CARACTERIZAÇÃO DA EMISSÃO NATURAL DE METANO PARA A ATMOSFERA NA LAGOA RODRIGO DE FREITAS, RJ

Lia Braz[1]; Willian José Ferreira[1,2]; Getulio Teixeira Batista[1]; Marcelo dos Santos Targa[1]; Plínio Carlos Alvalá[2]; Valiya Mannathal Hamza[3]

Resumo

A rede hidrográfica brasileira tem grande potencial para a geração de energia por meio da implantação de usinas hidrelétricas. O entendimento de como ocorrem os processos de emissão de gases de efeito estufa em reservatórios de centrais hidrelétricas vem sendo amplamente questionado por diversos setores. Neste trabalho foi realizado um estudo preliminar para validar medidas a serem implementadas na pesquisa de emissões em represas. Assim, estimou-se a emissão natural de metano para a atmosfera na Lagoa Rodrigo de Freitas, no Rio de Janeiro, onde foram realizadas duas campanhas em 2011. Determinou-se o fluxo de metano utilizando a técnica da câmara estática para a coleta do ar e a análise das amostras efetuada por cromatografia gasosa. A média geral dos fluxos foi de 47,2 ± 24,4 $mgCH_4m^{-2}d^{-1}$ de emissão do gás para a atmosfera. Foram medidos parâmetros ambientais e observada a influência destas variáveis no processo de emissão do metano.

Abstract

The Brazilian hydrographic network has a great potential for power generation based on hydroelectric plants` installations. The understanding of how emission processes of greenhouse gases occur in reservoirs of hydroelectric plants has been widely discussed by various sectors. In this work, a preliminary study to validate the measures to be implemented in the research of methane emissions from dams was done. Thus, the emission of methane to the atmosphere of the Rodrigo de Freitas Lagoon in Rio de Janeiro was estimated. Two campaigns were carried out in 2011 and the methane flow determined using the technique of static camera and the samples were analyzed by gas chromatography. The overall mean of flows was 47.2 ± 24.4 $mgCH_4m^{-2}d^{-1}$ of gas emission to the atmosphere. Environmental parameters were measured and it was found that they can have influence on the methane emission process.

Palavras-chave – Energia; Gases de Efeito Estufa; Mudanças Climáticas.

[1] Universidade de Taubaté. Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais - Estrada Municipal Dr. José Luiz Cembranelli, 5.000 - B. Itaim - 12081-010 – Taubaté/SP, (12) 3625-4116. E-mail: lia.braz@hotmail.com; will.ferreira@hotmail.com; getulio@agro.unitau.br; mtarga@unitau.br.

[2]INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. CCST - Centro de Ciências do Sistema Terrestre. Avenida dos Astronautas, 1.758 - Jardim da Granja – 12227-010 – São José dos Campos/SP, (12) 3208-6806. E-mail: plinio@dge.inpe.br.

[3] ON - Observatório Nacional. R. General José Cristo, 77 - São Cristóvão – 20921-400 – Rio de Janeiro/RJ, (21) 2580-7081. E-mail – hamza@on.br.

1. INTRODUÇÃO

O metano é o hidrocarboneto mais abundante na atmosfera terrestre e a proporção de sua mistura dobrou desde a Revolução Industrial, situando-se hoje em torno de 1800 ppbv (partes por bilhão, por volume). A emissão deste gás cresce cerca de 1% ao ano (Holmes, 1999 apud Pellizari et al., 2007) e a intervenção humana nos processos naturais tem atuado diretamente sobre a estabilidade do clima e do equilíbrio térmico do planeta.

O metano pode ser emitido natural ou artificialmente. De modo geral, as áreas úmidas, as colônias de cupins, a fermentação entérica dos ruminantes, os oceanos e os hidratos são fontes naturais do gás, enquanto que as emissões humanas são associadas à gestão de resíduos e às mudanças no uso do solo, sendo ambos afetados por fatores que incluem a produção e uso da energia, distribuição da população, práticas agrícolas e o próprio clima (BRASIL, 2009). Segundo números registrados no inventário de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa, cerca de 70% do metano emitido no país é proveniente do setor agropecuário (Op. Cit).

A produção de metano pela decomposição da matéria orgânica tem um papel importante no ciclo do carbono e representa 80% do gás que adentra a atmosfera (Manahan, 1994). As emissões decorrentes de zonas úmidas, resultantes do acúmulo e respectiva degradação da matéria orgânica em locais de baixa vazão de rios e áreas alagadas, representam 20% da emissão global do gás (Wuebbles e Hayhoe, 2002).

No Brasil, as emissões naturais do hidrocarboneto atingem 2 $Tg.ano^{-1}$ (Melack et al., 2004; Marani e Alvalá, 2007) e especula-se que os reservatórios artificiais contribuam para a intensificação do efeito estufa por meio da emissão de gases (ANEEL, 2009).

Quantificar estas emissões passa a ter sua significância reforçada à medida que a demanda por energia se torna crescente no país e se faz necessário estabelecer diretrizes para o estudo de emissões de gases de efeito estufa em hidrelétricas. Diante disso, a validação dos métodos para a avaliação dos impactos das emissões é imprescindível no planejamento da produção energética no país, amplamente baseada nestas centrais hidrelétricas.

Como ensaio preliminar do método empregado nestas medições, este estudo procurou caracterizar o processo de emanação natural de metano para a atmosfera na Lagoa Rodrigo de Freitas no Rio de Janeiro, uma lagoa costeira que sofre interferências antrópicas.

O incremento do potencial de emissão de gases de efeito estufa devido ao acúmulo de matéria orgânica nos rios e lagos, que recebem dejetos dos sistemas com tratamento deficitários de esgotos sanitários e contribuições de águas pluviais com cargas orgânicas provenientes de áreas urbanizadas, surge como grande desafio à gestão pública de reservatórios abertos de água.

Oliveira et al. (1957) afirma que, como reflexo desta questão, há tempos se observa na Lagoa Rodrigo de Freitas períodos onde ocorre mortandade de peixes. O primeiro registro data do século XVI pela Câmara Municipal de Vereadores (Geofísica Brasil, 2010). As mortes eram associadas às variações bruscas de salinidade na Lagoa, que ocorrem devido à entrada de água salgada pelo canal que a liga ao mar.

No entanto, aliados aos fenômenos naturais, o assoreamento, a estagnação e a deterioração da qualidade das águas da Lagoa, intensificados pelas intervenções antrópicas, dificultam a aplicação de soluções sustentáveis para melhorias na qualidade ambiental. Após anos, os períodos de mortandade não cessaram e podem estar relacionados ao gás que é liberado na degradação dos dejetos lançados na lagoa.

Hamza (2010) afirma que não somente a decomposição anaeróbia da matéria orgânica pode favorecer o desequilíbrio. A ocorrência de grábens e zonas de atividade tectônica de idade Cenozóica na região da Lagoa Rodrigo de Freitas propiciam a ocorrência de fenômenos episódicos, como a exsudação de gases e descargas de fluidos termais.

Determinar os valores de *background* de emissões de metano na Lagoa, bem como investigar as características físico-químicas destes processos, é fundamental para a avaliação dos impactos ambientais na região.

2. METODOLOGIA

A Lagoa Rodrigo de Freitas está localizada na cidade do Rio de Janeiro, entre as latitudes 22º 57’ 02 “S e 22º 58’ 09” S e longitudes 43º 11’ 09 “e 43º 13’ 03” W. Seu formato atual é de um polígono irregular com um perímetro de 7,2 km e largura máxima de 3 km. O espelho de água é de cerca de 2,5 km² com a profundidade máxima de 11 m (Andreata et al., 1997).

As medições foram realizadas nos meses de fevereiro e março de 2011 empregando o método da câmara estática, descrito por Marani e Alvalá (2007). Para a 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. A câmara foi coberta com uma manta térmica, para reduzir a variação de temperatura em seu interior e evitar grandes variações no micro-ambiente criado em seu interior.

As amostras de ar foram coletadas por um tubo de teflon instalado na câmara e armazenadas em uma seringa de poliuretano de 60 ml, equipada com uma torneira de três vias, com trava tipo “*luer lock”* e as amostras analisadas por cromatografia gasosa no Laboratório Associado de Estudos em Biogeoquímica Ambiental do INPE, em São José dos Campos. O fluxo de metano foi determinado segundo metodologia descrita por Khalil et al. (1998).

Para caracterizar a emissão natural de metano pela Lagoa Rodrigo de Freitas definiram-se os pontos para amostragem a partir de observações referentes às falhas geológicas que cortam a Lagoa, partindo do pressuposto que existem bolsões de gás na zona lodosa, que liberam gases que atravessam o lodo e chegam à superfície à medida que ocorre o aumento da pressão nesta região (Geofísica Brasil, 2010). A Figura 1 apresenta a Lagoa e os pontos amostrais deste trabalho.



Figura 1. Imagem com indicação dos pontos de coleta de amostras na Lagoa Rodrigo de Freitas, RJ. Fonte: Google Earth (2011)

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

Em cada ponto foram coletadas amostras de ar atmosférico para validar o fluxo obtido. As Figuras 2 e 3 apresentam o conjunto para as coletas de metano para a atmosfera.

Parâmetros na coluna de água foram medidos logo abaixo da superfície (subsuperficial), no meio da coluna d'água e próximo ao sedimento, utilizando uma sonda multiparâmetro de qualidade da água da marca Horiba, modelo U-51. Foram medidos: pH, ORP (Potencial Redox), oxigênio

dissolvido, temperatura do ar e da água. A partir destes dados foram observadas a variabilidade e as possíveis relações entre os fluxos de metano e os parâmetros ambientais.

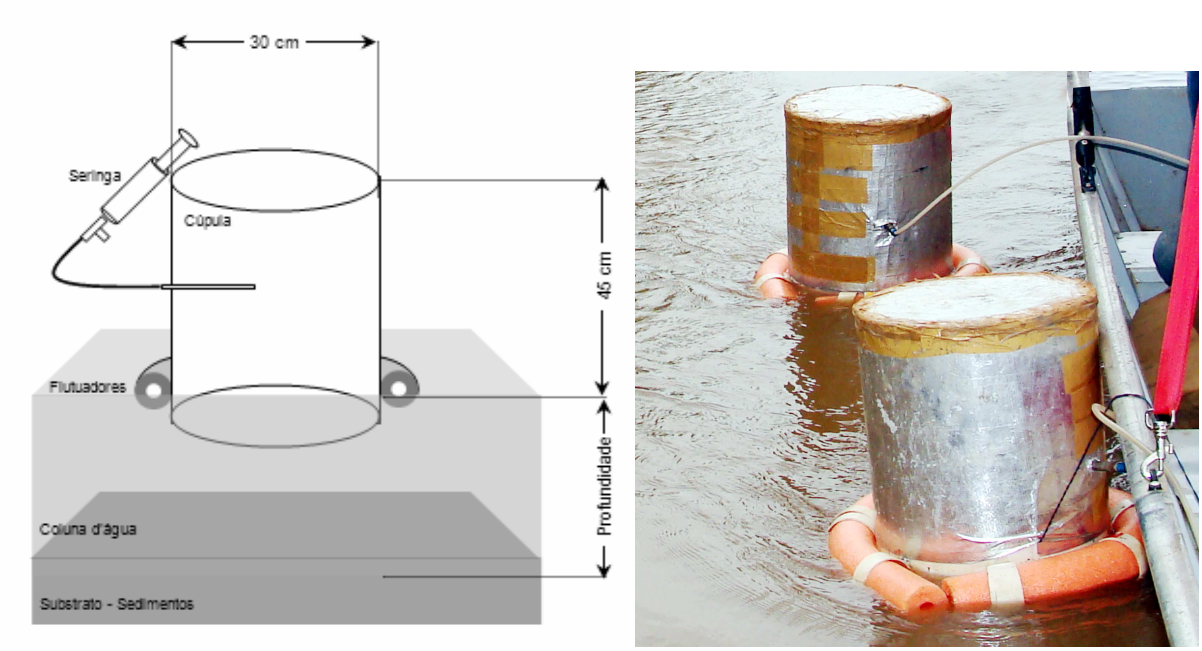


Figura 2 e 3 – Conjunto para coleta de metano: câmara estática e seringa (Silva, 2010).

3. RESULTADOS

3.1 Medidas Ambientais

A Tabela 1 apresenta a média e o desvio padrão de parâmetros ambientais medidos na Lagoa Rodrigo de Freitas. Foram medidos os parâmetros ambientais da coluna d'água logo abaixo da superfície, no meio da coluna d'água e próximas ao sedimento.

Tabela1. Parâmetros ambientais medidos na coluna d'água: média e desvio padrão.

Parâmetros Ambientais	Subsuperficial	Meio	Próximo ao sedimento
Temperatura Ar (ºC)	28,9 ± 0,9	27,9 ± 0,9	27,99 ± 0,9
Temperatura Água (ºC)	29,9 ± 0,4	28,8 ± 0,2	28,5 ± 0,2
pH	7,6 ± 0,3	7,7 ± 0,2	7,5 ± 0,3
ORP (mV) – Potencial Redox	81,9 ± 18,7	81,8 ± 13,7	78,7 ± 13,0
Oxigênio dissolvido (mg/l)	5,3 ± 1,4	4,8 ± 1,5	2,2 ± 0,8

As temperaturas do ar e da água não tiveram variação significativa nas regiões medidas, se mantendo próximas a 28ºC e 29ºC, respectivamente.

Grande parte dos organismos produtores de metano é sensível ao pH, habitando preferencialmente locais onde as condições deste parâmetro são próximas da neutralidade, registrando uma maior produção quando o pH varia de 6,4 a 7,8 e queda nas taxas de produção para potenciais hidrogeniônicos maiores ou menores do que estes valores (Wang et al., 1993). Os valores obtidos na lagoa se encontram dentro da faixa de eficiência de produção.

O ambiente próximo ao substrato, com menores índices de oxigênio dissolvido e ORP, favorece a produção de metano por bactérias metanogênicas, enquanto que o aumento gradativo da concentração de oxigênio ao longo da coluna d'água aumenta o consumo do metano antes que ele atinja a superfície.

3.2. Medidas do fluxo de metano na Lagoa Rodrigo de Freitas

Foram coletadas 180 amostras nos pontos interiores da Lagoa, que resultaram em 38 fluxos válidos. A média da emissão natural do metano foi de 47,0 ± 24,4 $mgCH_4m^{-2}d^{-1}$, com uma mediana de 42,7 $mgCH_4m^{-2}d^{-1}$. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Emissão natural do metano nos pontos de coleta.

Local de Amostragem	**Coordenadas Geográficas**	**Profundidade (m)**	**Fluxo de Metano ($mgCH4m^{-2}d^{-1}$)**	
			Médio	**Desvio Padrão**
Ponto 1	22°58'27"S 43°12'58"O	2	57,4	20,6
Ponto 2	22°58'35"S 43°12'27"O	4,5	28,6	11,3
Ponto 3	22°58'14"S 43°12'34"O	3,5	41,6	20,3
Ponto 4	22°58'20"S 43°12'46"O	3,5	53,2	14,6
Ponto 5	22°57'51"S 43°12'48"O	2,5	55,2	41,5
Média dos Fluxos			**47,2**	**24,4**

O ponto 1 apresentou o maior fluxo médio 57,4 ± 20,6 $mgCH_4m^{-2}d^{-1}$, onde se verificou a menor profundidade, de aproximadamente 2 m. O ponto 2, devido a proximidade do canal de ligação com o mar, por sua vez apresentou o menor fluxo médio 28,6 ± 11,3 $mgCH_4m^{-2}d^{-1}$.

Nos resultados encontrados nos demais pontos evidencia-se que nas maiores profundidades o valor da emissão natural de metano apresenta-se menor, corroborando os resultados obtidos em outros trabalhos (Marani e Alvalá, 2007; Silva, 2010).

Os fluxos puderam ser classificados como ebulitivos ou difusivos, de acordo com Khalil et al. (1998).

Relacionados à taxa de produção de metano no sedimento e à pressão hidrostática, que deve ser superada para que bolhas de metano sejam liberadas diretamente à atmosfera, os fluxos ebulitivos apresentaram média de 47,7 ± 22,4 $mgCH_4m^{-2}d^{-1}$ e mediana de 44,7 $mgCH_4m^{-2}d^{-1}$.

Houve um maior número de casos ocorridos de modo difusivo, forma do fluxo que apresenta uma emissão constante ao longo do tempo, com média de 46,8 ± 25,0 $mgCH_4m^{-2}d^{-1}$e mediana de 42,2 $mgCH_4m^{-2}d^{-1}$.

A média geral encontrada nas medidas da Lagoa Rodrigo de Freitas, 47,2 ± 24,4 $mgCH_4m^{-2}d^{-1}$, apresentou valor menor do que a encontrada no Pantanal Sul-Matogrossense, 163,8 ± 343,2 $mgCH_4m^{-2}d^{-1}$, com uma mediana de 39,0 $mgCH_4m^{-2}d^{-1}$ (Silva, 2010). Marani e Alvalá (2007), para a mesma região pantaneira, obteve a média de 116,8 ± 275,8 $mgCH_4m^{-2}d^{-1}$.

Entretanto, a Lagoa apresentou uma média próxima da encontrada em medição realizada em lagos permanentes, não influenciados pelas variações do regime de chuva e que registram vazão e reposição constante de água, com a média de 59,1 $mgCH_4m^{-2}d^{-1}$ (Braz et al., 2011).

Uma possível justificativa para os valores de emissão encontrados na Lagoa Rodrigo de Freitas seria a constante circulação de água que adentra pelo canal que a liga ao mar. Esta troca pode estimular a ação de bactérias que consomem o metano ao longo da coluna d'água, bactérias metanotróficas. Existe produção de metano na região próxima do sedimento, mas este potencial não chega à superfície devido à ação destes microorganismos.

4. CONCLUSÕES

Os trabalhos realizados na Lagoa Rodrigo de Freitas caracterizam-na como emissora de metano para a atmosfera.

Mesmo com a intervenção antrópica, a média da emissão natural verificada na Lagoa, 47,2 ± 24,4 $mgCH_4m^{-2}d^{-1}$, está próxima da média encontrada para medidas realizadas em lagos permanentes.

Vale notar que há grande quantidade de gás metano nos estratos sedimentares do fundo desta Lagoa. No entanto, influenciada pela atividade bacteriana consumidora de metano no local, o gás não emergiu à superfície no período de experimento, fato observado na diminuta ocorrência de fluxos ebulitivos durante as atividades.

A avaliação dos parâmetros ambientais mostrou influência na emissão de metano. O pH e o oxigênio dissolvido foram as variáveis medidas que denotaram esse comportamento, afirmando que sua alteração pode incrementar a liberação de metano para atmosfera.

O método utilizado na coleta das amostras se mostrou eficiente e confiável às medidas realizadas na Lagoa Rodrigo de Freitas e apta à avaliação das emissões em reservatórios destinados a produção de energia.

AGRADECIMENTOS

Aos apoios financeiros da Fundação Amparo á Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro - FAPERJ, através do Projeto "Caracterização Físico-Química das Emanações provenientes das Falhas Geológicas na área Costeira do Estado do Rio de Janeiro" (Processo nº. E-26/ 111.342/2010).

BIBLIOGRAFIA

ANDREATA, J. V.; MARCA, A. G.; SOARES C. L.; SANTOS R. S. (1997). *Distribuição mensal dos peixes mais representativos da Lagoa Rodrigo de Freitas. Rio de Janeiro, Brasil*. Revista brasileira de Zoologia, 14 (1): pp. 121-13.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica (2009). *Projeto Estratégico: Emissões de Gases de Efeito Estufa em Reservatórios de Centrais Hidrelétricas.* Formulário de Projeto. Rio de Janeiro, 17p.

BRASIL (2009). Ministério da Ciência e Tecnologia. *Inventário Brasileiro das Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa: Informações gerais e valores preliminares.* Brasília, 16p.

BRAZ, L.; FERREIRA, W. J.; ALVALÁ, P. C. (2011). *Preliminary Study of Atmospheric Methane Emissions in a lentic systems.* 12th International Congress of Brazilian Geophysical Society. Sociedade Brasileira de Geofísica. Rio de Janeiro, pp. 1-3.

GEOFÍSICA BRASIL (2010). Portal Geofísica Brasil. *Tectonismo: Gases tóxicos matam peixes na Lagoa.* Disponível em http://www.geofisicabrasil.com/noticias/167-divulgacao-cientifica/774-gases-toxicos-matam-peixes-lagoa.html. Acesso em 10/06/2011.

HAMZA, V. M. (2010). *Episodes of Biotic Crisis in Coastal Lagoons of Rio de Janeiro: Similarities with Mass Extinctions of end-Permian and end-Cretaceous times*. Proceedings, Meeting of the Americas – AGU. Foz do Iguaçu, 10p.

KHALIL, M. A. K.; RASMUSSEN, R.A.; SHEARER, M.; DALLUGE, R.; REN, L.; DUAN, C. L. (1998). *Factors affecting methane emissions from rice fields.* J. Geophys. Res., v. 103, n. D19, pp. 25219-25231.

MANAHAN, S. E. (1994). *Environmental Chemistry.* 6. ed. Boca Raton (Florida - USA): Lewis Publishers, 612 p.

MARANI, L.; ALVALA, P. C. (2007). *Methane emissions from lakes and floodplains in Pantanal, Brazil*. Atmospheric Environment, 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. (2004). *Regionalization of methane emissions in the Amazon basin with microwave remote sensing.* Global Change Biol., v.10, pp. 530-544.

OLIVEIRA, L.; NASCIMENTO, R.; KRAU, L; MIRANDA, N. (1957). *Observações hidrobiológicas e mortandade de peixes na Lagoa Rodrigo de Freitas***.** Mem. Inst. Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, **55** (2):211-275.

PELLIZARI, V. H.; NAKAYAMA, C. R.; ARAUJO, A. C. V.; LIOTTI R. G.; VAZOLLER, R. F. (2007). *Metano, Mudanças Climáticas Globais e a Microbiologia.* Microbiologia In Foco, pp.4-9.

SILVA, M. G. (2010). *Variação interanual e análise da influência de parâmetros ambientais na emissão de metano no Pantanal.* Dissertação (Mestrado em Geofísica Espacial) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 99p. *Orientador:* Plínio Carlos Alvalá.

WANG, Z. P.; DELAUNE, R. D.; MASSCHELEYN, P. H. (1993). *Soil redox and pH effects on methane production in a flooded rice.* Soil Science Society of America Journal, v. 57, n. 2, pp. 382-38.

WUEBBLES, D. J.; HAYLOE, K. (2002). *Atmospheric methane and global change.* Earth-Science Reviews, v.57, pp.177-210.