

# Turbidez e Fluxo de Sedimentos em Reservatórios do Rio Paranapanema, PR/SP.

Rita de Cássia C. Condé De Piscoya - ANA

Jean-Michel Martinez, Gérard Cochonneau – IRD

Marcos Nogueira - UNESP

Walszon Lopes, Dhalton Ventura, Eurides Oliveira-ANA

Local : Brasília

Data: 18/08/2015



## Contexto

- Projeto Monitoramento Espacial Hidrológico de Grandes Bacias (Quantidade e Qualidade) - Projeto “MEG-HIBAM”, desenvolvido pela Agência Nacional de Águas – ANA e o Institut de Recherche pour Le Développement – IRD, com o objetivo de demonstrar a possibilidade de monitorar parâmetros hidrológicos com o uso de sensores espaciais.

## Contexto

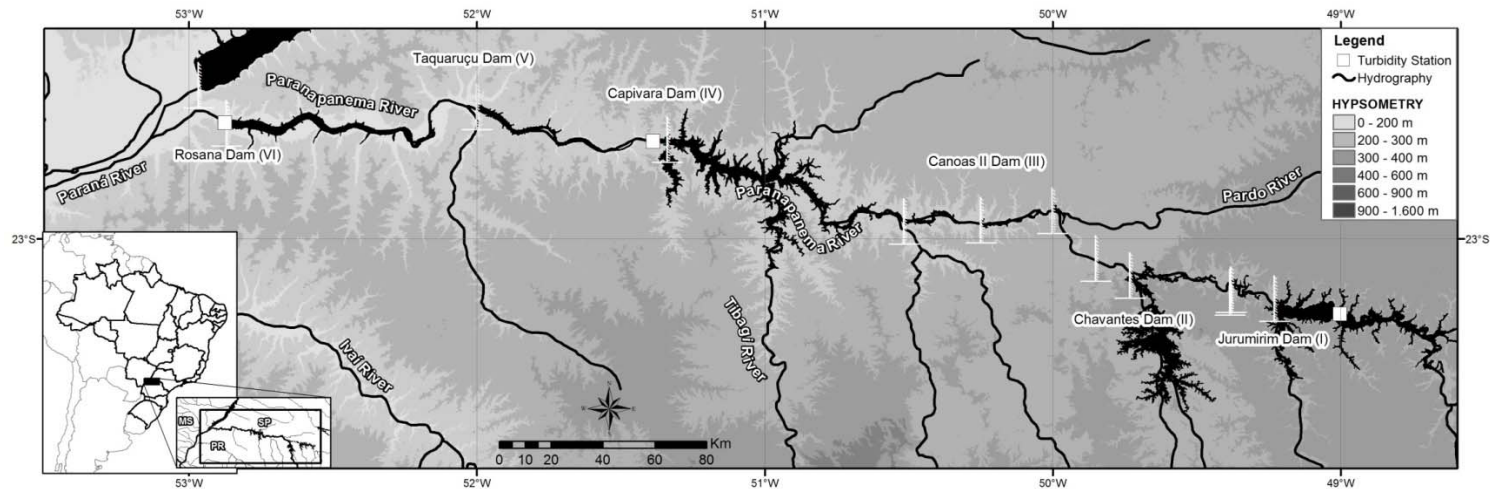
Trabalhos desenvolvidos pelo Prof. Marcos Gomes Nogueira – UNESP-Botucatu:

Estudo	Período	Apoio
Compartimentalização espaço-temporal do Reservatório de Jurumirim	1991-1994	Fundunesp Fapesp
Ecologia de Reservatórios em Cascata (Montante-Barragem-Jusante)	2000- 2004	Fapesp Duke Energy
Estrutura Espacial do Reservatório de Rosana	2004-2005	Duke Energy Fundibio
Compartimentalização espaço-temporal dos Reservatórios de Chavantes e Salto Grande	2006-2007	Fapesp, Fundibio Duke Energy
Implantação e execução de um programa de monitoramento de qualidade da água e bioindicadores	2010-2013	Duke Energy Fundibio

## Objetivo

- Aplicar a metodologia desenvolvida no âmbito do projeto ANA/IRD, avaliando o fluxo de sedimentos e turbidez em seis reservatórios da Bacia do Rio Paranapanema utilizando dados do sensor MODIS.

## Área de estudo: Reservatórios no Rio Paranapanema



Reservatório	Área do reservatório (km <sup>2</sup> )	Área de Drenagem (km <sup>2</sup> )	Tempo de Residência Médio (dias)	Profundidade média do reservatório (m)	Vazão Regularizada (m <sup>3</sup> /s)
I-Jurumirim	449	17,9	340	14.7	236
II-Chavantes	400	27,8	312	21.2	324
III-Canoas II	23	39,5	7	6.0	477
IV-Capivara	576	84,7	111	17.6	1091
V-Taquaruçu	80	88,7	8	8.9	1137
VI-Rosana	220	100,8	17	8.7	1289

- **Reflectância:** Razão entre a quantidade de energia radiante que deixa uma unidade de área no terreno (**Radiância**) pela quantidade de energia incidente naquela área (**Irradiância**), medida no mesmo instante de tempo.

$$\rho_{\lambda}(\%) = \frac{L_{\lambda}}{E_{\lambda}}$$

Onde,  $L_{\lambda}$  – Radiância;  $E_{\lambda}$  – Irradiância



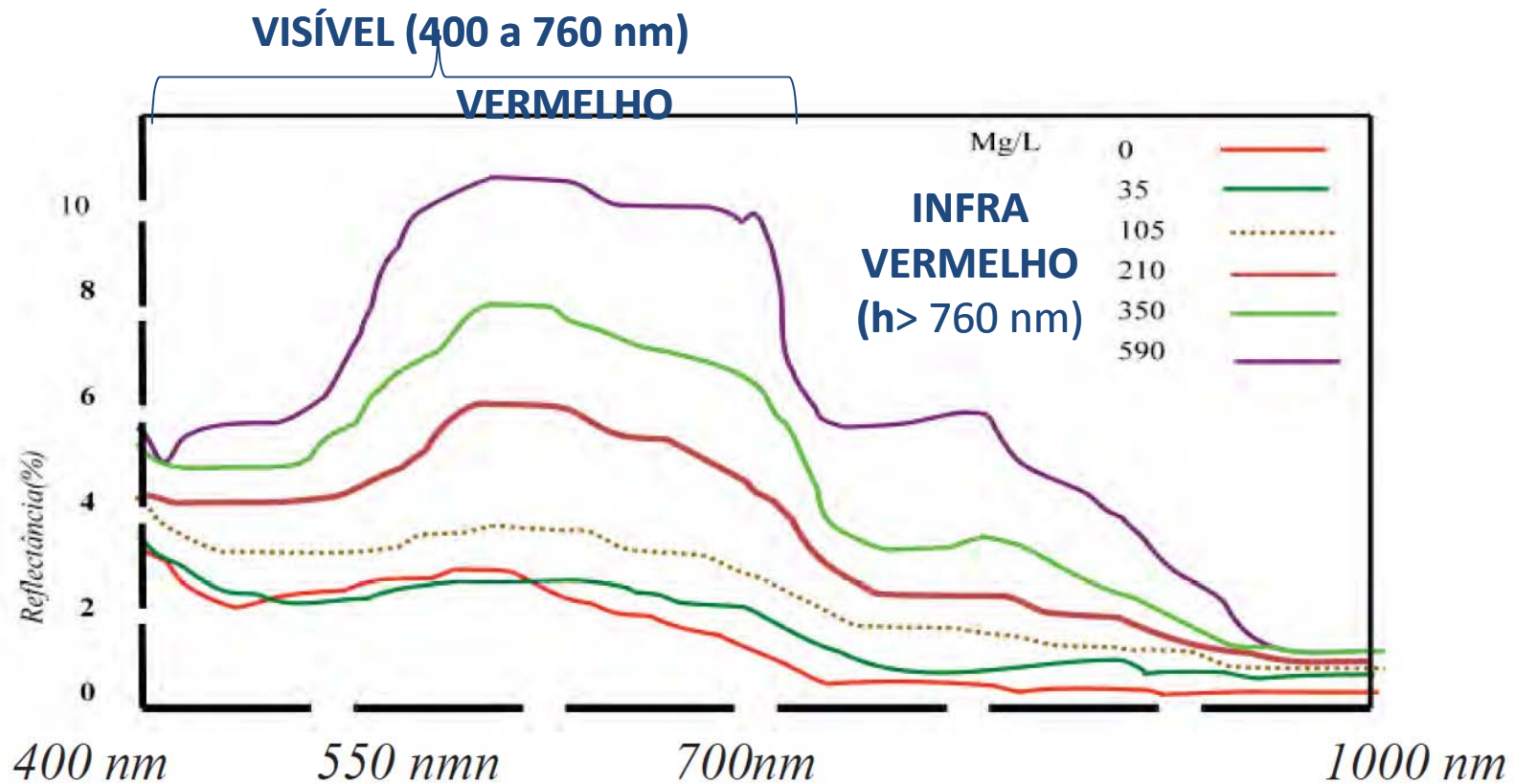
- **Características:** A presença de sedimentos em suspensão na superfície dos corpos hídricos influencia os processos de absorção e espalhamento da luz, provocando alterações na cor da água pura em função de sua concentração e natureza.
- **Padrão característico:**
  - ABSORÇÃO:** absorção da luz pelo material particulado é mais forte no azul e decresce exponencialmente até o infravermelho.
  - ESPALHAMENTO:** varia significativamente em função do comprimento de onda
  - REFLECTÂNCIA:** tende a aumentar em direção ao vermelho/infravermelho

# Metodologia

Aumento da concentração de sólidos totais em suspensão na água (**MATERIAL PARTICULADO**)



Aumento do **coeficiente de espalhamento da reflectância da água**

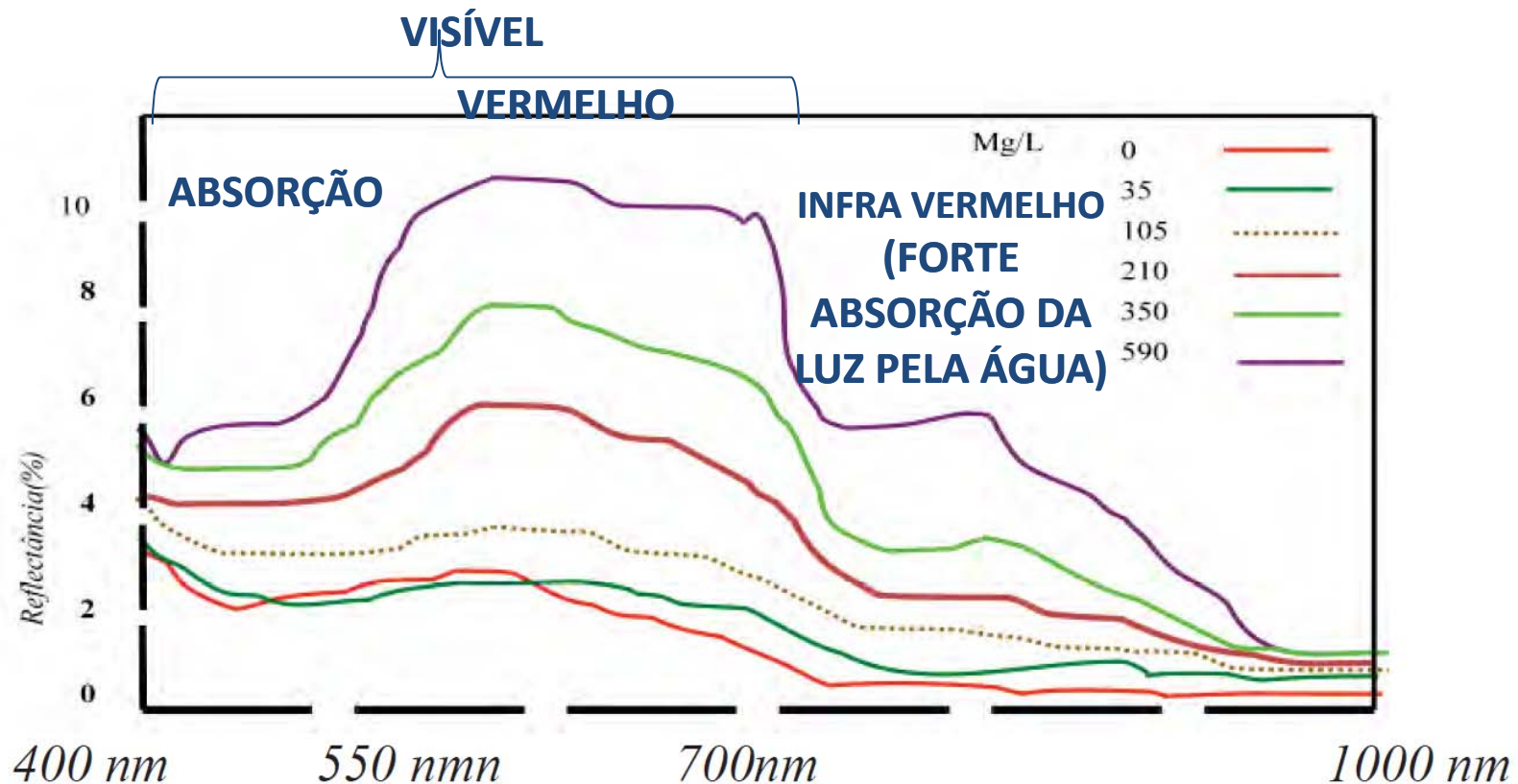


Variação da reflectância da água devido às diferenças de concentrações de partículas sólidas em suspensão (Fonte: Novo, 2008).



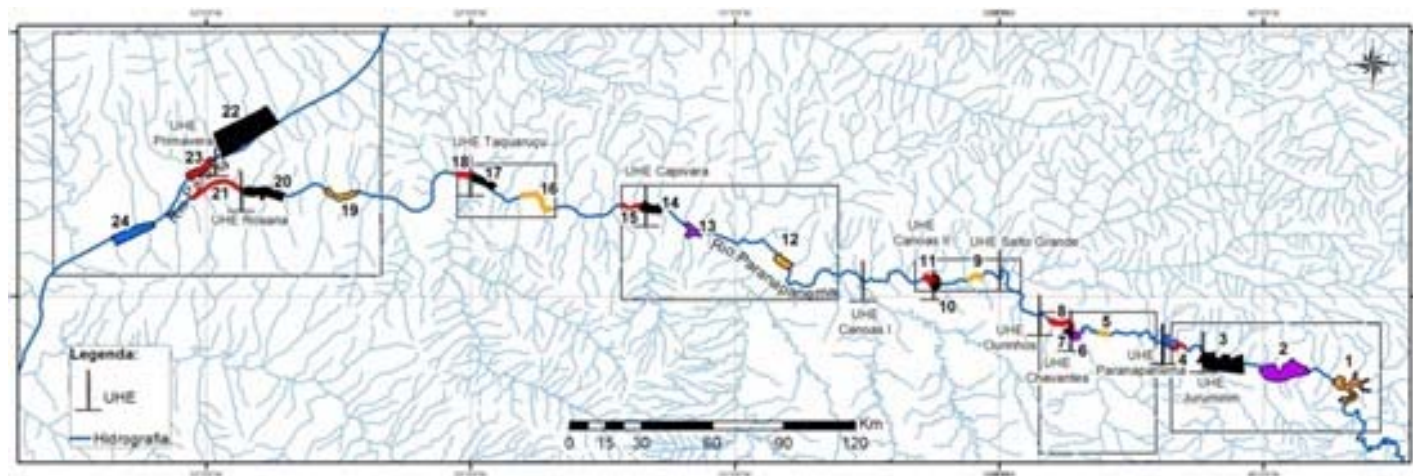
# Metodologia

- Como no infravermelho há uma forte absorção da luz pela água, reduzindo a sensibilidade da reflectância ao aumento do espalhamento pelo material particulado, foi **utilizada a reflectância no vermelho**.



Variação da reflectância da água devido às diferenças de concentrações de partículas sólidas em suspensão (Fonte: Novo, 2008).

- **Imagens:** Sensor MODIS (NASA): MOD09Q1 (Sat. TERRA), MYD09Q1 (Satélite AQUA). Produto melhor imagem de oito dias.



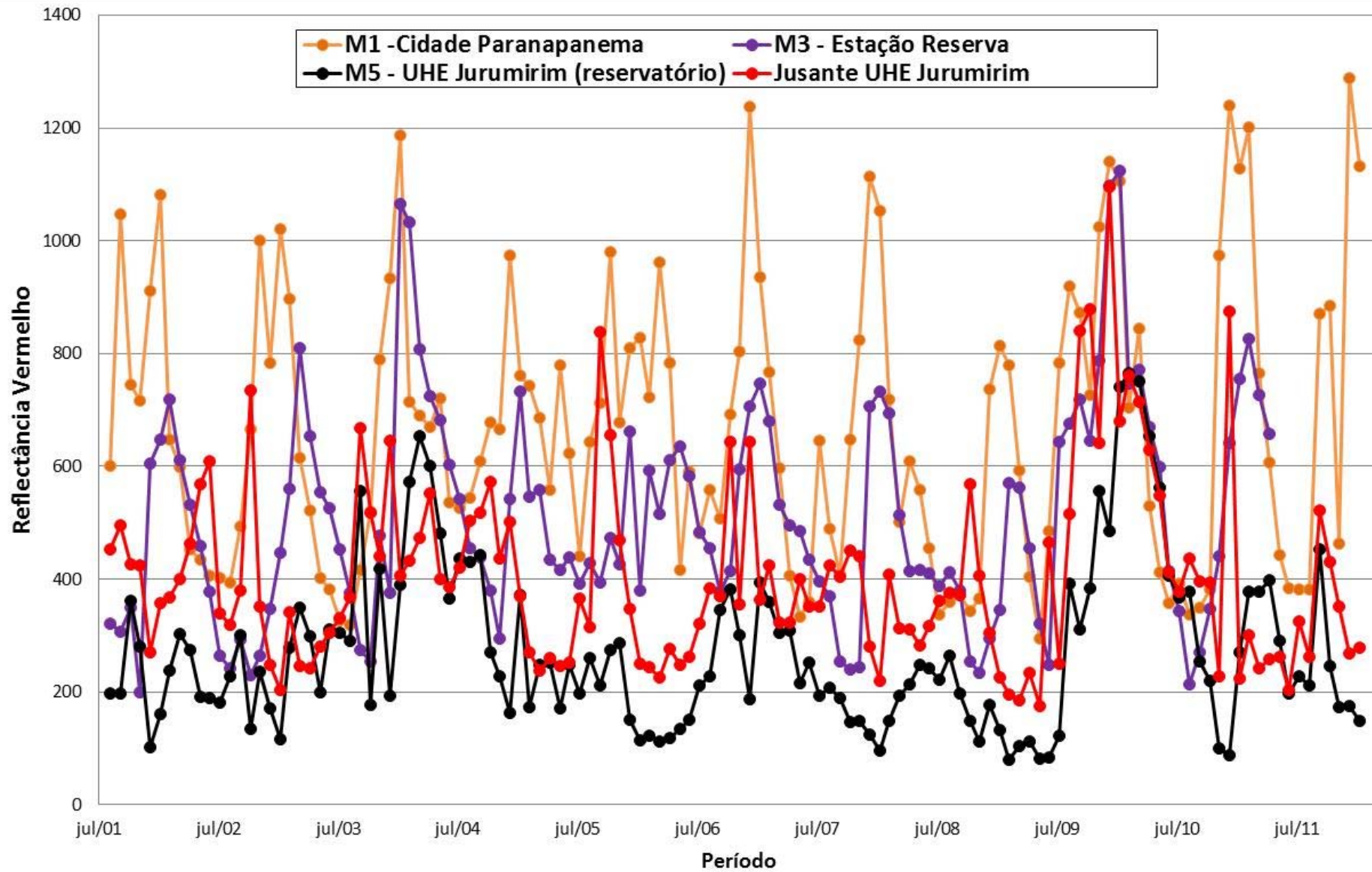
- **Pós-Processamento:** Programa MOD3R (MODIS Reflectance Retrieval over Rivers) desenvolvido pelo IRD em linguagem Java.
- **Algoritmo:** determina com precisão e com consistência ao longo do tempo os **pixels de água pura em uma imagem**, ou seus melhores candidatos, independentemente dos tipos de morfologia dos rios.

- **Estimativa da Turbidez:** equação obtida com dados de três estações convencionais de qualidade na bacia do rio Paranapanema e do processamento das imagens em máscaras que abrangem as estações.
- **Estimativa do Tempo de Residência (TR):** Obtida da razão entre o volume máximo do reservatório (em  $m^3$ ) e a vazão média (em  $m^3/\text{seg}$ )

# RESULTADOS E DISCUSSÃO

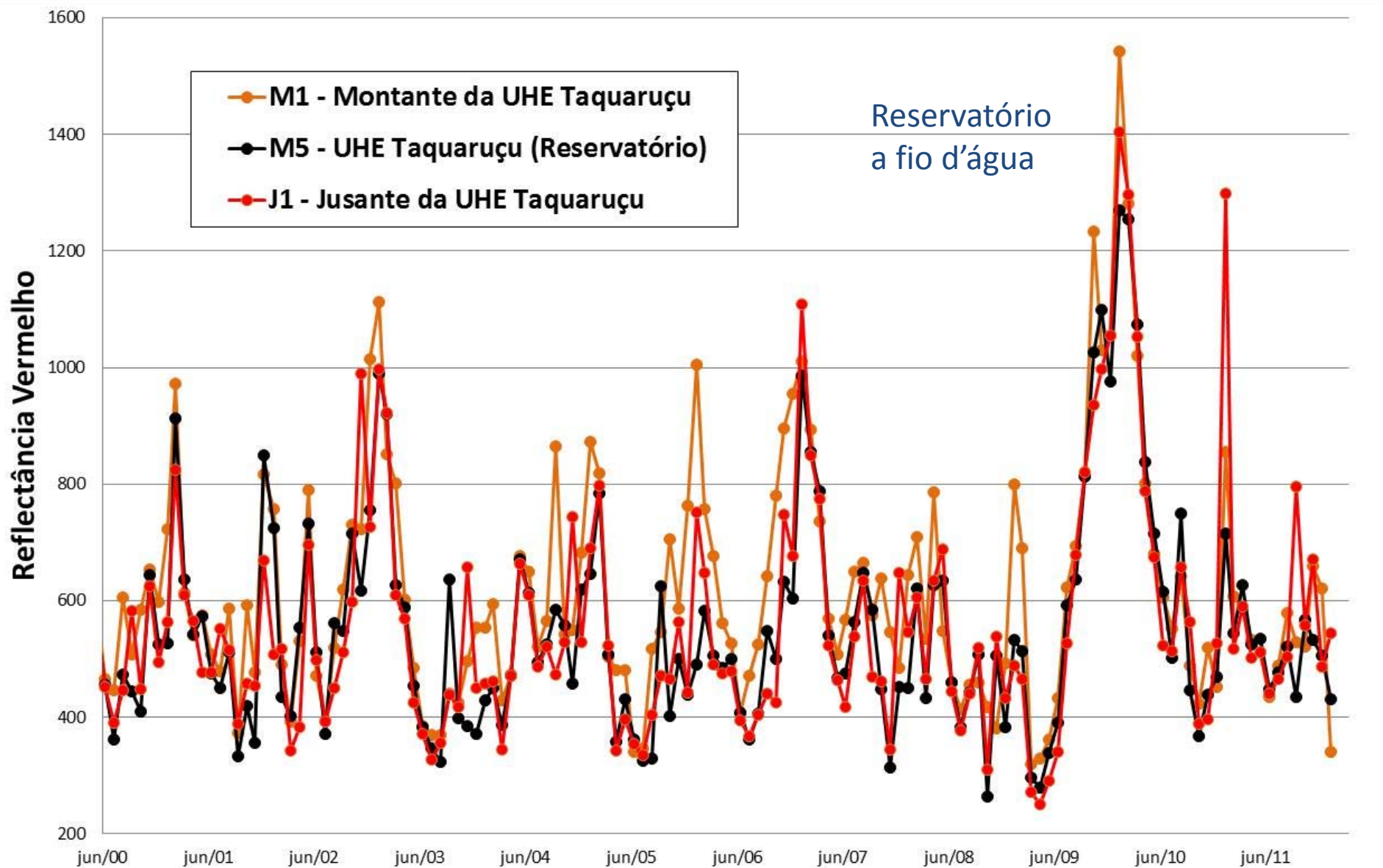


## Varição interanual da reflectância de sedimentos no reservatório





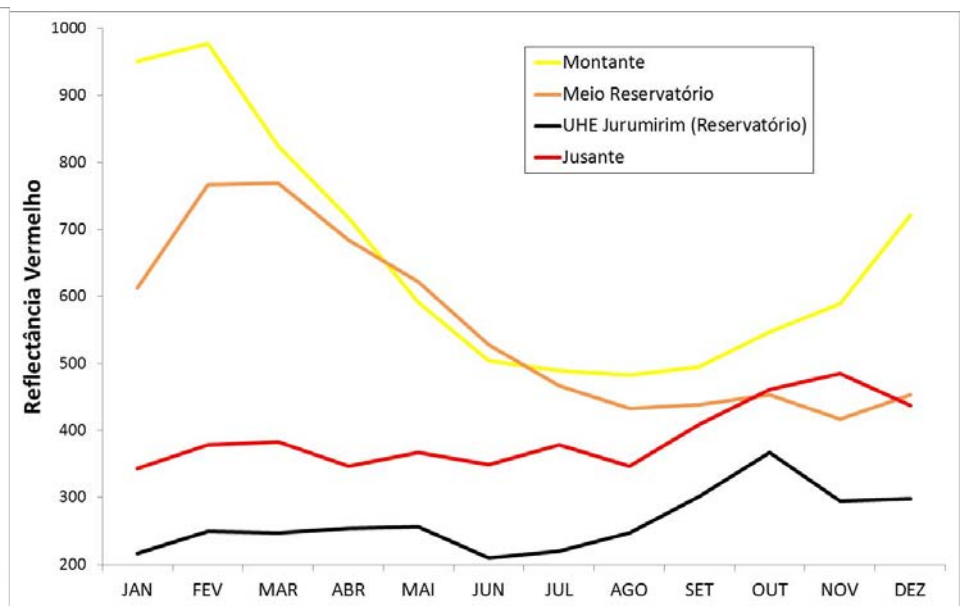
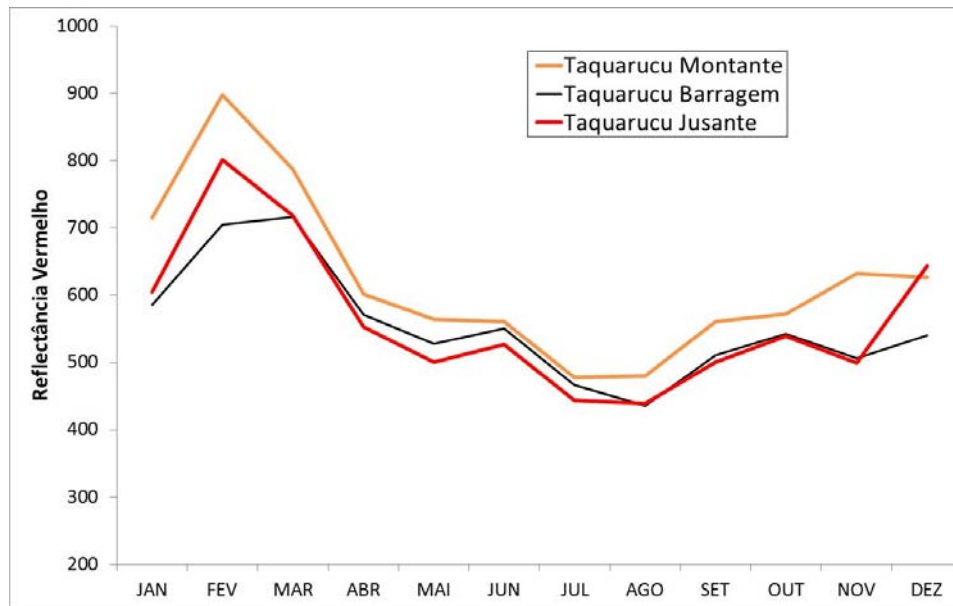
## Varição interanual da reflectância de sedimentos no reservatório

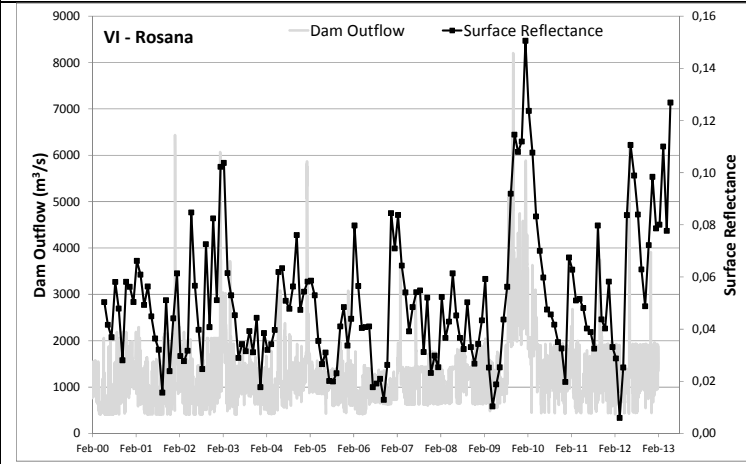
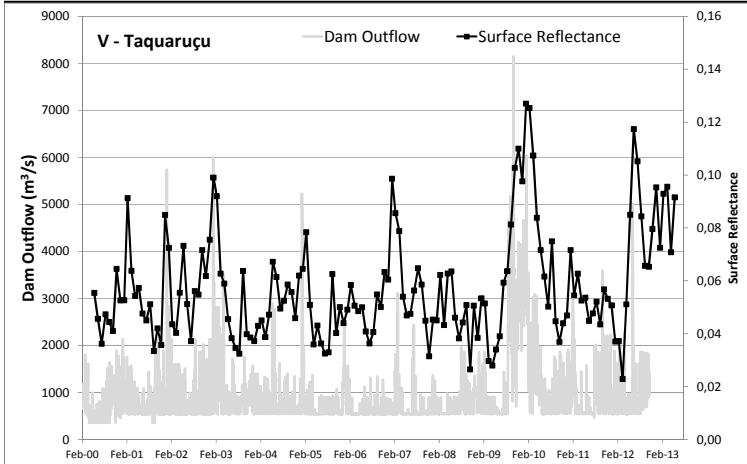
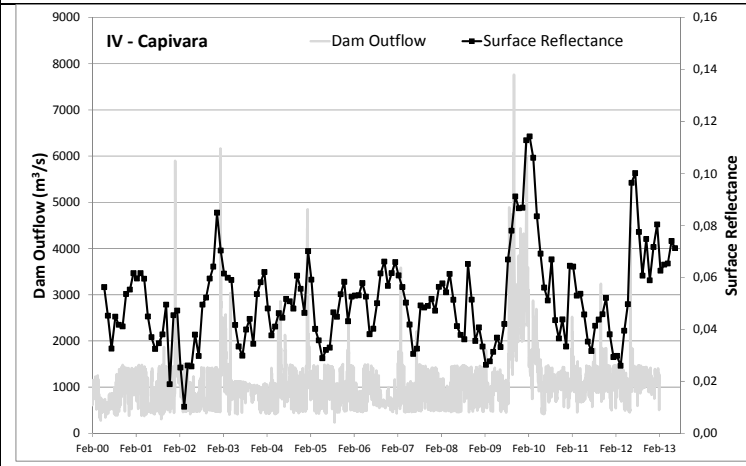
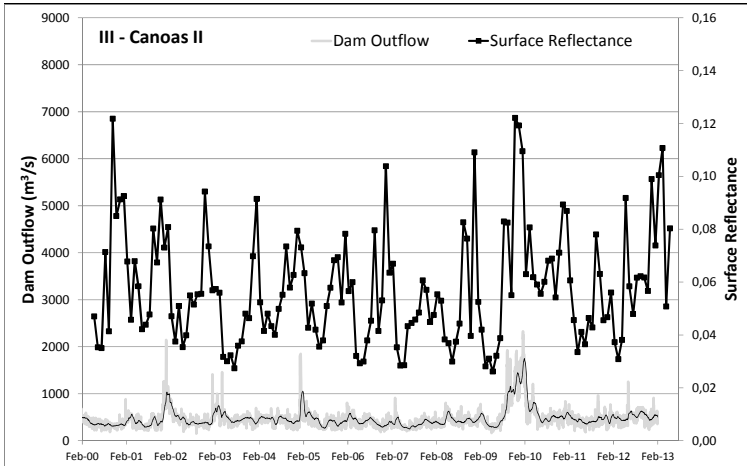
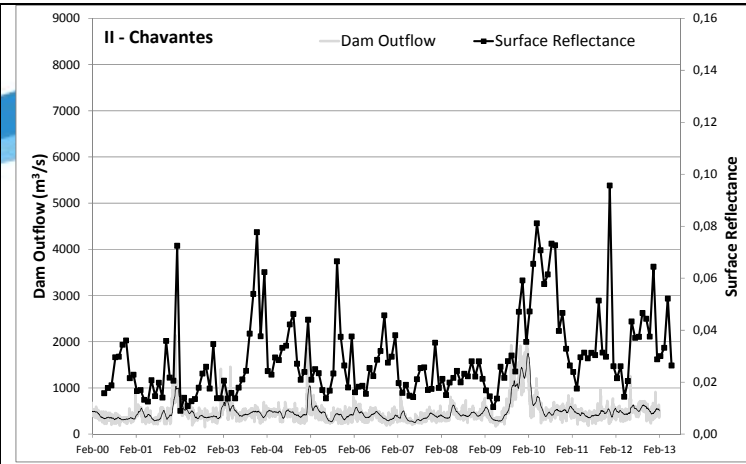
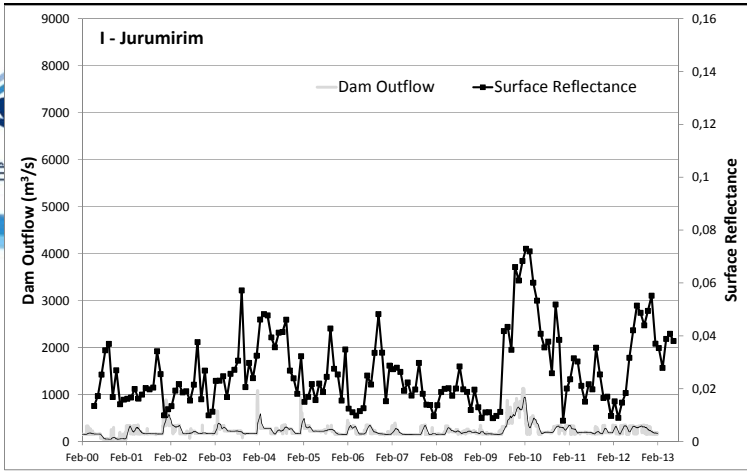


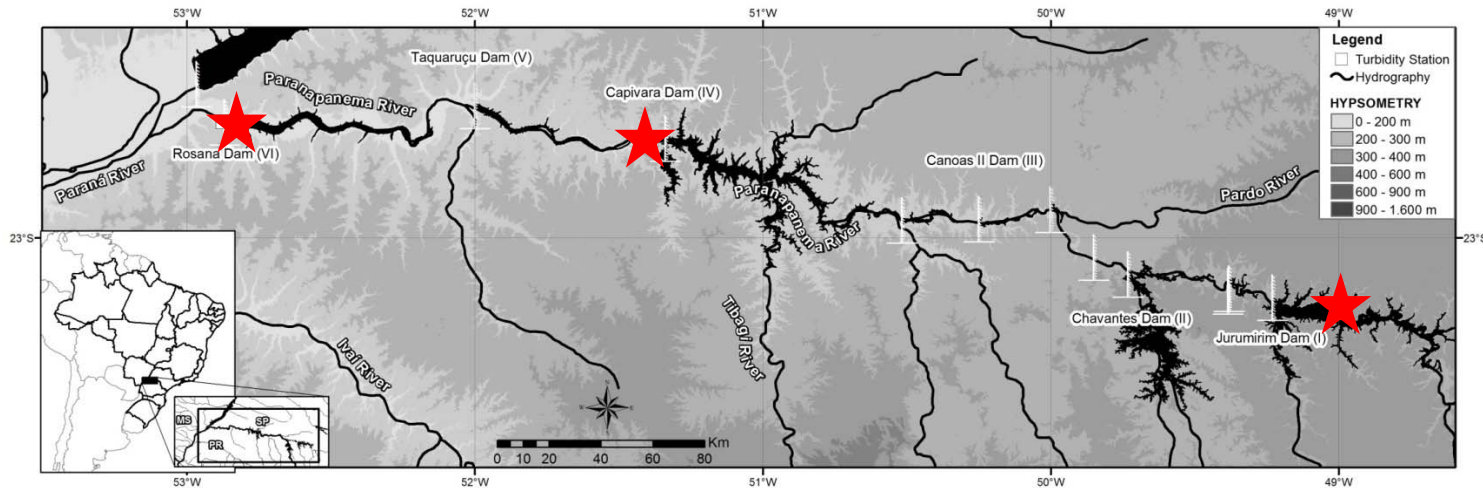
## Variação interanual da concentração de sedimentos

Área do reservatório: 80 km<sup>2</sup>

449 km<sup>2</sup>

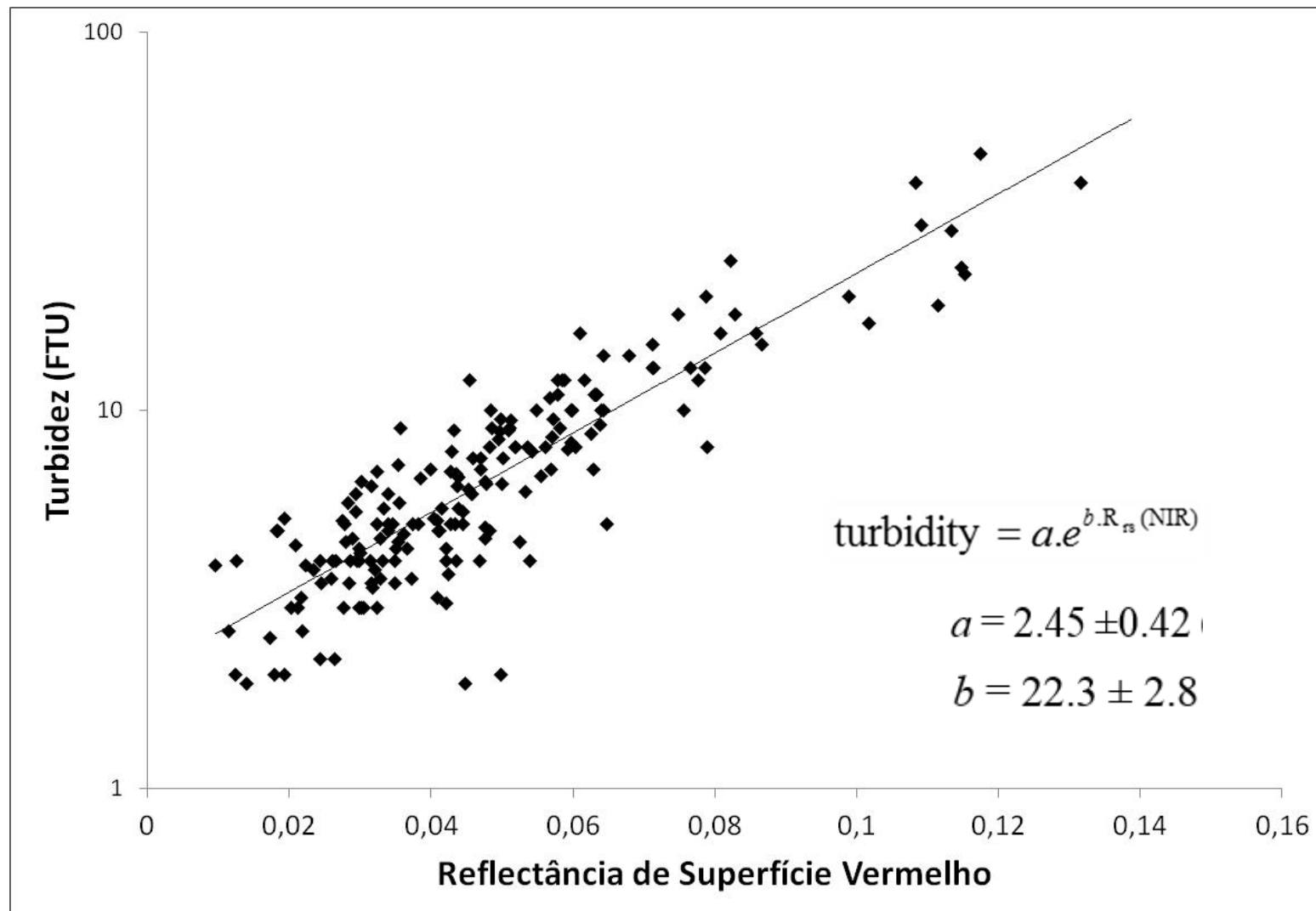






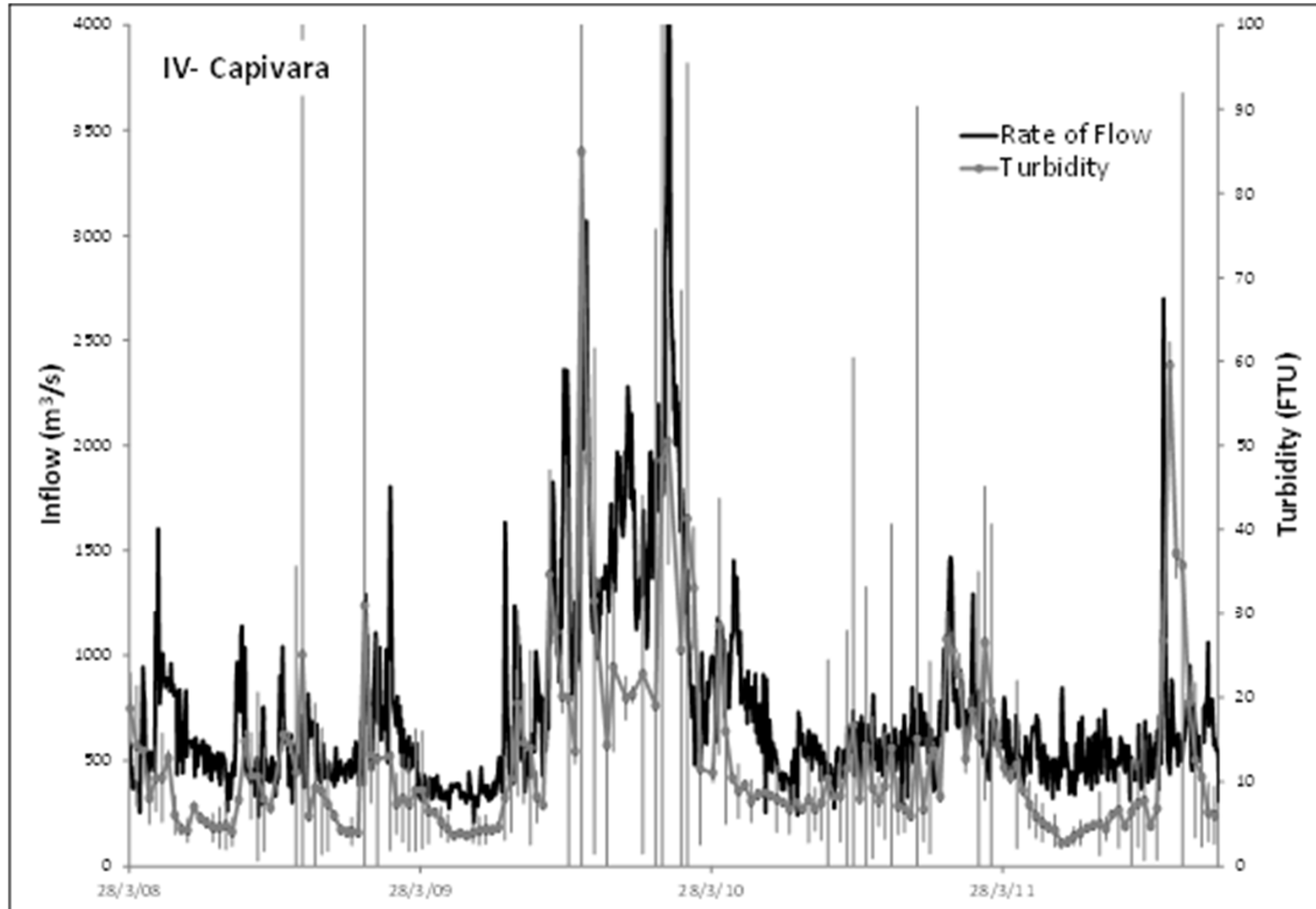
- Estação de Qualidade de Água da CETESB:  
Estação RES. JURUMIRIM (SP-255 Avaré / Itaí) (código 64214000)  
Estação RIO PARANAPANEMA (jus. barrag. Capivara)(código 64516900)  
Estação RIO PARANAPANEMA (jus. barrag. UHE Rosana) (código 64571100)

# Turbidez



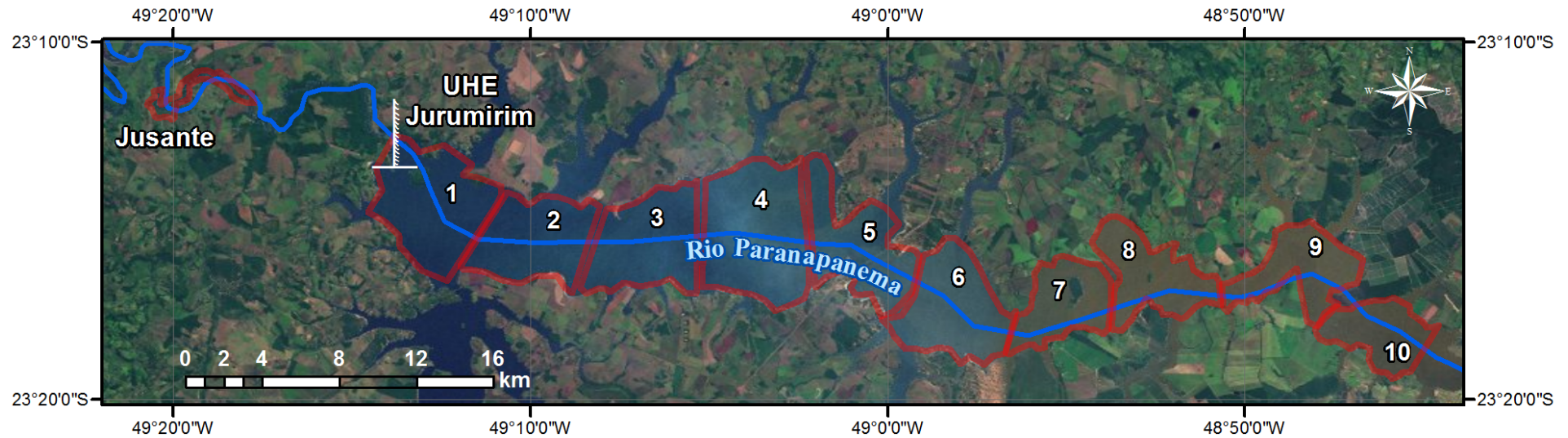


# Turbidez



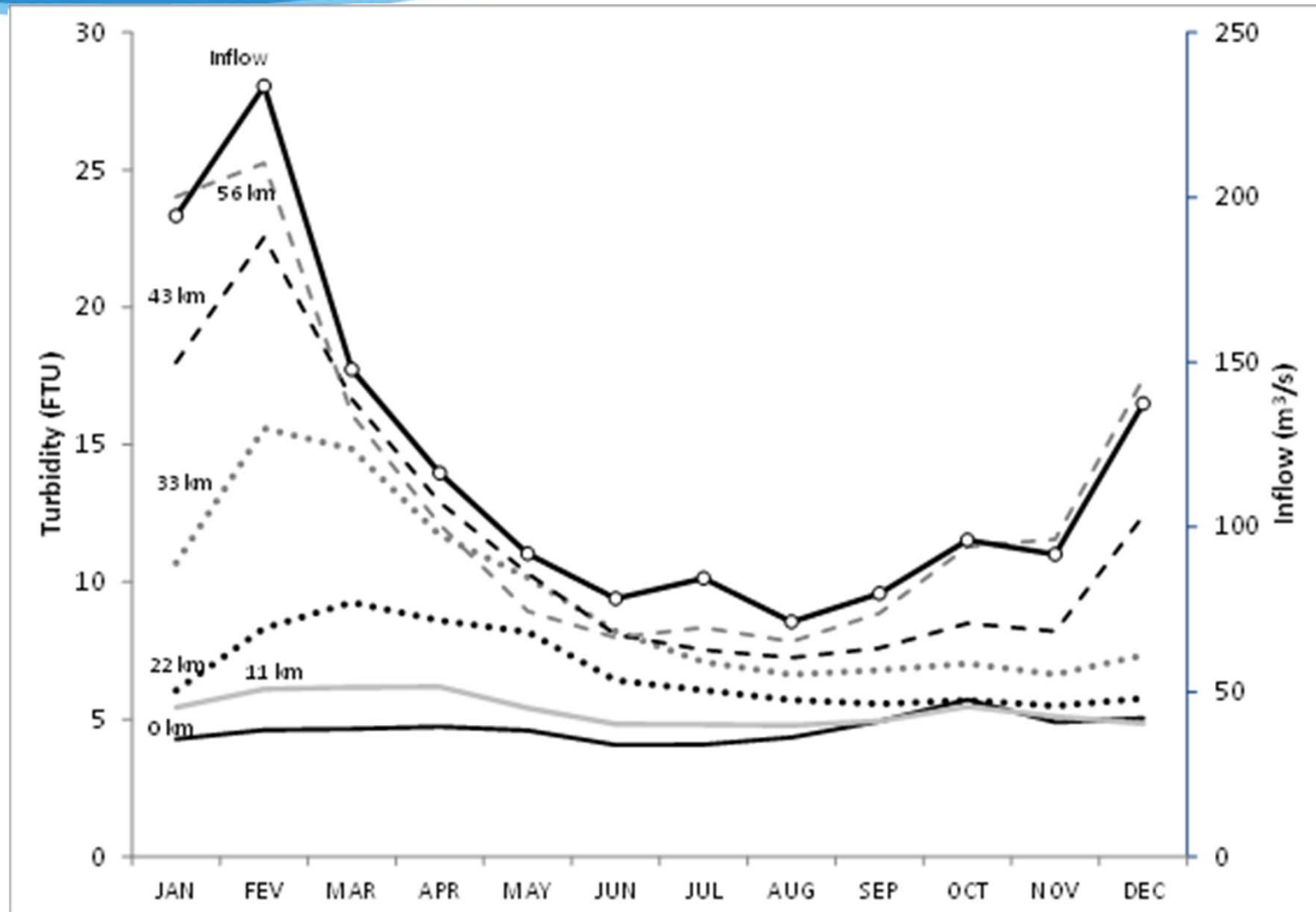


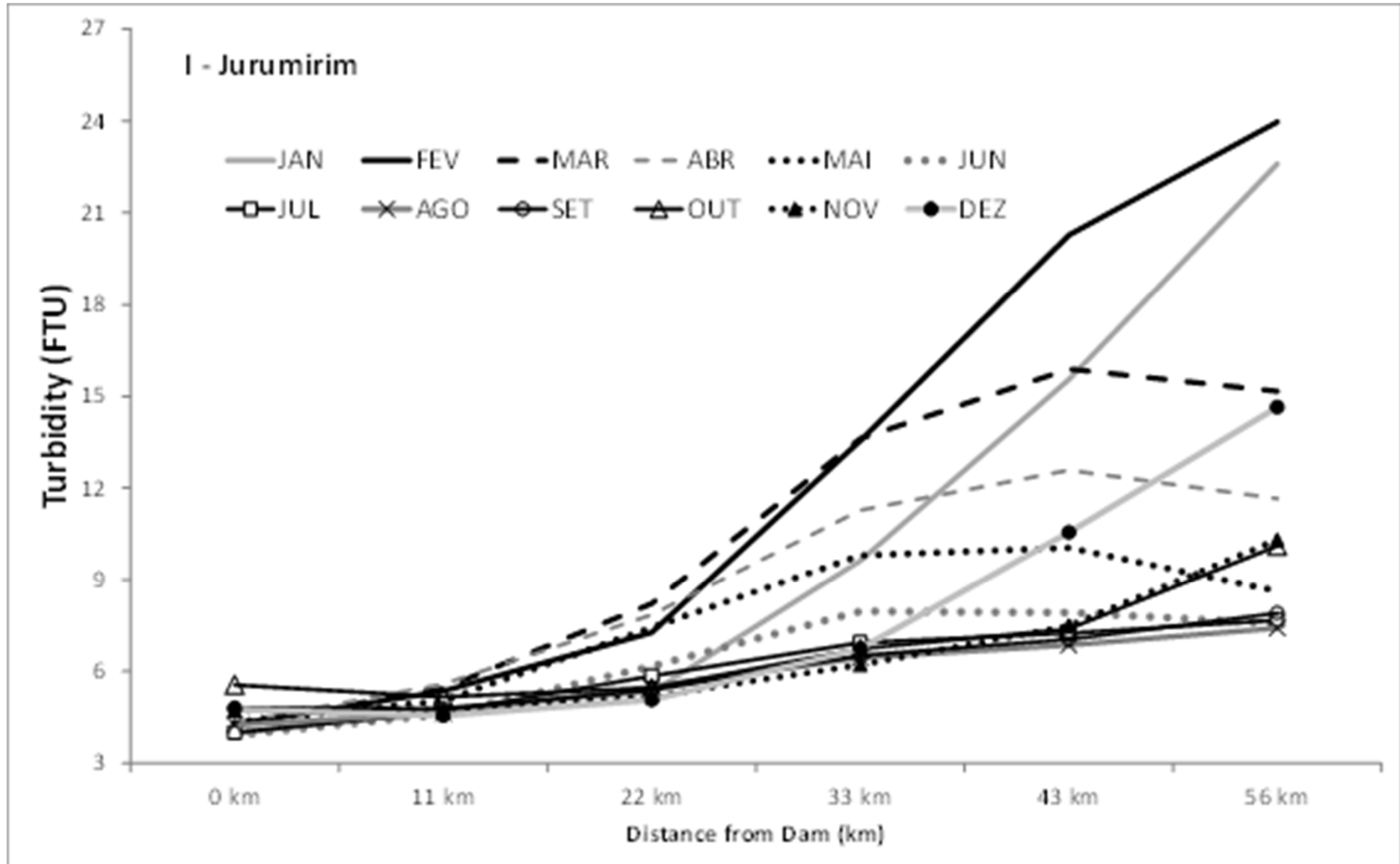
## Padrão de Sedimentação Caso Jurumirim



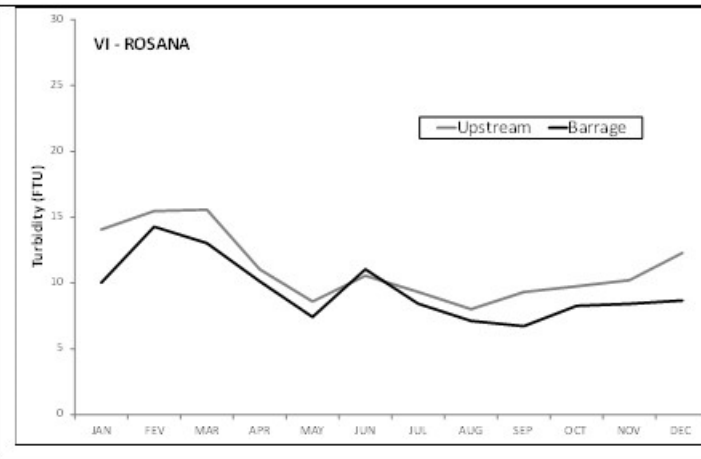
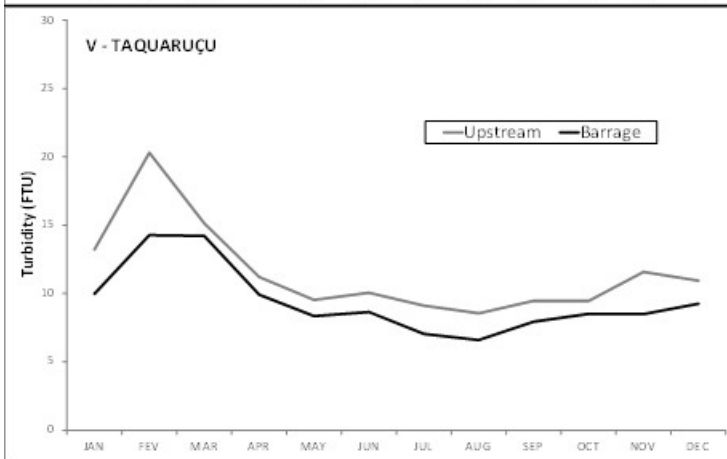
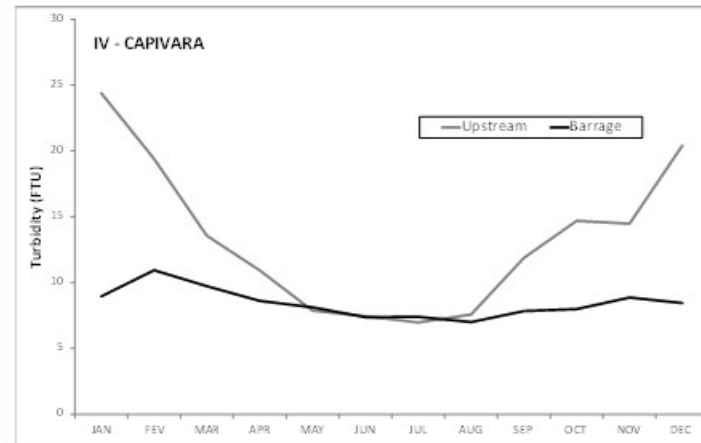
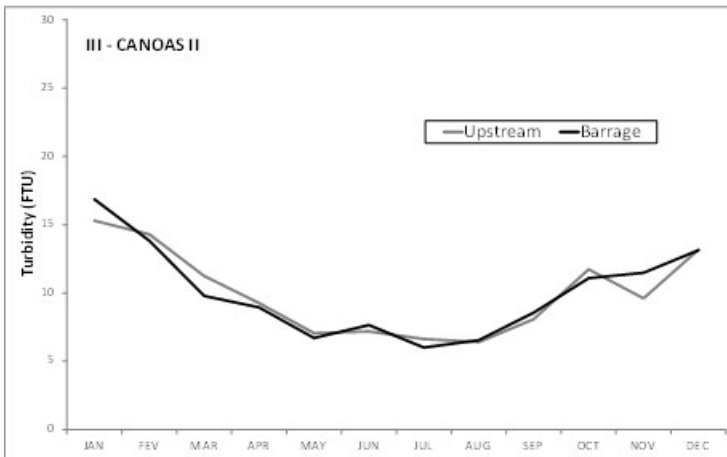
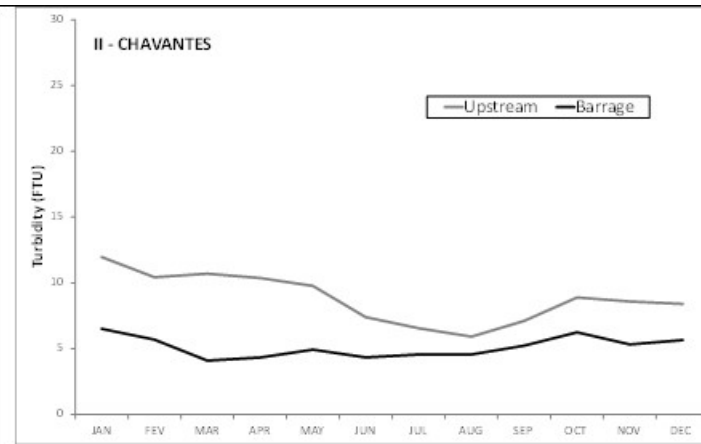
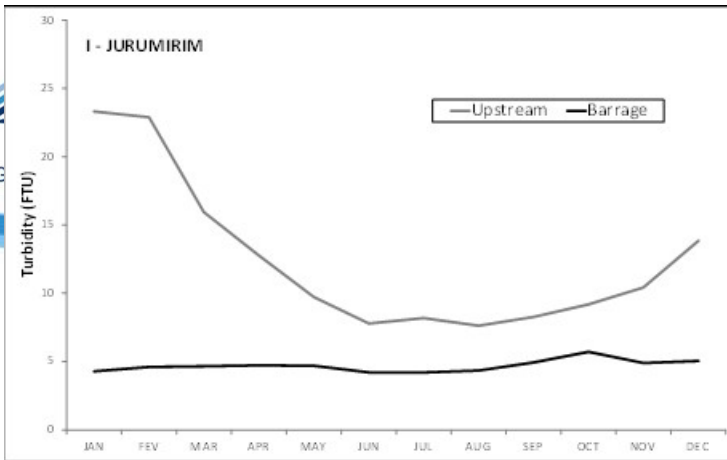
- Área útil no nível máximo: 449 km<sup>2</sup>
- Vazão média (jan/2000-fev/2013): 236 m<sup>3</sup>/s
- Volume máximo: 6.927 hm<sup>3</sup>
- Tempo de residência: 340 dias

# Padrão de Sedimentação Caso Jurumirim





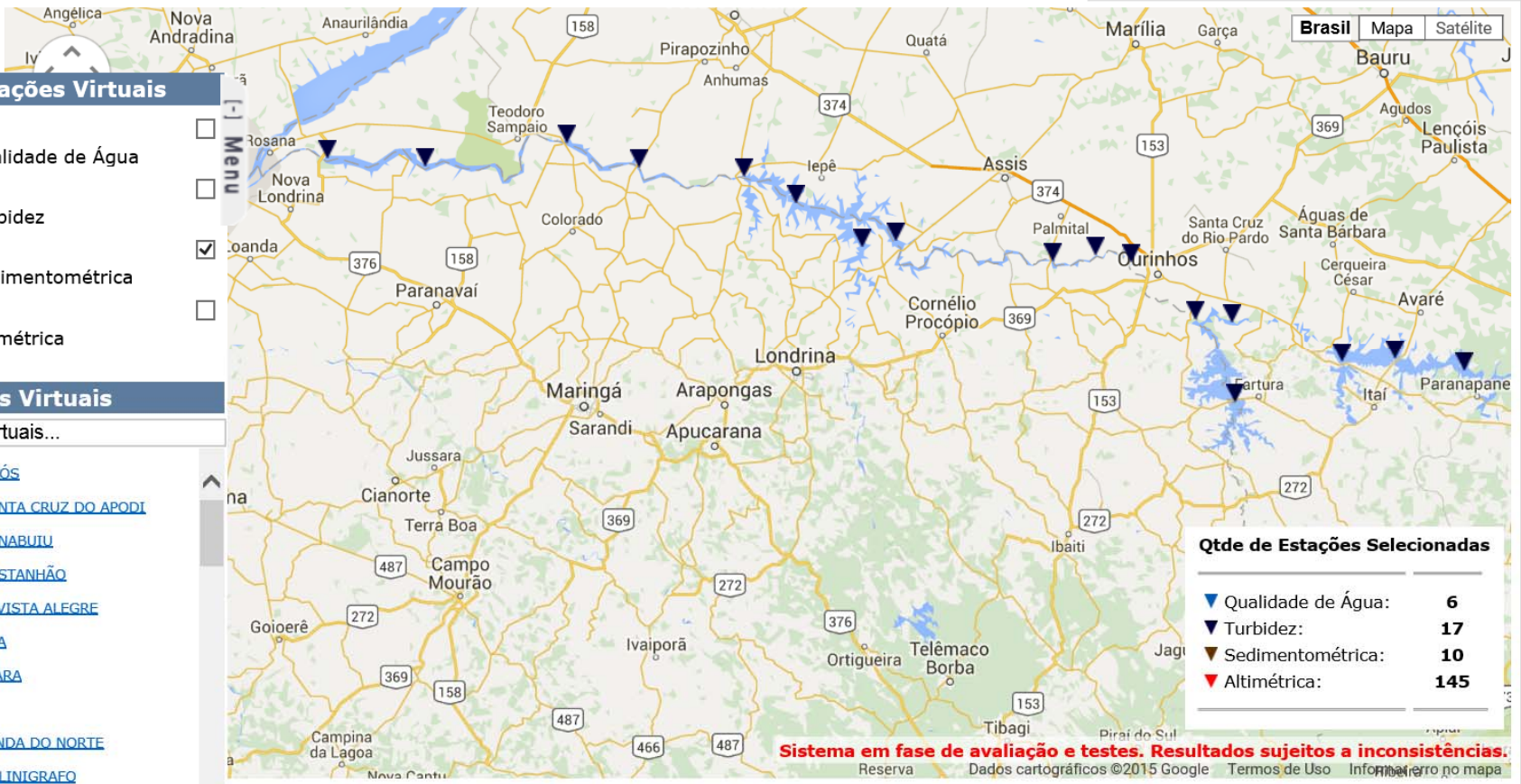
# OPERAÇÃO DOS RESERVATÓRIOS



## Conclusões

- A hidrologia espacial possibilitou a ampliação do conhecimento do fluxo de sedimentos na Bacia do Rio Paranapanema e possibilitou a identificação dos diversos tipos de reservatórios.
- Os resultados obtidos neste trabalho demonstram o potencial do uso desta tecnologia para determinação da turbidez e conhecimento da dinâmica do fluxo de sedimentos dentro dos reservatórios, possibilitando a implementação do monitoramento automatizado e aumento da frequência do monitoramento deste parâmetro na Bacia do Rio Paranapanema .





**Tipos de Estações Virtuais**

- Qualidade de Água
- Turbidez
- Sedimentométrica
- Altimétrica

**Estações Virtuais**

Pesquisar Estações Virtuais...

- [▼0614S03855W0-ACUDE ORÓS](#)
- [▼0545S03748W0-ACUDE SANTA CRUZ DO APODI](#)
- [▼0518S03852W0-ACUDE BANABUIU](#)
- [▼0527S03825W0-ACUDE CASTANHÃO](#)
- [▼0453S06001W0-FAZENDA VISTA ALEGRE](#)
- [▼0229S06601W0-FONTE BOA](#)
- [▼0308S05828W0-ITACOATIARA](#)
- [▼0403S06301W0-ITAPÉUA](#)
- [▼0353S05905W0-NOVA OLINDA DO NORTE](#)
- [▼0155S05530W0-ÓBIDOS - LINIGRAFO](#)

**Qtde de Estações Seleccionadas**

▼ Qualidade de Água:	<b>6</b>
▼ Turbidez:	<b>17</b>
▼ Sedimentométrica:	<b>10</b>
▼ Altimétrica:	<b>145</b>

**Sistema em fase de avaliação e testes. Resultados sujeitos a inconsistências.**

Reserva Dados cartográficos ©2015 Google Termos de Uso Informação no mapa

## Paranapanema - Montante Jurumirim

Cód. Estação: 2318S04846W0  
 Nome da Estação: Paranapanema - Montante Jurumirim  
 Cód. de Referência da Estação: 64200000

### Últimos Dados

Última Passagem: 20/07/2015  
 Turbidez(FTU): 6,0  
 Desvio Padrão(mg/l): 1,9  
 Qualidade da Aquisição: \* 1  
 Ver série histórica desta estação: Em [gráfico](#) ou [tabela](#).

### Legendas

#### \* Qualidade da Aquisição:

1: Bom;  
 2: Regular; e  
 3: Ruim.

Agência Nacional de Águas (ANA)  
 Institut de Recherche pour le Développement (IRD)

HidroSat

Fale Conosco

Mapa Satélite



Selecionadas

gua:	6
ca:	17
	10
	145

Tipos de

- ▼
- ▼
- ▼
- ▼
- ▼

Esta

Pesquisar Estação

▼0614S03855W0-ACUR

▼0545S03748W0-ACUR

▼0518S03852W0-ACUR

▼0527S03825W0-ACUR

▼0453S06001W0-FAZE

▼0229S06601W0-FONT

▼0308S05828W0-ITAC

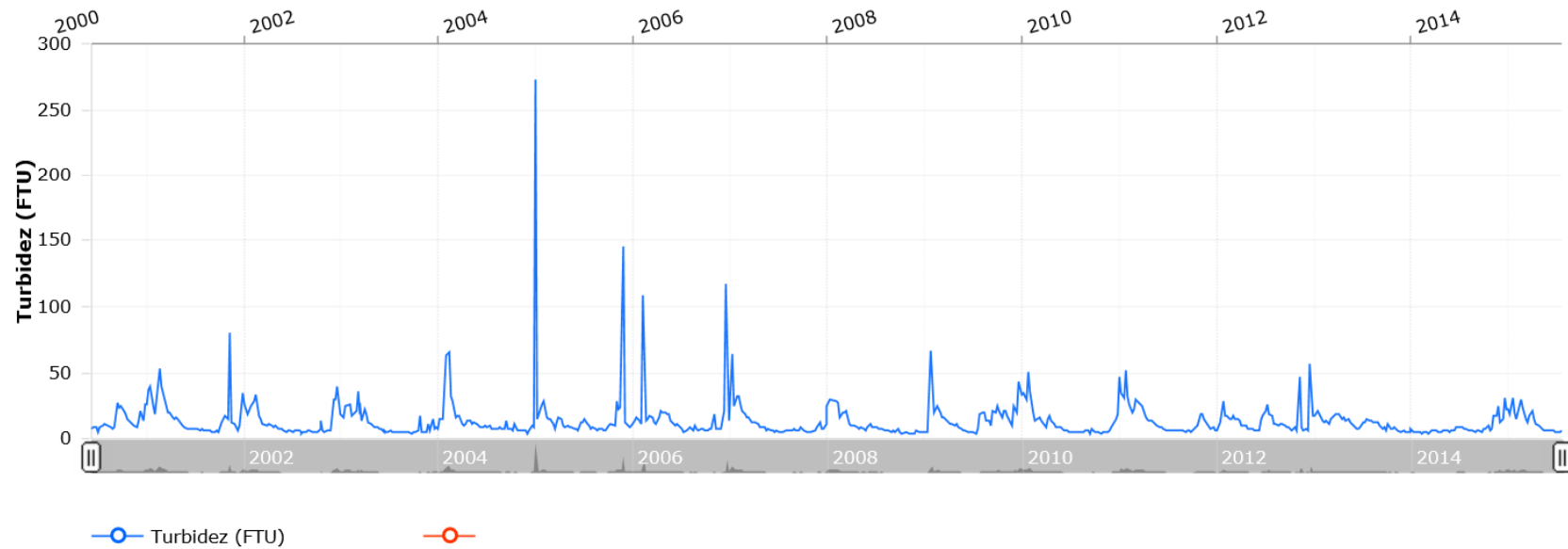
▼0403S06301W0-ITAPEUA

▼0353S05905W0-NOVA OLINDA DO NORTE

▼0155S05530W0-ÓBIDOS - LINIGRAFO

## Série Histórica - Gráfico

Estação: 2318S04846W0 - Paranapanema - Montante Jurumirim



- ▼ Pes
- ▼ 06
- ▼ 05
- ▼ 05
- ▼ 05
- ▼ 0453S06001W0-FAZENDA VISTA ALEGRE
- ▼ 0229S06601W0-FONTE BOA
- ▼ 0308S05828W0-ITACOATIARA
- ▼ 0403S06301W0-ITAPÉUA
- ▼ 0353S05905W0-NOVA OLINDA DO NORTE
- ▼ 0155S05530W0-ÓBIDOS - LINIGRAFO



▼ Quantidade de Água:	5
▼ Turbidez:	17
▼ Sedimentométrica:	10
▼ Altimétrica:	145

**Sistema em fase de avaliação e testes. Resultados sujeitos a inconsistências.**  
Reserva Dados cartográficos ©2015 Google Termos de Uso Informações no mapa

Sat

Conosco

Intélie

çóis lista

anapanema

idas






## Sistema HidroSat

! Saiba Mais ▶ Ver Mapa Fale Conosco

### Série Histórica - Tabela

Estação: 2318S04846W0 - Paranapanema - Montante Jurumirim Exportar Dados

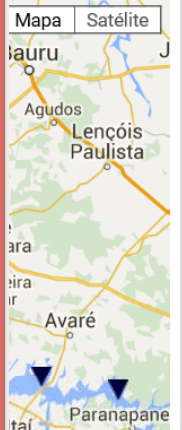
Data do Dado	Nome da Imagem	Qualidade da Aquisição *	Turbidez (FTU)	Desvio padrão (FTU)
20-07-2015	64200000_myd09q1_a2015201_005.hdf	1	6,0	1,9
12-07-2015	64200000_mod09q1_a2015193_005.hdf	1	4,7	1,3
26-06-2015	64200000_myd09q1_a2015177_005.hdf	1	5,5	1,6
18-06-2015	64200000_mod09q1_a2015169_005.hdf	1	5,7	1,7
10-06-2015	64200000_myd09q1_a2015161_005.hdf	1	5,7	1,7
02-06-2015	64200000_myd09q1_a2015153_005.hdf	1	6,4	2,1
17-05-2015	64200000_mod09q1_a2015137_005.hdf	1	6,1	2,0
09-05-2015	64200000_myd09q1_a2015129_005.hdf	1	7,3	2,6
01-05-2015	64200000_mod09q1_a2015121_005.hdf	1	8,6	3,3
23-04-2015	64200000_myd09q1_a2015113_005.hdf	1	9,9	4,1
15-04-2015	64200000_mod09q1_a2015105_005.hdf	1	10,6	4,4
07-04-2015	64200000_myd09q1_a2015097_005.hdf	1	14,4	6,9
30-03-2015	64200000_myd09q1_a2015089_005.hdf	1	21,0	11,8
22-03-2015	64200000_mod09q1_a2015081_005.hdf	1	16,7	8,6
14-03-2015	64200000_mod09q1_a2015073_005.hdf	1	12,5	5,7
06-03-2015	64200000_mod09q1_a2015065_005.hdf	2	15,4	7,6
26-02-2015	64200000_mod09q1_a2015057_005.hdf	1	23,2	13,5
18-02-2015	64200000_mod09q1_a2015049_005.hdf	1	28,2	18,4

**Legendas:**  
\* Qualidade da Aquisição:  
1: Bom;  
2: Regular; e  
3: Ruim.

Agência Nacional de Águas - ANA/SGH/GLPAN ( Total de Visitantes: **0025888** )  
Sistema Melhor visualizado em 1024x768 com o Chrome, FireFox 10 e IExplorer 7 ou superiores.

### Fale Conosco

Mapa Satélite



**Selecionadas**

ua: **6**

ia: **17**

ia: **10**

**145**

Tig

Pesquisai

- ▼ 0614S038
- ▼ 0545S037
- ▼ 0518S038
- ▼ 0527S038
- ▼ 0453S060
- ▼ 0229S066
- ▼ 0308S058
- ▼ 0403S063

- ▼ 0353S05905W0-NOVA OLINDA DO NORTE
- ▼ 0155S05530W0-ÓBIDOS - LINIGRAFO

# Obrigada!

**Rita de Cássia Cerqueira Condé De Piscoya**  
Especialista em Recursos Hídricos

**rita.piscoya@ana.gov.br | (+55) (61) 2109 –5549**

**www.ana.gov.br**



**www.twitter.com/anagovbr**



**www.youtube.com/anagovbr**