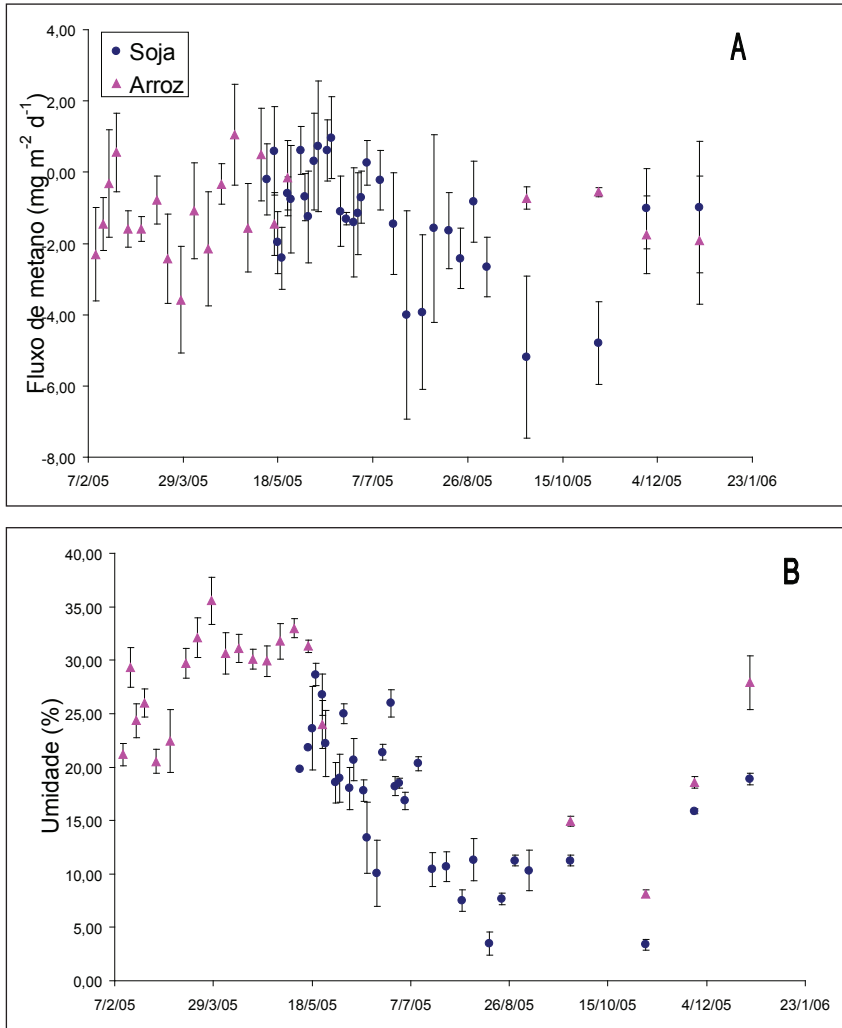
Foi aplicado o Teste T (Statistic versão 5.5) para verificar o efeito dos tratamentos (tipo de cobertura vegetal, aplicação de fertilizantes, aplicação de pesticidas) sobre o fluxo de metano e identificar diferenças de umidade e temperatura do solo. As correlações de umidade e temperatura do solo com fluxo de metano foram feitas pela análise da regressão linear (Excel 2002).

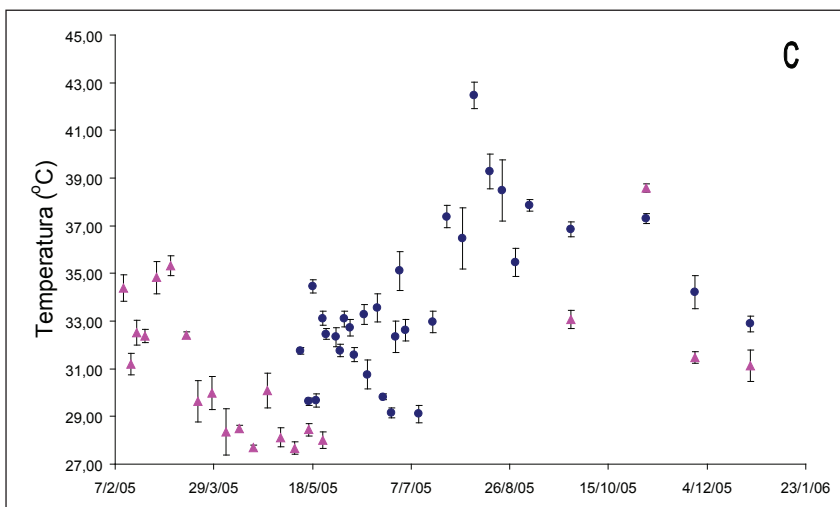
# **3 RESULTADOS**

## **3.1 Fluxo de metano na interface solo-atmosfera, umidade do solo e temperatura do solo**

No sítio sob floresta tropical, o fluxo anual de metano na interface solo-atmosfera variou de  $-0.3 \pm 0.2$  e  $-0.1 \pm 0.9$  mg CH<sub>4</sub> m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>. A média do fluxo de metano foi de  $-1.1 \pm 3.2$  mg CH<sub>4</sub> m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> e  $-1.2 \pm 1.7$  mg CH<sub>4</sub> m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> nos sítios sob plantação de arroz e soja, respectivamente. A média do fluxo de CH<sub>4</sub> na plantação de arroz não foi significativamente diferente da média do fluxo na plantação de soja (Teste T, p>0,05) (Figura 1 A). As medidas de umidade e de temperatura do solo na plantação de arroz são significativamente diferentes das medidas obtidas na plantação de soja (Teste T, p<0,05) (Figura 1 B e C).

FIGURA 1 – Variação sazonal do fluxo de metano na interface solo-atmosfera, da umidade e da temperatura do solo em plantação de arroz e em plantação de soja na microrregião de Santarém. De 07 de fevereiro a 26 de dezembro de 2005. As barras de erro representam o erro padrão e a média para cada dia de amostragem.





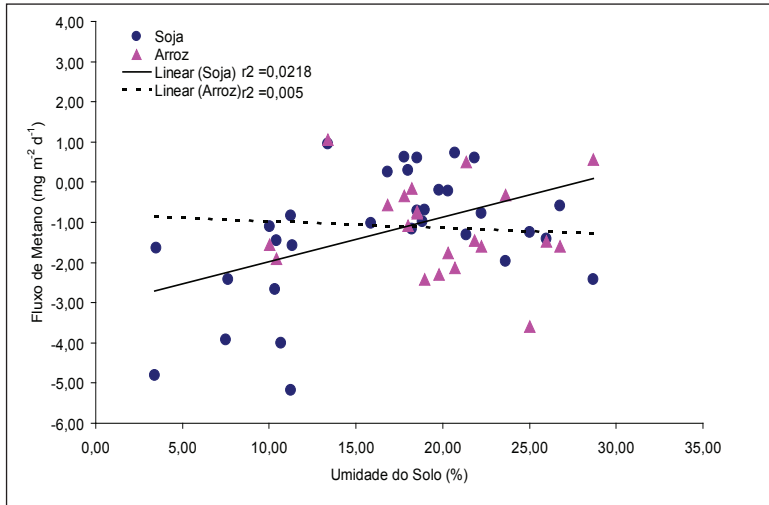
As informações do sítio de plantação de arroz, acima descritas, foram obtidas após a exclusão de cinco amostragens. Estas amostragens mostraram um fluxo muito maior do que o fluxo máximo de outros dias. Se estas amostragens não fossem excluídas, a média do fluxo do sítio sob plantação de arroz seria  $-0.27 \pm 6.16 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ .

### 3.2 Correlação umidade do solo *versus* fluxo de CH<sub>4</sub>

Tanto na floresta como nas áreas de plantação, a correlação entre umidade e o fluxo de metano foi fraca (Figura 2).



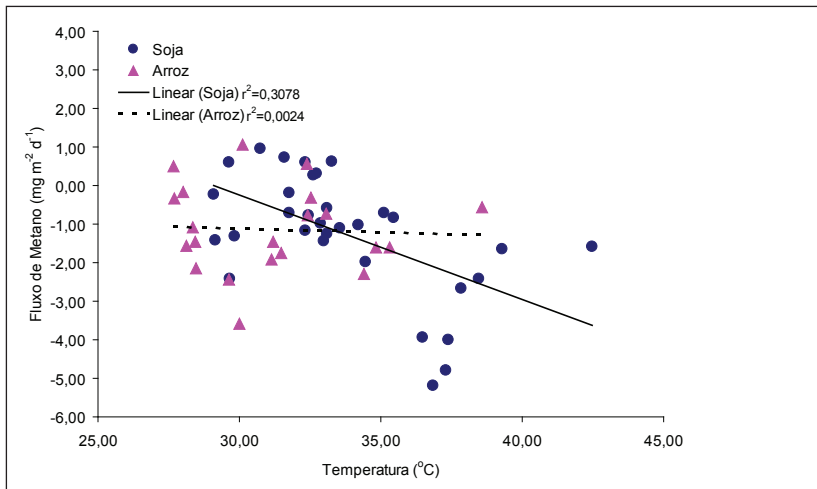
FIGURA 2 – O gráfico demonstrando a fraca correlação do fluxo de metano com a umidade do solo na plantação de arroz e soja.



### 3.3 Correlação temperatura do solo *versus* fluxo de CH<sub>4</sub>

A correlação entre a temperatura do solo e o fluxo de metano, no sítio sob plantação de arroz foi fraca, enquanto, no sítio sob plantação de soja foi uma correlação moderada (Figura 3).

FIGURA 3 – O gráfico demonstrando a fraca correlação do fluxo de metano com a temperatura do solo na plantação de arroz e a moderada correlação na plantação de soja.



### 3.4 Fertilizante

No sítio sob plantação de arroz, não houve diferença significativa (Teste T,  $p > 0,05$ ) no fluxo de  $\text{CH}_4$  quando comparado o período de quatorze dias após a fertilização e o período de quinze a vinte oito dias após a fertilização. Estes dois períodos apresentaram diferença significativa na umidade e temperatura do solo (Teste T,  $p < 0,05$ ).

No período de um mês após a aplicação de ureia na plantação de arroz, cinco fluxos de  $\text{CH}_4$  mostraram-se muito acima do fluxo máximo dos outros dias. Estes fluxos e as correspondentes medidas de umidade e temperatura do solo foram excluídas. As medidas de fluxo de metano, umidade e temperatura do solo do período de vinte e um dias antes da aplicação de ureia foram significativamente diferente das medidas destes parâmetros no período de vinte e um dias após a aplicação de ureia. (Teste T,  $p > 0,05$ ).

Quando foram analisados os vinte e um dias antes da aplicação de ureia e vinte e um dias após, sem excluir nenhuma medida, houve diferença significativa no fluxo de metano (Teste T,  $p < 0,05$ ). A umidade e a temperatura não apresentaram diferença significativa (Teste T,  $p > 0,05$ ).

Na plantação de soja, não houve diferença significativa (Teste T,  $p > 0,05$ ) entre a média do fluxo de  $\text{CH}_4$  do período de vinte e um dias antes da fertilização e do período após vinte e um dias. Estes dois períodos apresentaram diferença significativa na umidade e temperatura do solo (Teste T,  $p < 0,05$ ).

Não houve diferença significativa entre o fluxo dos vinte e um dias após a fertilização e o fluxo do período de vinte e dois a quarenta e oito dias após a adubação (Teste T,  $p > 0,05$ ). Houve diferença significativa na umidade e temperatura do solo (Teste T,  $p < 0,05$ ).

### 3.5 Pesticida

Na plantação de arroz, não houve diferença significativa (Teste T,  $p > 0,05$ ) no fluxo de  $\text{CH}_4$  do período de quatorze dias antes da aplicação de pesticida e o fluxo do período de quatorze dias após a aplicação. Observou-se diferença significativa na umidade e temperatura do solo (Teste T,  $p < 0,05$ ).

Na plantação de soja, não houve diferença significativa no fluxo de metano do período de vinte e um dias antes e do período de vinte e um dias depois (Teste T,  $p > 0,05$ ). Não houve diferença significativa de umidade (Teste T,  $p > 0,05$ ), mas houve diferença significativa na temperatura do solo (Teste T,  $p < 0,05$ ).

No período de vinte e um dias após a aplicação de veneno e o período de vinte e dois a quarenta e dois dias após a aplicação, não houve diferença significativa do fluxo de  $\text{CH}_4$  (Teste T,  $p > 0,05$ ), mas houve diferença significativa na umidade e temperatura do solo (Teste T,  $p < 0,05$ ).

## 4 DISCUSSÃO

A produção ou consumo de metano no solo é resultado dos processos de oxidação e redução de metano pelos microrganismos do solo (MATSON; HARRIS, 1995). A presente pesquisa não analisou separadamente o consumo e produção de metano pelas bactérias do solo, mas o fluxo de metano resultante da interação desses dois processos.

A literatura apresenta várias pesquisas que relatam um maior consumo de metano em áreas sob floresta, do que em áreas agricultáveis, (BOECKX et al., 1998; HUTSCH, 2001; JENSEN; OLSEN, 1998; SUWANWAREE; ROBERTSON, 2005). Outras pesquisas relatam que práticas agrícolas podem diminuir o consumo de metano no solo (CASTRO et al., 1995; MOSIER et al., 1997; SITAULA et al., 2000) e, portanto, aumentar o fluxo de metano na interface solo-atmosfera.

Porém, na presente pesquisa, a média dos fluxos de CH<sub>4</sub> obtidos nos sítios de plantação de soja e arroz foram quantitativamente menor do que a média dos fluxos obtidos no sítio sob floresta tropical madura. Este resultado pode ser atribuído a menor escala temporal das amostragens dos sítios sob plantação, quando comparadas às amostragens do sítio sob floresta.

Sugere-se que haja continuidade nas amostragens de metano nos sítios sob plantação de arroz e soja. Um maior escala temporal poderá mostrar se há um aumento real no consumo de metano nos sítios sob plantação, comparado ao sítio sob floresta. Deve-se investigar também a influência da aração do solo sobre o consumo de metano, porque apesar de várias pesquisas afirmarem que esta pratica reduz o consumo de metano (HUTSCH, 1996; SITAULA et al., 2000; SUWANWAREE; ROBERTSON, 2005), Kruese e Iversen (1995) afirmam que em alguns solos pode ocorrer o inverso.

Não foi possível entender claramente porque esta pesquisa não apresentou diferença significativa entre os fluxos de CH<sub>4</sub> amostrados na plantação de arroz e aqueles amostrados na plantação de soja, apesar da diferença significativa de umidade e temperatura do solo entre as medidas obtidas na plantação de arroz e aquelas obtidas na plantação de soja.

Devido o plantio de soja ser realizado 94 dias após o plantio do arroz, a diferença de umidade e temperatura do solo entre os dois sítios sob plantação foi atribuída a sazonalidade e não a diferenças nas propriedades físicas do solo.

Há dois mecanismos pelos quais o conteúdo de água no solo pode regular o fluxo de metano na interface solo-atmosfera. Primeiro, as substâncias utilizadas para produção de metano chegam até as bactérias metanogênicas por difusão na água. Segundo, a água nos poros do solo é o controlador dominante da difusão de gases no solo. A difusão de um gás na água é cem mil vezes mais lenta que pelo ar. Assim, o conteúdo de água no solo controla tanto a entrada de O<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>, como saída de CH<sub>4</sub> do solo (MATSON; HARRIS, 1995).

Quanto maior a umidade do solo maior a quantidade de microssítios anóxicos, onde a via metabólica que produz metano é preterida em relação àquela que produz  $\text{CO}_2$ .

Os trópicos apresentam dois períodos claramente definidos. Um período denominado chuvoso e outro denominado de período seco. Neste contexto, a umidade do solo é um dos parâmetros mais importantes para o entendimento da variação sazonal do fluxo de metano.

Nesta pesquisa, a frequência das amostragens no período do plantio até alguns dias após a colheita foi maior. Foi realizado dessa forma porque esse período teria potencialmente uma maior variação temporal. Devido a este critério, a estação seca não obteve a mesma frequência de amostragem que a da estação chuvosa. Por isso, não foi possível analisar um padrão sazonal no fluxo de metano.

Keller et al. (2005) demonstraram que a umidade no solo pode marcar a variação sazonal do fluxo de metano, mas, de uma forma geral, teria uma correlação fraca e insignificante com o fluxo de metano.

Os resultados desta pesquisa mostraram vários períodos com diferença significativa na umidade do solo, sem variação significativa no fluxo de metano. Estes resultados confirmam a análise de correlação do fluxo de  $\text{CH}_4$  com a umidade do solo. Esta fraca correlação encontrada nos três sítios de pesquisa indica que outros fatores estão participando do controle do fluxo de metano.

Além da umidade, a temperatura é um forte controlador da atividade microbiana. Segundo Matson e Harris (1995) a taxa da maioria das enzimas pode aumentar exponencialmente com a temperatura, quando outros fatores não são limitantes. Em todos os três sítios pesquisados, a fraca ou moderada correlação do fluxo de metano com a temperatura do solo demonstrou que existem fatores limitantes.

Os efeitos do uso de fertilizantes nitrogenados sob o fluxo de metano são complexos e algumas vezes contraditórios. Vários estudos concluíram que o uso de fertilizantes nitrogenados pode reduzir o consumo de metano nos solos de florestas, campos, terras aradas (CASTRO et al., 1995; CRILL et al., 1994; HANSEN et al., 1993; HUTSCH et al., 1993). Há, porém, solos agricultáveis que não apresentam nenhum efeito dos fertilizantes sobre o fluxo de metano (SUWANWAREE; ROBERTSON, 2005).

Lindau e Bollish (1993) afirmam que os efeitos dos fertilizantes nitrogenados sobre o fluxo de metano dependem da natureza do fertilizante e da quantidade aplicada. Gullege et al. (2004) relatam que a fertilização do solo com amônia ( $\text{NH}_4$ ), bloqueia as enzimas das bactérias metanotróficas e inibi de 50% até 85% a oxidação de  $\text{CH}_4$ . A aplicação de sais de  $\text{NO}_3$  só afetaria a oxidação de metano quando aplicado em grande quantidade, devido ao stress hídrico das bactérias, devido à perda de água para o meio hipersaturado (DUNFIEL; KNWLES, 1995).

Nos sítios de plantação de arroz e soja não houve efeito significativo da aplicação de fertilizantes sobre os fluxos de  $\text{CH}_4$ . Exceções foram os cinco fluxos excluídos, considerados muito acima do fluxo máximo dos outros dias.

Considerando que os cinco fluxos, acima citados, sejam resultados do efeito da aplicação de ureia, pode-se dizer que a aplicação deste fertilizante foi a única aplicação de substância química que teve efeito sobre o fluxo de metano, nos sítios pesquisados.

O pequeno número de amostragens apontando para um aumento no fluxo de metano após a aplicação de ureia demonstra uma grande variabilidade espacial que poderia ser mais bem compreendida se houvesse um maior número de amostragens no espaço e no tempo.

O efeito dos pesticidas, sobre o fluxo de  $\text{CH}_4$  do solo, é bastante variado. Dependendo da substância química, o pesticida pode diminuir (KING et al., 1994) ou aumentar a produção de  $\text{CH}_4$  (LINDAU et al., 1993; TOPP, 1993).

Sabe-se que antes do plantio do arroz e da soja houve a aplicação de herbicidas, para limpeza da área. Esta pesquisa não amostrou o fluxo de metano antes e após esta aplicação. Portanto, não foi possível identificar se houve alguma alteração no fluxo de metano devido a este tratamento. Sugere-se que as amostragens futuras comecem antes do início da preparação para o plantio, para que seja analisado o período de antes e após a aplicação de herbicida.

Após trinta e três dias do plantio de arroz e oitenta e sete dias do plantio de soja, houve a aplicação do fungicida “Opera”. Não há qualquer evidência da influência deste produto, sobre o fluxo de metano nos sítios pesquisados.

## 5 CONCLUSÃO

O fluxo de metano no sítio de floresta tropical madura foi quantitativamente maior do que o fluxo médio dos sítios de plantação de arroz e soja. Durante esta pesquisa, não houve diferença no fluxo de metano da plantação de arroz e da plantação de soja.

Em média, os solos de todos os sítios pesquisados apresentaram um domínio do consumo de metano sobre a produção, resultando um fluxo negativo.

Em todos os sítios de pesquisa, a umidade e a temperatura do solo não foram eficientes controladores do fluxo de metano.

A fertilização e o uso de pesticidas não tiveram efeito algum sobre o fluxo de metano nos sítios de plantação de arroz e de soja.

A presença de pouquíssimas amostragens com aumento do fluxo de metano, após a aplicação de ureia, sugere a necessidade de uma futura investigação com maior variabilidade espacial.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão de uma bolsa DTI, para que os dados desta pesquisa fossem analisados e publicados. O escritório do LBA, em Santarém, por ter fornecido suporte logístico. O escritório da EMBRAPA, em Santarém, por ceder espaço físico para que as amostragens fossem analisadas. O grupo TG-32 do LBA por ter financiado os custos das coletas e análises. Ao MSc. Hudson da Silva e MSc. Jadson D. Dias pelas sugestões e indicações de artigos. Ao Sr. Francisco Freitas Neto e Joelma D. Dias por terem nos auxiliado no campo.

## REFERÊNCIAS

- ALENCAR, ANE et al. *Desmatamento na Amazônia: indo além da “emergência crônica”*. Belém: IPAM, 2004.
- BOECKX, P. et al. The influence of land use and pesticides on  $\text{CH}_4$  oxidation in some Belgian soils. *Biology and Fertility of Soils*, v.27, n.3, p.293-298, 1998.
- CASTRO, M. S. et al. Factors controlling atmospheric methane consumption by temperate Forest soils. *Global Biogeochemistry Cycles*, v.9, p.1-10, 1995.
- CRILL, P. M. et al. Temperature and N-fertilization effects on methane oxidation in a drained peatland soil. *Soil Biology and Biochemistry*, v.26, n.10, p.1331-1339, out. 1994.
- DUNFIELD, P.; KNOWLES, R. Kinetics of inhibition of methane oxidation by nitrate, nitrite and ammonium in a humisol. *Application Environment Microbiology*, v.61, p.3129-3135, 1995.
- DUXBURE, J. M. The significance of agricultural sources of greenhouse gases. *Fertil*, v.38, p.151-163, 1994.
- GULLEDGE, Jay et al. Effects of long-term nitrogen fertilization on the uptake kinetics of atmospheric methane in temperate forest soils. *FEMS Microbiology Ecology*, v.49, n.3, p.389-400, 2004.
- HANSEN, S. et al.  $\text{N}_2\text{O}$  e  $\text{CH}_4$  fluxes in soil influence by fertilization and tractor traffic. *Soil Biology and Chemistry*, v.25, n.5, p.621-630, maio 1993.
- HUSTCH, B. W. et al. Long-term effects of nitrogen-fertilization on methane oxidation in soil of the Broadbalk Wheat Experiment. *Soil Biology and Chemistry*, v.25, n.10, p.1307-1315, out. 1993.
- HUSTCH, Birgit W. Methane oxidation in no-flooded soils as affected by crop production – invited paper. *European Journal of Agronomy*, v.14, n.4, p.237-260, jul. 2001.
- HUSTSCH, B. W. Methane oxidation in soils of two long-term fertilization experiments in Germany. *Soil Biology and Chemistry*, v.28, n.6, p.773-782, jun. 1996.
- JENSEN, S.; OLSEN, R. A. Atmospheric methane consumption in adjacent arable and forest soil systems. *Soil Biology and Chemistry*, v.30, n.8-9, p.1187-1193, ago. 1998.
- KELLER, M. et al. Soil-atmosphere exchange of nitrous oxide, nitric oxide, methane, and carbon dioxide in logged and undisturbed forest in the Tapajós National Forest, Brazil. *Earth Interactions*, v.9, p.1-28, 2005.

KING, G. M.; SCHENELL, S. Effect of increasing atmospheric methane concentration on ammonium inhibition of soil methane consumption. *Nature*, v.370, p.282-284, 1994.

KRUESE, C. W.; IVERSEN, N. Effect of plant succession, plowing, and fertilization on the microbiological oxidation of atmospheric methane in the a heathland soil. *FEMS Microbiology Ecology*, v.18, p.121-128, 1995.

LINDAU, C. W.; BOLLICH, P. K. Methane emissions from Louisiana 1<sup>st</sup> and ratoon crop rice. *Soil Science*, v.156, p.42-48, jul. 1993.

MATSON, P. A.; HARRIS, R. C. *Biogenic trace gases: Measuring emissions from soil and water*. Cambridge: Blackwell, 1995.

MER, Jean Le; ROGER, Pierre. Production, oxidation, emission and consumption of methane by soils: A review. *Soils Biology*, v.37, p.25-50, February 2001.

MOISER, A. R. et al. Impact of agriculture on soil consumption of atmospheric CH<sub>4</sub> and comparison of CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O flux in subartic, temperate, and tropical grassland. *Nutrient Cycling Agroecosystems*, v.49, p.71-83,1997.

OLIVEIRA JUNIOR, R. C. et al. Zoneamento agroecológico da área do planalto do município de Santarém, Estado do Pará. Belém. MA/ EMBRAPA/CPATU, 1999.

OMETTO, Jean Pierre H. B. et al. Amazonia and modern carbon cycle: lessons learned. *Oecologia*, v.143, n.4, p.483-500, 2005.

PARROTA, John A. et al. *Trees of Tapajós*. Porto Rico: United States Department of Agriculture, 1995.

POTTER, C. S. et al. Estimation of global biogeochemical controls and seasonality in soil methane consumption. *Chemosphere*, v.32, p.2219-2246, 1996.

SCHLESINGER, Williams H. *Biogemistry and analysis of global change*. 2.ed. United State of America: Durham, 1997.

SITLAULA, B. K. et al. Methane oxidation potentials and fluxes in agricultural soil: Effects of fertilization and soil compaction. *Biogeochemistry*, v.48, p.323-339, 2000.

SUWANWAREE, Pongthep; ROBERTSON, G. Philip. Methane oxidation on forest, Successional, and No-till Agricultural Ecosystems: Effect of nitrogen and disturbance. *Soil Science Society of American Journal*. v.69, p.1722-1729, 2005.

THOMPSON, A.M. et al. Implications for global warning and atmospheric chemical change. *Atmospheric Environment*. v.26, p.2665-2668, 1992.

TOPP, E. Effects of selected agrochemicals on methane oxidation by an organic agricultural soil. *Canadian Journal Soil Science*, v.73, p.287-291, 1993.

VERCHOT, L. V. et al. Land use change and biogeochemical controls of methane in soils in eastern Amazonia. *Ecosystems*, v.3, p.41-56, 2000.