

# Mapeamento, caracterização e análise dos padrões espaço-temporais das massas d'água que circulam pela planície de inundação amazônica:



**Autor:** Equipe LabISA  
<http://www.dpi.inpe.br/labisa/>

# Atividades no projeto:

## ATIVIDADE DE PESQUISA

### Desenvolver metodologia para:

- *Mapear massas d'água que circulam pela planície de inundação amazônica;*
- *Identificar padrões espaço temporal e investigar possíveis correlações entre os padrões e as mudanças de uso e cobertura do solo.*

### Motivação:

- A água é um traçador da vitalidade dos ecossistemas;
- Sistemas aquáticos são ambientes integradores dos processos que ocorrem na bacia.
- A composição das massas d'água é resultado destes processos.
- Os padrões espaço-temporais da dinâmica de composição das massas d'água, podem, a princípio, por meio dos processos biogeoquímicos dar indicações dos processos que estão ocorrendo da bacia.

## Hipótese

- Mudanças nos processos biogeoquímicos na planície são reflexos da dinâmica de uso e cobertura do solo tanto na terra firme quanto na própria planície.

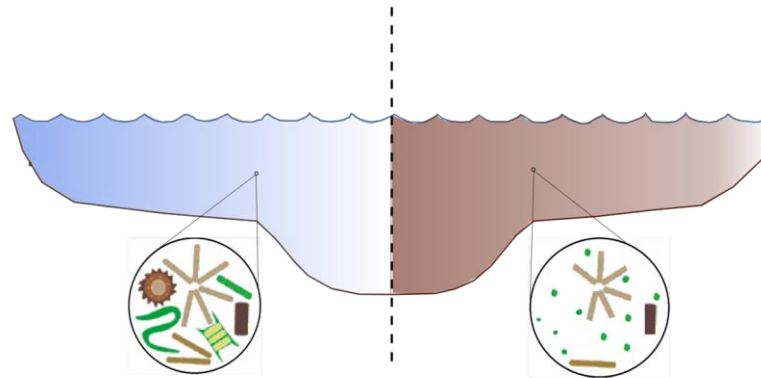
## Planícies de inundação são grandes fontes de gases de efeito estufa.

- Grande parte do carbono presente nestes sistemas aquáticos é processado localmente.
- Em equilíbrio, a evasão de carbono (metano) → taxa normal.
- Equilíbrio quebrado → impacta neste balanço de carbono → pode aumentar a emissão.

## Anos de enchente extremas

- ➔ Maior produção de metano, devido maior decomposição de matéria orgânica na ausência de oxigênio na água.

- Desmatamento e expansão agrícola de larga escala afetam o equilíbrio (
- Mudanças extremas na frequência e na intensidade dos máximos de inundação e de seca afetam a composição da águas
- Disponibilidade de luz subaquática → os processos biogeoquímicos, (produtividade primária, o processamento de carbono e a manutenção da diversidade.



- Com condições cada vez mais estressante → somente aquelas espécies que suportam estas condições de vida mais extremas prevaleçam, → cianobactérias, aumento de toxinas.
- Os seres que habitam a planície, evoluíram e se adaptaram a uma certa dinâmica de composição, de volume e de frequência de inundação ao longo de milhares de anos.

Agência  FAPESP

## Mudanças climáticas poderão extinguir 10% das espécies de anfíbios da Mata Atlântica

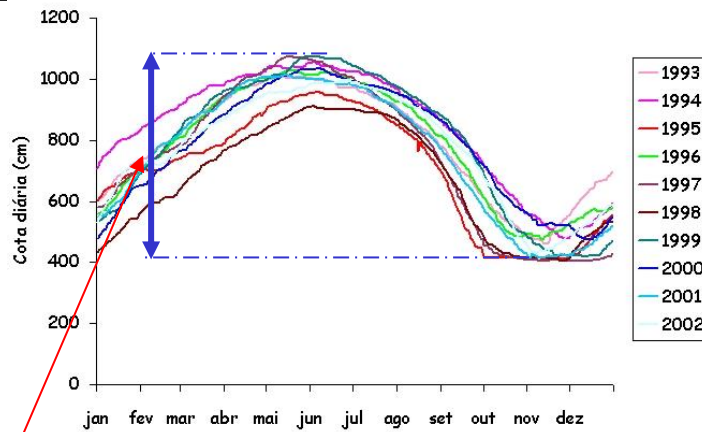
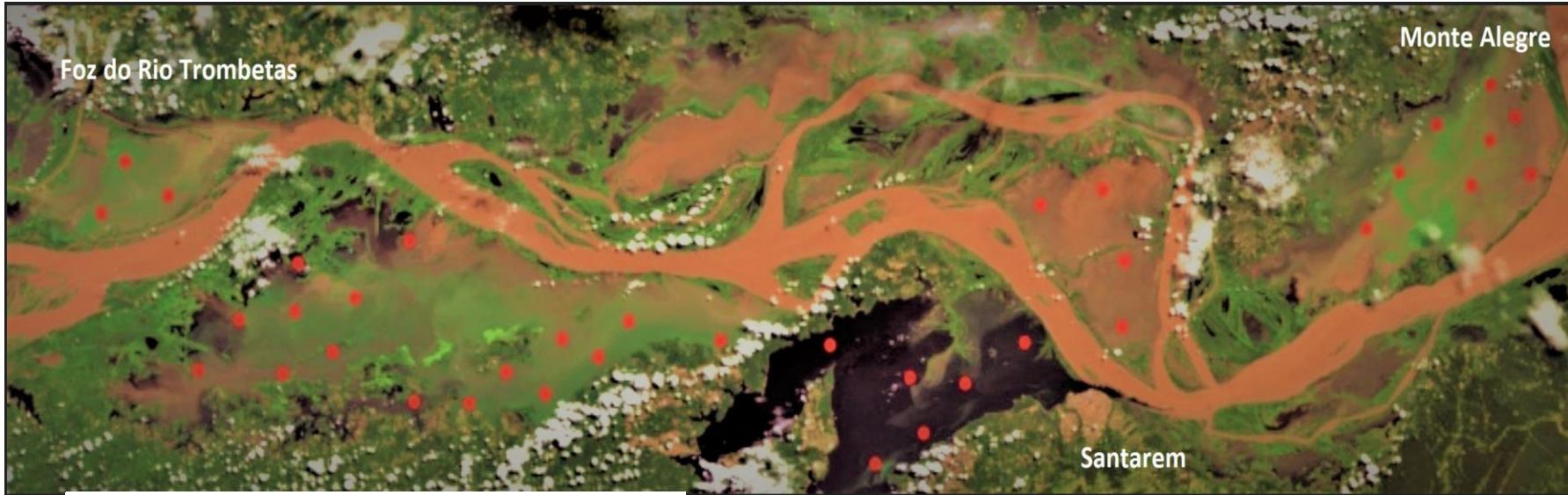
08 de agosto de 2018



Climas estimados entre 2050 e 2070 serão potencialmente fatais para espécies com menor adaptação à variação climática, indica estudo feito na Unesp (*Aplastodiscus arildae* / foto: Bruno T. M. do Nascimento)

# Área de estudo

Para investigar/ monitorar estas questões → área representativa



Cota diária



Amplitude anual 7 meters



# Síntese das atividades

4 campanhas (2015, 2016 e 2017) em diferentes estágios da hidrógrafa (enchente, cheia e vazante)

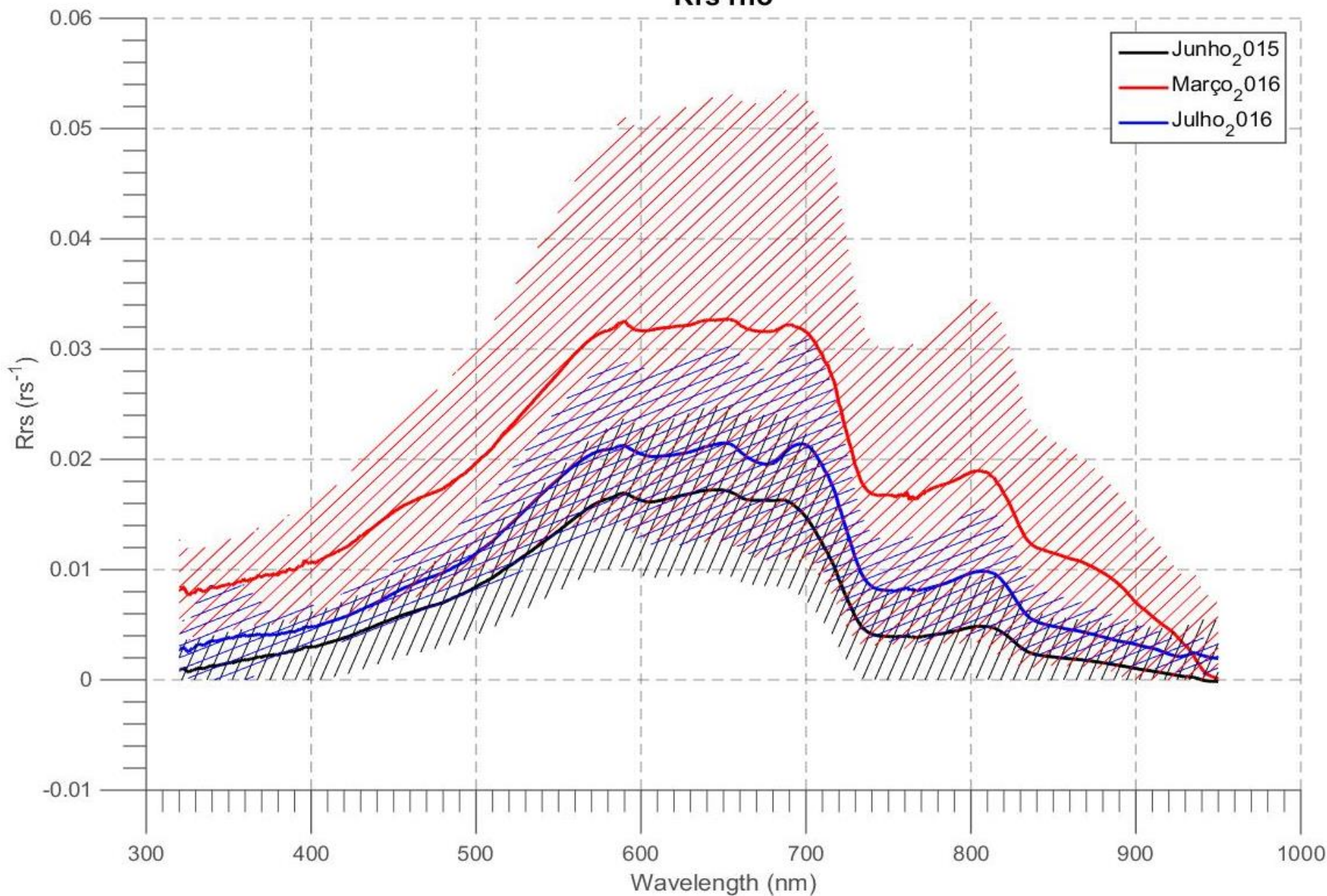
Média de 14 dias, Equipe de 10 pessoas, entre tripulação do barco, pesquisadores e alunos do INPE e alunos da UFOP (Universidade Federal do Oeste do Pará).

- **Registrar a variabilidade dos dados bio-ópticos para definir a abrangência de operação dos algoritmos de estimativa dos constituinte**



# Dados bio-ópticos

Rrs rho





# Dados bio-ópticos

	TSS mg L <sup>-1</sup>	TSI mg L <sup>-1</sup>	TSO mg L <sup>-1</sup>	Chl-a μg L <sup>-1</sup>	DOC mg L <sup>-1</sup>	DIC mg L <sup>-1</sup>	Cond. (S/m)	Temp (°C)	K <sub>d</sub> (440) m <sup>-1</sup>	Secchi (m)	CDOM <sub>(440)</sub> m <sup>-1</sup>
Média	33,52	24,11	9,78	12,14	9,55	5,11	0,008	29,5		0,6	1,95
Mínimo	2,13	2,13	1,25	0,35	1,53	0,91	0,0012	28,80	1	0,08	0.58
Máximo	288,5	269,0	44,00	85,05	15,64	7,87	0,01	32,70	7,5	2,10	2.96

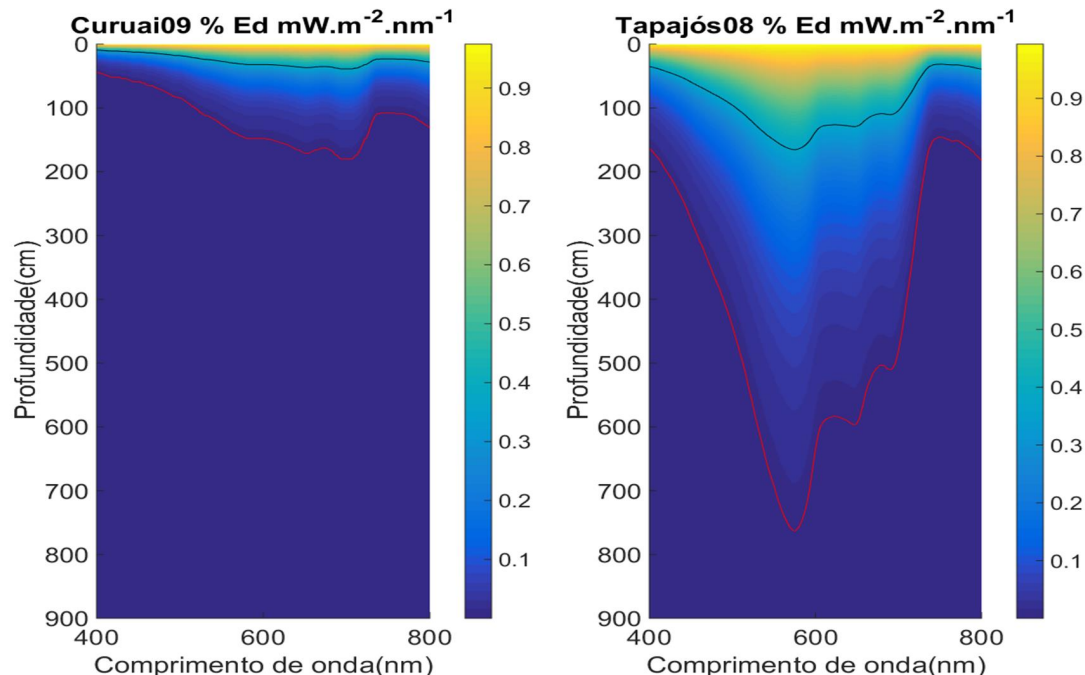


Figura 7 – Diminuição da irradiância descendente na colua d'água em função da profundidade para duas estações amostrais no campo de março de 2016. Linha vermelha: limite zona eufótica. Linha preta: 1/K<sub>d</sub>.

Todos os nossos resultados, obtidos até o momento, foram publicados em periódicos internacionais, simpósios e congressos, e em dissertações e teses defendidas

- 5 artigos em periódicos
- 6 em congressos
- 3 dissertações e 1 tese
- 2 dissertações deverão defendidas em 2019 (com 2 artigos em periódicos)

Disponíveis em: <http://www.dpi.inpe.br/labisa/>

## Equipe:

2 pesquisadores INPE;  
2 posdoc ;  
6 alunos mestrado e doutorado;  
1 bolsista PCI CNPq,  
4 alunos de iniciação científica.

Não tivemos bolsistas financiados pelo projeto.

Miguel forneceu 6 meses de bolsa para programados, e Alexandra 1 ano de bolsa

**Atividades desenvolvidas por alunos de pós**

# Resultados

**1- Pacotes de rotinas** para processamento dos dados in situ e correção atmosférica das imagens dos sensores Landsat8/OLI e Sentinel-2/MSI (Python e Matlab)

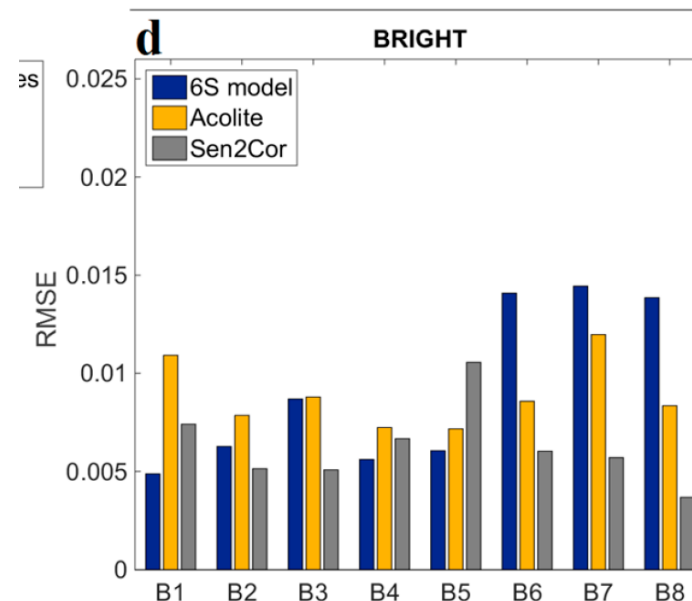
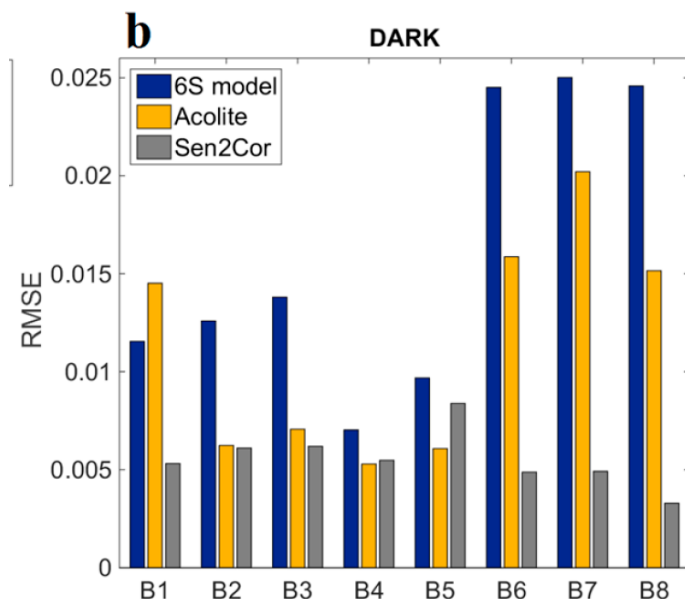
**2- Banco de dados espaço temporal:** variáveis bio-ópticas, imagens dos sensores OLI e Sentinel -2 e 3 (MSI/OLCI) Desenvolvimento de cenários e monitoramento/analise de alterações

**3- Caracterização bio-óptica sazonal**

**4- Parametrização, calibração e avaliação de algoritmos** para estimar constituintes da água.

# Resultados: Pacotes de rotinas para processamento dos dados in situ e correção atmosférica

i-Avaliar métodos de correção atmosférica: 6S, ACOLITE, Sen2Cor



## Assessment of Atmospheric Correction Methods for Sentinel-2 MSI Images Applied to Amazon Floodplain Lakes



*remote sensing*

Vitor Souza Martins <sup>1,\*</sup>, Claudio Clemente Faria Barbosa <sup>1</sup>, Lino Augusto Sander de Carvalho <sup>1</sup>, Daniel Schaffer Ferreira Jorge <sup>1</sup>, Felipe de Lucia Lobo <sup>2</sup> and Evlyn Márcia Leão de Moraes Novo <sup>2</sup>



## Journal of Geophysical Research: Atmospheres Validation of high-resolution MAIAC aerosol product over South America

V. S. Martins<sup>1</sup> , A. Lyapustin<sup>2</sup> , L. A. S. de Carvalho<sup>1</sup>, C. C. F. Barbosa<sup>1</sup> , and E. M. L. M. Novo<sup>3</sup> 

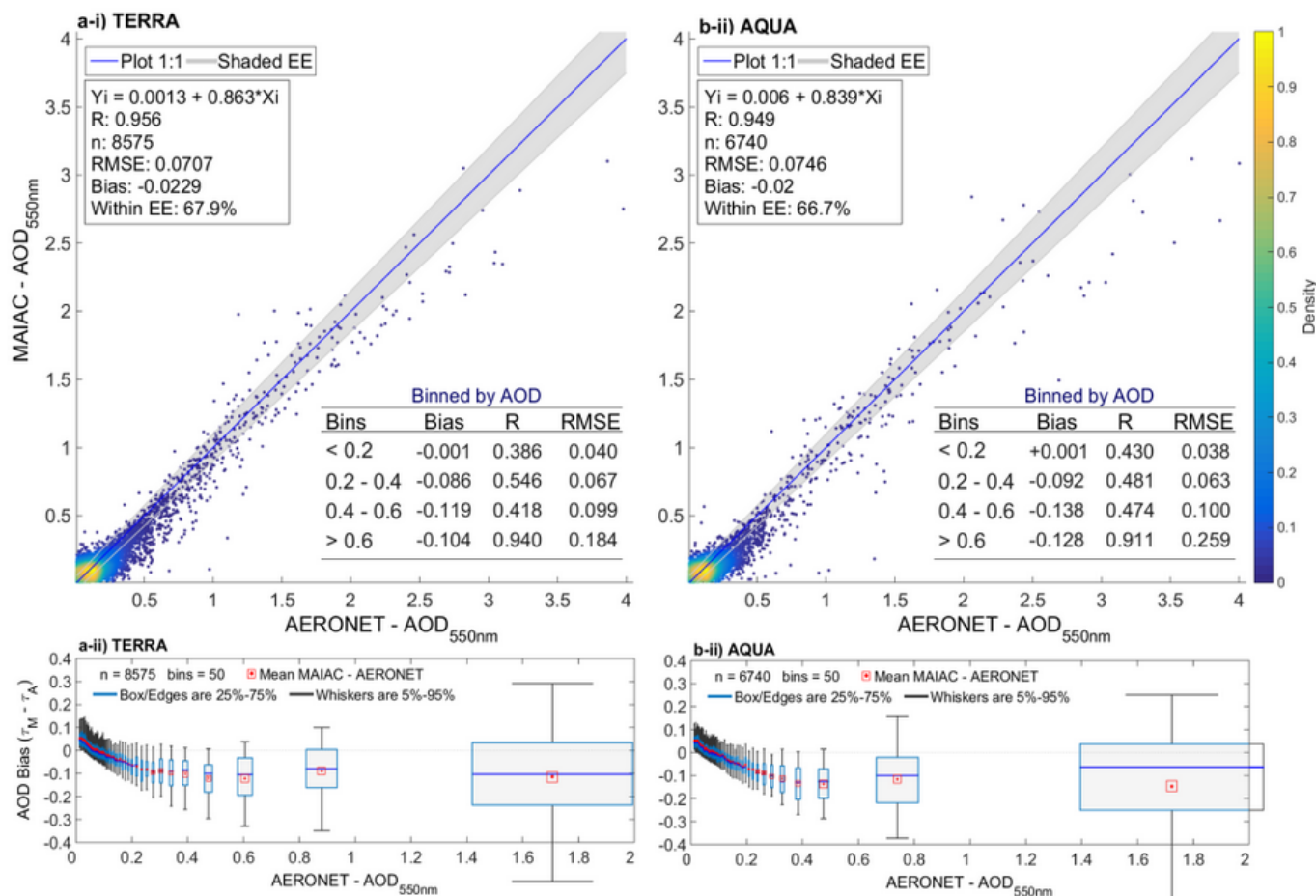
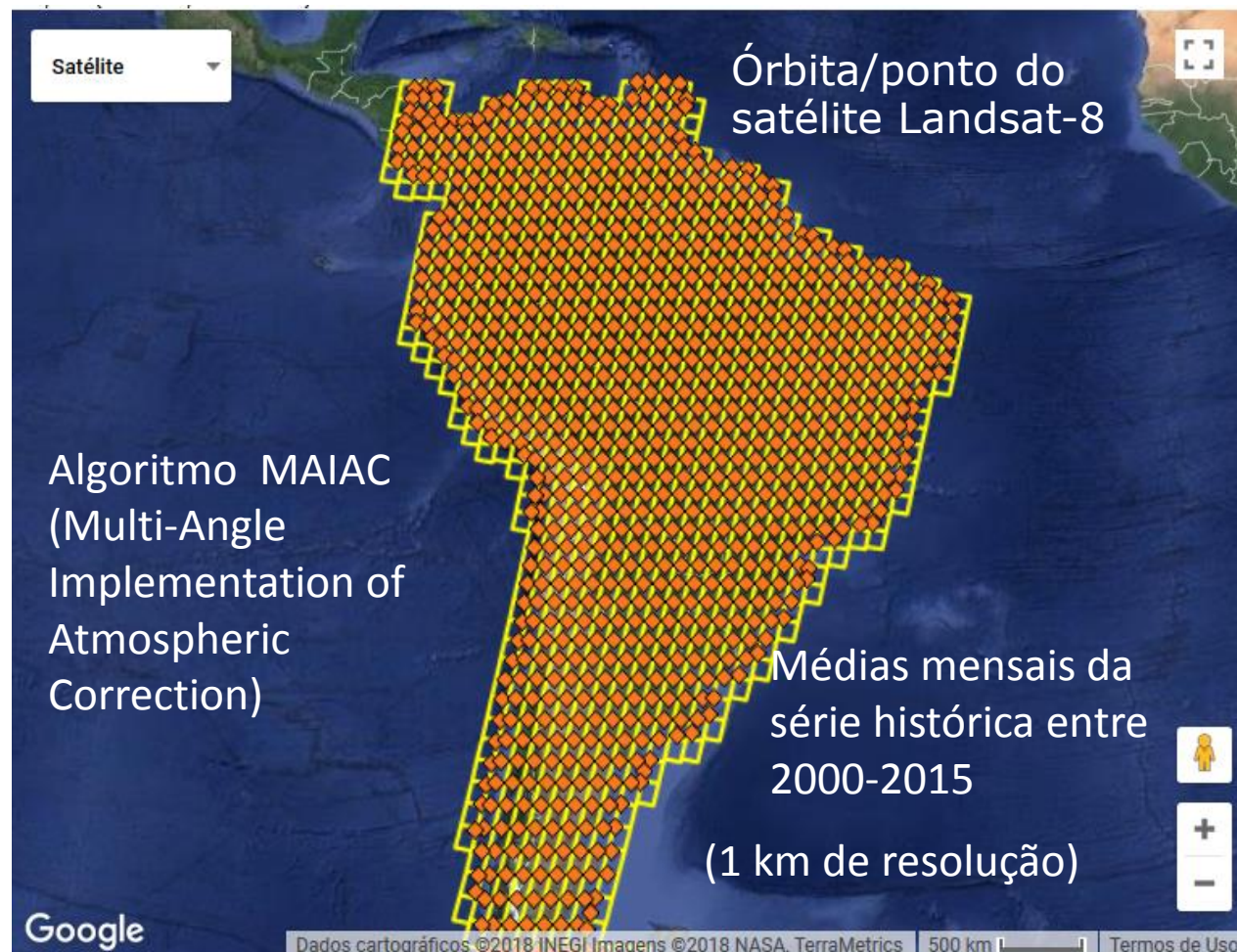
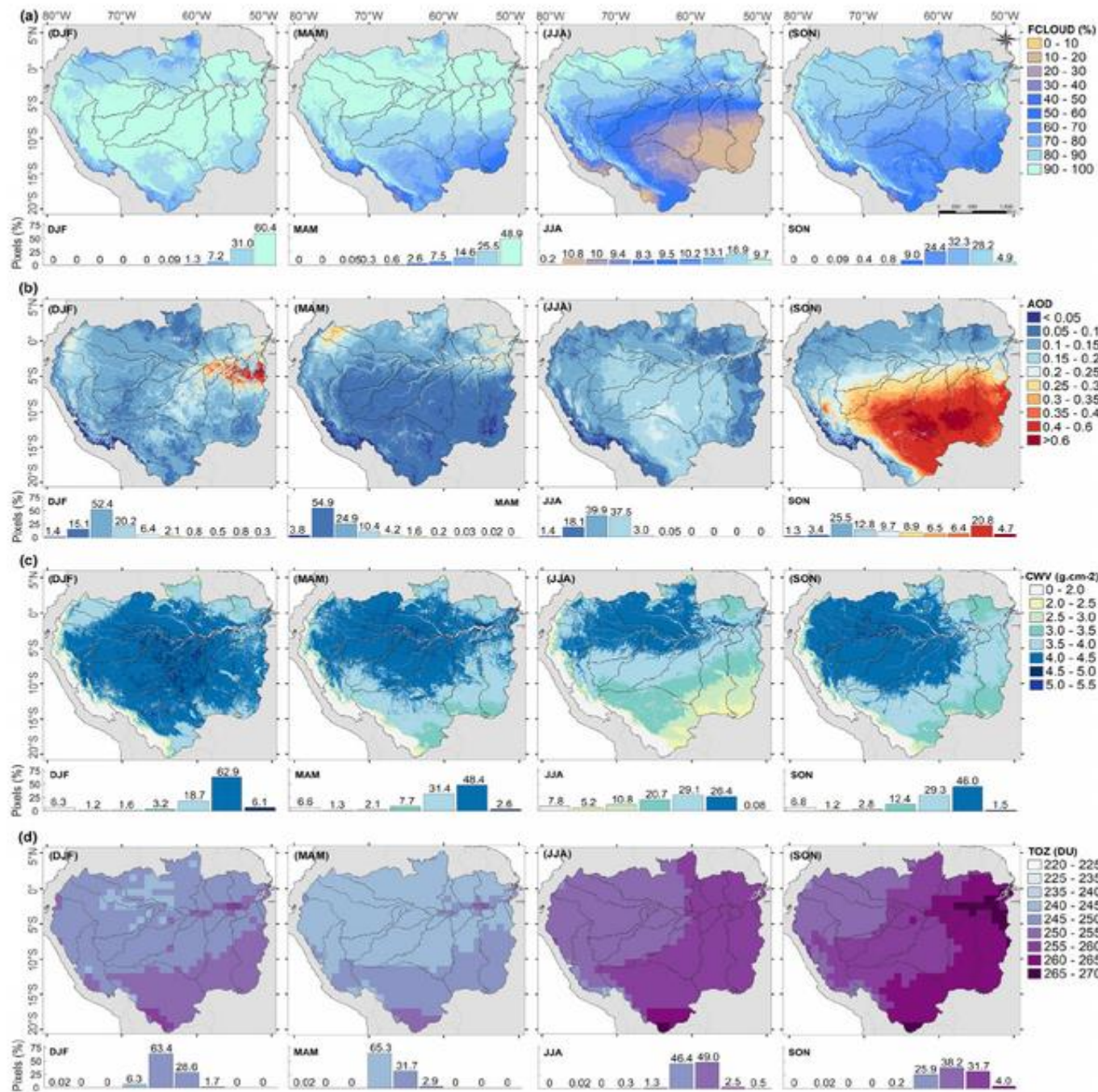


Figura 2. Validação da carga óptica de aerossol (AOD) obtido pelo MAIAC (eixo-y) versus dado in-situ da AERONET (eixo-x).

- (i) Profundidade óptica do aerossol (AOD em 550 nm);
- (ii) Coluna de vapor d'água;
- (iii) Fração de nuvens ([%]).







# Resultados

## Rotinas para correção atmosférica das imagens dos sensores Landsat8/OLI e Sentinel-2/MSI pelo método 6S

Parâmetros atmosféricos MODIS/ GEE (Google Earth Engine) ou inserção manual MAIAC

AtmosPy - LC

Coeficientes Correção

Ground reflectance Decimal hour Surface altitude Water OZone

0 0 0 0 0

Pressure Aero Profile AOT550

0 Continental 0

Landsat-8 Sentinel-2

Solar Z View Z Lat/Long

0 0 0/0

Solar A View A

0 0

Selecionar diretório da imagem

Buscar lat/long Gerar coeficientes

☐ Auto-parâmetros

AtmosPy - LC

Coeficientes Correção

Importar coeficientes

Selecionar diretório da imagem

Sensores

☐ MSI ☒ OLI

☐ MUX ☐ AWF<sub>i</sub>

☐ OLC<sub>i</sub>

Opções

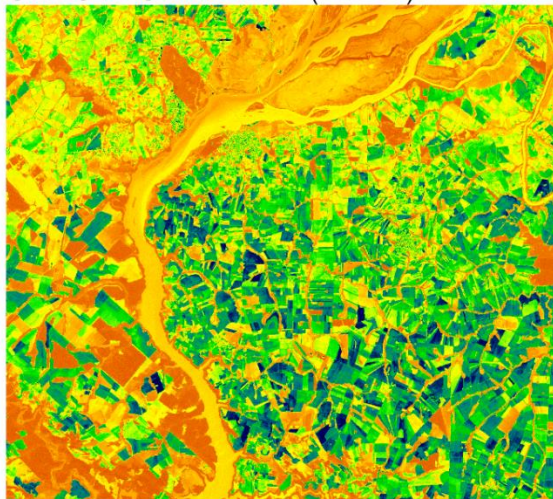
☐ Reaproveitar os dados

Corrigir atmosfera

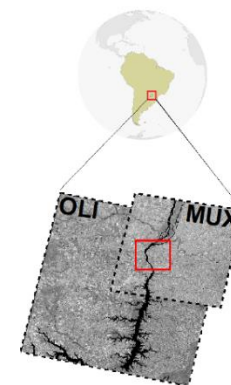
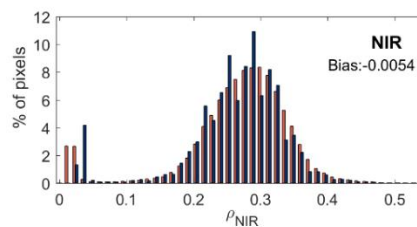
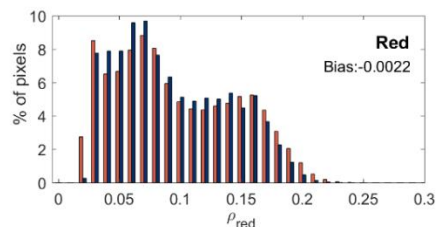
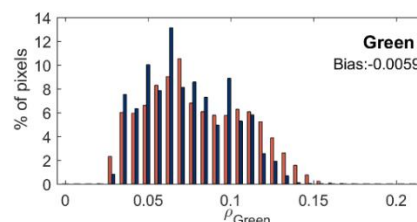
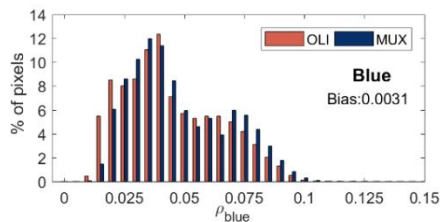
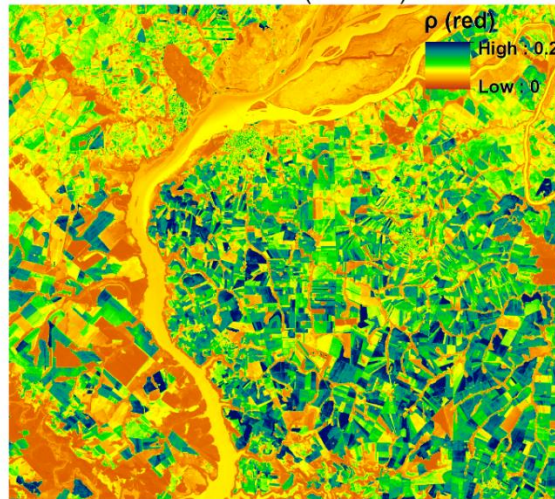


## Algoritmo de correção atmosférica CMPAC (Coupled Moderate Products for Atmospheric Correction)

CBERS-4 MUX 2015-08-09 (162/127)



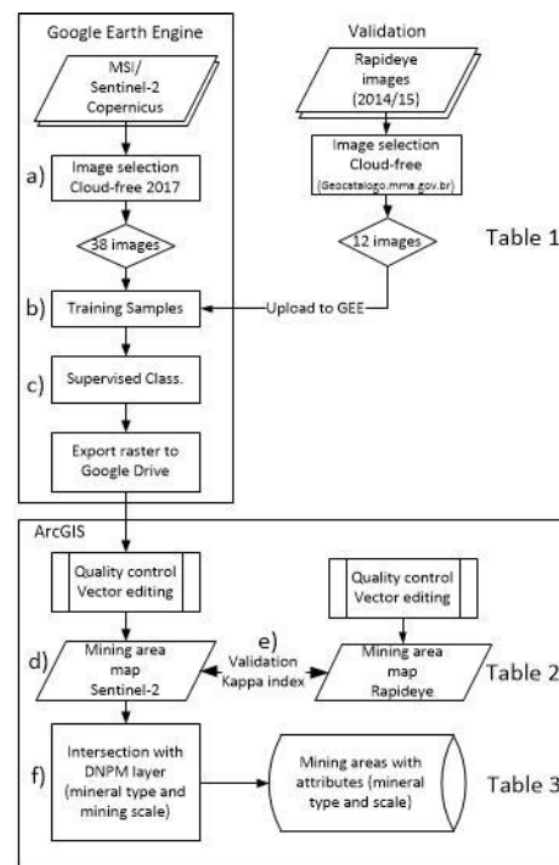
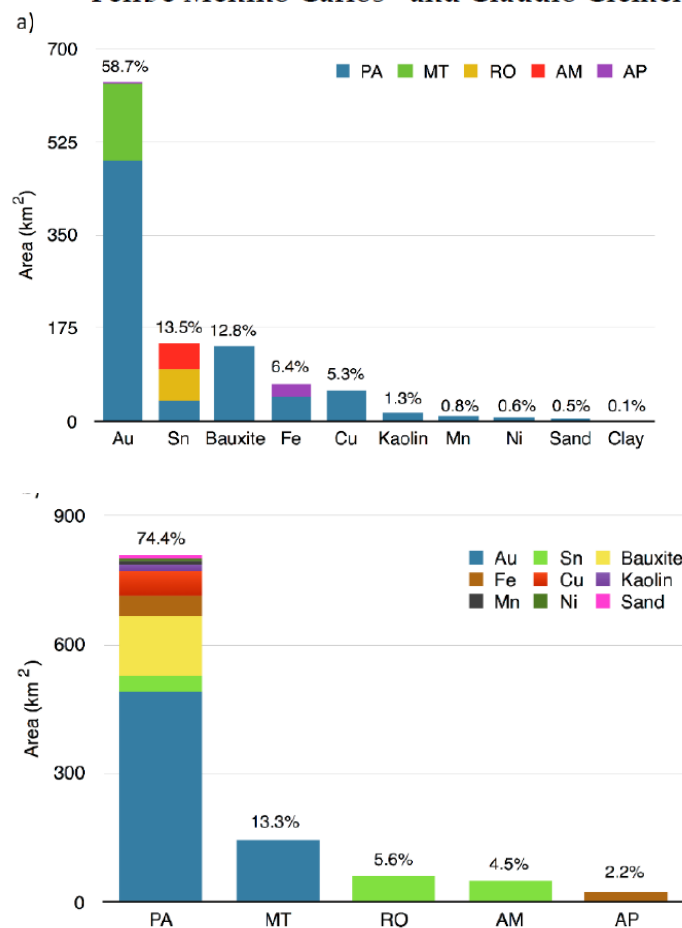
Landsat-8 OLI 2015-08-09 (224/077)



# Maapeamento de área de mineração na Amazônia utilizando GEE (Google Earth Engine)

## Mapping Mining Areas in the Brazilian Amazon Using MSI/Sentinel-2 Imagery (2017) remote sensing

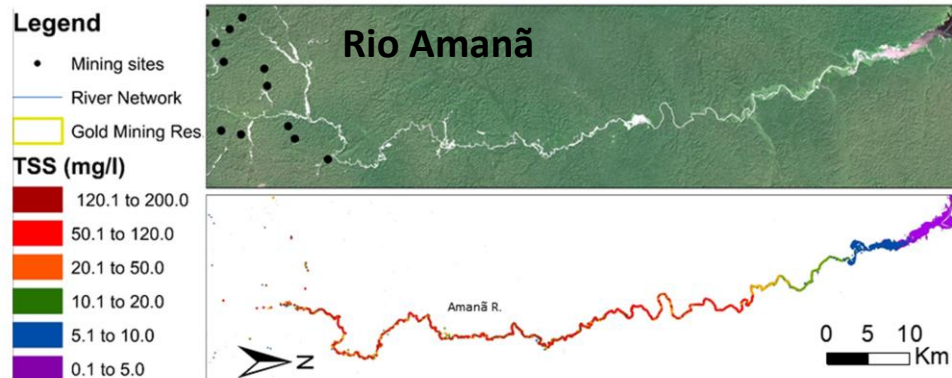
Felipe de Lucia Lobo <sup>1,2,\*</sup>, Pedro Walfir M. Souza-Filho <sup>1,3</sup>, Evlyn Márcia Leão de Moraes Novo <sup>2</sup>,  
Felipe Menino Carlos <sup>4</sup> and Claudio Clemente Faria Barbosa <sup>4</sup>



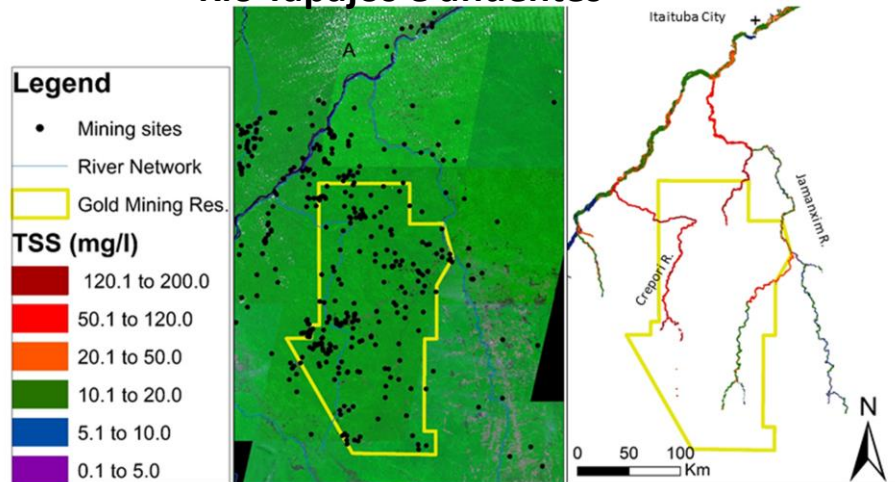
# Imagens multi-satélites para mapear pluma de sedimento causada por mineração de ouro

## Assessing impacts of small-scale mining activities on the water quality of Amazonian rivers (*InTechOpen Book - Limnology*)

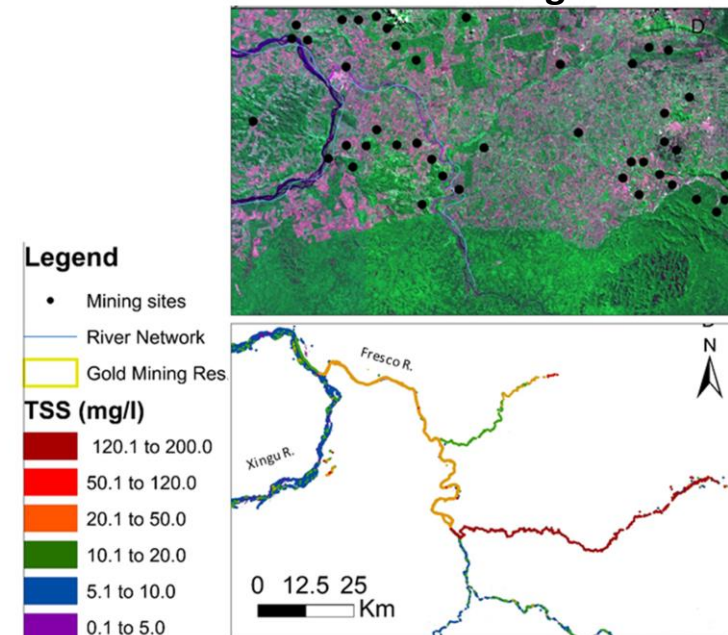
Felipe de Lucia Lobo, Evlyn Márcia Leão de Moraes Novo, Claudio Clemente Faria Barbosa, and Vitor Hugo Fernandes de Vasconcelos



### Rio Tapajós e afluentes



### Rios Fresco e Xingu



**1- Pacotes de rotinas** para processamento dos dados in situ e correção atmosférica das imagens dos sensores Landdat8/OLI e Sentinel-2/MSI (Python e Matlab)

**2- Banco de dados espaço temporal:** variáveis bio-ópticas, imagens dos sensores OLI e Sentinel -2 e 3 (MSI/OLCI) Desenvolvimento de cenários e monitoramento/analise de alterações

**3- Caracterização bio-óptica sazonal**

**4- Parametrização, calibração e avaliação de algoritmos** para estimar constituintes da água.



# Resultados

**Banco de dados espaço temporal, de variáveis bio-ópticas de águas continentais brasileiras**  
**Abrangência: de 16 anos de coletas**

- Análise da variabilidade dos parâmetros para definir a abrangência que os algoritmos
- Simulação de cenário de possíveis impactos de mudanças regionais e globais

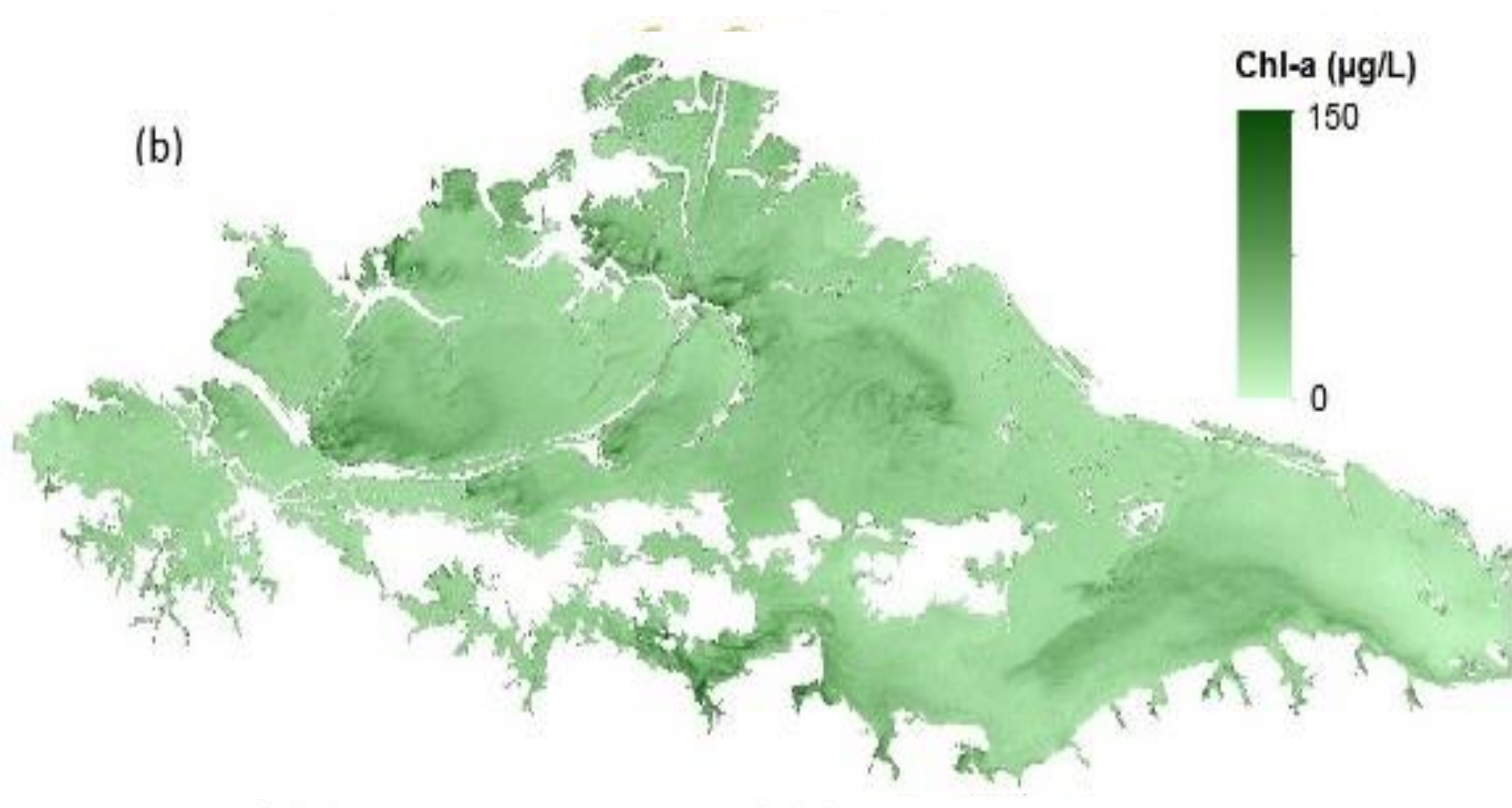


**Brazilian inland water bio-optical dataset to support carbon budget studies in reservoirs as well as anthropogenic impacts in Amazon floodplain lakes: Preliminary results**

C. Barbosa<sup>1</sup>, E. Novo<sup>1</sup>, R. Ferreira<sup>1</sup>, L. Carvalho<sup>1</sup>, C. Cairo<sup>1</sup>, F. Lopes<sup>3</sup>, J. Stech<sup>1</sup>, and E. Alcantara<sup>2</sup>

# Dados bio-ópticos integrados ao banco

Banco de dados espaço temporal, de variáveis bio-ópticas de águas continentais brasileiras



# Resultados

**1- Pacotes de rotinas** para processamento dos dados in situ e correção atmosférica das imagens dos sensores Landdat8/OLI e Sentinel-2/MSI (Python e Matlab)

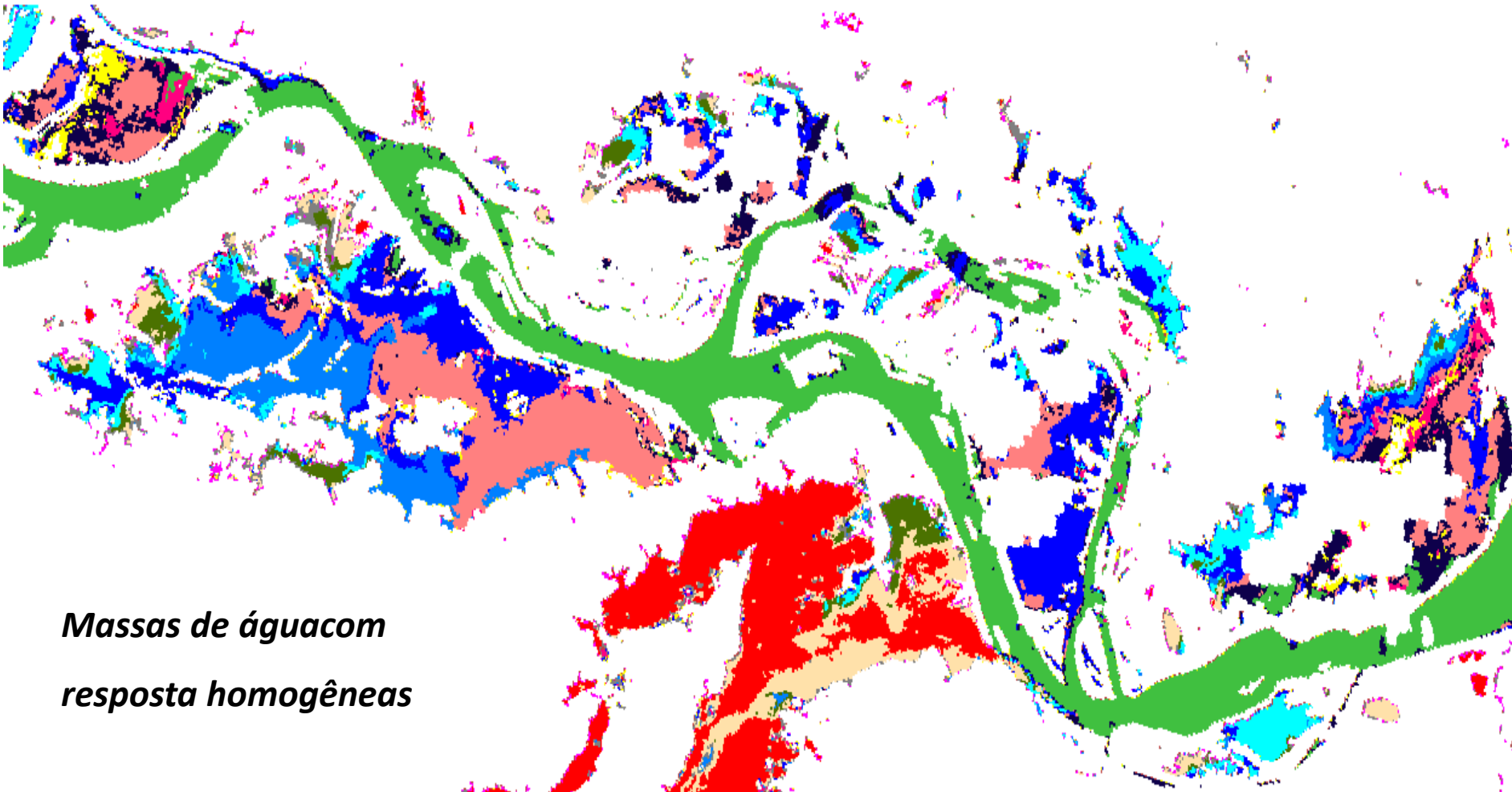
**2- Banco de dados espaço temporal:** variáveis bio-ópticas, imagens dos sensores OLI e Sentinel -2 e 3 (MSI/OLCI) Desenvolvimento de cenários e monitoramento/analise de alterações

**3- Caracterização bio-óptica sazonal**

**4- Parametrização, calibração e avaliação de algoritmos** para estimar constituintes da água.

# Resultados

## 3- Exemplo da *Caracterização bio-óptica sazonal*





# Variabilidade e origem da Matéria orgânica dissolvida



	BNDES		Mamirauá	
Junho 2015	1,68	3,96	2,13	2,94
Março 2016	0,86	3,84	2,23	10,35
Julho 2016	1,33↓	5,08↓	2,21	3,72

Tapajós (4)

MA (8)

Pantaleão

Mamirauá

Julho 2016

Alto	4,0	>5,0
Médio	2,5	4,0
Baixo	1,0	2,5

aCDOM400

# Variabilidade e origem da Matéria orgânica dissolvida



	BNDES		Mamirauá	
Junho 2015	1,68	3,96	2,13	2,94
Março 2016	0,86	3,84	2,23	10,35
Julho 2016	1,33↓	5,08↓	2,21	3,72
	Tapajós (4)		Pantaleão	
		MA (8)		Mamirauá

Março 2016

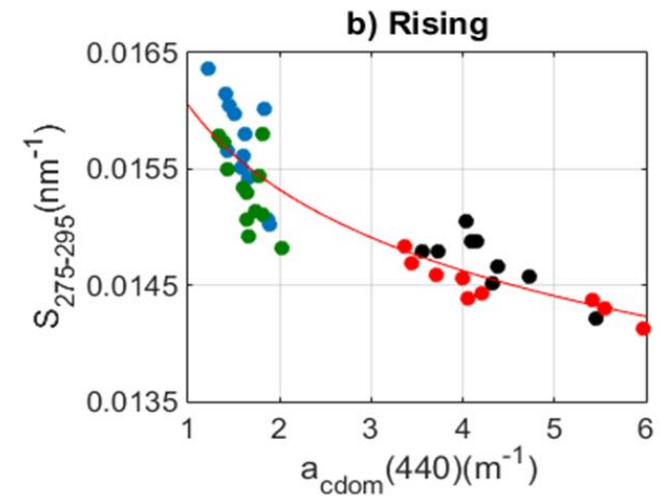
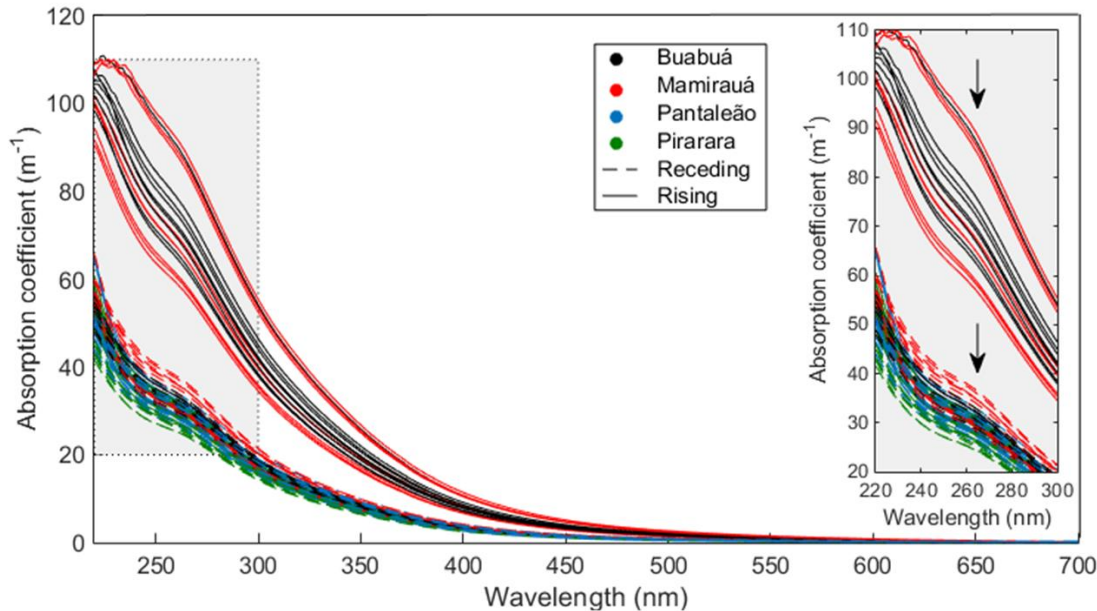
Alto	2,5	>3,5
Médio	1,5	2,5
Baixo	0,5	1,5

aCDOM400



# Variabilidade e origem da Matéria orgânica dissolvida

Proporção de Matéria Orgânica Dissolvida (**autóctone e alóctone**) presente nos lagos



$$a_{cdom}(440) = 4.39 \cdot e^{(B2/B3)} + 0.59 \cdot e^{(B6/B5)} - 6.67$$

Sentinel/MSI

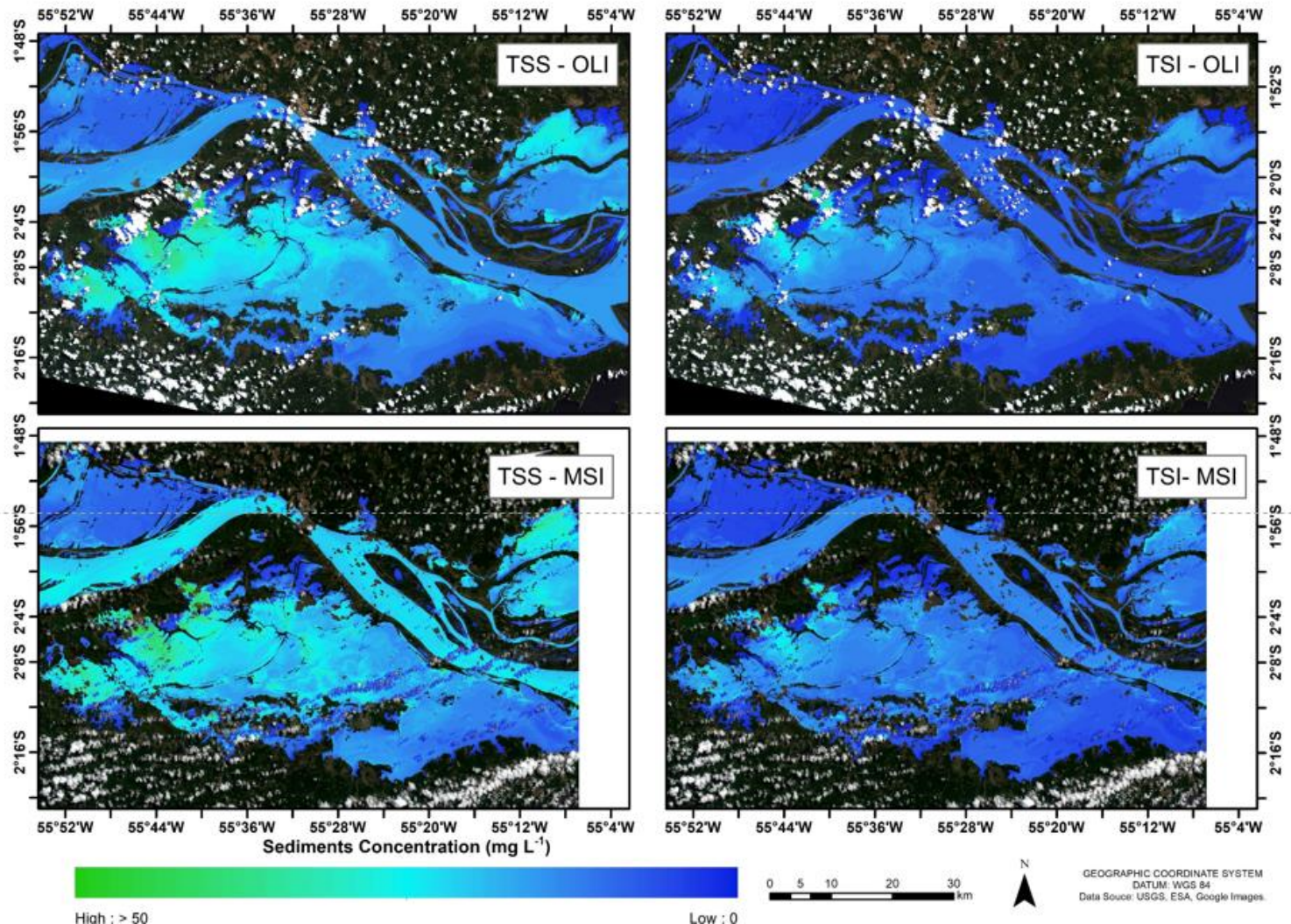
→ Use of absorption optical indices to evaluate seasonal variability of dissolved organic matter in Amazon floodplain lakes (*on major review*)

# Parametrização, calibração e avaliação

Algoritmos empíricos, semi-analíticos e híbridos para estimar constituintes da água

➤ *Sensores: Landsat8/OLI, Sentinel 2/MSI e Sentinel 3/OLCI*

Sedimentos  
OLI/ MSI



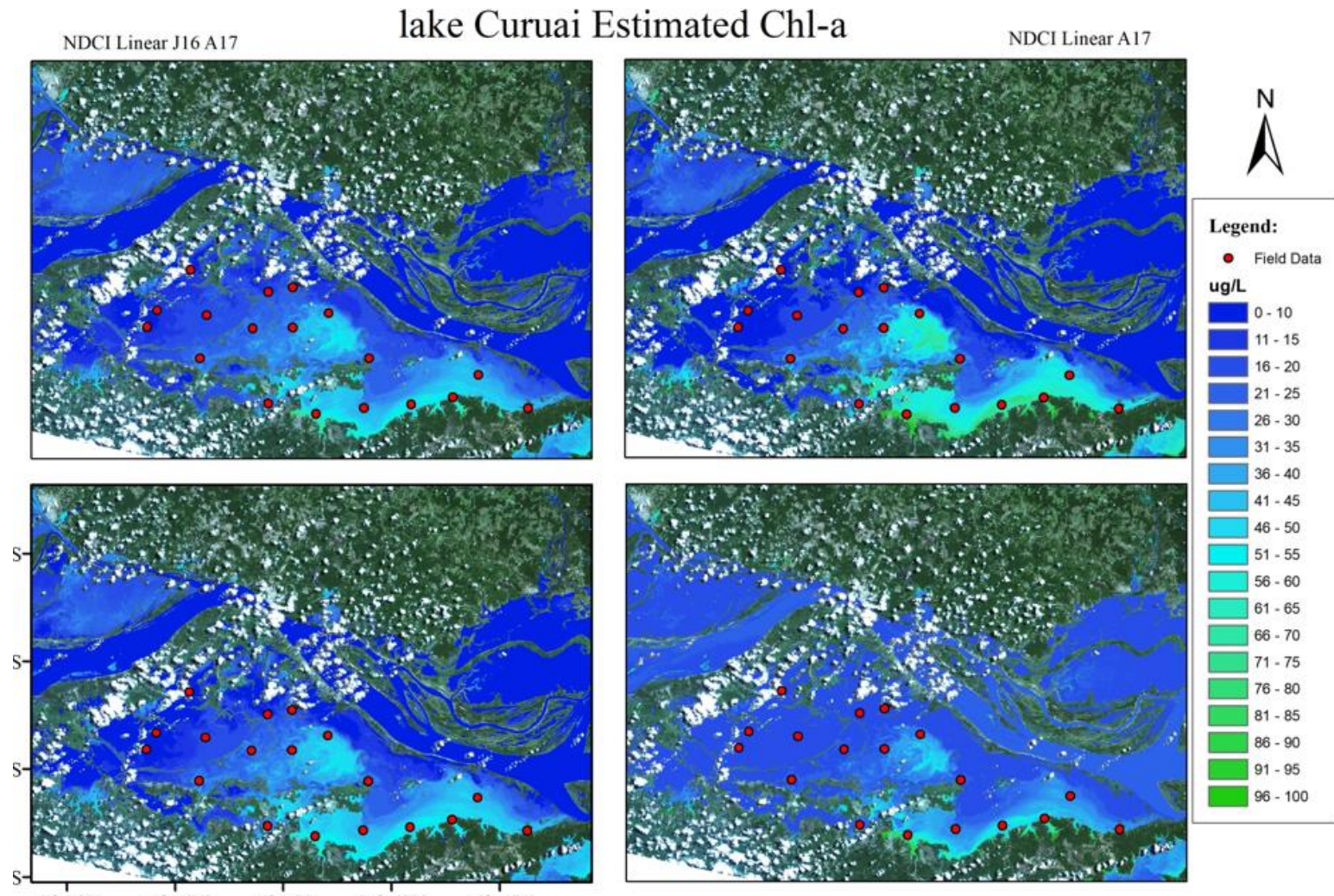


# Parametrização, calibração e avaliação

Algoritmos empíricos, semi-analíticos e híbridos para estimar constituintes da água

➤ *Sensores: Landsat8/OLI, Sentinel 2/MSI e Sentinel 3/OLCI*

Clorofila  
OLI/ MSI







# Obrigado!



MINISTÉRIO DO  
PLANEJAMENTO,  
DESENVOLVIMENTO E GESTÃO

MINISTÉRIO DO  
MEIO AMBIENTE



<http://www.dpi.inpe.br/labisa/>

Seminário MSA - Monitoramento Ambiental por Satélite no Bioma Amazônia.  
13 e 14 de agosto de 2018, São José dos Campos - SP

### ***4- avaliações & calibração de algoritmos para estimativas e mapeamento dos constituintes***

*Article*

## **SNR (Signal-To-Noise Ratio) Impact on Water Constituent Retrieval from Simulated Images of Optically Complex Amazon Lakes** *remote sensing*

Daniel S. E. Jorge \*, Claudio C. F. Barbosa, Lino A. S. De Carvalho, Adriana G. Affonso,  
Felipe De L. Lobo and Evelyn M. L. De M. Novo

## Resultados

### 4- Dissertações defendidas e em desenvolvimento: Três finalizadas e duas em desenvolvimento

- i) *Seasonal monitoring of atmospheric constituents using multi-angle MODIS data as support for atmospheric correction in Amazon region*, (Maio de 2017)
- ii) *Modelos de sensoriamento remoto no estudo da variabilidade espacial e sazonal da matéria orgânica dissolvida em lagos da planície de inundação do Solimões/Amazonas a partir de suas propriedades óticas*, (Março de 2018)
- iii) *Comparação de sólidos em suspensão em lagos da Amazônia e do Rio Grande do Sul a partir de dados espectrais* (Janeiro de 2018)

### CARACTERIZAÇÃO BIO-ÓPTICA E IMPLEMENTAÇÃO DE ALGORITMOS SEMI-ANALÍTICOS PARA O ESTUDO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL MAMIRAUÁ

As duas dissertações em desenvolvimento estão parametrizando uma série de algoritmos semi-analíticos com o objetivo de desenvolver algoritmos globais ou híbridos que tenham abrangência para estimar e especializar as concentrações de clorofila e de sólidos suspensos para toda a faixa de variabilidade encontrada nos dados adquiridos de todas as campanhas. Serão os algoritmos desenvolvidos nestas dissertações que permitirão realizar o mapeamento espaço temporal das massas de água, e a partir destes mapeamentos

**Objetivo da atividade**

**Fundamentação e hipótese**

**Área de estudo**

**Atividades de campo e exemplo de dados coletados**

**Resultados**

**Continuação.**