



## ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA AQUICULTURA E CARACTERÍSTICAS DE RESERVATÓRIOS BRASILEIROS NA EMISSÃO DE METANO

Thassia Pine **Gondek**<sup>1</sup>, Marcelo Gomes **da Silva**<sup>2</sup>; Danilo F. T. **Garfalo**<sup>3</sup>; Viviane C. **Bettanin**<sup>4</sup>; Ana  
Paula **Packer**<sup>5</sup>

Nº 21418

**RESUMO** – *A produção de peixes em tanques rede é pouco estudada em relação a outras cadeias produtivas, como por exemplo a bovinocultura. Entretanto, estudos recentes sugerem que a atividade é uma fonte potencial de emissão de metano (CH<sub>4</sub>), um dos principais gases de efeito estufa (GEE). O aumento da produção de metano em áreas com tanques rede é associada principalmente ao acúmulo de matéria orgânica proveniente de ração não ingerida e por fezes dos peixes. Entretanto, a revisão bibliográfica sobre o tema mostrou que o aumento da emissão de metano não ocorre em todas as áreas com produção de peixes em tanques rede. O principal objetivo desse trabalho foi avaliar a influência das atividades aquícolas no balanço de CH<sub>4</sub> em reservatórios com diferentes características. Para isso, foram amostrados três reservatórios brasileiros: Ilha Solteira (SP/MS), Paulo Afonso (BA) e Sobradinho (BA). Os resultados preliminares sugerem que a produção de peixes em tanques rede têm grande potencial de emissão de metano. Entretanto, características do reservatório, como o controle da vazão de água através da barragem ou a presença de macrófitas no sedimento, podem estar relacionadas com a atenuação da emissão de metano.*

**Palavras-chaves:** Metano, Piscicultura, Tanques rede, Reservatório

<sup>1</sup> Autor, Bolsista CNPq (PIBIC): Graduação em Geologia, UNICAMP, Campinas-SP; thassiapgondek@gmail.com

<sup>2</sup> Colaborador, Doutor em Geofísica Espacial, Bolsista DTI-A, Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP;

<sup>3</sup> Colaborador, Doutor em Geografia, Consultor, Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP;

<sup>4</sup> Colaboradora, Graduação em Química, Técnica, Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP;

<sup>5</sup> Orientadora: Pesquisadora Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP; paula.packer@embrapa.br



**ABSTRACT** – *Fish production in net tanks is little studied in relation to other production chains, such as cattle raising. However, recent studies indicate that the activity is a potential source of methane (CH<sub>4</sub>) emissions, one of the main greenhouse gases (GHG). The increase in methane production in areas with reduced ponds is mainly associated with the accumulation of organic matter from uneaten feed and fish feces. However, a literature review on the subject showed that the increase in methane emission does not occur in all areas with fish production in net tanks. The main objective of this work was to evaluate the influence of aquaculture activities on the CH<sub>4</sub> balance in reservoirs with different characteristics. Three Brazilian reservoirs were sampled: Ilha Solteira (SP / MS), Paulo Afonso (BA) and Sobradinho (BA). Preliminary results showed that fish production in net tanks has great potential for methane emissions. However, reservoir characteristics, such as the control of water flow through the dam or the presence of macrophytes in the sediment, may be related to the attenuation of methane emission.*

**Keywords:** Methane, Fish farm, Net Cages, Reservoir

## 1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas o consumo de peixe tem aumentado mundialmente, sendo que a aquicultura a aquicultura entre 2001 e 2016 cresceu com uma taxa média de 5,8%, mais rápido que outros setores de produção alimentícia. (FAO, 2018). Em relação ao consumo do peixe per capita, em 2016 este atingiu a marca de 19,7 kg, com a expectativa de crescimento médio de 0,6 kg por ano, onde a aquicultura supera a pesca de captura na oferta de alimentos total, representando 10,6 kg de alimento per capita (FAO, 2017).

Apesar dos benefícios relacionados com a segurança alimentar, estudos recentes apontam que a piscicultura pode ser uma potencial fonte emissora de gases de efeito estufa (GEE), principalmente metano (CH<sub>4</sub>) (IPCC, 2014; FAO, 2017; KOSTEN et al., 2020). O CH<sub>4</sub> é um gás com potencial de aquecimento da atmosfera 28 vezes maior que o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), para um horizonte de 100 anos, sendo um agente importante no aquecimento global (IPCC, 2014). Em relação à produção de peixes em tanques rede, o aumento da emissão de metano foi relacionado ao acúmulo de matéria orgânica no sedimento proveniente de ração não ingerida e por fezes dos peixes (Hu et al., 2016).



Em ecossistemas aquáticos, alguns micro-organismos degradam as moléculas de sedimento em compostos como ácido acético, dióxido de carbono e hidrogênio, e estes são utilizados para produzir CH<sub>4</sub>. Mais de 87% dos sedimentos em corpos aquáticos doces são degradados em processos de metanogênese e fermentação para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub> (THAUER; KASTER; SEEDORF, 2008; LIIKANEN, 2002). Entretanto, Silva et al. (2018) mostraram que as emissões de CH<sub>4</sub> são influenciadas mais pelas características do reservatório do que pela produção de peixes em tanque rede. Um dos principais modos de emissão de CH<sub>4</sub> é pela via difusiva, sendo este o metano difusivo, onde –devido sua baixa solubilidade- tende a se liberar para a atmosfera por difusão molecular por toda a coluna d'água principalmente através de processos geradores de turbulência (BARBOSA, 2013).

O Brasil possui o potencial de se tornar protagonista na piscicultura, sendo o setor de produção de proteína animal que apresentou maior incremento percentual entre 2004 e 2014, com crescimento anual médio de quase 9,85%, em comparação a bovinos (5,1%), frango (4,1%) e suínos (2,9%) (SCHULTER; VIEIRA, 2017). O cultivo de peixes demonstrou um aumento ainda mais significativo de 31% no país entre os anos de 2014 (578.800 t) a 2019 (758.006 t) (MEDEIROS; ALBUQUERQUE, 2020).

Parte deste aumento se deve à prática de cultivo de peixes em tanques rede em reservatórios de Águas da União. Neste contexto, o Reservatório da UHE Ilha Solteira tem grande importância no cenário nacional de cultivo de peixe com produção de aproximadamente 121.083 t/ano em 2019, seguido pelo reservatório de Paulo Afonso com a produção de 76.499 t/ano e de Sobradinho com 39.766 t/ano. Somando as três produções temos 31 % da produção nacional (MEDEIROS; ALBUQUERQUE, 2020). Os três reservatórios foram selecionados neste estudo para a investigação dos possíveis impactos relacionados ao cultivo de peixe em tanques rede devido à importância na produção nacional de peixes e pelas diferenças entre os reservatórios.

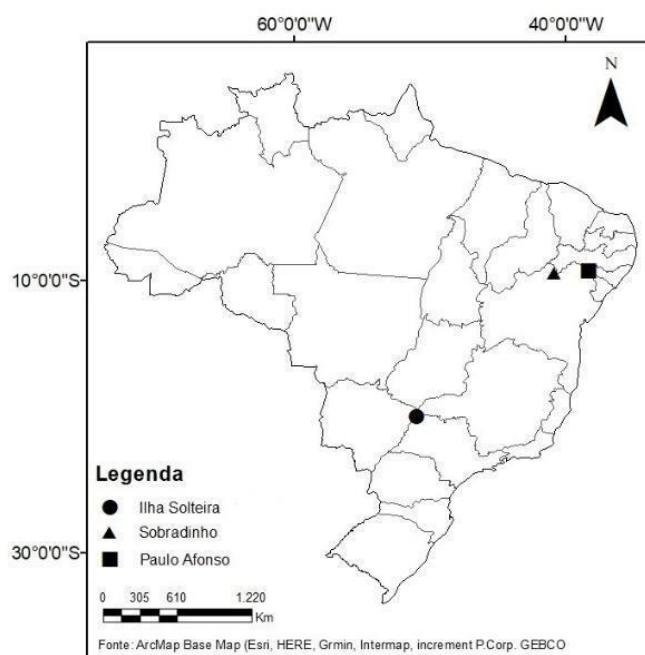
O objetivo geral deste estudo foi avaliar o impacto da produção de peixes em tanques rede na emissão de CH<sub>4</sub> em reservatórios com características distintas. Os objetivos específicos visaram: 1) Comparar a emissão de metano em áreas de produção de peixe e em áreas controle; 2) Analisar a influência de características inerentes de cada reservatório estudado na emissão de metano.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O Reservatório de Ilha Solteira (Figura 1) está localizado entre os estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul, 20°25'42" S e 51°20'34" W, no Planalto Centro Ocidental, com área aproximada

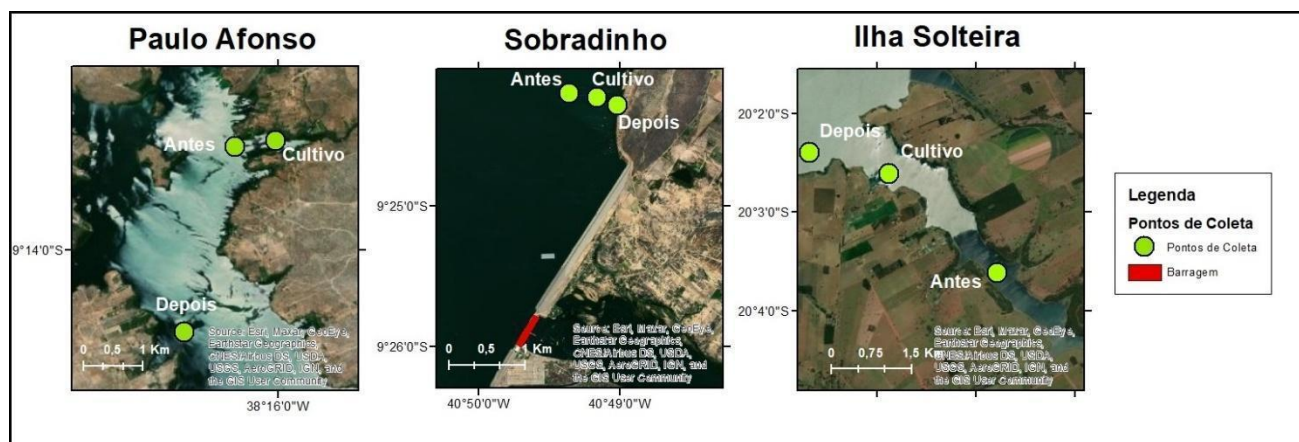
de 375.460 km<sup>2</sup>. A região possui clima tropical (Aw) – segundo a classificação climática de Köppen – com chuva no verão e seca no inverno e com temperaturas médias de 26,7° C nos meses mais quentes e abaixo de 21,5°C nos meses mais frios. É considerado um clima úmido devido à efetividade da precipitação (entre 60 mm a 240 mm mensais) (CESP, 2006; LARRUBIA, 2020; VASILIO, 2006).

O Reservatório de Paulo Afonso (Figura 1) está localizado na Bahia, 9°18'04" S e 38°16'21" W, na região do baixo rio São Francisco, no Complexo Hidroelétrico de Paulo Afonso, com área aproximada de 32.013 km<sup>2</sup>. A região possui clima semiárido quente (BSh), onde a temperatura média anual do ar é em média maior que 18°C, e a precipitação anual fica em geral em torno de 380 e 760 mm (OLIVEIRA, 2005; LIMA, 2014; MARTINS; CHAGAS, 2011). O reservatório de Sobradinho (Figura 1) está localizado na Bahia 9°24'11" S e 40°49'0" W, aproximadamente 40 km das cidades de Juazeiro e Petrolina. A região está situada na extensão do baixo rio São Francisco, com 34,1 bilhões de metros cúbicos. A área possui também clima semiárido quente (BSh) (SILVA; PEDROSA, 2016).



**Figura 1.** Localização geográfica dos Reservatórios de Ilha Solteira, Paulo Afonso e Sobradinho.

Foram realizadas uma campanha em Ilha Solteira em julho, uma campanha em Paulo Afonso em maio e uma campanha em Sobradinho em setembro de 2019. Nessas três regiões amostrais - Ilha Solteira, Paulo Afonso e Sobradinho - foram selecionados três pontos para a coleta: 1) antes dos tanques rede, em relação ao fluxo de água; 2) na área formada pelos tanques rede que são os pontos de cultivo; e 3) depois dos tanques rede, em relação ao fluxo de água (Figura 2).



**Figura 2.** Locais de amostragem em verde e a barragem de Sobradinho em vermelho.

As amostras de metano difusivo foram coletadas com câmaras difusivas com volume interno de 1L. Amostras de gás foram retiradas do interior das câmaras em intervalos de sete minutos (0, 7, 14, e 21 minutos) (IEA HYDROPOWER, 2012). As amostras de gás foram armazenadas em vials de 20 ml e transportados para a Embrapa Meio Ambiente (Jaguariúna - SP) para determinação da razão de mistura de CH<sub>4</sub> em cada amostra através de cromatografia gasosa (CIOLA, 1985). O fluxo de CH<sub>4</sub> neste estudo foi expresso na unidade mg C-CH<sub>4</sub> m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>.

Para testar a hipótese que tanques rede influenciam as emissões de CH<sub>4</sub> nos reservatórios, os fluxos de CH<sub>4</sub> foram comparados pelo teste de Kruskal-Wallis a partir de linguagem R, devido à ausência de normalidade, em relação aos locais de coleta antes dos tanques rede, nos pontos dos tanques rede e à jusante dos tanques rede, o nível de significância de 0,05 foi considerado para as análises estatísticas (TRIOLA, 2013).

Após isso, para analisar as diferenças entre os valores de antes, cultivo e depois foi produzido um gráfico de pontos proporcionais. Para avaliar a população de macrófitas nos reservatórios foi calculado o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NVDI). Assumiu-se uma faixa de -1 a 1, onde abaixo de 0 geralmente indica a ausência de vegetação – como água e solos - e acima de 1 a presença de vegetação (MINHONI; MEDEIROS, 2017). Foram utilizadas imagens de satélite LANDSAT-8 fornecidas pelo Instituto de Pesquisas Espaciais (2021) nas bandas 4 (Vermelho) e a banda 5 (infravermelho próximo), e calculado o NVDI, conforme a equação proposta por Rouse et al. (1973).

$$NVDI = \frac{\rho_{IVP} - \rho_V}{\rho_{IVP} + \rho_V}$$

Onde:



$\rho_{IVP}$  : banda 5 (infravermelho próximo 0,85 a 0,88  $\mu\text{m}$ ).

$\rho_V$  : banda 4 (Vermelho 0,64 a 0,67  $\mu\text{m}$ ).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise das médias de fluxos de  $\text{CH}_4$ , comparando os três pontos amostrados dentro de um mesmo reservatório, a partir do teste de Kruskal-Wallis (Tabela 1), indicou que os fluxos difusivos de  $\text{CH}_4$  em Ilha Solteira tiveram média significativamente maior no ponto de cultivo, quando comparada com as médias antes e depois, sugerindo que o manejo dos peixes pode ter influência na emissão de  $\text{CH}_4$ . No reservatório de Paulo Afonso a média de fluxos de  $\text{CH}_4$  não se diferenciou significativamente entre os pontos de cultivo, antes e depois. No reservatório de Sobradinho a média de fluxos de  $\text{CH}_4$  foi significativamente menor nos pontos de cultivo e depois dos tanques quando comparado com o ponto antes dos tanques.

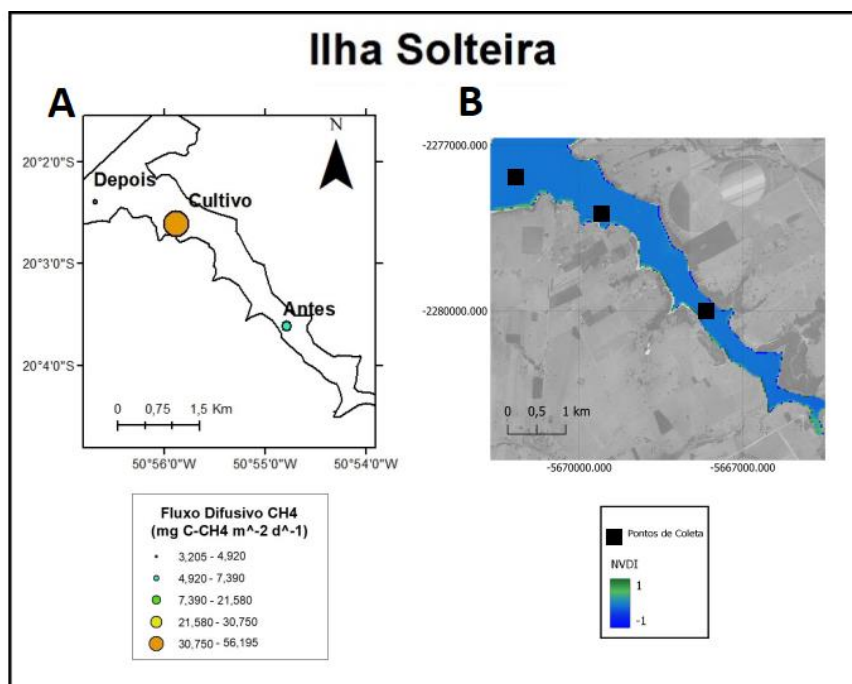
**Tabela 1.** Comparação estatística entre os pontos dentro do mesmo reservatório. Letras iguais não diferem estatisticamente entre si ( $p < 0.05$ ).

| Reservatórios | Pontos |         |        |
|---------------|--------|---------|--------|
|               | Antes  | Cultivo | Depois |
| Ilha Solteira | a      | b       | a      |
| Paulo Afonso  | a      | a       | a      |
| Sobradinho    | a      | b       | b      |

A possível influência dos tanques rede foi observada em apenas um dos reservatórios estudados, levantando a questão se existem outros fatores associados ao reservatório que devem ser considerados para entender os mecanismos de emissão de  $\text{CH}_4$ . Neste estudo foram abordadas características específicas dos dois reservatórios do Nordeste (Paulo Afonso e Sobradinho) como uma primeira investigação para averiguar fatos que possam explicar a ausência de aumento da emissão de  $\text{CH}_4$  assim como observado no reservatório de Ilha Solteira. Ressalta-se que a discussão apresentada neste trabalho se baseia nos dados coletados, observações de campo e revisão bibliográfica reforçando a necessidade de estudos adicionais para comprovar as hipóteses abordadas.

### 3.1 Ilha Solteira

O reservatório de Ilha Solteira teve aumento significativo da média de  $\text{CH}_4$  no ponto de cultivo quando comparados com os pontos antes e depois, visualizado na Figura 3A através de médias proporcionais.



**Figura 3.** Gráfico de pontos proporcionais de Ilha Solteira e a Imagem de NDVI de Ilha Solteira.

O aumento dos fluxos de  $\text{CH}_4$  no ponto de cultivo não foi explorado com mais profundidade neste estudo, mas os dados e a análise foram baseados no estudo “Increase of methane emission linked to net cage fish farms in a tropical reservoir”. Neste estudo, o aumento da emissão de  $\text{CH}_4$  nos tanques rede foi associada principalmente ao aumento de nutrientes no sedimento em função da ração não consumida pelos peixes e de fezes. Este fato também foi observado por Ghinham et al. (2018) que verificaram a relação do aumento de matéria orgânica com a emissão de metano em ambientes aquáticos.

Para efeito de comparação com o reservatório de Paulo Afonso, foi gerado o mapa de NDVI para verificar a presença de vegetação no fundo do reservatório (Figura 3B). A importância da vegetação no reservatório de Paulo Afonso será abordada no item 3.2. Para Ilha Solteira foi possível verificar que não houve evidências nas imagens de satélite da existência de grande quantidade de macrófitas no sedimento.



### 3.2 Paulo Afonso

O reservatório de Paulo Afonso não apresentou diferença significativa nas médias dos fluxos de  $\text{CH}_4$  entre os três pontos amostrados (cultivo, antes e depois), conforme visualizado na Figura 4A. A equipe que se deslocou ao reservatório de Paulo Afonso para coleta de amostras e dados relatou alta densidade de macrófitas subaquáticas no braço onde foram realizadas as amostragens. A presença de macrófitas foi constatada através de análise com dados de satélite no gráfico NVDI (Figura 4B).

Segundo Oliveira (2005), no reservatório de Paulo Afonso existe uma população alta de *Egeria densa*, uma macrófita aquática submersa e enraizada no fundo da reserva, onde existem as condições ideais de crescimento, substrato, nutrientes e luminosidade, além da falta de predadores. Santos, Gomes e Lopes (2006) pontuaram que as macrófitas aquáticas possuem grande importância ecológica servindo de proteção e substrato como também de alimentação para várias espécies.

O  $\text{CH}_4$  é formado de compostos como o  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ , formato, metanol, metilaminas e / ou acetato (THAUER; KASTER; SEEDORF, 2008). Desta forma, a produção de  $\text{CH}_4$  é extremamente dependente da disponibilidade de compostos químicos, reações e mecanismos de conservação de energia. Segundo Pierini e Thomaz (2004), as macrófitas submersas têm papel importante nas reações químicas do sedimento e na diminuição de carbono em decorrência da atividade fotossintética elevada. O processo resulta na rápida exaustão de  $\text{CO}_2$ , utilizado na produção de  $\text{CH}_4$ , e na elevação de  $\text{O}_2$  que oxida o  $\text{CH}_4$  produzido. O  $\text{O}_2$  também inibe a metanogênese devido à necessidade das arqueias de um ambiente anóxico (THAUER; KASTER; SEEDORF, 2008).

Para comparar e confirmar a existência das macrófitas nos diferentes pontos amostrados das três represas foram feitas análises de satélite calculando-se o valor de NVDI dos reservatórios, onde valores negativos indicam a inexistência de vegetação, representado em azul na Figura 4B, e 1 a existência de vegetação, representado em verde. Como é possível observar na Figura 4B, é visível a existência de vegetação, com o NVDI em torno de 0,32, o que indica a existência das macrófitas, corroborando com os estudos de Oliveira (2005).



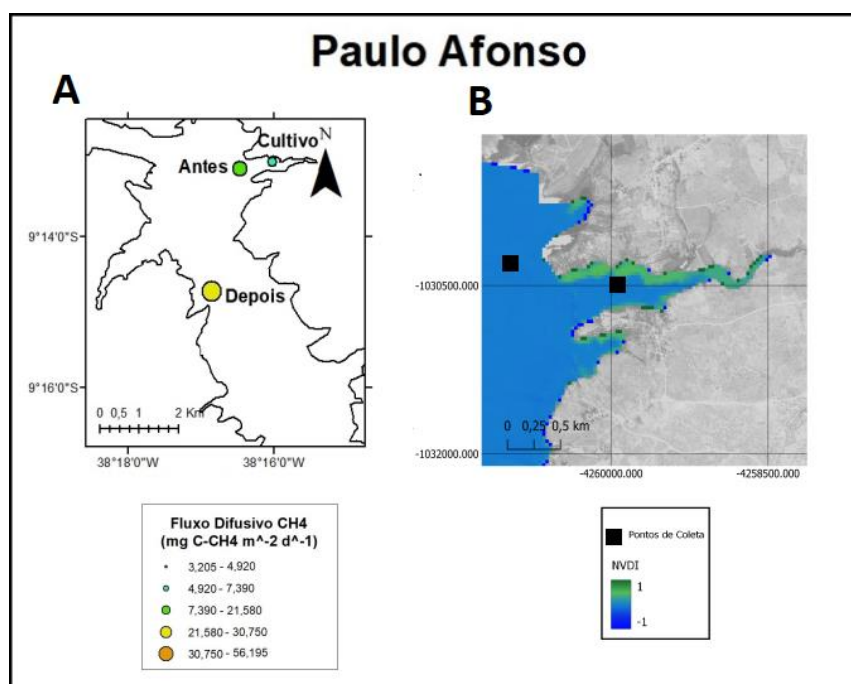
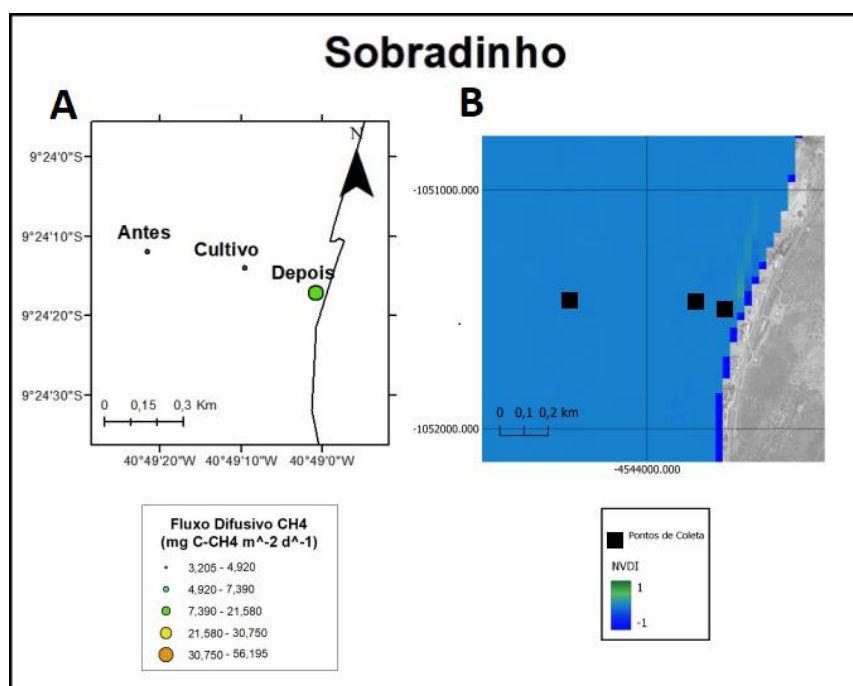


Figura 4. Gráfico de pontos proporcionais de Paulo Afonso e a Imagem de NVDI de Paulo Afonso.

### 3.3 Sobradinho

No reservatório de Sobradinho houve diferença significativa nas médias de fluxos de CH<sub>4</sub> entre os pontos amostrados. A média de CH<sub>4</sub> no cultivo e depois foi menor quando comparada com o ponto antes, mais próxima da margem (Figura 5A). Dois fatos podem estar associados a menor emissão de CH<sub>4</sub> no cultivo. A equipe de amostragem que esteve no local reportou que o ponto próximo à margem recebe os efluentes da moradia dos produtores e que os restos provenientes da preparação dos peixes para comercialização são feitas próximas ao ponto de amostragem, podendo ser a causa da elevada média de CH<sub>4</sub> no ponto. O segundo fato para entender a menor média de fluxos de CH<sub>4</sub> nos pontos de cultivo e depois pode estar associada à proximidade da barragem conforme visto na Figura 2. A área de estudo está a poucos quilômetros da barragem e um dos impactos a jusante da construção de uma barragem em um rio é a redução dos níveis de deposição de sedimentos, que estão ligados ao metano (MARTINS; CHAGAS, 2011). Em conversa informal com técnicos ligados à empresa que administra o reservatório foi informado que a passagem da água pela barragem provoca o arraste do sedimento no fundo do reservatório. O sedimento é importante para a emissão do metano pois é onde ocorre o processo de produção de CH<sub>4</sub>.

A análise do gráfico NVDI demonstrou que no reservatório de Sobradinho não foi constatada a presença de macrófitas no sedimento (Figura 5B) sugerindo que este fato não influenciou a emissão de CH<sub>4</sub>.



**Figura 5.** Gráfico de pontos proporcionais de Sobradinho e o Gráfico de NVDI de Sobradinho.

#### 4. CONCLUSÃO

A emissão de CH<sub>4</sub> nas áreas de cultivo pode variar a partir de fatores externos como a existência de macrófitas, no caso de Paulo Afonso, e a localização da área, como em Sobradinho que fica ao lado de uma barragem, assim reduzindo os níveis de deposição de sedimentos. Há necessidade de aprofundar a relação entre a mitigação de metano e a presença de macrófitas devido à uma provável diminuição da disponibilidade de carbono no sedimento.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPq por financiar o presente projeto e a bolsa PIBIC.

Os resultados apresentados neste trabalho fazem parte do banco de dados constituídos pelo Projeto Ações Estruturantes e Inovação para o Fortalecimento das Cadeias Produtivas da Aquicultura no Brasil (BRS AQUA), financiado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), Embrapa e Secretaria de Aquicultura e Pesca (SAP/MAPA).



## 6. REFERÊNCIAS

BARBOSA, P. M. **Avaliação do fluxo difusivo de metano (CH<sub>4</sub>) em ambientes do médio-baixo Solimões**. 2013. 89 p. Tese (Mestre em Ecologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Ecologia. Rio de Janeiro.

CESP. **40 Peixes do Brasil**. CESP 40 anos. Rio de Janeiro, 2006. 208 p

CIOLA, R. **Fundamentos da cromatografia a gás**. São Paulo, Editora Edgard Blücher Ltda, 1985. 453 p.

FAO. **Fishery and Aquaculture Statistics**. FAO, 2017. 108p

FAO. **The state of world fisheries and aquaculture 2018: meeting the sustainable development goals**. Rome: FAO, 2018. 227p.

GHINHAM, A.; DUMBABIN, M.; SIMON, A. Importance of sediment organic matter to methane ebullition in a sub-tropical freshwater reservoir. **Science of the Total Environment**, v. 621, p. 1199–1207. 2018.

HU, Z., *et al.* A comparison of methane emissions following rice paddies conversion to crab-fish farming wetlands in southeast China. **Environmental Science Pollution Research**, v. 23, p. 1505–1515, 2016.

IEA HYDROPOWER. **Guidelines for quantitative analysis of net GHG emissions from reservoirs: volume 1 e measurement programs and data analysis, international energy agency e implementing agreement for hydropower technologies and programs: annex XII- hydropower and the environment, task 1: managing the carbon balance in freshwater reservoirs (2007-present)**. 2012. 80 p. Disponível em: <[https://www.ieahydro.org/media/992f6848/GHG\\_Guidelines\\_22October2012\\_Final.pdf](https://www.ieahydro.org/media/992f6848/GHG_Guidelines_22October2012_Final.pdf)>. Acesso em: 14 jul. 2021.

INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Adamantina, SP. São José dos Campos**: INPE, 2014. 3 imagens de satélite. Satélite LANDSAT-8, instrumento OLI. Intervalo de tempo: de 10/11/1017 a 14/12/202. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/> Acesso em: 22 jun. 2021.

IPCC. **Climate change: mitigation of climate change. Working Group III Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Working Group III Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. New York, 2014 Disponível em: <[https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc\\_wg3\\_ar5\\_full.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_full.pdf)>. Acesso em: 14 jul. 2021.

KOSTEN, S. *et al.* **Better assessments of greenhouse gas emissions from global fish ponds needed to adequately evaluate aquaculture footprint**. *Sci. Total Environ*, v. 748. 2020.

LARRUBIA, C. B. **Método AHP como instrumento de apoio à decisão para a manutenção da qualidade da água do reservatório de Ilha Solteira**. 2020. 186 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

LIMA, A. E. Estado trófico na cascata de reservatórios de um rio no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v.9, n.1, p. 124-133. 2014

LIIKANEN, A. **Greenhouse gas and nutrient dynamics in lake sediment and water column in changing environment**. 2002. 604p. Doctoral dissertation, University of Kupio, Kupio,



**15º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2021**  
**01 a 02 de setembro de 2021**  
**ISBN 978-65-994972-0-9**

MARTINS, D. M. F.; CHAGAS, R. M. Impactos da construção da usina hidrelétrica de Sobradinho no regime de vazões no Baixo São Francisco. **Gestão e Controle Ambiental**. v.15, n.10, p. 1054–1061. 2011.

MEDEIROS, F.; ALBUQUERQUE, A. **Anuário 2020**: peixe BR da piscicultura. PEIXE BR. São Paulo, 2020. 136p.

MINHONI, R. T. A.; MEDEIROS, M. P. Sensoriamento remoto aplicado ao monitoramento de macrófitas aquáticas no reservatório de Barra Bonita, SP. **Irriga**, v. 22, n. 2, p. 330-342. 2017.

OLIVEIRA, N. M. B. Capacidade de regeneração de *Egeria densa* nos reservatórios de Paulo Afonso, BA. **Planta daninha**. v. 23, n. 2, p. 263-369. 2005.

ROUSE, J. W. et al. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: ERTS Symposium, 3., 1973. **NASA SP-351 I**, p. 309–317.

SANTOS, E. D.; GOMES, S. O.; LOPES, J. P. Contribuição de elódea *Egeria densa* à piscicultura através da colonização do camarão-canela *Macrobrachium amazonicum* no submédio rio São Francisco, no nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 1, n. 1, p.102-118, 2006.

SCHULTER, E. P.; VIEIRA, J. E. R. **Evolução da piscicultura no Brasil: diagnóstico e desenvolvimento da cadeia produtiva de tilápia**. Rio de Janeiro: IPEA, 2017. 47 p.

SILVA, E. A.; PEDROSA, M. M. Assessment of surface water at the Sobradinho Reservoir under the effects of drought using multi-temporal landsat images. **ISPRS Archives**, v. 41, p. 387-392. 2016.

SILVA, M.G. *et al.* Impact of intensive fish farming on methane emission in a tropical hydropower reservoir. **Climatic Change**, v. 150, p.195–210. 2018.

THAUER R. K.; KASTER A. K.; SEEDORF. H. Methanogenic archaea: ecologically relevant differences in energy conservation. **Microbiology**, v. 6, p. 579–591. 2008.

TRIOLA, M. F. **Introdução à estatística**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2013. 707 p.

VASILIO, V. A. A. **Balneabilidade, Índice de Qualidade da Água e Bioensaios de Toxicidade nas praias do Reservatório de Ilha Solteira/SP**. 2006. 148 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira.