



# Reutilização de seringas de coleta na metodologia para o estudo do metano emitido por corpos hídricos

Reuse of syringes for collecting materials in the methodology for the study of methane emitted by water bodies

Willian José Ferreira <sup>a</sup>

Lia Braz <sup>b, 1</sup>

Luciano Marani <sup>c</sup>

Luara Bernardes Esteves Moreira <sup>d</sup>

Plínio Carlos Alvalá <sup>e</sup>

Getulio Teixeira Batista <sup>f</sup>

## Resumo

Estudos sobre gases de efeito estufa (GEE) no Vale do Paraíba vêm ganhando importância, pois a região possui represas destinadas à produção de energia e abastecimento de água, além de apresentar áreas de cultivo de arroz irrigado por inundação, que representa uma das principais fontes antrópicas de metano (CH<sub>4</sub>). O metano é um importante gás de efeito estufa, podendo ser quantificado a partir de coletas de ar realizadas com seringas plásticas de polipropileno em câmaras estáticas dispostas sobre a superfície da água. Neste trabalho avaliou-se, o procedimento de coleta de metano em corpos hídricos, analisando a confiabilidade do material utilizado nas coletas, comparando a variabilidade da concentração do metano em seringas novas e usadas armazenadas no intervalo máximo de uma semana. Além disso, para conferir o quanto a estocagem das seringas poderia influenciar na determinação dos fluxos de metano para a atmosfera, foi realizada uma campanha de coleta de metano em uma lagoa utilizada para o abastecimento de água no INPE de Cachoeira Paulista/SP. Os resultados sinalizaram a possibilidade da reutilização das seringas na coleta e armazenagem do ar atmosférico para análise do metano, visto que não comprometem os resultados de campo.

Palavras-chave: gases de efeito estufa; desenvolvimento sustentável; energia; método.

## Abstract

Studies on greenhouse gases (GHG) in the Paraíba river Valley are gaining importance, as the region has dams for the production of energy and water supply, and present growing areas of irrigated rice, which is a major source of anthropogenic methane (CH<sub>4</sub>) emissions. Methane is an important greenhouse gas, which can be estimated using samples of the air collected with plastic syringes made of polypropylene in static chambers floating on the water surface. In this study we evaluated, the procedure of collecting methane in water bodies, analyzing the reliability of the material used in collecting, comparing the variability of the concentration of methane in new and used syringes stored at a maximum time interval of one week. In addition, to check the influence of time of storage of air in the syringes on the determination of methane fluxes to the atmosphere, we conducted a campaign to collect methane in a pond used for water supply at INPE, located in Cachoeira Paulista / SP. The results showed the possibility of reusing the syringes and storage of atmospheric air collected for to methane analysis did not compromise field results.

Keywords: greenhouse gases, sustainable development, energy; method.

<sup>a</sup> Graduado em Física pela Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá (UNESP), Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade de Taubaté. Técnico no Laboratório Associado de Estudos em Biogeoquímica Ambiental do INPE. - <sup>b</sup> Graduada em Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade de Taubaté. Bolsista do Programa de Capacitação - CIP do CNPq - modalidade PCI-DD, no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). - <sup>c</sup> Graduado em Física pela Universidade Estadual de Londrina. Mestre em Geofísica Espacial pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Doutor em Geofísica Espacial no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

<sup>d</sup> Possui ensino-médio-segundo-grau pelo Colégio objetivo (2008). Atualmente é bolsista de IC do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. - <sup>e</sup> Graduado em Física pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, Mestre em Geofísica Espacial pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e Doutor em Geofísica Espacial pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. - <sup>f</sup> Doutor em Agronomia / Sensoriamento Remoto - Purdue University, EUA. Professor e Pesquisador da Universidade de Taubaté - UNITAU. Atua na área de Recursos Florestais e Engenharia Florestal, com ênfase em Conservação de Bacias Hidrográficas. Fundador e Editor da Revista Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science (ISSN 1980-993X). Editor do Repositório Eletrônico Ciências Agrárias da Universidade de Taubaté (<http://www.agro.unitau.br/dspace>). Presidente do Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrográficas (IPABHi) ([www.ipabhi.org](http://www.ipabhi.org)). Membro da Associação Brasileira de Editores Científicos (ABEC) e bolsista PQ do CNPq.

<sup>1</sup> Autor para correspondência (Author for correspondence): Lia Braz - [lia.braz@hotmail.com](mailto:lia.braz@hotmail.com) - Rua Jequié, 30 - Jardim Satélite - São José dos Campos - SP - Telefone: (12) 92276747/ 30274811



## Introdução

Constituída de gases que são relativamente transparentes à radiação solar, a atmosfera da Terra absorve parte da radiação emitida pela superfície, que, impedida de retornar ao espaço, retém o calor e promove o denominado Efeito Estufa (RAMANATHAN et al., 1985).

Existe uma grande preocupação quanto aos riscos de sua intensificação e os reflexos deste efeito sobre o equilíbrio térmico do planeta e, neste sentido, Xavier e Kerr (2004) enfatizam que, ocasionada pelo incremento das atividades antropogênicas, alterações na concentração destes gases podem desencadear mudanças climáticas.

Dentre estes gases de efeito estufa (GEE), o metano (CH<sub>4</sub>) é o hidrocarboneto mais abundante na atmosfera terrestre, com uma concentração global estimada em 1,8 ppbv (partes por milhão por volume), e responde por cerca de 20% do aquecimento global (IPCC, 2007). O gás apresenta uma grande variedade de fontes emissoras (WUEBLES e HAYHOE, 2002), que são afetadas por diversos fatores, como a produção e o uso de energia, a distribuição populacional, as práticas agrícolas e o próprio clima (MELACK et al., 2004).

Algumas destas fontes de emissão já foram bem estudadas no país, como as áreas alagadas da Amazônia e do Pantanal Sul-mato-grossense, (ALVALÁ e MARANI, 2009; MELACK et al., 2004; BARTTLET et al., 1990). Por outro lado, são poucos os estudos que discutem a evolução temporal do fluxo de metano após o alagamento de reservatórios utilizados para a geração de energia (hidrelétricas) e abastecimento de água, carecendo, então, de avaliações mais precisas sobre este processo.

De modo geral, são apontadas duas situações distintas em que os reservatórios podem contribuir para o aumento das emissões:

1. Na ocupação do entorno dos reservatórios, que ocasiona o aumento de áreas com mudança de uso do solo (VALENÇA e ROSA, 1993);

2. Por influência direta do acúmulo e degradação da matéria orgânica no interior dos reservatórios, que particularmente provoca a emissão dos gases CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> (NOVO e TUNDISI, 1994).

Marani e Alvalá (2007) destacam que, ainda

que as emissões tendam a ser reduzidas ao longo do tempo devido à diminuição do material orgânico contido nos reservatórios, a criação de animais e o descarte de resíduos nos lagos elevam a emissão de metano. A inundação de áreas aonde o corte da vegetação não ocorre de modo planejado, faz com que esta matéria orgânica quando submersa entre em decomposição, incrementando também a liberação do gás (LIMA, 2005; FERNSIDE, 2001).

No Vale do Paraíba cresce a importância de estudos sobre a emissão de metano, pois, além de represas destinadas à produção de energia, existe a perspectiva de aumento no número de empreendimentos que darão origem a novos reservatórios, além de a região apresentar grandes áreas de cultivo de arroz inundado, outro fator que surge como potencial fonte de emissão.

Enfim, para detalhar estas informações, amostras de metano vêm sendo obtidas por meio da técnica de câmara estática, onde o gás emitido na superfície das áreas alagadas é coletado por meio de seringas plásticas de polipropileno com o uso de câmaras cilíndricas de PVC, armazenado por algum tempo nessas seringas para, posteriormente, ser analisado por cromatografia gasosa (MARANI e ALVALÁ, 2007; BARTLETT et al., 1990).

Com o objetivo de avaliar, ainda que de modo preliminar, o procedimento de coleta de metano em corpos hídricos, em dezembro de 2011, avaliou-se a confiabilidade do material utilizado nas coletas, comparando a variabilidade da concentração do metano em seringas novas e em uso armazenadas no intervalo máximo de uma semana.

A interação do metano com o polipropileno no armazenamento das amostras nas seringas surge como um fator que pode inviabilizar a reutilização destas, já que as seringas são utilizadas não só para a coleta, mas também para a armazenagem do metano por um período relativamente longo de tempo (GRAUPE et al., 2007; COSTA et al., 2006). Agrega-se a isto o fato de que poderia ocorrer contaminação a partir de amostras anteriores, já que as seringas são reutilizadas no procedimento de coleta.

Complementando o trabalho, de forma exploratória, foi realizada uma campanha de coleta

de metano em uma lagoa utilizada para o abastecimento de água no campus do INPE de Cachoeira Paulista/SP, a fim de verificar se a estocagem das seringas poderia ter influência nos fluxos de metano observados.

## Material e Métodos

### 1. Análise metodológica da utilização de seringas

Os ensaios foram realizados no Laboratório

de Biogeoquímica Ambiental do CCST/INPE. O experimento contou com 12 seringas novas e 12 seringas em uso, com aproximadamente dois anos de utilização, preenchidas com gás padrão com a concentração correspondente de 1804 nanomol. mol<sup>-1</sup> de CH<sub>4</sub> (erro médio de 2% na concentração do padrão) (Figura 1).

Neste ensaio, seringas novas e usadas foram limpas com nitrogênio ultrapuro (pureza ≥ 99,999%) e ambientadas por três vezes para



**Figura 1.** Seringas ambientadas e utilizadas nos ensaios.

eliminação de qualquer gás traço que pudesse interferir na análise das amostras.

O teste foi realizado em um intervalo de sete dias, com análise das amostras no tempo de armazenamento de 0, 1, 3, 4, e 7 dias, sendo que para cada dia as amostras foram analisadas no mínimo em duplicata, totalizando vinte e quatro exemplares.

As amostras foram analisadas por cromatografia gasosa com detector de ionização de chama. Em cada análise foi injetado o volume total de cada seringa (60 ml), sendo realizada para cada uma delas três injeções de 20 ml e considerada a média das três injeções como valor principal, com o desvio padrão percentual de no máximo 1% entre as injeções.

As injeções das amostras foram intervala-

das com injeções do gás padrão diretamente do cilindro de referência para que houvesse estabilidade no valor de comparação do metano em cada seringa.

Por fim, foi efetuada a estatística descritiva das amostras, comparando as repetições de cada dia de análise com os valores de concentração das seringas determinados pela referência da análise do gás padrão medido diretamente do cilindro, no intervalo de uma semana.

### 2. Procedimento de coleta do metano

Para o procedimento de coleta do metano emitido pela superfície de corpos hídricos foram coletadas 65 amostras em uma lagoa utilizada para o abastecimento de água no campus do INPE de Cachoeira Paulista, SP (centrada em 22°41'S e 44°59'O), corpo

d'água perene, de formato irregular, com 22500 m<sup>2</sup> de área e cinco metros de profundidade média constante. As amostras foram coletadas em cinco pontos escolhidos aleatoriamente na área lagunar, limitada

em sua frente por uma das principais vias do Instituto e entornada por uma grande área de vegetação degradada (Figura 2).

O clima da região se enquadra no grupo "Cwa" da

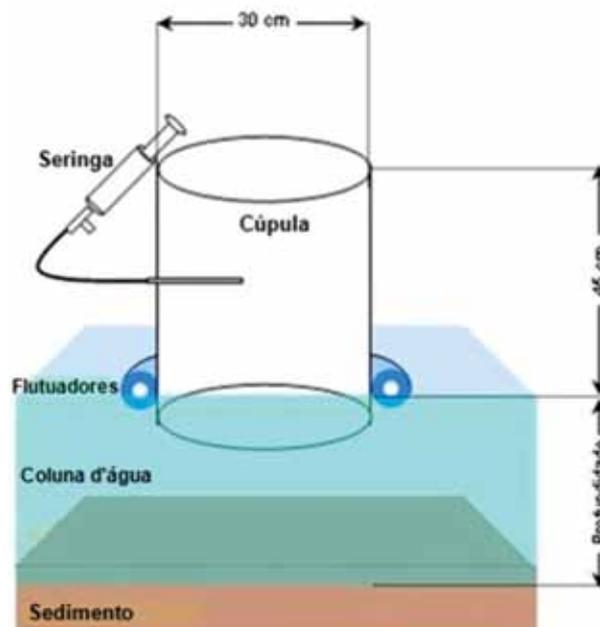


**Figura 2.** Área de estudo: lagoa no INPE-Cachoeira Paulista, SP. Fonte: Google Earth.

classificação de Köppen, tropical de altitude, apresentando verão chuvoso e inverno seco. As coletas foram realizadas em um dia típico de verão, com o dia claro, com a temperatura média observada de 30°C, variando de 27 a 32°C durante os horários de coleta.

Na amostragem do metano foram utilizadas câmaras cilíndricas de PVC com volume de 26 litros e flutuadores de espuma acoplados na base, para sustentação na água, conforme detalhado na Figura 3.

A câmara foi coberta com uma manta térmica



**Figura 3.** Conjunto para coleta de metano: câmara estática e seringa (Marani, 2007).



para reduzir a variação de temperatura em seu interior e evitar grandes variações no microambiente criado dentro dela em relação ao ambiente externo.

As amostras de ar foram coletadas por um tubo de teflon instalado na câmara e armazenadas nas seringas, equipadas com uma torneira de três vias, com trava do tipo “*Way Stopcock Luer Lock*”, sendo as amostras analisadas por cromatografia gasosa.

O fluxo de gás foi determinado pela variação de metano no interior da câmara posicionada sobre a lâmina d'água ao longo do intervalo de 15 minutos e, para garantir a confiabilidade dos fluxos, em cada ponto de coleta foram utilizadas três câmaras, onde o conjunto de quatro seringas obtidas por cada câmara corresponde a um fluxo.

Devido à possibilidade de ocorrência de erro amostral e contaminação das amostras desde a etapa de coleta até a análise cromatográfica, para afirmar a confiabilidade dos dados, foram adotados dois critérios de validação dos fluxos:

1. Observância do coeficiente de determinação ( $r^2$ ), onde foram considerados somente os valores de  $r^2$  superiores a 0,9 para garantir a linearidade requerida dos pontos (KHALIL et al., 1998; ALVALÁ e KIRCHHOFF; 2000).

2. Comparação entre a concentração inicial de metano no tempo inicial ( $t = 0$ ), obtida a partir da regressão linear, e a concentração do metano em

amostras de ar ambiente, coletadas antes de cada coleta: a concentração do metano nas amostras de ar ambiente e no tempo inicial da coleta devem apresentar valores semelhantes.

Por fim, procurou-se classificar os fluxos de metano conforme as características de transporte observadas ao longo da coluna d'água. Em sua maioria, estes fluxos ocorrem de modo difusivo, quando o fluxo de metano permanece constante no intervalo de tempo de medida, sendo o gás produzido nos sedimentos difundido lentamente na água até atingir a superfície. Os fluxos também podem ser ebulitivos, quando a emissão de metano do substrato se dá por meio de bolhas, liberadas quase que instantaneamente para a atmosfera. Nesse tipo de fluxo, que Marani e Alvalá (2007) apontam como esporádico, as quantidades liberadas de metano normalmente são maiores do que no fluxo difusivo.

## Resultados e Discussão

### 1. Teste de contaminação e uso das seringas

A avaliação das seringas novas e em uso, já utilizadas a cerca de dois anos, foi realizada com base na análise de 12 pares de amostras, validados por meio do limite de confiabilidade da média amostral, com diferenças não significativas a 95% pelo Teste t de Student, com a estatística descritiva geral apresentada na Tabela 1.

**Tabela 1.** Estatística descritiva da concentração\* de CH<sub>4</sub> na seringas.

n = 24	Usada	Nova
Média	1814	1816
DP	4	5
S <sub>x</sub>	1.2	1.6
CV %	0.2	0.3

\*Concentrações medidas em nanomol.mol<sup>-1</sup>; DP: desvio padrão; S<sub>x</sub>: erro padrão de estimativa; CV: coeficiente de variação.

Diferenças NS à 95% de confiabilidade pelo teste t.

A partir da Tabela 1, por meio da variabilidade dos dados em relação à média foi verificada a homogeneidade do agrupamento de dados, uma vez que na interpretação do coeficiente de variação (CV), quanto menor este fosse mais homogêneo seria o conjunto dos dados.

Por meio das concentrações obtidas nas injeções e considerando que todas as seringas estavam cheias com o mesmo gás, determinou-se então a diferença entre a concentração de cada uma delas e a referência do gás padrão contido no cilindro, com valor de

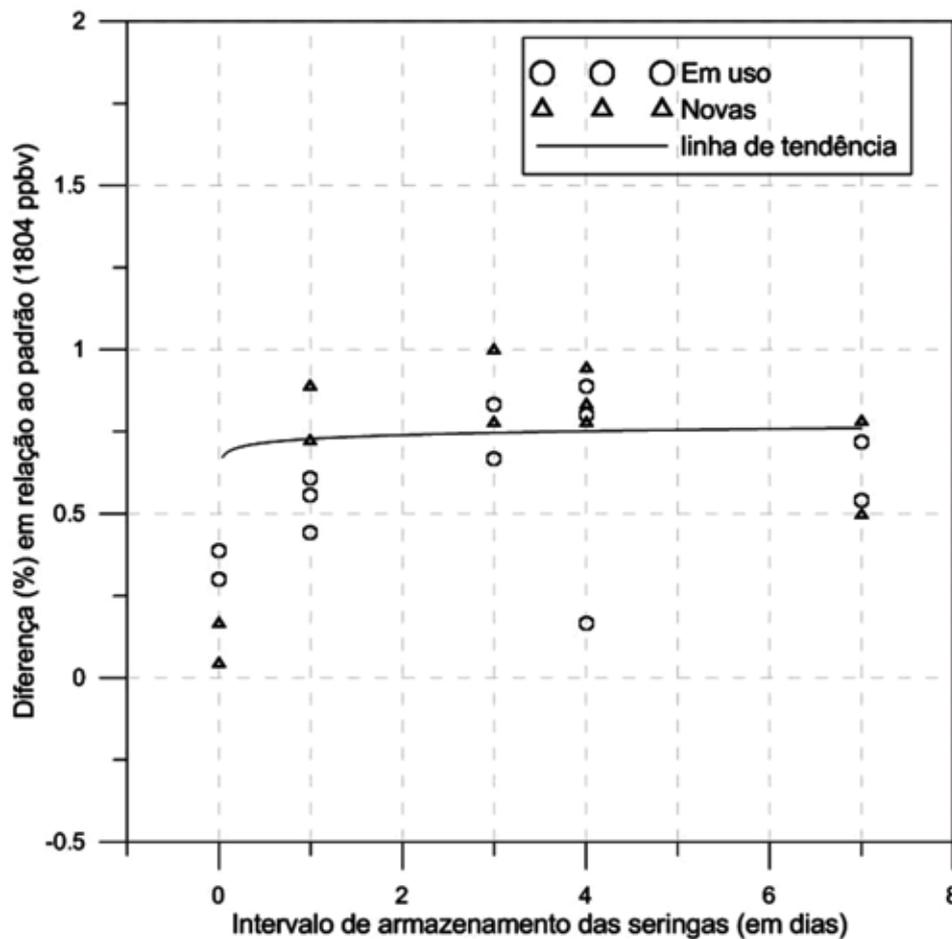


Figura 4: Diferença (%) da concentração de CH<sub>4</sub> em relação ao gás padrão (n=24).

1804 nanomol.mol<sup>-1</sup>, normalizando-a pelo valor do padrão, resultado ilustrado na Figura 4.

Apesar de ser verificada uma diferença máxima de 0,3% para uma semana de estocagem das seringas (Tabela 1), na Figura 4, notou-se que houve uma pequena superestimação da concentração do metano ao longo de sete dias, com tendência de equalização entre 0,5 e 0,75%, a partir do terceiro dia. Entretanto, é importante salientar que o erro devido a estocagem é menor do que o do erro do padrão observado no experimento.

Este resultado corrobora parte dos resultados apresentados por Borhz (2010), que realizou ensaio semelhante à armazenagem de CH<sub>4</sub> no intervalo de estocagem de 0 a 30 horas, onde as seringas em uso proporcionaram uma menor variação na concentração do gás em relação ao padrão, igual a 2,8% ao passo que para seringas novas o valor foi de 3,1%. No entanto, neste experimento houve uma subestimação dos valores do gás de referência no decorrer das 30 horas, à qual a autora atribuiu à possibilidade de adsorção dos gases pelo material ao longo do

tempo de uso das seringas. Este resultado não foi corroborado no experimento objeto desta análise metodológica, não sendo detectada a permeabilidade do metano frente ao polipropileno.

O aumento de 0,3% de amplitude entre os exemplares, verificados a partir dos máximos e mínimos de cada grupo na Figura 4, sugeriu a existência de um fator de instabilidade nas seringas novas. Considerou-se que as diferenças observadas nas estimativas da concentração do metano podem ser atribuídas aos diversos materiais constituinte das seringas e também associadas a erros de diferentes naturezas, tais como: metodologia de amostragem, injeção do gás padrão e das amostras, fator humano, vapor d'água e a possível instabilidade do equipamento no momento da análise.

Vale ressaltar que devido ao reduzido número de amostras válidas nesta avaliação, tornou-se limitada qualquer inferência estatística que pudesse aprofundar a análise destes resultados, sendo necessária uma maior quantidade de dados, novas observações e um tempo



maior de estocagem para avaliar quanto estas variáveis poderão influenciar o valor da concentração do metano coletado em campo. No entanto, preliminarmente, o erro agregado ao processo pela reutilização das seringas de coleta e pelo armazenamento das amostras em laboratório não se mostrou significativo.

## 2. Fluxos de metano na Lagoa do INPE/Cachoeira Paulista

Na lagoa do INPE-Cachoeira Paulista/SP, em dezembro de 2011, foi realizada uma campanha na qual foram coletadas 65 amostras que resultaram em 14 fluxos válidos.

Em 78% dos fluxos observaram-se a ocorrência da forma difusiva, que variaram entre 2 e 36 mgCH<sub>4</sub>.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>, resultados que corroboram os encontrados por Bastiviken et al. (2004), que atribuem fluxo de 40 mgCH<sub>4</sub>.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup> para lagos com dimensões com inferiores a 10 mil m<sup>2</sup>, apontado que pequenas lagoas são propensas a ter mais vegetação e, com isso, apresentar fluxos maiores por unidade de área (HANSON et al., 2007).

A análise destes dados reforça a afirmação de Marani e Alvalá (2007), de que as quantidades liberadas de metano por fluxos ebulitivos são maiores do que no fluxo difusivo, neste ensaio de 22% dos casos, observando-se uma variação de 80 a 484 mgCH<sub>4</sub>.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup> nas emissões.

A média geral de 83 mgCH<sub>4</sub>.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>, determinada com base nos 14 fluxos válidos de metano na lagoa do INPE-Cachoeira Paulista, é inferior às médias relatadas para a planície amazônica, de 148 mgCH<sub>4</sub>.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup> (BARTLETT e HARRIS, 1993), e para áreas alagadas no pantanal, onde o fluxo médio foi de 133 mgCH<sub>4</sub>.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup> (ALVALÁ e MARANI, 2009).

Assim, ao avaliar os dados obtidos neste trabalho verificou-se que, em uma breve revisão da metodologia de estudo do metano emitido por corpos hídricos, a reutilização das seringas de coleta é factível e não acrescenta erros estatisticamente relevantes ao cálculo dos fluxos.

## Conclusão

Os resultados do teste das seringas indicam que é possível a reutilização deste material na coleta e armazenagem do ar atmosférico para análise do metano, visto que as seringas novas e em uso se equivaleram, não apresentando diferença estatisticamente relevante ao longo de sete dias, que, por consequên-

cia, não comprometem os resultados de campo.

Deve-se considerar que as seringas de polipropileno podem ser reutilizadas nas coletas de GEE desde que convenientemente limpas com gás inerte e analisadas num período curto após as coletas.

## Agradecimentos

Ao CNPq pela concessão da bolsa de iniciação científica da quarta autora e ao Laboratório de Biogeoquímica Ambiental do INPE pelo apoio logístico.

## Referências

ALVALÁ, P. C.; KIRCHHOFF, W. V. J. H. Methane fluxes from the Pantanal floodplain in Brazil: seasonal variation. In: van Ham et al. (Eds.) Non-CO<sub>2</sub> Greenhouse gases: scientific understanding, control and implementation. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, p. 95-99, 2000.

ALVALÁ, P. C.; MARANI, L. Environmental parameters influencing the methane emissions in the Pantanal floodplain, Brazil. In: S.N.Singh. (Org.). Climate Change and Crops. First Ed. New York: Springer, 2009, p. 133-146.

BARTLETT, K.B.; CRILL, P.M.; BONASSI, J.A.; RICHIEY, J.E.; HARRISS, R.C., Methane flux from the Amazon River floodplain: Emissions during rising water. J. Geophys. Res., v. 95, n. D10, p. 16,773-16,788, 1990.

BARTLETT, K. B.; HARRISS, R. C. Review and assessment of methane emission from wetlands, *Chemosphere*, 26, 1993.

BASTVIKEN, D.; COLE, J.; PACE, M.; TRANVIK, L. 2004. Methane emissions from lakes: Dependence of lake characteristics, two regional assessments, and a global estimate. *Global Biogeochem. Cycles* 18: GB4009, doi:10.1029/2004GB002238.

BOHRZ, G. Geração de metano em lagoa anaeróbia: um estudo de caso em abatedouro de bovinos. 2010. 152f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos)- Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.



- COSTA, F. S.; GOMES, J.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Métodos para avaliação das emissões de gases do efeito estufa no sistema solo-atmosfera. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 36, n. 2, p. 693-700, 2006.
- FEARNSIDE, P. M. Environmental impacts of Brazil's Tucuruí Dam: Unlearned lessons for hydroelectric development in Amazonia. *Environmental Management*, New York, v. 27, n. 3, 2001, p. 377-396.
- GRAUPE, F. A.; DA SILVA, L. S.; BAYER, C.; BUNDI, A. C.; DE LIMA, M. A.; POCOJESKI, E. Efluxo de metano (CH<sub>4</sub>) em dois solos do RS sob cultivo de arroz irrigado por alagamento. In: XXXI CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2007, Gramado. Anais. Porto Alegre: SBCS/Núcleo Regional Sul, 2007. p. 1-4.
- HANSON, P.C., CARPENTER, S.R.; CARDILLE, J.A.; COE, M.T.; WINSLOW, L.A. Small lakes dominate a random sample of regional lake characteristics. *Freshwater Biology*; v. 52, p.814-822, 2007.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). *Climate Change 2007: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC*. United Kingdom, 2007. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg1.htm>>. Acesso em: 25 mar. 2012.
- KHALIL, M.A.K.; RASMUSSEN, R.A.; SHEARER, M.; DALLUGE, R.; REN, L.; DUAN, C.L., Factors affecting methane emissions from rice fields. *J. Geophys. Res.*, v. 103, n. D19, p. 25219-25231, 1998.
- LIMA, I.B.T., Biogeochemical distinction of methane releases from two Amazon hydroreservoirs. *Chemosphere*; V.59, p.1697-1702, 2005.
- MARANI, L. Estudo da emissão de metano no Pantanal Sul Matogrossense. 2007. 108 p. (INPE-14776-TDI/1229). Tese (Doutorado em Geofísica Espacial) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2007.
- MARANI, L.; ALVALÁ, P. C. Methane emissions from lakes and floodplains in Pantanal, Brazil. *Atmospheric Environment*, 2007, v. 41, p. 1627-1633.
- MELACK, J. M.; HESS, L. L.; GASTIL, M.; FORSBERG, B. R.; HAMILTON, S. K.; LIMA, I. B. T.; NOVO, E. M. L. M. Regionalization of methane emissions in the Amazon basin with microwave remote sensing. *Global Change Biol.*, v. 10, p. 530-544, 2004.
- NOVO, E. M. L. M.; TUNDISI, J. G. Contribution of remote sensing techniques to the assessment of methane emission from large tropical reservoirs. *Remote Sensing Reviews*, v. 10, p. 143-153, 1994.
- RAMANATHAN, V.; CICERONE, R. J.; SING, H. B.; KIEHL, J. T., Trace gas trend and their potential role in climate change. *J. Geophys. Res.*, v. 90, p. 5547-5566, 1985.
- VALENÇA, W.; ROSA, L. P. Impactos socioeconômicos da hidroelétrica de Tucuruí. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA, 6, Rio de Janeiro, 1993. Anais. Rio de Janeiro, 1993. V. 1, p. 83-88.
- WUEBBLES, D. J.; HAYLOE, K. Atmospheric methane and global change. *Earth-Science Reviews*, v. 57, p. 177-210, 2002.
- XAVIER, M. E. R. ; KERR, A. A. F. S. . A Análise do Efeito Estufa em Textos Para-didáticos e Periódicos Jornalísticos. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Brasil, v. 21, n.3, p. 325-349, 2004.