

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.

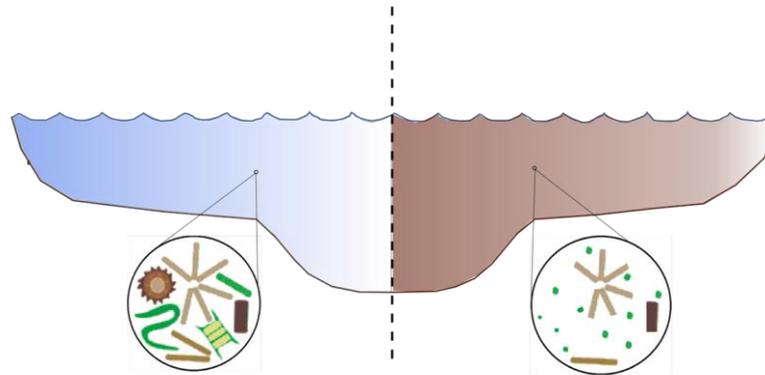
- Grande parte do carbono presente nestes sistemas aquáticos é processado localmente.
- Em equilíbrio, a evasão de carbono (metano) → taxa normal.
- Equilíbrio quebrado → impacta neste balanço de carbono → pode aumentar a emissão.

Anos de enchente extremas

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

Consequências

- 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

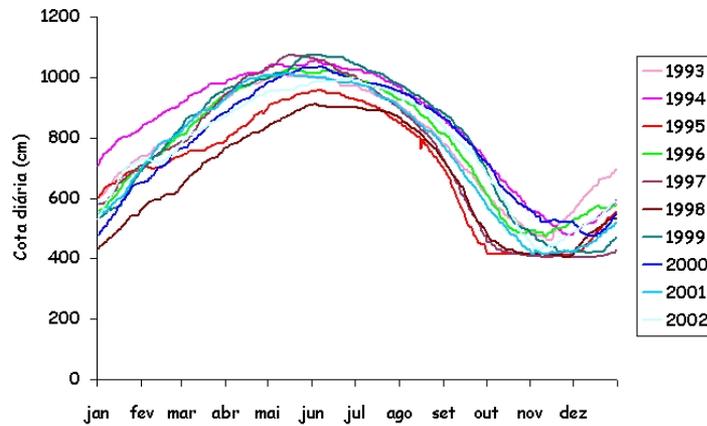
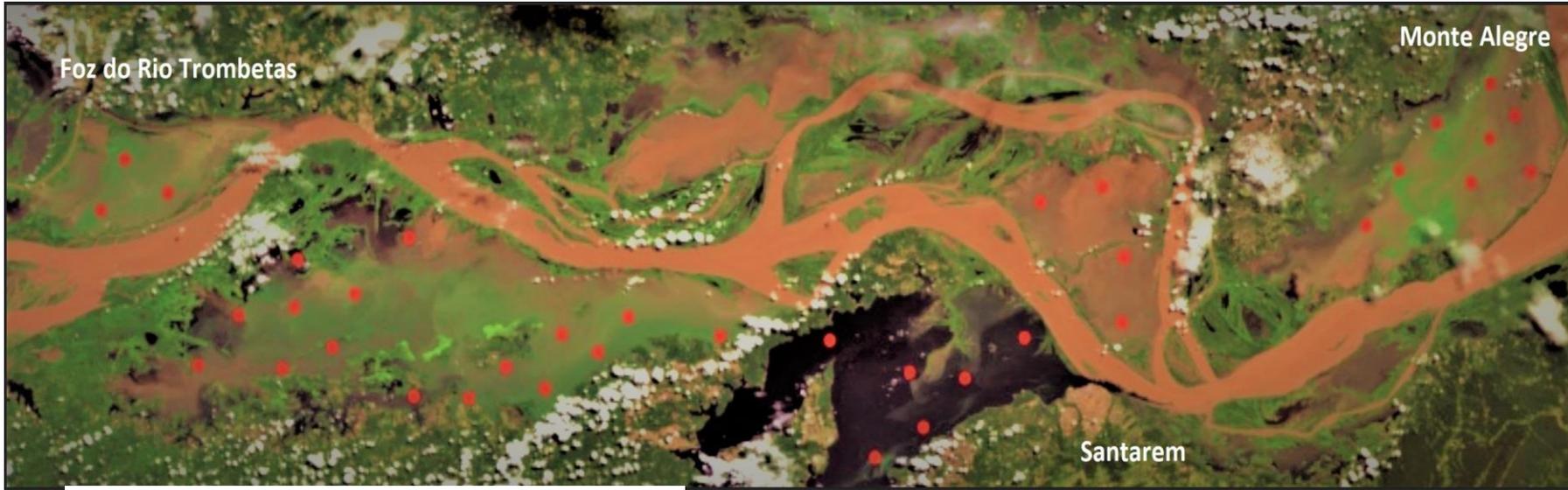
08 de agosto de 2018



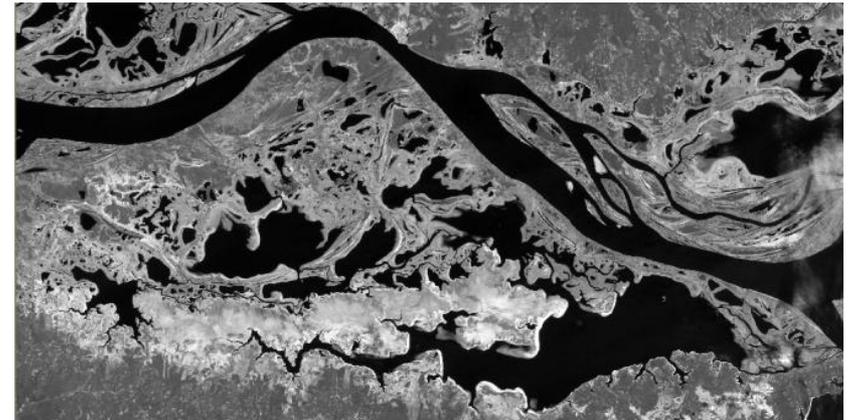
Climas estimados entre 2050 e 2070 serão potencialmente fatais para espécies com menor adaptação à variação climática, indica estudo feito na Unesp (*Aplastodiscus arildae* / foto: Bruno T. M. do Nascimento)

Área de estudo

Para investigar/ monitorar estas questões → área representativa

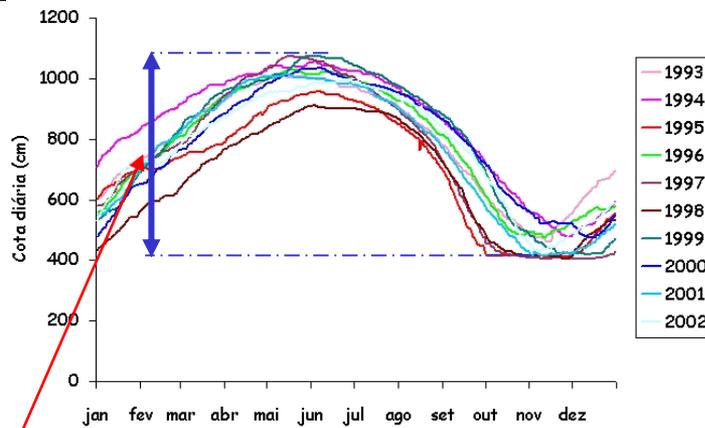
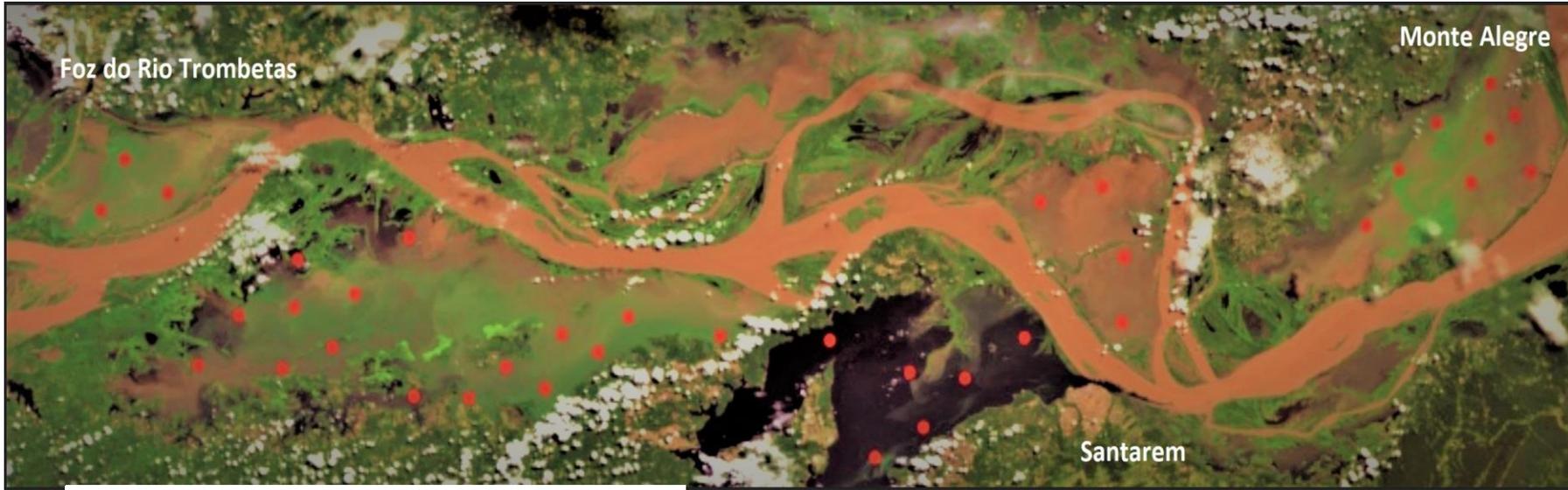


Cota diária



Área de estudo

Para investigar/ monitorar estas questões → área representativa



Cota diária



Amplitude anual 7 metros

Síntese das atividades

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

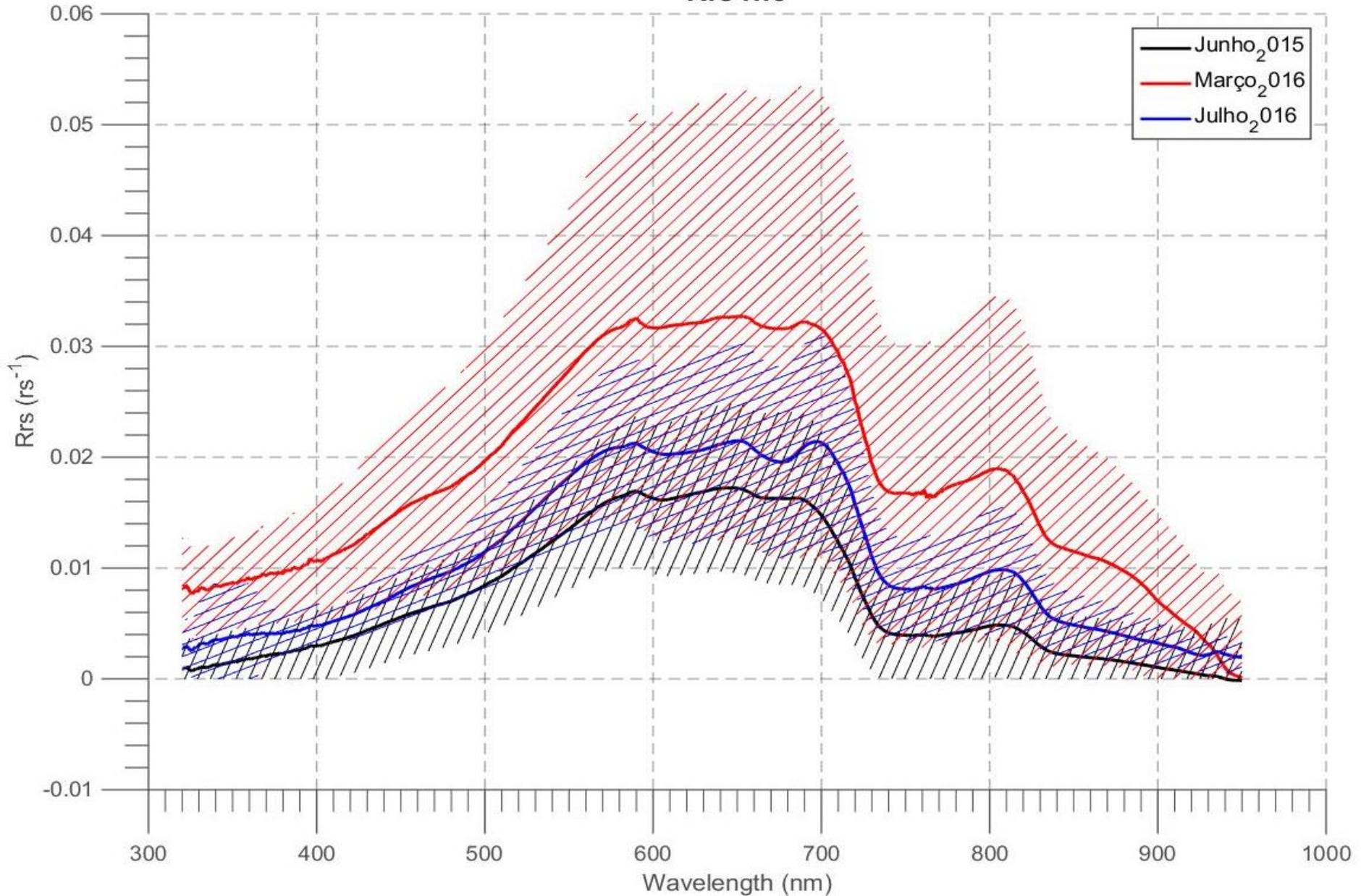
Média de 14 dias, Equipe de 10 pessoas, entre tripulação do barco, pesquisadores e alunos do INPE e alunos da UFOP (Universidade Federal do Oeste do Pará).

- **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 ⁻¹ | TSI mg L ⁻¹ | TSO mg L ⁻¹ | Chl-a μg L ⁻¹ | DOC mg L ⁻¹ | DIC mg L ⁻¹ | Cond. (S/m) | Temp (°C) | K _d (440) m ⁻¹ | Secchi (m) | CDOM ₍₄₄₀₎ m ⁻¹ |
|--------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------|--------------|---|---------------|--|
| 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 |

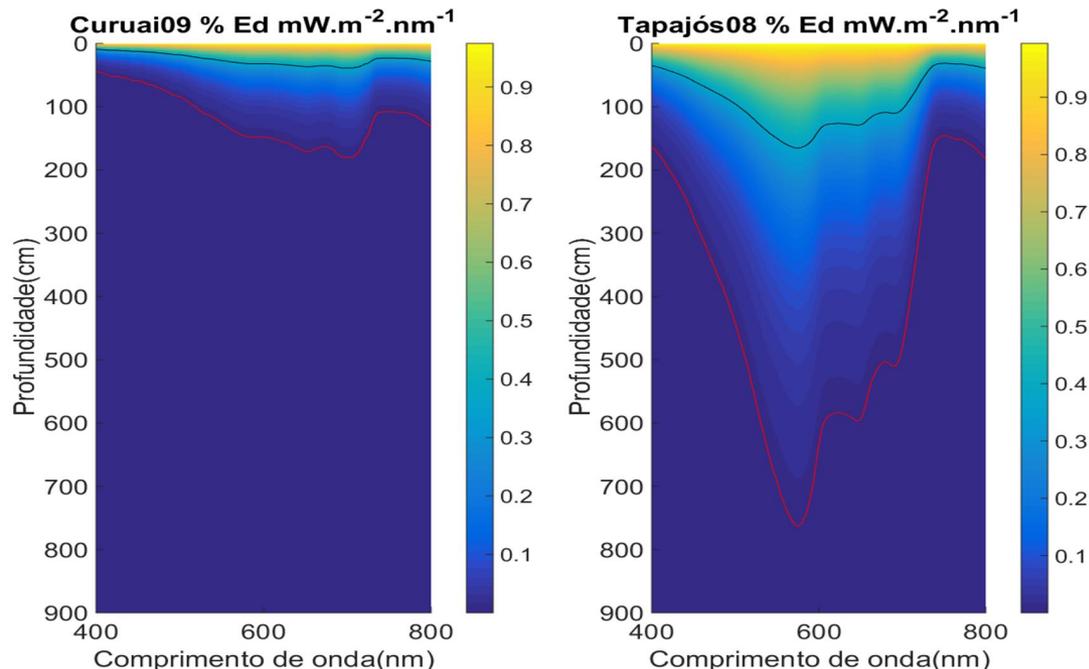


Figura 7 – Diminuição da irradiância descendente na colua d'água em função da profundidade para duas estações amostrais no campo de março de 2016. Linha vermelha: limite zona eufótica. Linha preta: 1/K_d.

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 ser defendidas em 2019 (com 2 artigos em periódicos)

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

Equipe:

2 pesquisadores INPE;
2 postdoc ;
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)

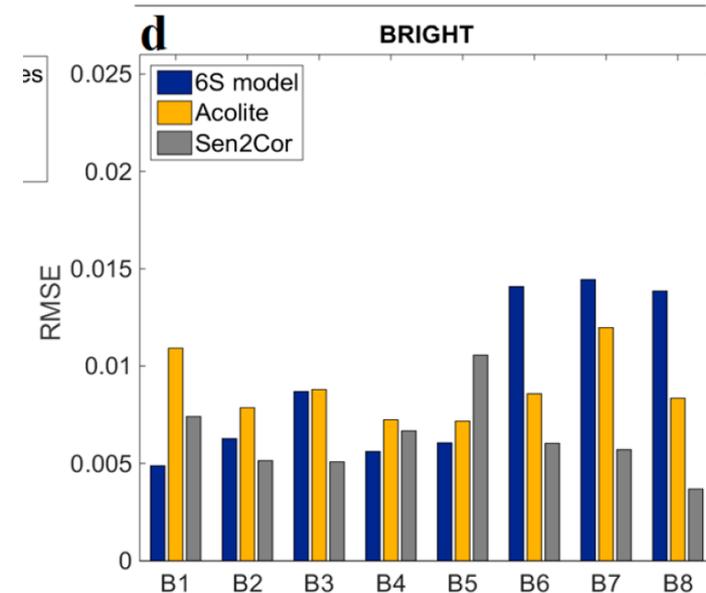
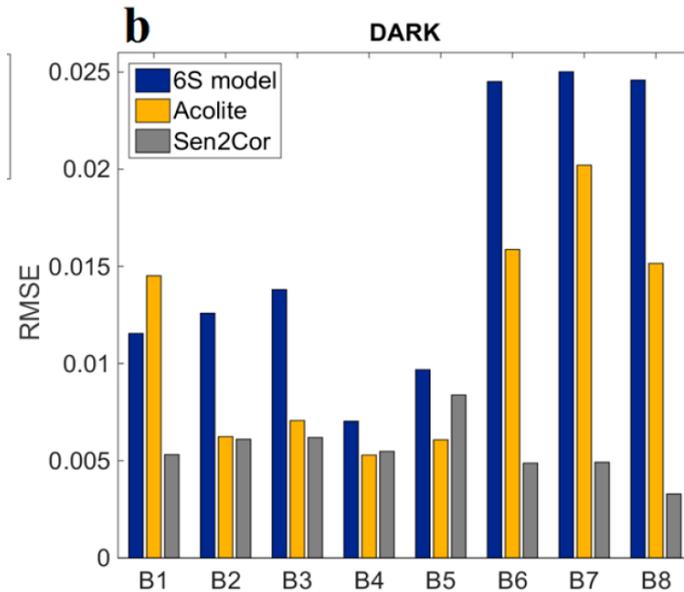
2- Banco de dados espaço temporal: variáveis bio-ópticas, imagens dos sensores OLI e Sentinel -2 e 3 (MSI/OLCI) Desenvolvimento de cenários e monitoramento/analise de alterações

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

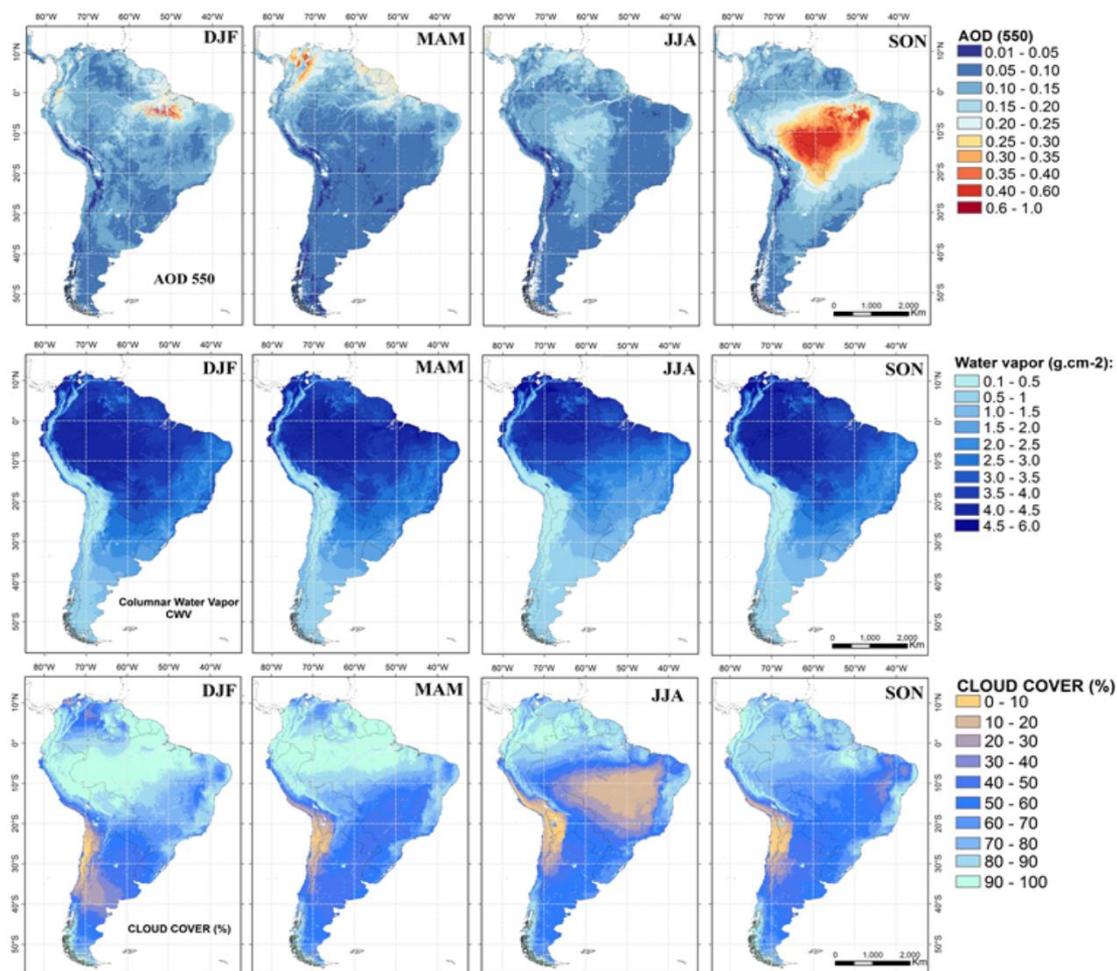
Vitor Souza Martins ^{1,*}, Claudio Clemente Faria Barbosa ¹, Lino Augusto Sander de Carvalho ¹, Daniel Schaffer Ferreira Jorge ¹, Felipe de Lucia Lobo ² and Evlyn Márcia Leão de Moraes Novo ²

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

V. S. Martins¹ , A. Lyapustin² , L. A. S. de Carvalho¹, C. C. F. Barbosa¹ , and E. M. L. M. Novo³ 

Identificamos a necessidade de dados atmosféricos para as correções

- (1) Profundidade óptica do aerossol
- (2) Coluna de vapor d'água;
- (3) Fração de nuvens.



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

V. S. Martins¹ , A. Lyapustin² , L. A. S. de Carvalho¹, C. C. F. Barbosa¹ , and E. M. L. M. Novo³ 

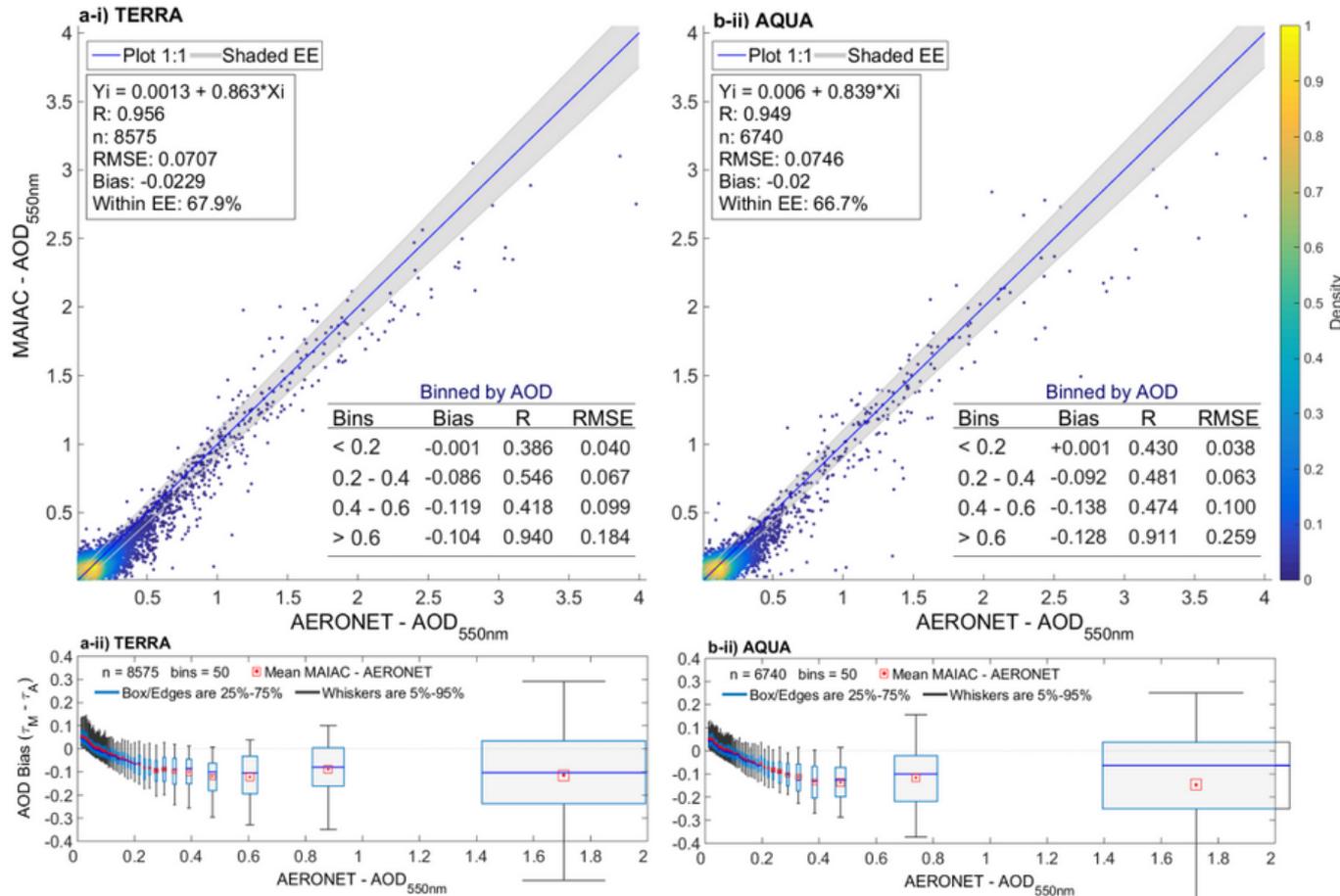
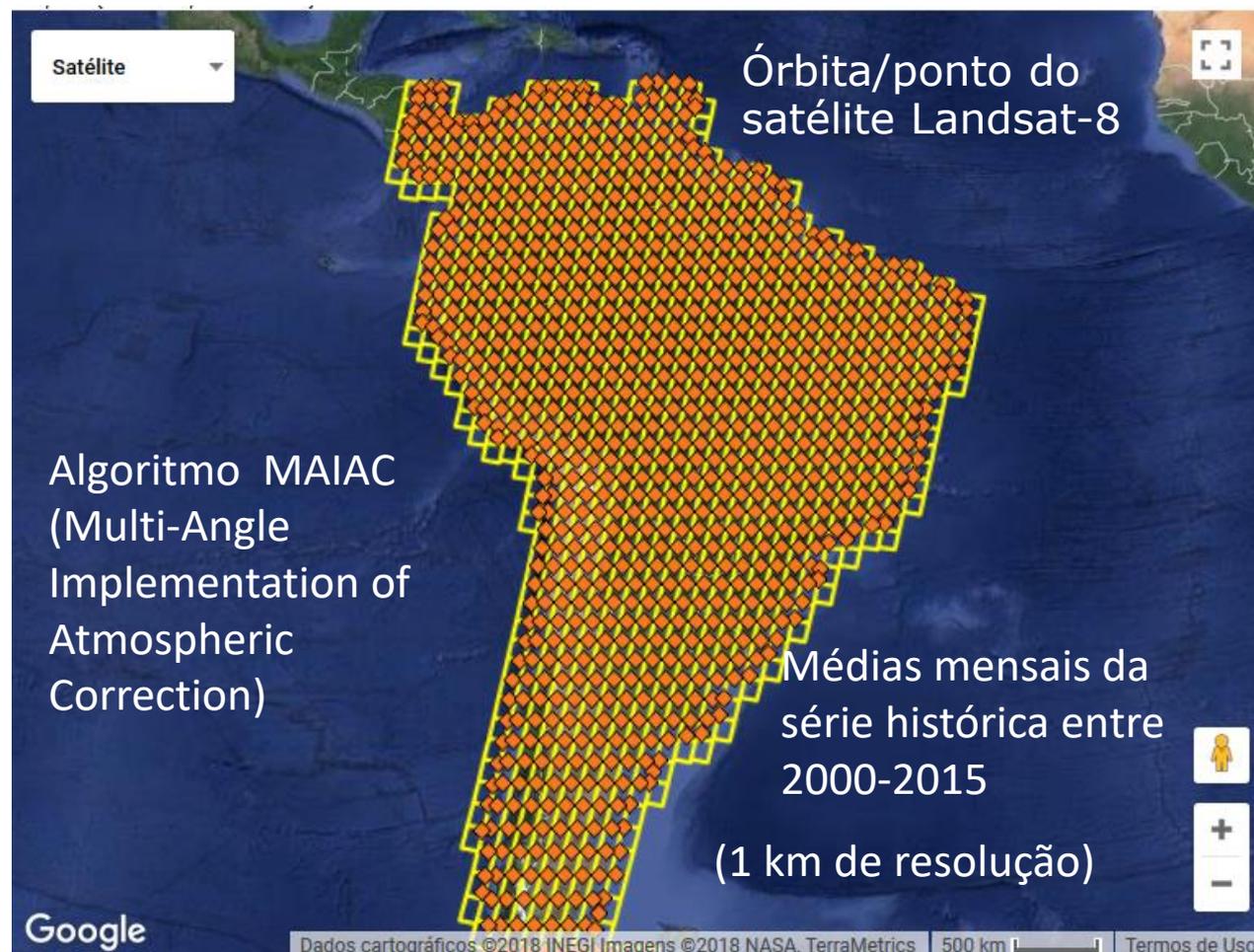


Figura 2. Validação da carga óptica de aerossol (AOD) obtido pelo MAIAC (eixo-y) versus dado in-situ da AERONET (eixo-x).

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



Objetivo: Avaliar períodos críticos de:

- cargas de aerossol;
- vapor d'água;
- cobertura de nuvens.



Contents lists available at [ScienceDirect](#)

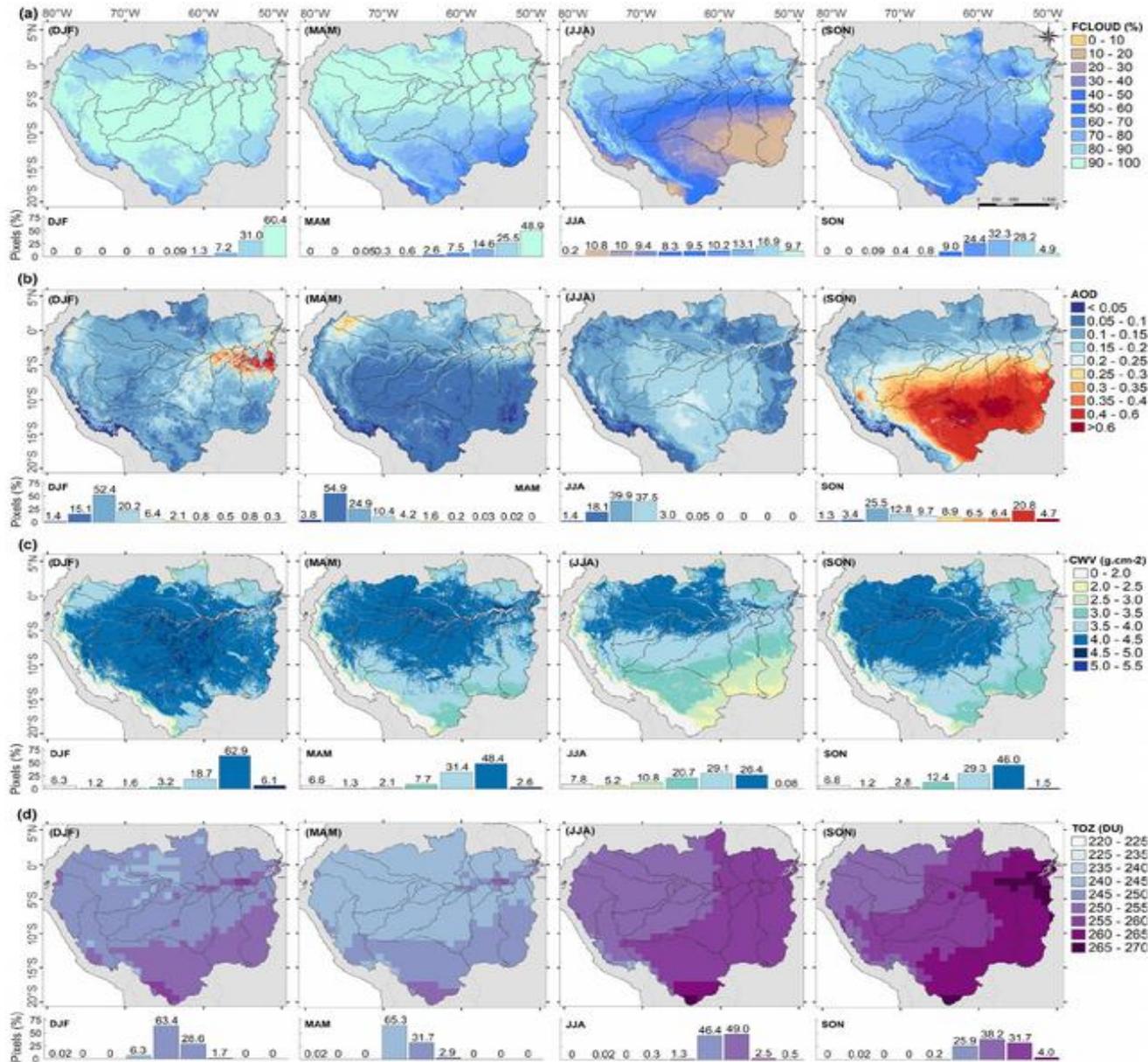
ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing

journal homepage: www.elsevier.com/locate/isprsjprs

Seasonal and interannual assessment of cloud cover and atmospheric constituents across the Amazon (2000–2015): Insights for remote sensing and climate analysis

Vitor S. Martins^{a,b,*}, Evlyn M.L.M. Novo^c, Alexei Lyapustin^d, Luiz E.O.C. Aragão^{c,e}, Saulo R. Freitas^f, Claudio C.F. Barbosa^a

Resultados



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

Auto-parâmetros

Buscar lat/long

Selecionar diretório da imagem

Gerar coeficientes

AtmosPy - LC

Coeficientes Correção

Importar coeficientes

Selecionar diretório da imagem

Sensores

MSI OLI

MUX AWF

OLCI

Opções

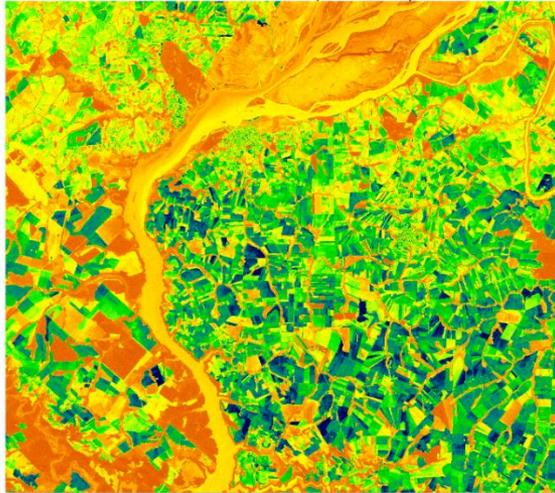
Reaproveitar os dados

Corrigir atmosfera

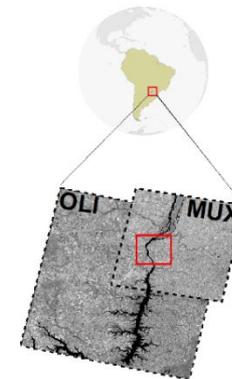
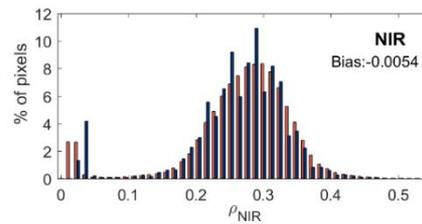
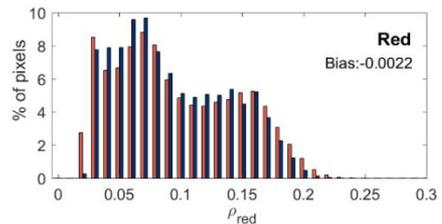
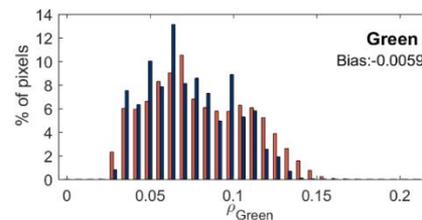
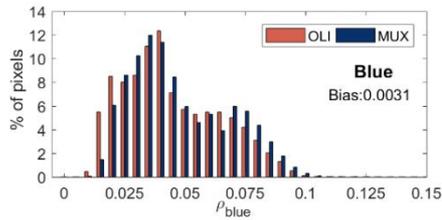
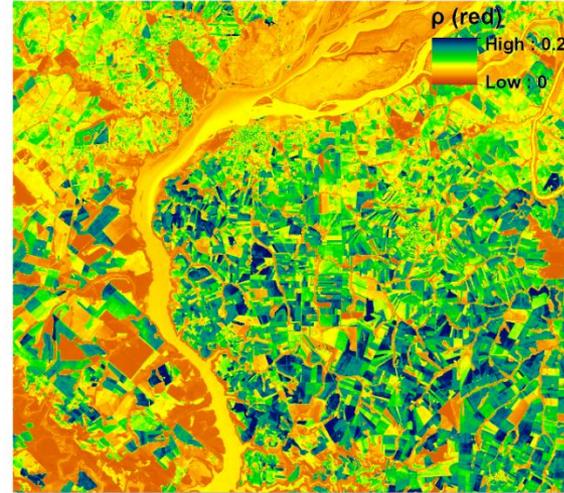
CBERS-4 MUX

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

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



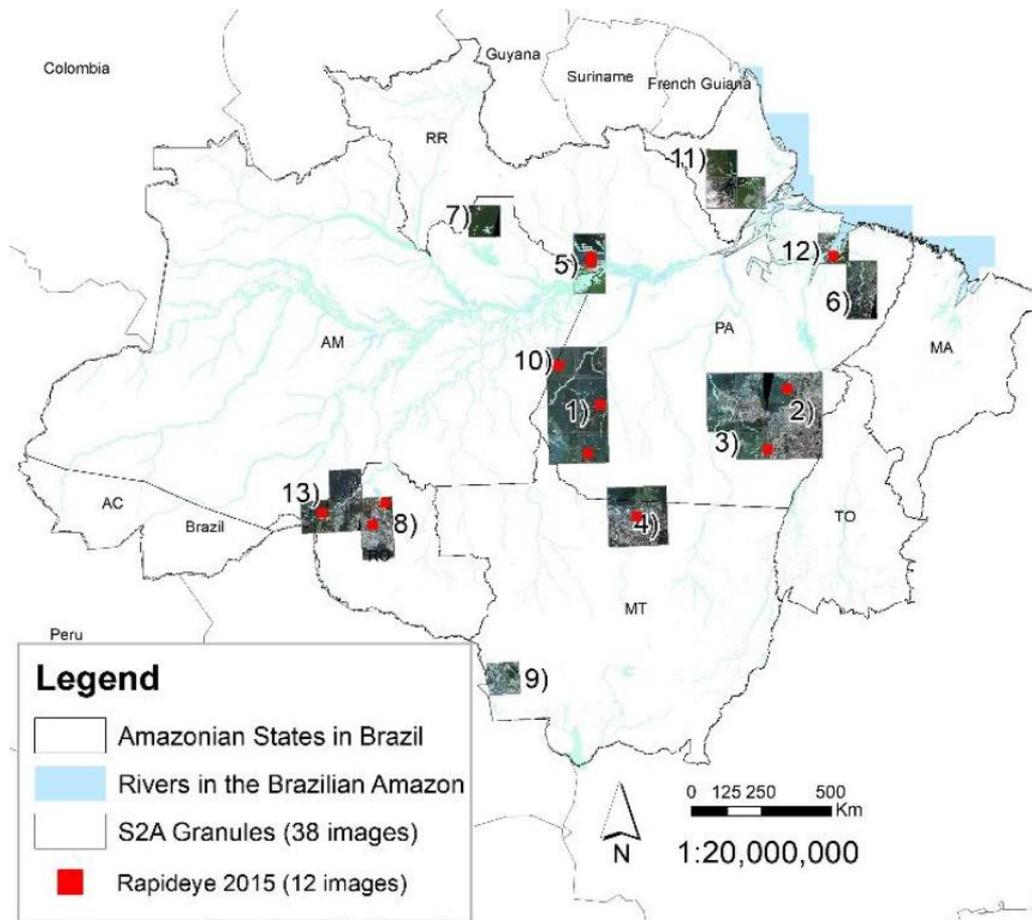
Landsat-8 OLI 2015-08-09 (224/077)



Mapeamento 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

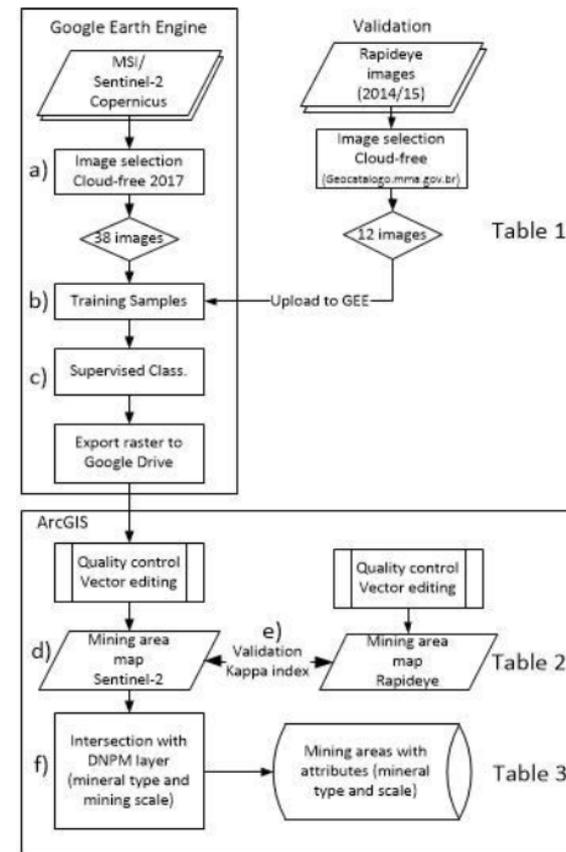
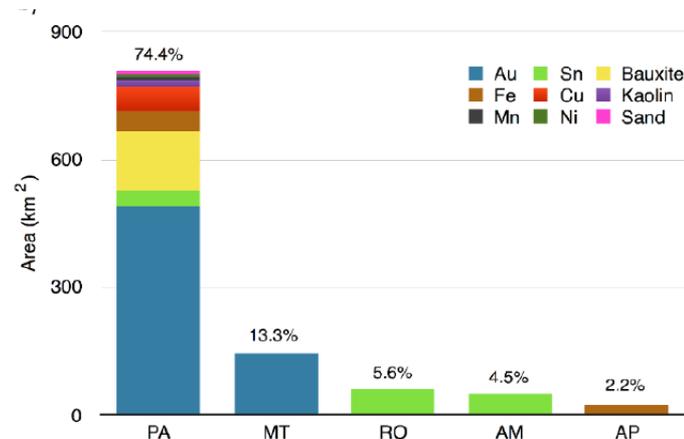
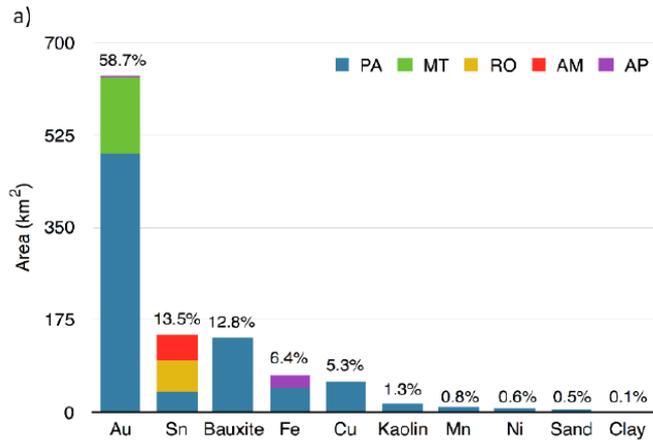
Felipe de Lucia Lobo ^{1,2,*}, Pedro Walfir M. Souza-Filho ^{1,3}, Evlyn Márcia Leão de Moraes Novo ²,
Felipe Menino Carlos ⁴ and Claudio Clemente Faria Barbosa ⁴



Mapeamento 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 ^{1,2,*}, Pedro Walfir M. Souza-Filho ^{1,3}, Evlyn Márcia Leão de Moraes Novo ², Felipe Menino Carlos ⁴ and Claudio Clemente Faria Barbosa ⁴



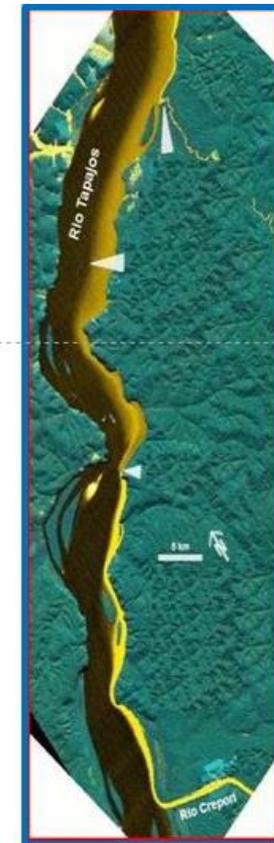
Imagens multi-satélites para mapear pluma de sedimento causada por mineração de ouro

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



Source: Silva, 2012

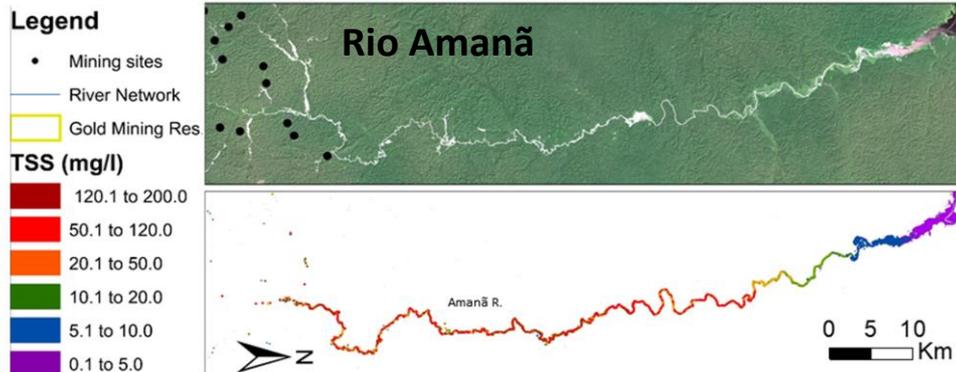


Source: [Telmer et al. 2006](#)

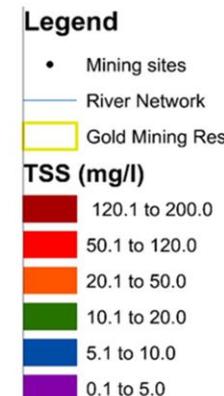
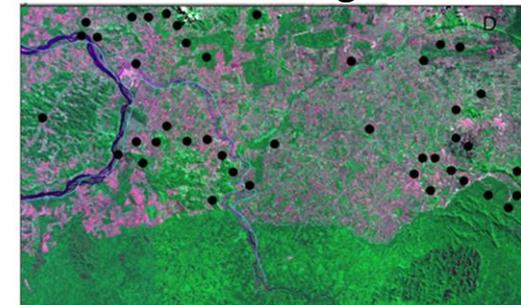
Imagens multi-satélites para mapear pluma de sedimento causada por mineração de ouro

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

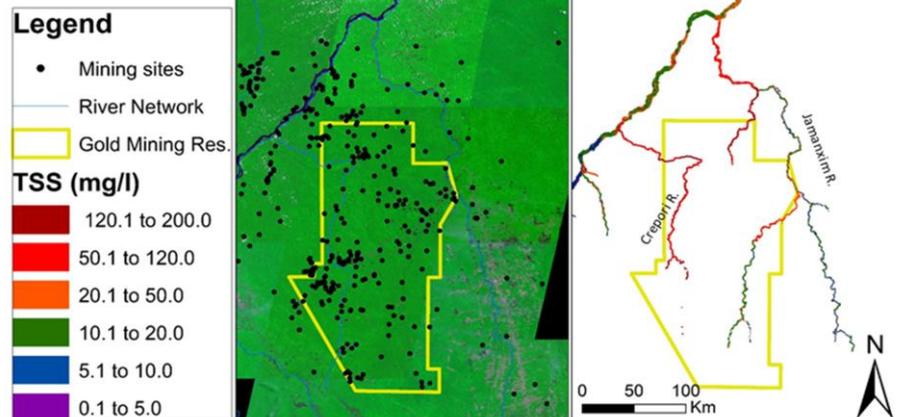
Felipe de Lucia Lobo, Evlyn Márcia Leão de Moraes Novo, Claudio Clemente Faria Barbosa, and Vitor Hugo Fernandes de Vasconcelos



Rios Fresco e Xingu



Rio Tapajós e afluentes



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)

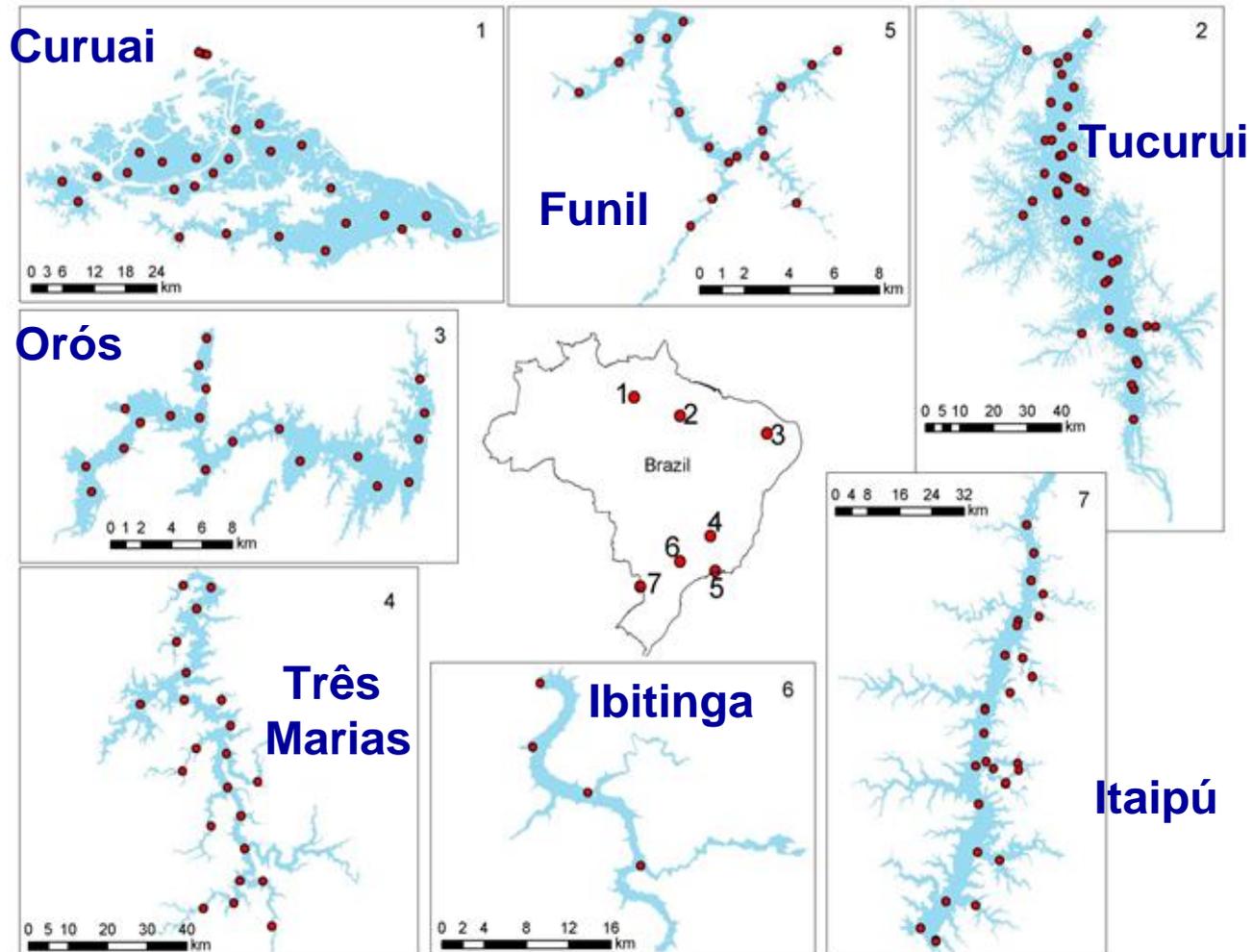
2- Banco de dados espaço temporal: variáveis bio-ópticas, imagens dos sensores OLI e Sentinel -2 e 3 (MSI/OLCI) Desenvolvimento de cenários e monitoramento/analise de alterações

3- Caracterização bio-óptica sazonal

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

Resultados

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



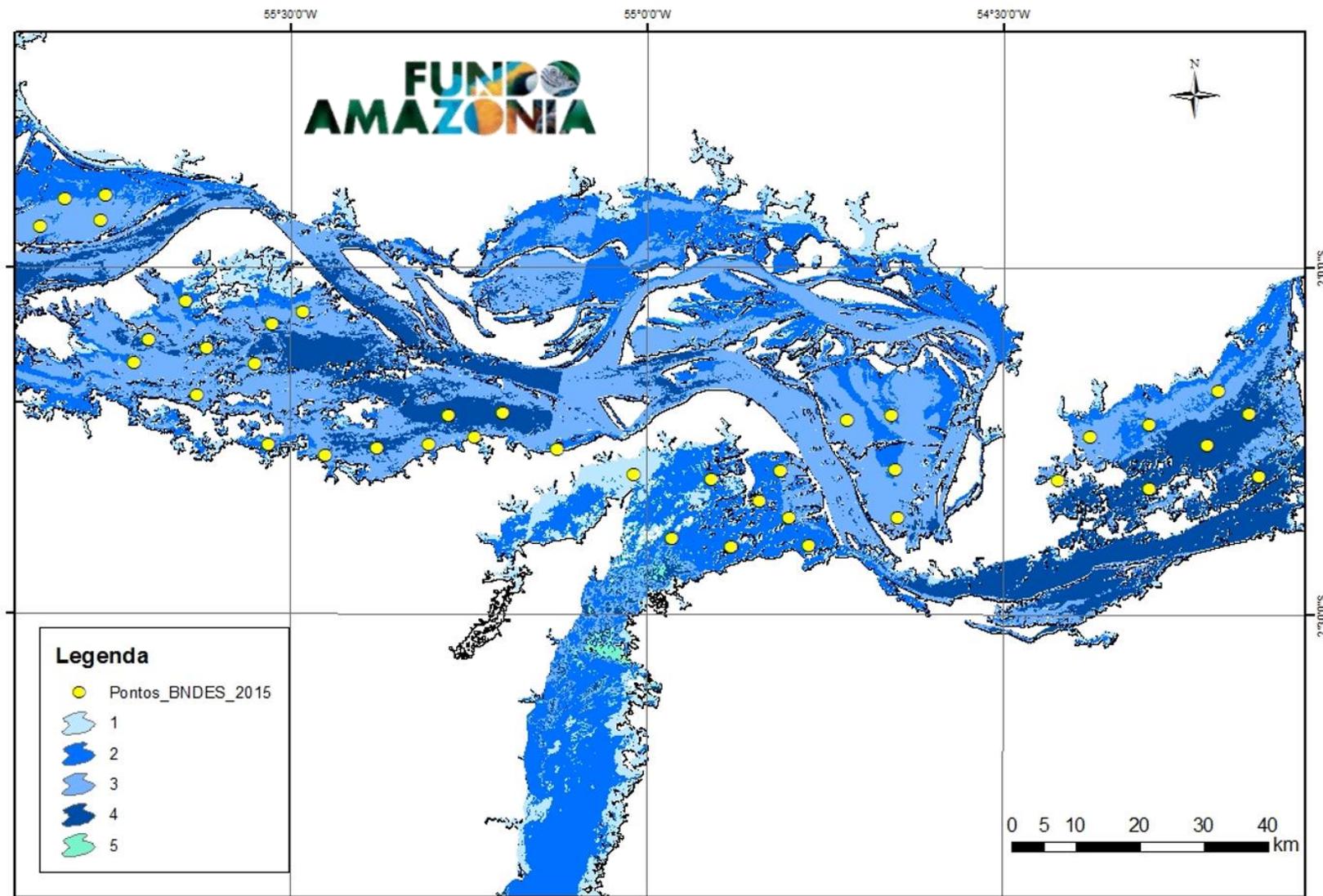
Resultados

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

| | Statistic | Tucuruí | Itaipú | Três Marias | Curuai | Ibitinga | Funil | Orós |
|--|----------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Z_{eu} (1%) [m] | Mean/Median | 4.84/6.87 | 3.17/3.26 | 6.57/7.54 | 1.18/1.38 | 5.61/7.42 | 2.45/3.11 | - |
| | Min/Max | 1.14/9.39 | 1.89/4.18 | 2.19/13.14 | 0.35/2.72 | 2.66/9.20 | 1.02/4.51 | - |
| K_d (PAR) [m ⁻¹] | Mean/Median | 0.95/0.67 | 1.45/1.41 | 0.70/0.61 | 3.90/3.33 | 0.82/0.62 | 1.88/1.48 | - |
| | Min/Max | 0.49/4.03 | 1.10/2.44 | 0.35/2.10 | 1.69/13.30 | 0.50/1.73 | 1.02/4.50 | - |
| | Std. deviation | 0.75 | 0.31 | 0.37 | 1.72 | 0.36 | 1.00 | - |
| $C_{(450)}$ [m ⁻¹] | Mean/Median | 4.51/2.89 | - | 3.66/2.72 | 20.08/19.44 | 4.75/4.39 | 6.44/5.62 | - |
| | Min/Max | 1.47/16.04 | - | 1.40/15.35 | 12.47/37.95 | 2.49/8.10 | 3.26/12.80 | - |
| | Std. deviation | 4.11 | - | 2.99 | - | 1.84 | 3.13 | - |
| $\alpha_{CDOM}(440)$ [m ⁻¹] | Mean/Median | | | 0.66/0.41 | 2.16/2.13 | 0.88/0.90 | 0.56/0.56 | |
| | Min/Max | | | 0.19/4.3 | 1.70/2.66 | 0.78/0.99 | 0.36/0.67 | |
| | Std. deviation | | | 0.81 | 0.23 | 0.09 | 0.1 | |
| Turbidity (NTU) | Mean/Median | 3.12/1.45 | 7.86/8.50 | 2.87/0.90 | 20.88/21.70 | 10.52/7.20 | 8.77/6.10 | 11.23/6.00 |
| | Min/Max | 0.10/17.0 | 3.60/10.70 | 0.10/24.10 | 8.10/33.20 | 1.00/45.40 | 3.60/33.80 | 1.12/99.00 |
| | Std. deviation | 4.41 | 2.09 | 5.28 | 5.72 | 10.52 | 7.63 | 13.18 |
| Chl- <i>a</i> (µg/L) | Mean/Median | 7.19/5.01 | 1.61/1.12 | 5.47/4.67 | 18.41/11.74 | 41.9/20.65 | 38.00/13.08 | 22.33/19.44 |
| | Min/Max | 2.75/39.53 | 0.59/04.81 | 1.17/13.22 | 0.90/92.06 | 3.72/180.40 | 1.39/242.86 | 0.50/80.67 |
| | Std. deviation | 7.10 | 1.21 | 3.33 | 18.82 | 53.90 | 64.15 | 16.23 |
| TSS (mg/L) | Mean/Median | 3.43/1.92 | 1.77/1.61 | 4.34/3.33 | 32.37/15.72 | 7.02/5.20 | 5.67/5.00 | 13.26/9.00 |
| | Min/Max | 0.26/20.41 | 0.63/3.77 | 1.33/11.93 | 0.53/161.85 | 0.80/30.80 | 0.87/18.60 | 1.00/100.00 |
| | Std. deviation | 4.26 | 0.74 | 2.54 | 34.93 | 7.35 | 4.50 | 15.25 |
| DOC (mg/L) | Mean/Median | 2.32/1.98 | 2.17/2.06 | 1.95/1.90 | 2.11/7.74 | 3.63/3.44 | 3.41/3.32 | 9.26/8.61 |
| | Min/Max | 1.45/7.03 | 1.73/4.09 | 0.93/2.71 | 4.14/7.74 | 2.72/4.91 | 2.80/5.22 | 5.27/14.48 |
| | Std. deviation | 1.12 | 0.62 | 0.37 | 1.05 | 0.63 | 0.62 | 1.85 |

Resultados

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



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

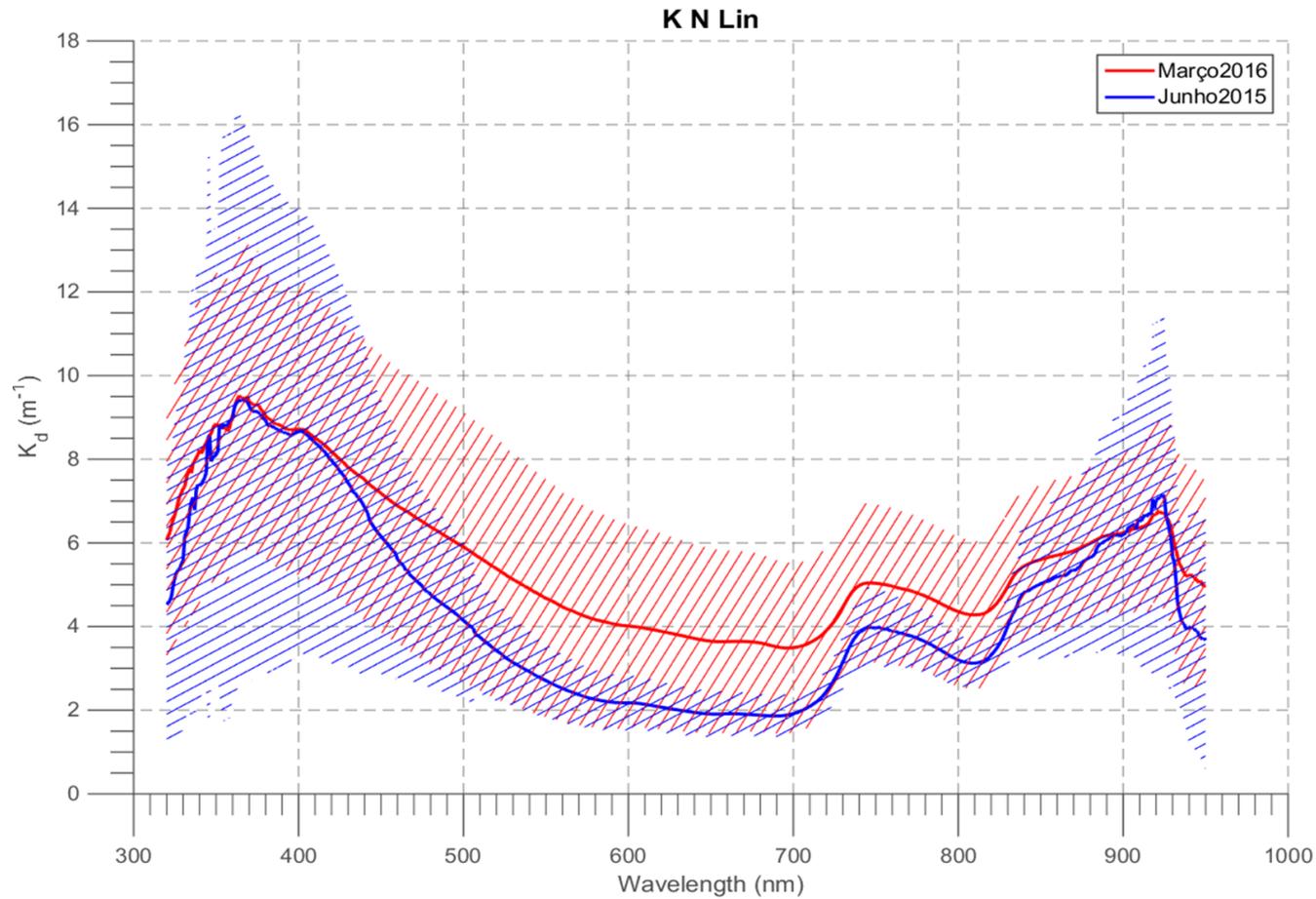


Brazilian inland water bio-optical dataset to support carbon budget studies in reservoirs as well as anthropogenic impacts in Amazon floodplain lakes: Preliminary results

C. Barbosa¹, E. Novo¹, R. Ferreira¹, L. Carvalho¹, C. Cairo¹, F. Lopes³, J. Stech¹, and E. Alcantara²

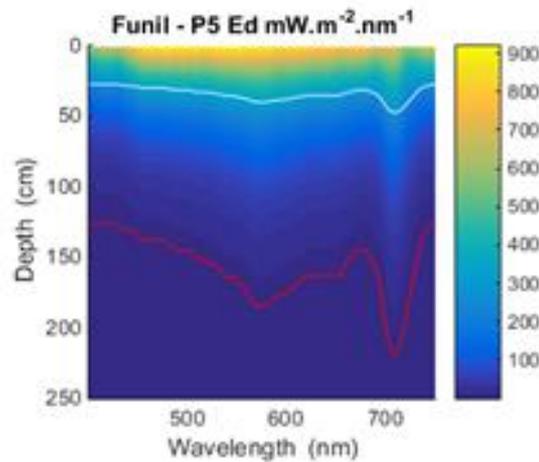
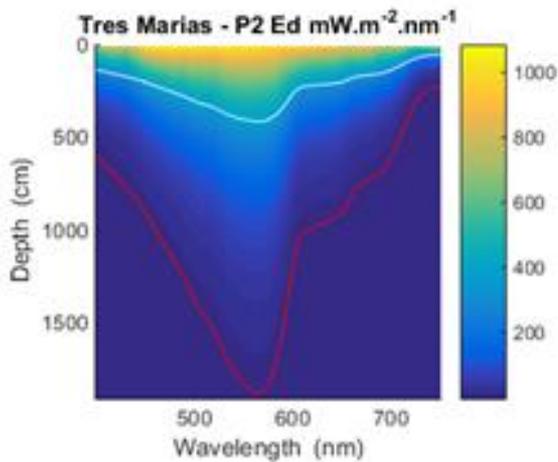
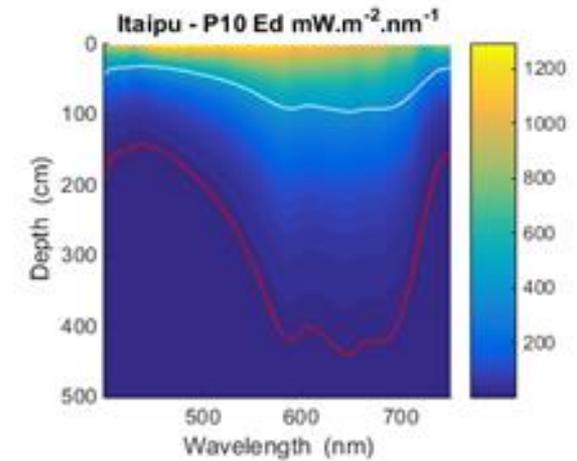
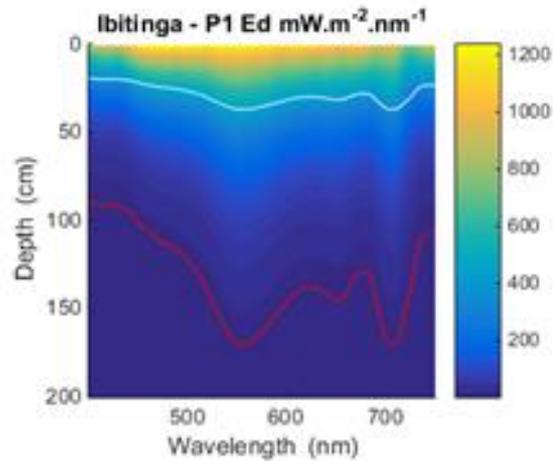
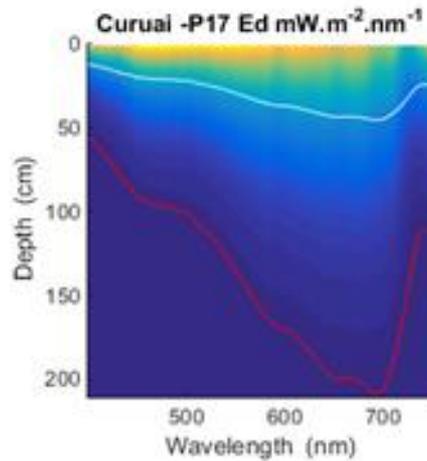
Dados bio-ópticos integrados ao banco

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



Dados bio-ópticos integrados ao banco

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



Dados bio-ópticos integrados ao banco

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

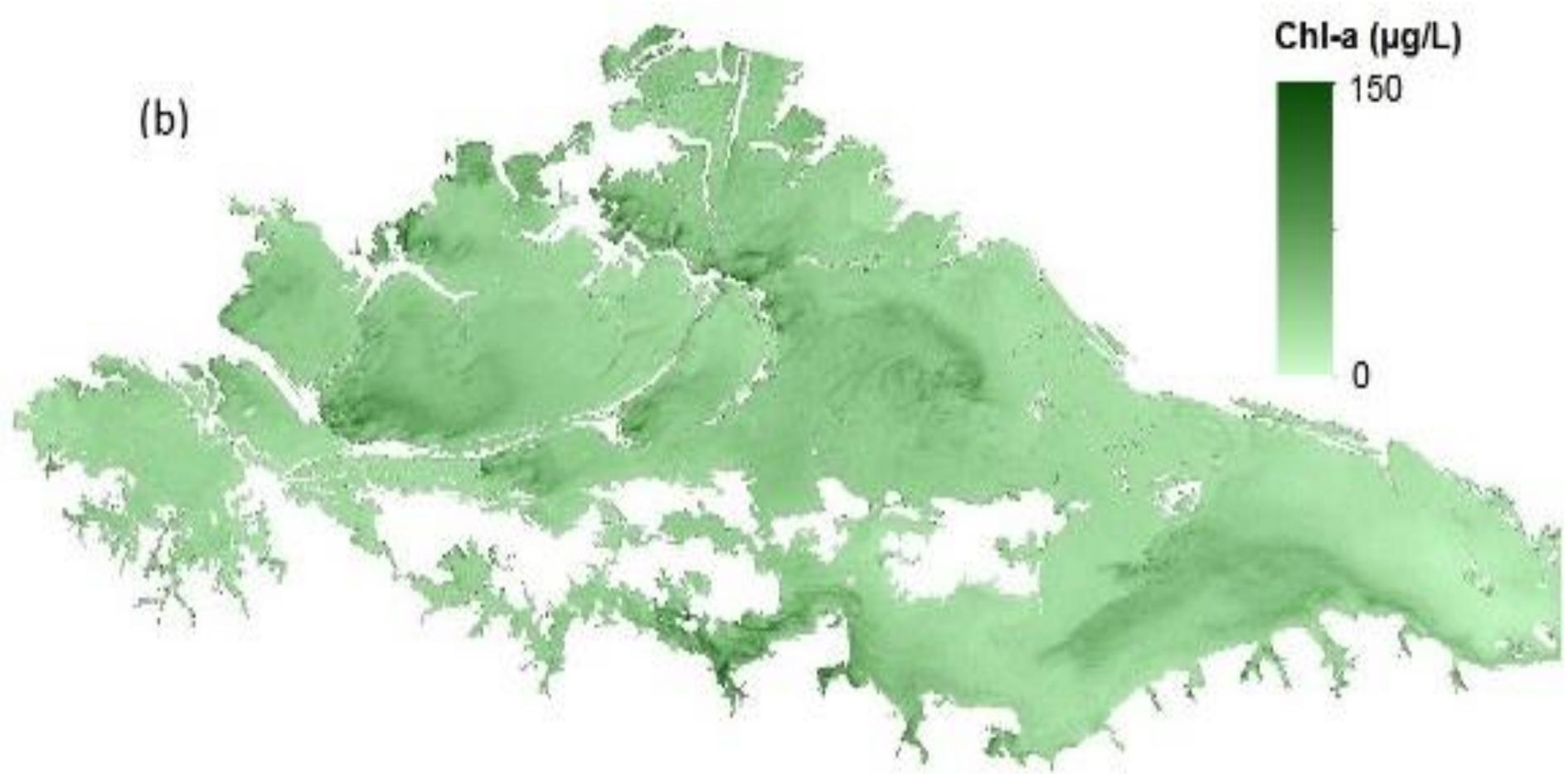
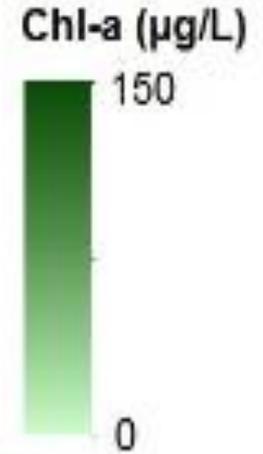
(a)



Dados bio-ópticos integrados ao banco

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

(b)



Resultados

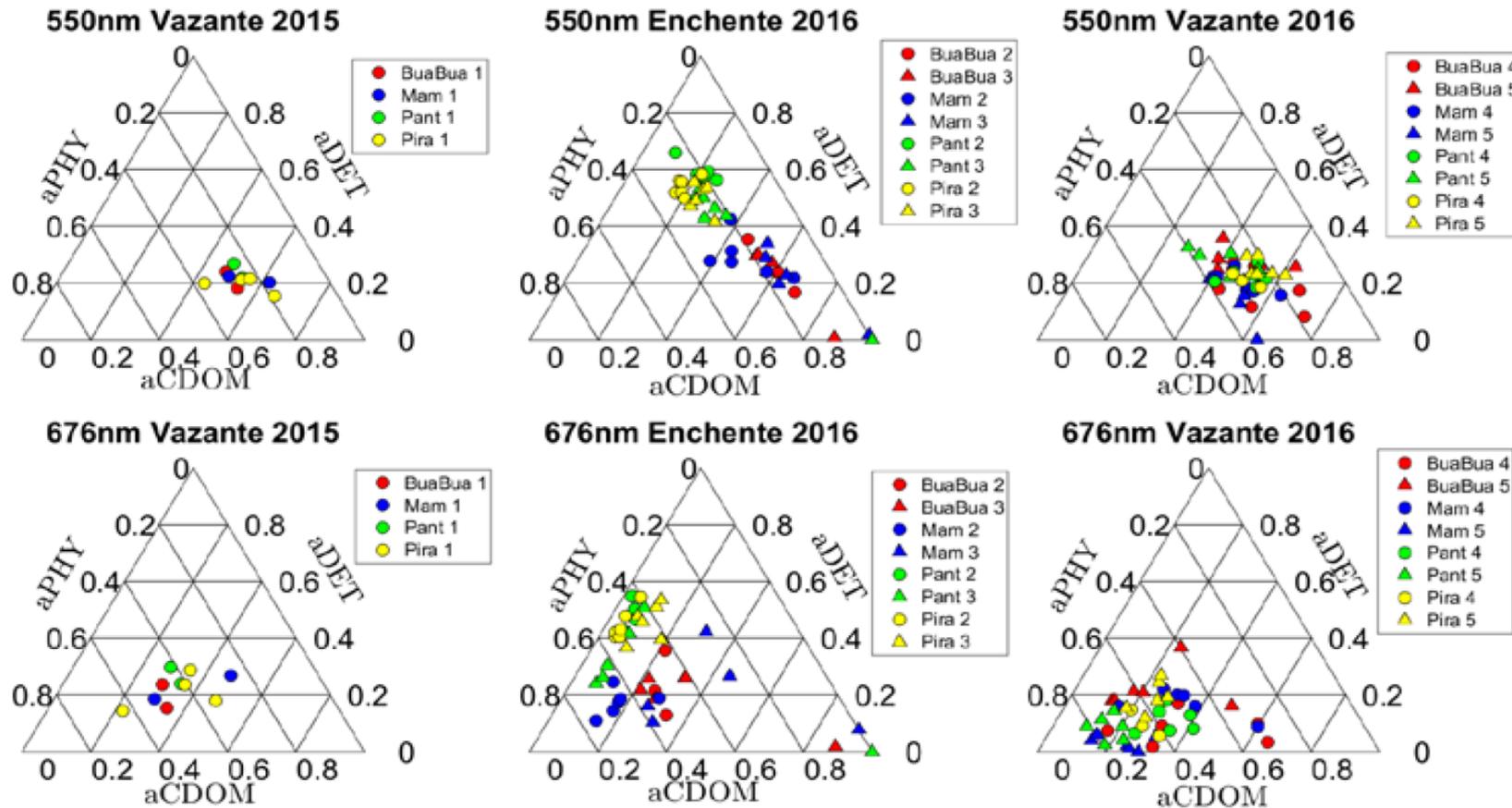
1- Pacotes de rotinas para processamento dos dados in situ e correção atmosférica das imagens dos sensores Landdat8/OLI e Sentinel-2/MSI (Python e Matlab)

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.

3- Exemplo da *Caracterização bio-óptica sazonal*



3- Exemplo da *Caracterização bio-óptica sazonal*

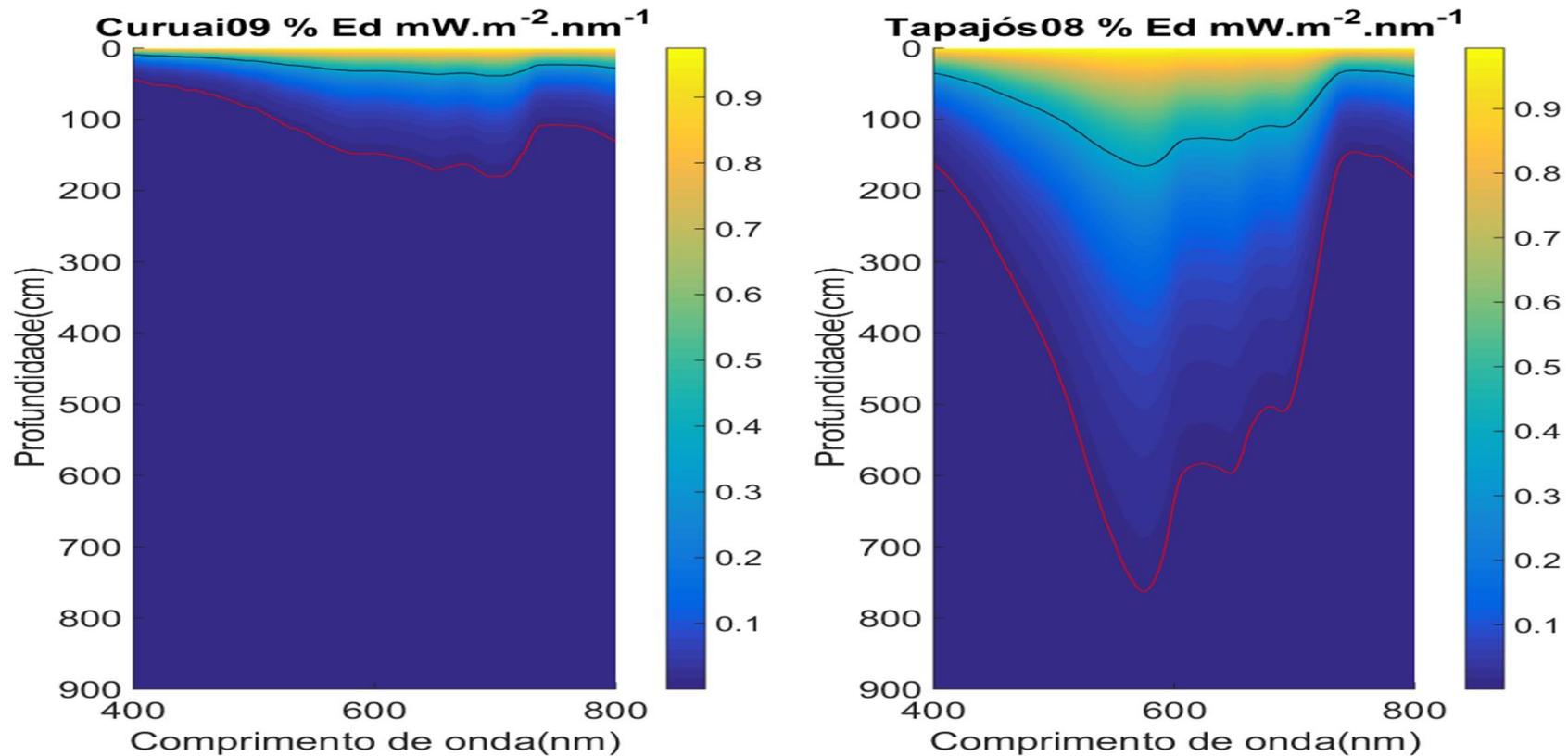
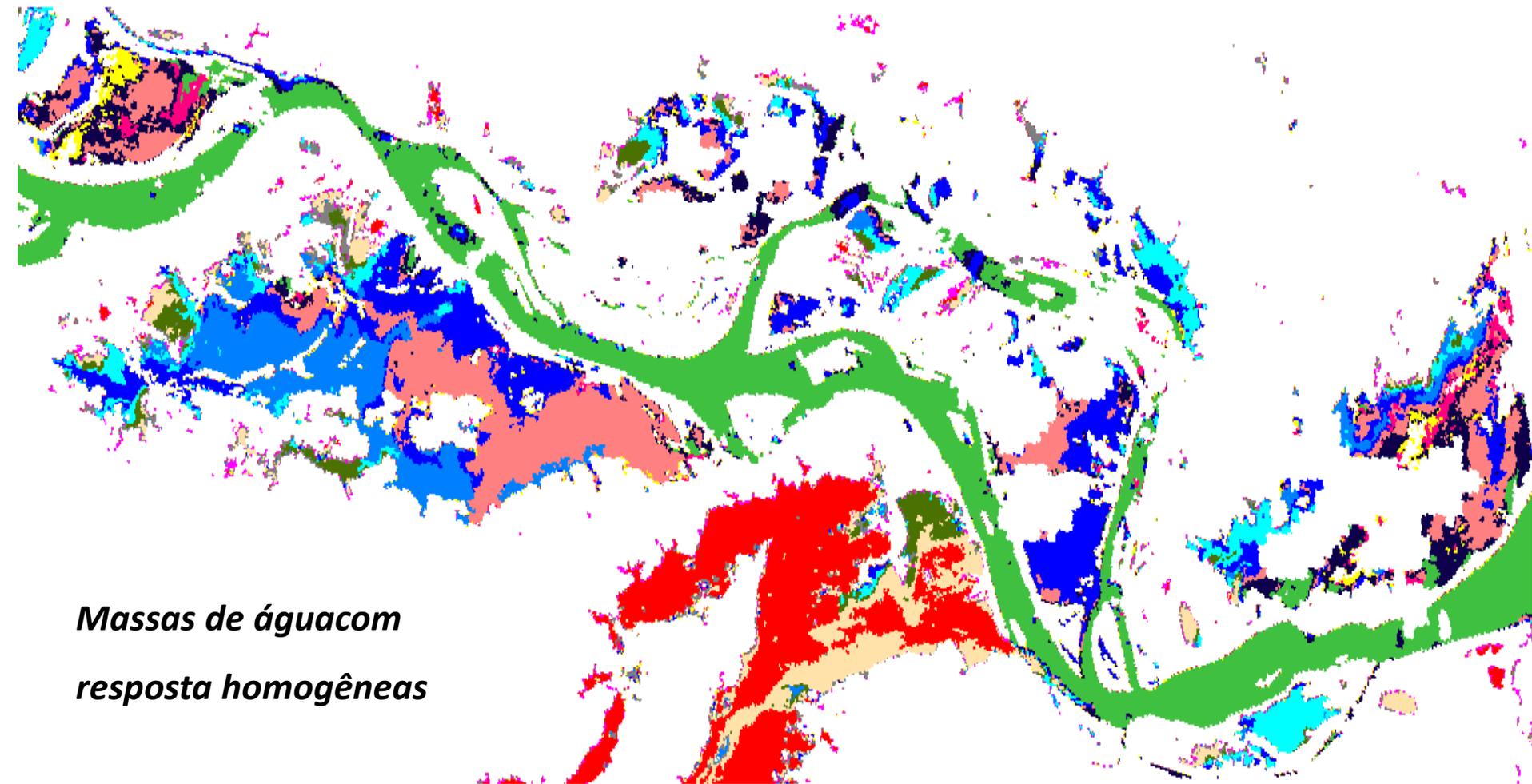


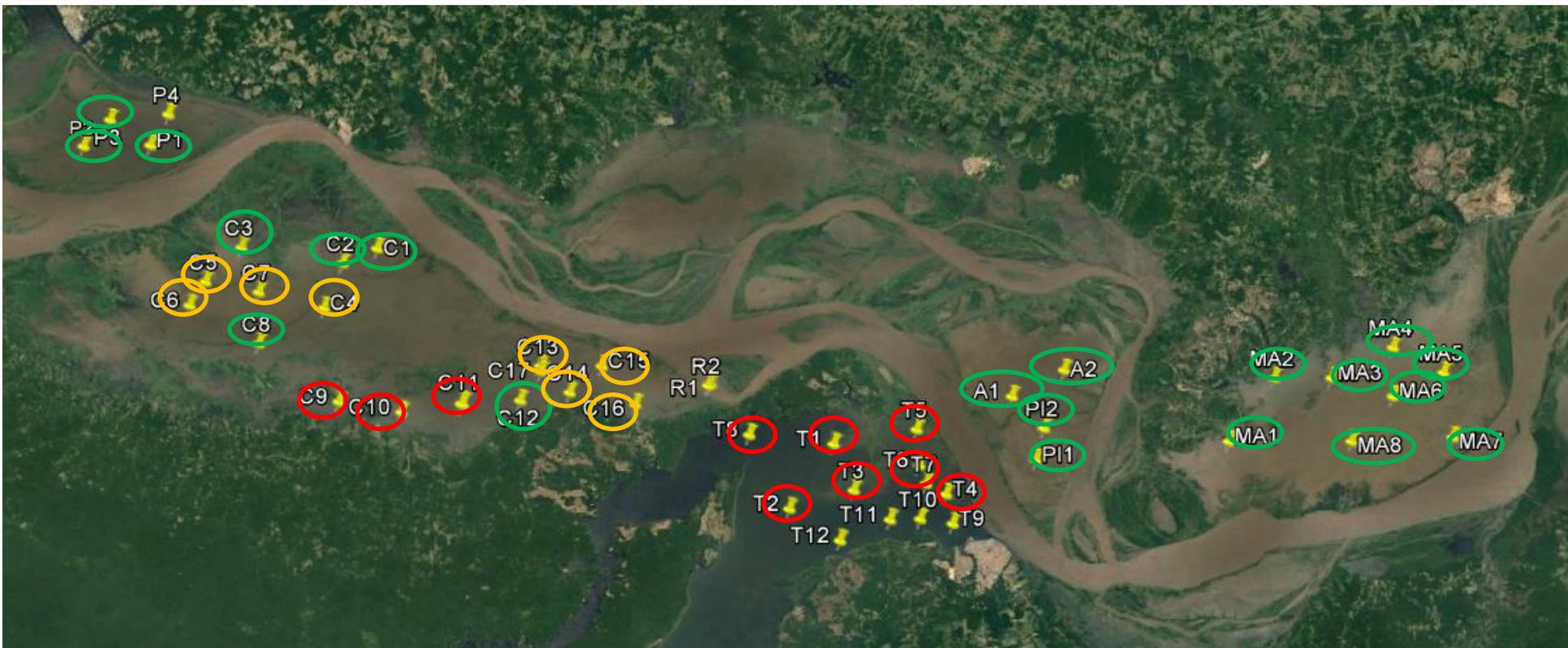
Figura 7 – Diminuição da irradiância descendente na colua d'água em função da profundidade para duas estações amostrais no campo de março de 2016. Linha vermelha: limite zona eufótica. Linha preta: $1/K_d$.
Composição espectral do campo de luz subaquático

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) | MA (8) | Pantaleão | Mamirauá |

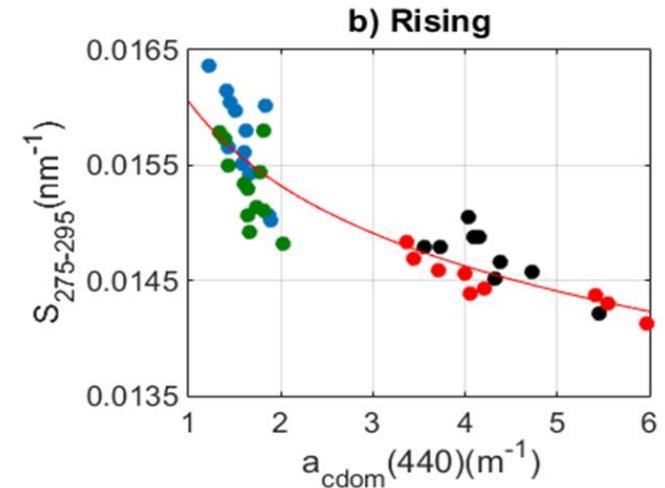
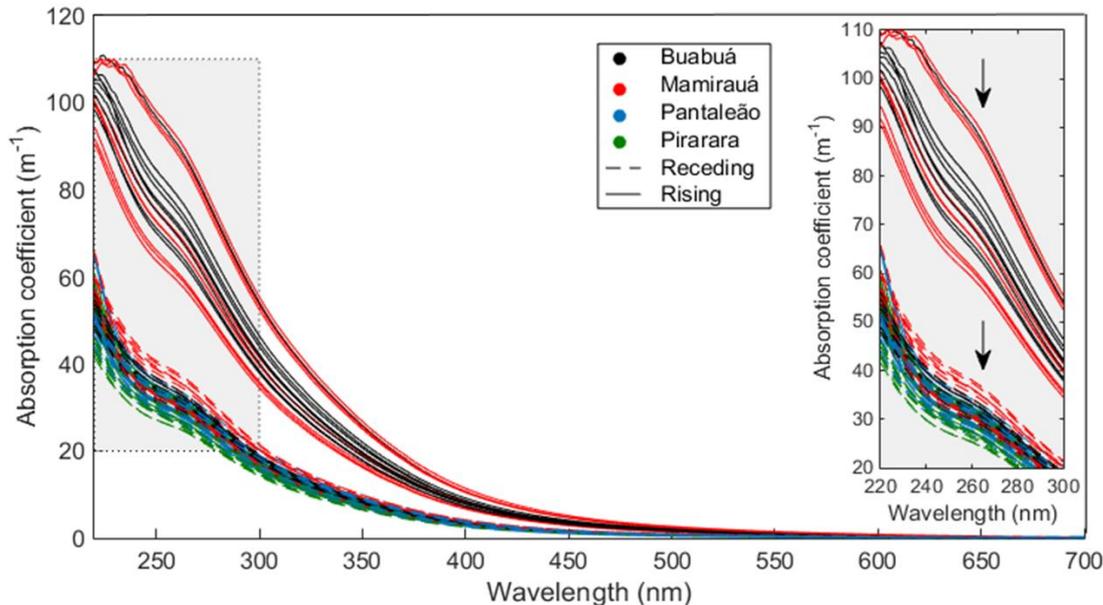
Março 2016

| | | |
|-------|-----|------|
| 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

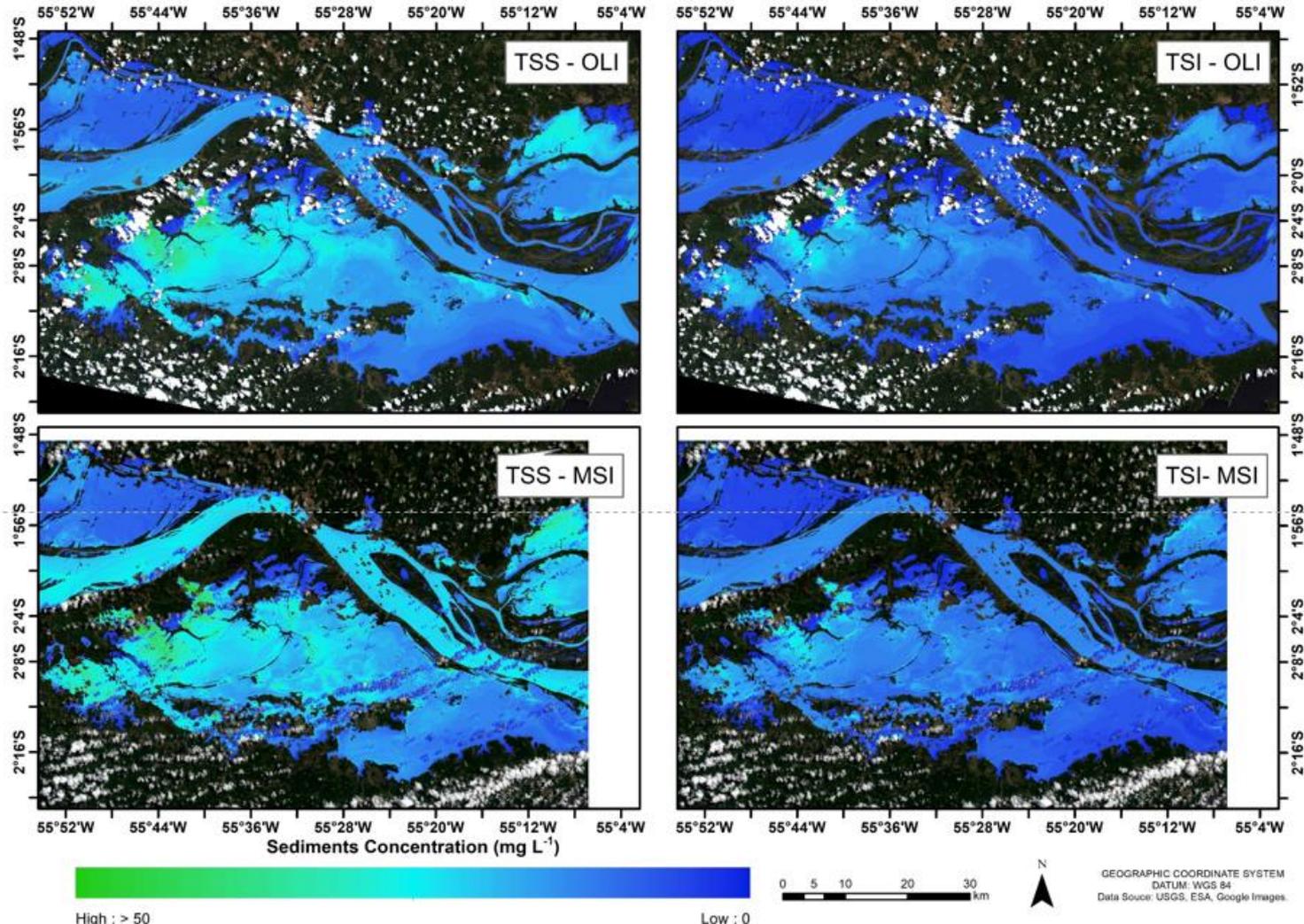
→ Use of absorption optical indices to evaluate seasonal variability of dissolved organic matter in Amazon floodplain lakes (on major review)

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

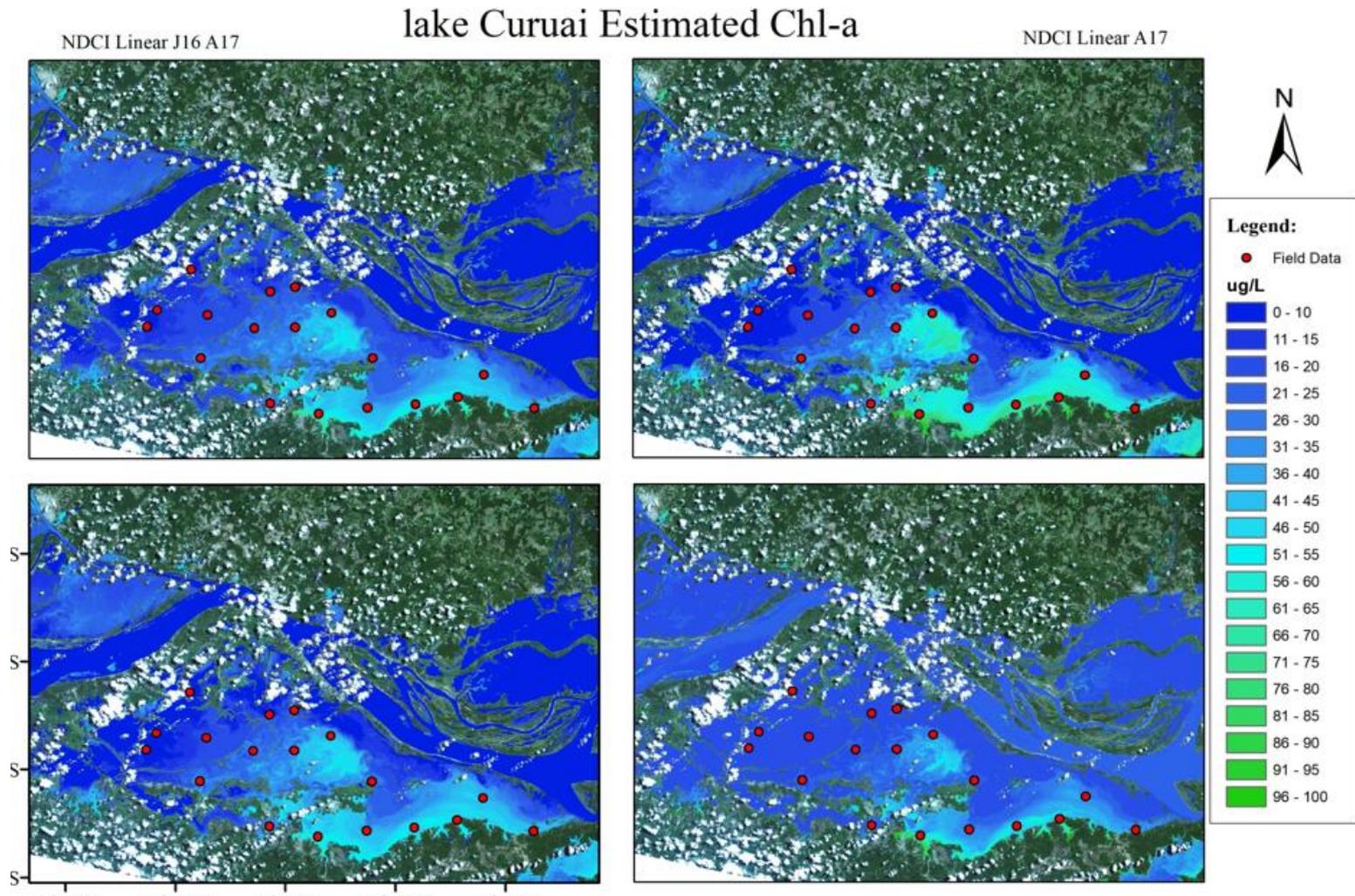


Parametrização, calibração e avaliação

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!



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

Resultados

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 Evlyn 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.