



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS



Geotecnologias em
Desastres Naturais e
Eventos Extremos
INPE - CRS

AS PRÁTICAS DE CAMPO EM EVENTOS DE INUNDAÇÃO COM O APOIO DE INFORMAÇÕES ESPACIAIS

Nome: Marco Antonio Fontoura Hansen
email: marco.hansen@crs.inpe.br

Ministério da
Ciência e Tecnologia



O que vou apresentar?



Introdução

- Vulnerabilidade = impacto – adaptação

- Bacia Hidrográfica como unidade de gestão
 - Sub bacia
 - Microbacia

Bacia hidrográfica



Etapa preparatória

- Base cartográfica apropriada (escala)

- $F = \text{tamanho da bacia}$

- *Grande* - $> 1.000 \text{ km}^2$

- *Média* - *entre* 1.000 km^2 e 100 km^2

- *Pequena* - $< 100 \text{ km}^2$

- *De acordo com Singh (1996)*

Caracterização dos desastres

- **Para cada desastre de inundação devemos responder as seguintes perguntas:**
 - Que sabemos sobre sua velocidade de evolução?
 - Qual é o seu período de retorno?
 - Qual é a área afetada?
 - Qual é a sua natureza e extensão do dano?
 - Qual é o cálculo em vidas perdidas?
 - Quais formas de preparação são práticas?
 - Quais formas de mitigação/alívio são práticas?

- **Serve para identificar quais áreas devem ser melhor estudadas em campo**

Observação do desastre

- Para cada tipo de desastre as seguintes perguntas devem ser respondidas:
 - Que características observáveis:
 - precedem ao desastre?
 - acompanham o desastre?
 - podem ser usadas para a avaliação do dano?

Observação do desastre

- Para cada tipo de desastre as seguintes perguntas devem ser respondidas:
 - Quais são os dados observáveis nas imagens de satélite?
 - **Resolução espacial**
 - **Resolução temporal**
 - **Resolução espectral**
 - São as técnicas atuais adequadas para todos casos?
 - O que falta para estas técnicas?
 - Podem ser estas técnicas automatizadas?

Inundações

■ Dados básicos

- MNT (DEM)
- Tipo de solo
- Uso e ocupação da terra
- Níveis de água
- Temperatura
- Cobertura de neve
- Neve/Neve equivalente em água

■ Dados em tempo real

- Quantidade de precipitação
- Intensidade da precipitação
- Nível da água
- Umidade do solo
- Extensão da área inundada.



SPRING-4.1 [DATASINOS][COREDES]

Arquivo Editar Exibir Imagem Temático MNT Cadastral Rede Análise Executar Ferramentas Ajuda

Auto 1/ 280210 Inativa

Visualização 3D

Plano de Textura... Sombra

Limites

Xmín: 462000	Xmáx: 516000
Ymín: 6684000	Ymáx: 6734000
Zmín: 5	Zmáx: 780

Projeção

Paralela Perspectiva Par-estéreo

Observador

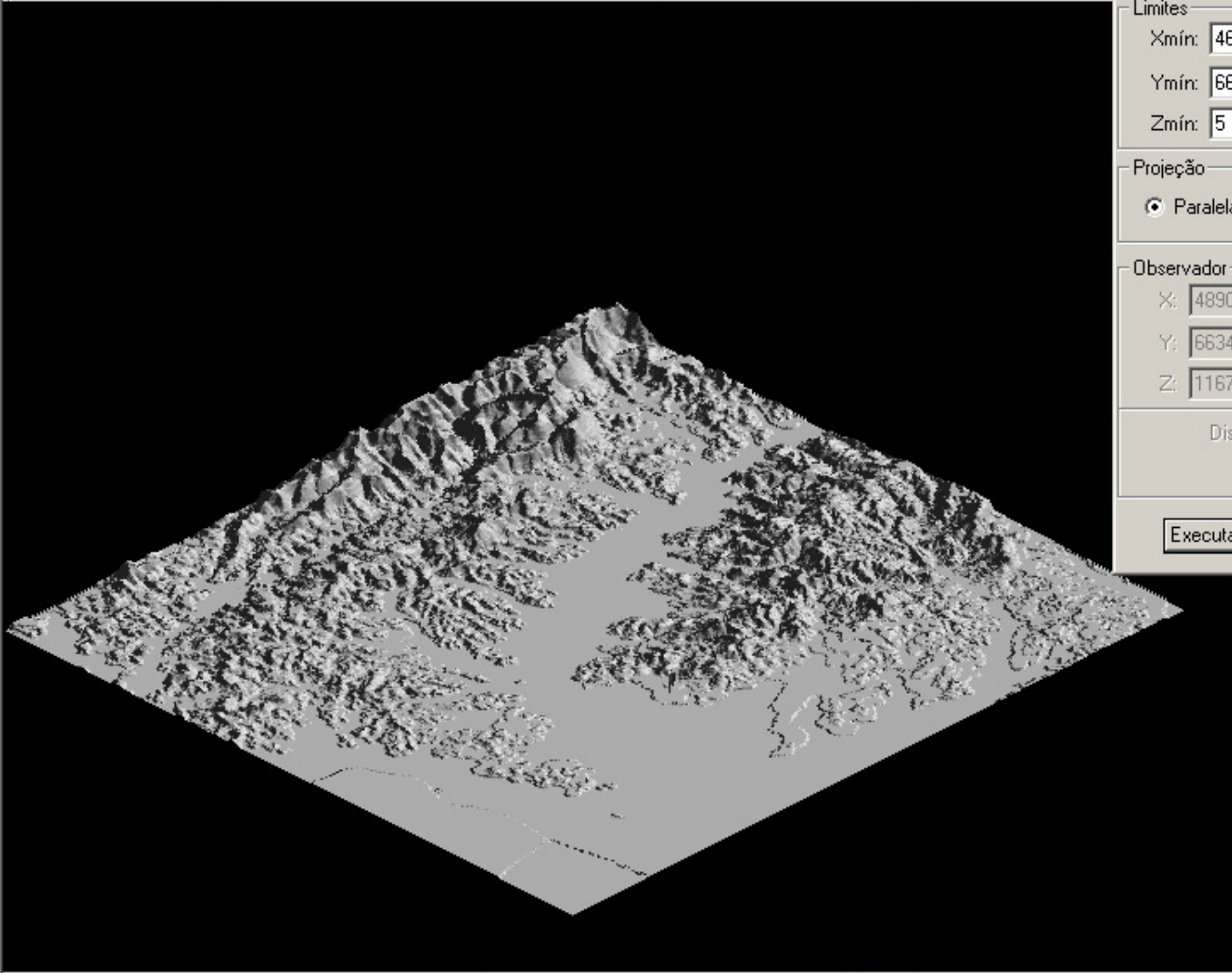
X: 489000.00	Azimute: 45.
Y: 6634000.00	Elevação: 30
Z: 1167.50	Abertura: 60.

Distância entre projeções: 5

Exagero Vertical: 0.08

Executar Fechar Ajuda

Pl: Curvas_20m





Ameaças de inundação

- Dados de satélite podem ser usados na fase de prevenção
 - Mapeando fases de inundações seqüenciais
 - Duração
 - Nível de inundação
 - Direção
 - Pode ser feito com classificação de imagens
 - LANDSAT
 - SPOT
 - NOAA, etc.



Ameaças de inundação

- Dados de satélite podem ser usados na fase de prevenção
 - Mapas geomorfológicos de áreas com potencial para inundações
 - LANDSAT TM
 - SPOT
 - Dados de cálculos (mais problemáticos)
 - Vazão máxima
 - Períodos de retorno
 - Úteis para mapas de áreas de inundação máxima
 - Radarsat
 - ERS
 - JERS



Ameaças por inundações

■ Prevenção:

- Mapeamento de áreas suscetíveis, incorporando dados de MNT
- Cobertura da terra
- Modelos hidrológicos

■ Preparação:

- Mapeamento de situações de onda de cheia, monitoramento climático

■ Durante o evento:

- Monitoramento das etapas seqüências de inundação
 - Duração
 - Profundidade
 - Velocidade
 - Direção do fluxo

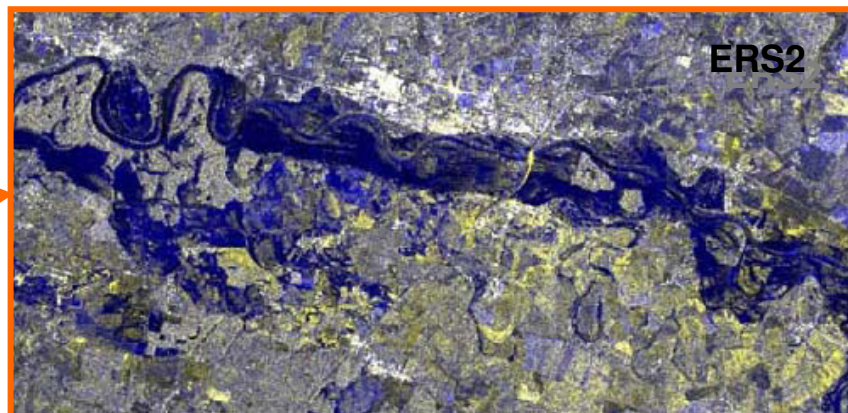
Ameaças por inundações

■ Durante o evento:

□ Imagens de radar (RADARSAT, ERS, JERS)

- Para o mapeamento de áreas inundadas
 - Dados noturnos e diurnos e em todo tipo de clima
- A não ser quando a chuva precipita em área distante.
- Se a inundação foi causada por derretimento de gelo
- Rompimento de um dique
- No caso de elevada cobertura de nuvens será útil o emprego de sensores ópticos nesta etapa.

Rio Elba, Alemanha – 20 de agosto de 2002



Fonte: Cees van Westen, ITC



Ameaças por Inundações

■ Após o evento:

- **Nuvens residuais, que normalmente permanecem após o evento e a fase final de recuperação impedirão a avaliação real do dano.**
- **Apesar da utilidade dos dados de Sensores Remotos, os mais cruciais são derivados de cálculos de valores pico de escoamento e períodos de retorno, usando dados das estações de chuvas.**

Etapas preparatórias

- Como definir os locais de monitoramento em campo, para um evento de inundação?
 - Carta topográficas
 - Fotogramas aéreos
 - Que outras imagens de satélite utilizar?
 - Imagem Modis/Aqua
 - Imagem Modis/Terra bandas 1, 3 e 4 (RGB)
 - Imagem STRM
 - Imagem GOES 10
 - Imagem CBERS-HRC (em breve)

Fotograma aéreo 1990



Fotograma aéreo 1998

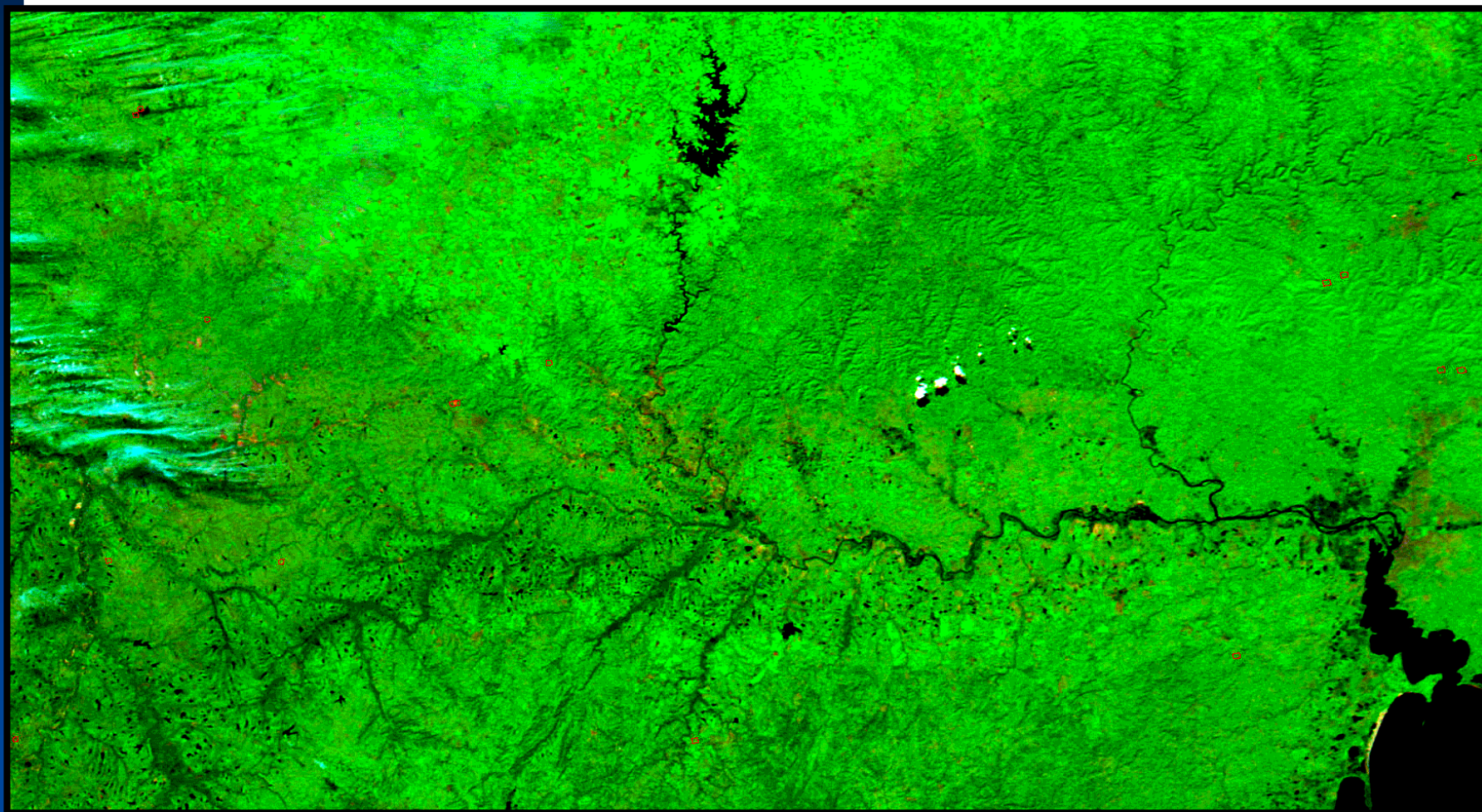


Imagens CBERS-HRC (2,5 m x 2,5 m)



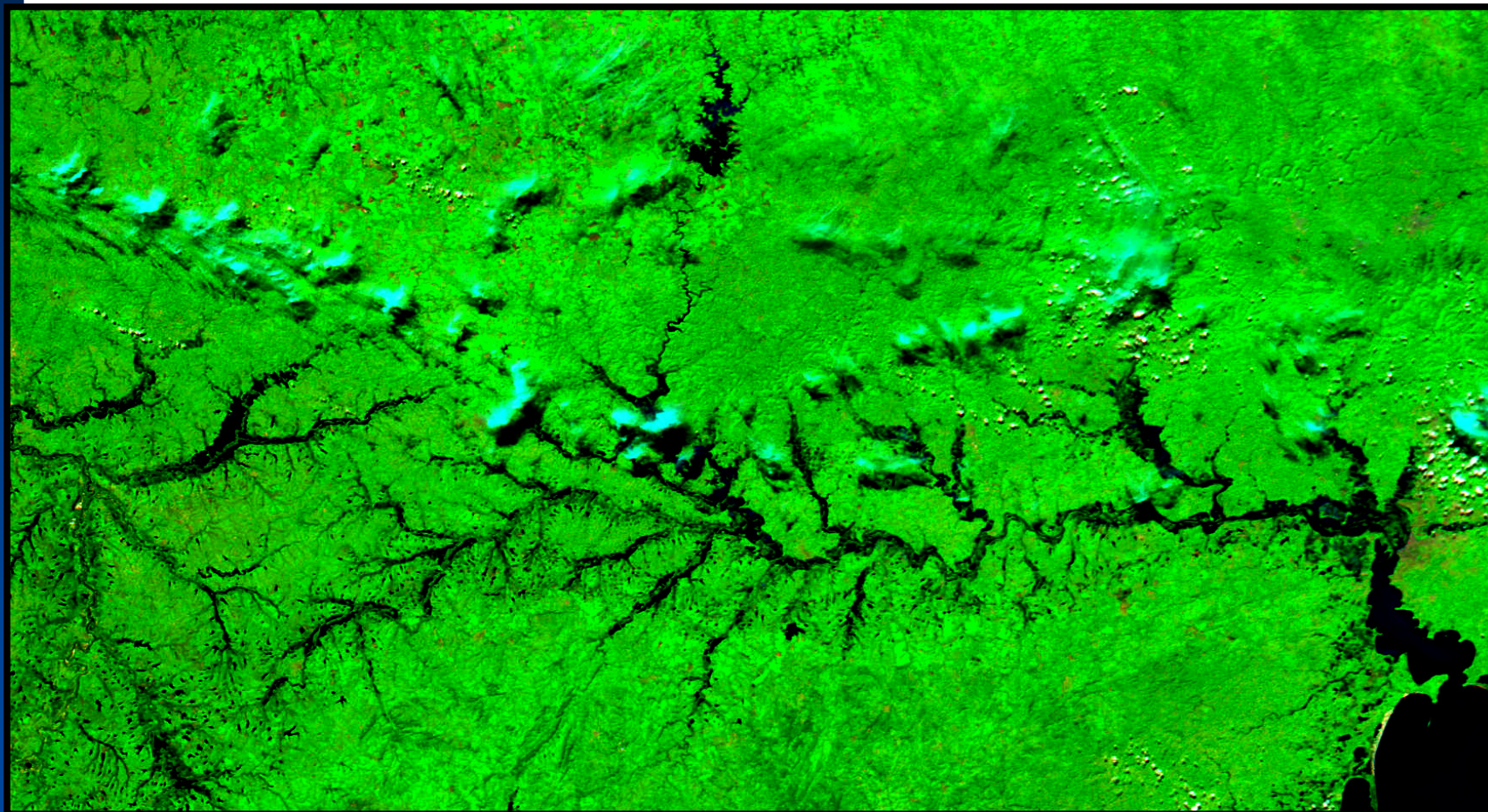
Monitoramento de Inundações

Imagem MODIS/AQUA - 9 de Setembro 2007

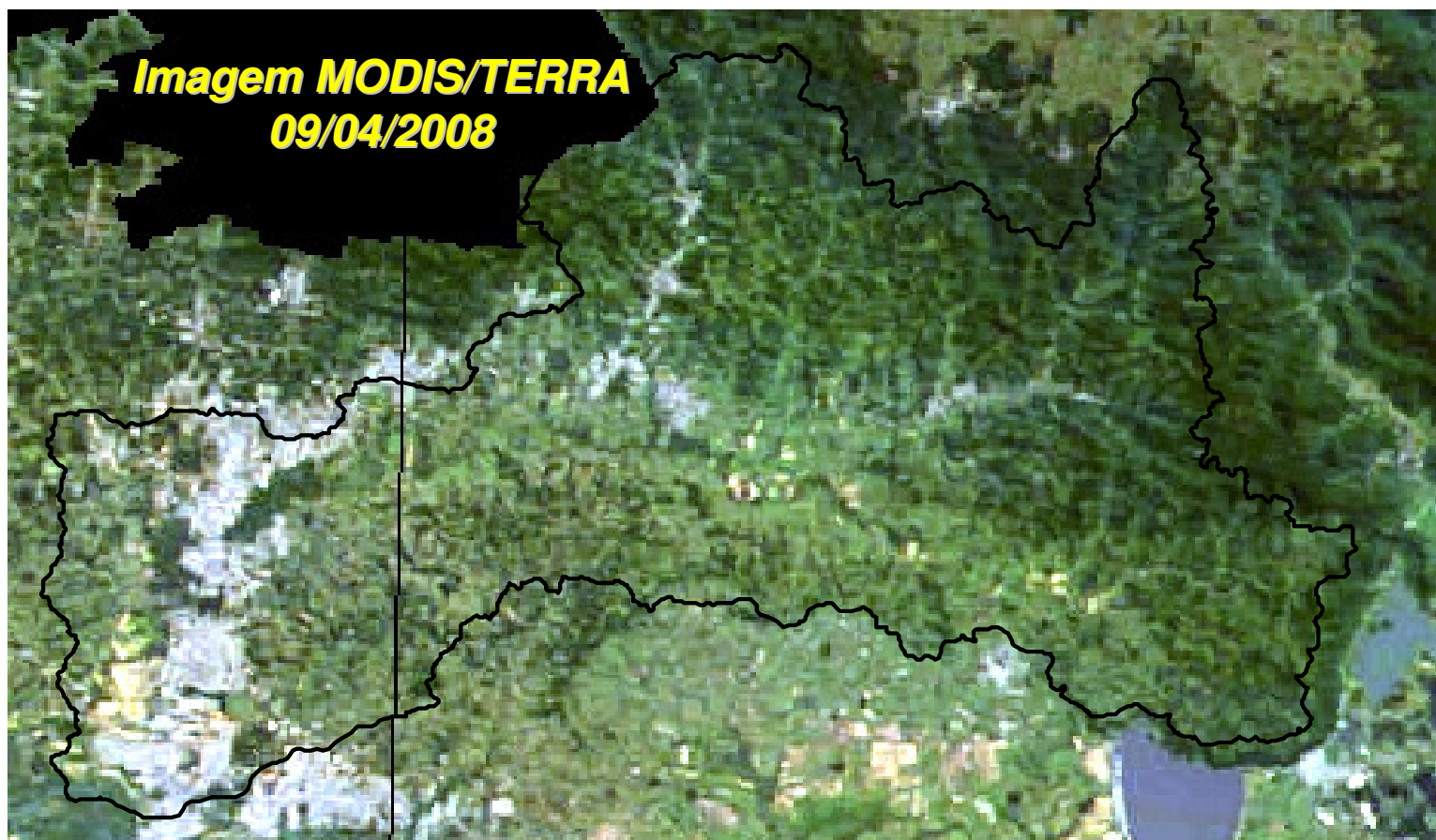


Monitoramento de Inundações

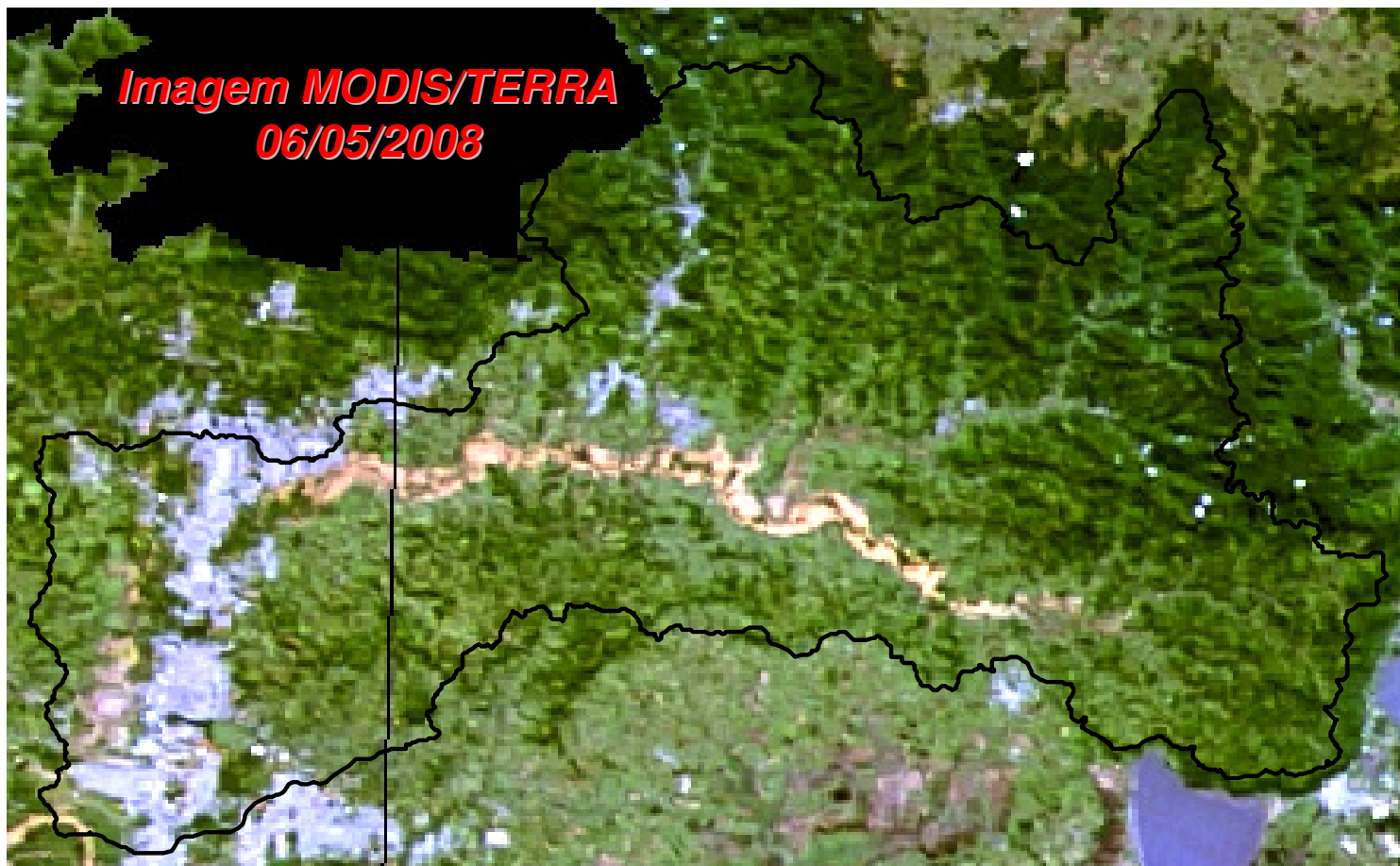
Imagem MODIS/AQUA - 25 de Setembro 2007

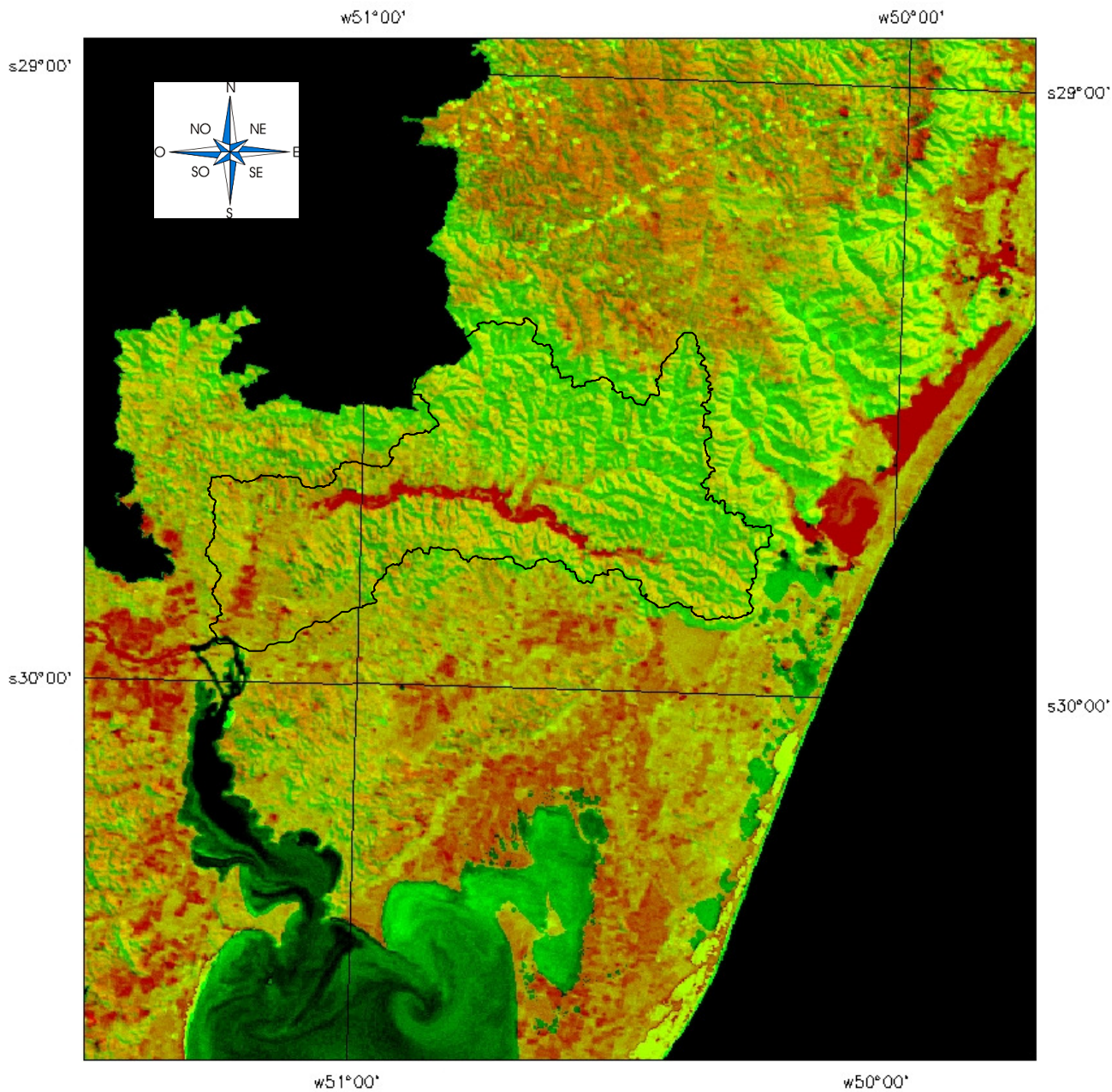


Monitoramento de Inundações-Rio dos Sinos



Monitoramento de Inundações-Rio dos Sinos





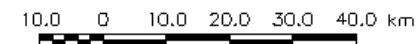
Ciclone Extratropical

Pós-Evento
06/05/2008

Composição da imagem SRTM (R)
e a terceira componente principal
das bandas 1, 3, 4 do TERRA/
MODIS (G)



Bacia Hidrográfica
do Rio dos Sinos



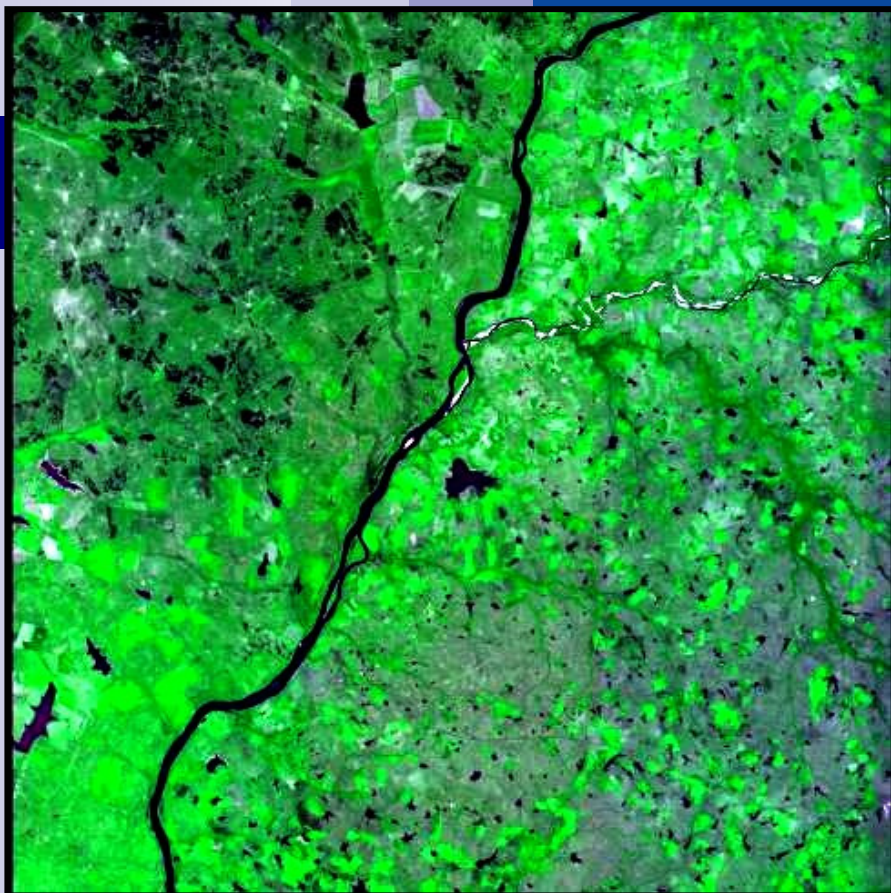


MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS



Imagem CBERS-CCD
19 de Fevereiro de 2005
Rio Uruguai-Uruguaiana,RS

Imagem CBERS-CCD
11 de Novembro 2005
Rio Uruguai –Uruguaiana, RS



Ministério da
Ciência e Tecnologia

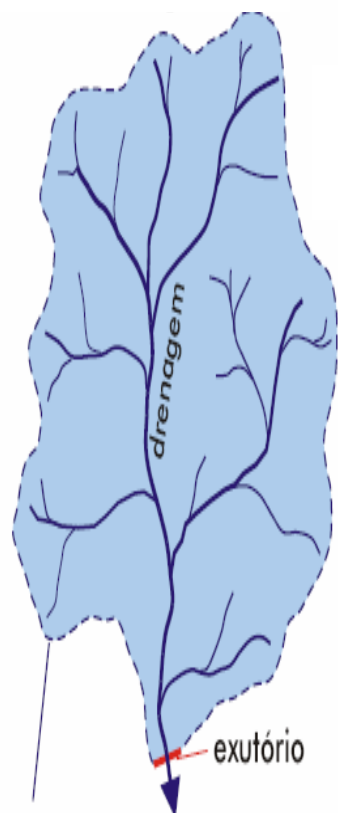




Etapas preparatórias

- Quais pontos a monitorar?
 - Informações nos meios de comunicações
 - Os eventos se repetem
 - Forma da bacia
 - Hierarquia das drenagens

Forma da bacia hidrográfica



Divisor
topográfico



Divisor
topográfico

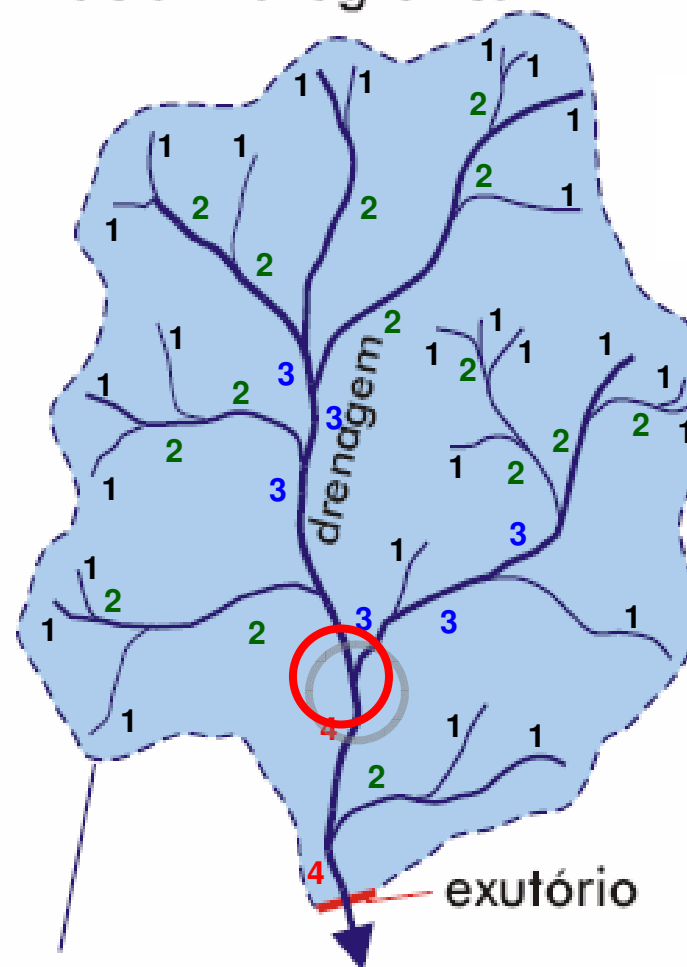
Ordem de grandeza

■ Ordem de grandeza

■ Strahler (1948)

- 26 de 1^a ordem
- 15 de 2^a ordem
- 6 de 3^a ordem
- 2 de 4^a ordem

Bacia hidrográfica



Divisor
topográfico

exutório

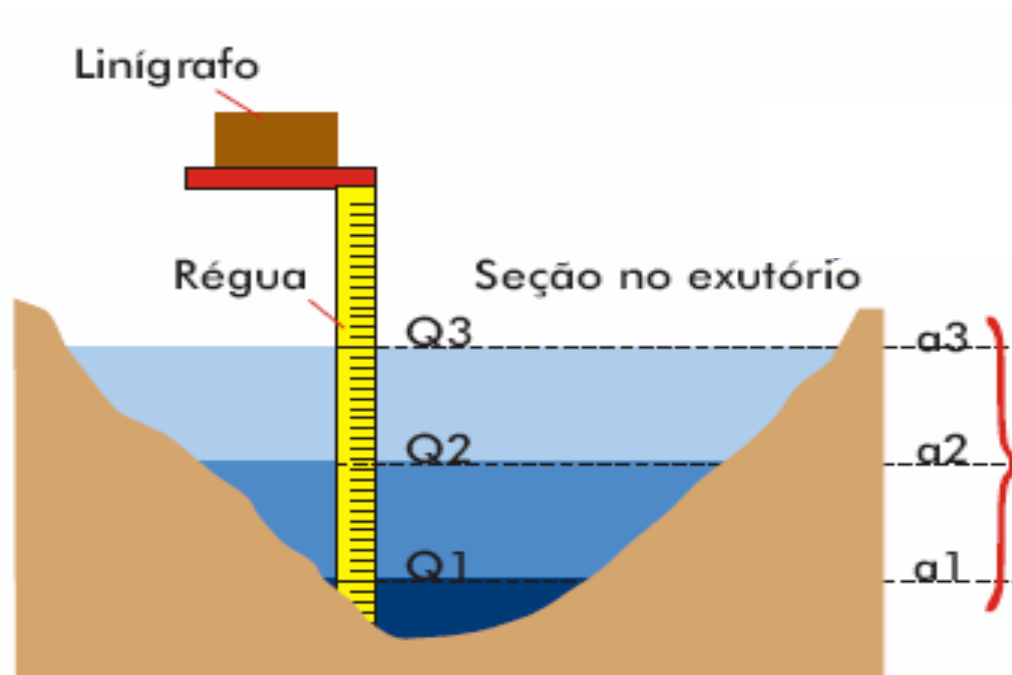


Etapa preparatória durante o evento

- Quais os equipamentos para fazer um levantamento expedito?
 - Máquina digital
 - Colocar data e horário na fotografia
 - Alternativa é verificar a data junto ao arquivo
 - Coordenadas geográficas de cada foto
 - Número da fotografia
 - Filmagens (reconstitui determinados detalhes)
 - Trena de aço, com peso
 - Se não possuir limnimetria
 - Medir o nível até o *datum* especificado

Etapa preparatória

- Definir um datum, no caso de não ter uma régua limnimétrica:
 - Obtenha as coordenadas geográficas
 - Descreva bem detalhadamente o local utilizado





Etapa preparatória

- Quais os equipamentos para fazer um levantamento expedito?
 - GPS
 - Depende da escala
 - GPS de mão (máximo 3 m de resolução)



Etapa preparatória

- Quais os equipamentos para fazer um levantamento expedito?
 - Bússola
 - Direção do sentido de fluxo
 - Direção da fotografias



Etapa preparatória

- Quais os equipamentos para fazer um levantamento mais detalhado?
 - Cartas com levantamentos topográficos em escala mais detalhada
 - Distanciômetro

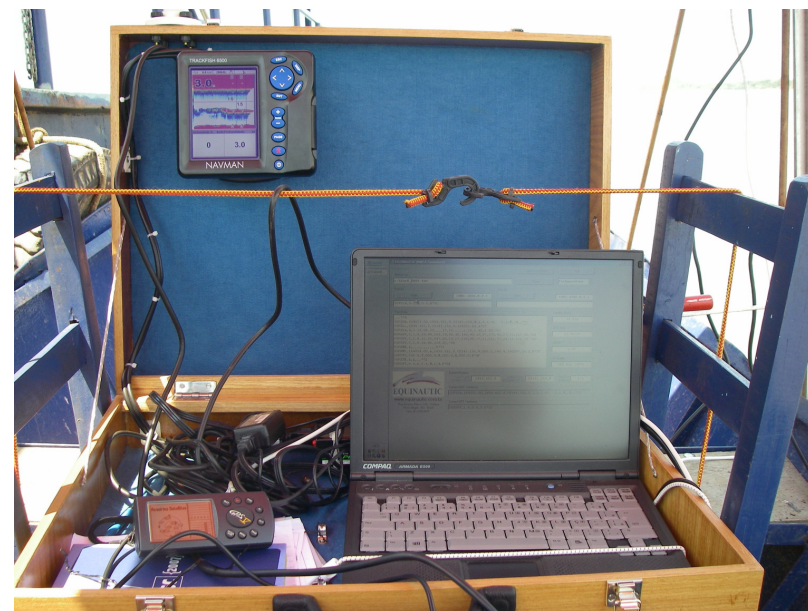
Etapa preparatória

- Quais os equipamentos para fazer um levantamento mais detalhado?
 - GPS e DGPS
 - GPS Geodésico

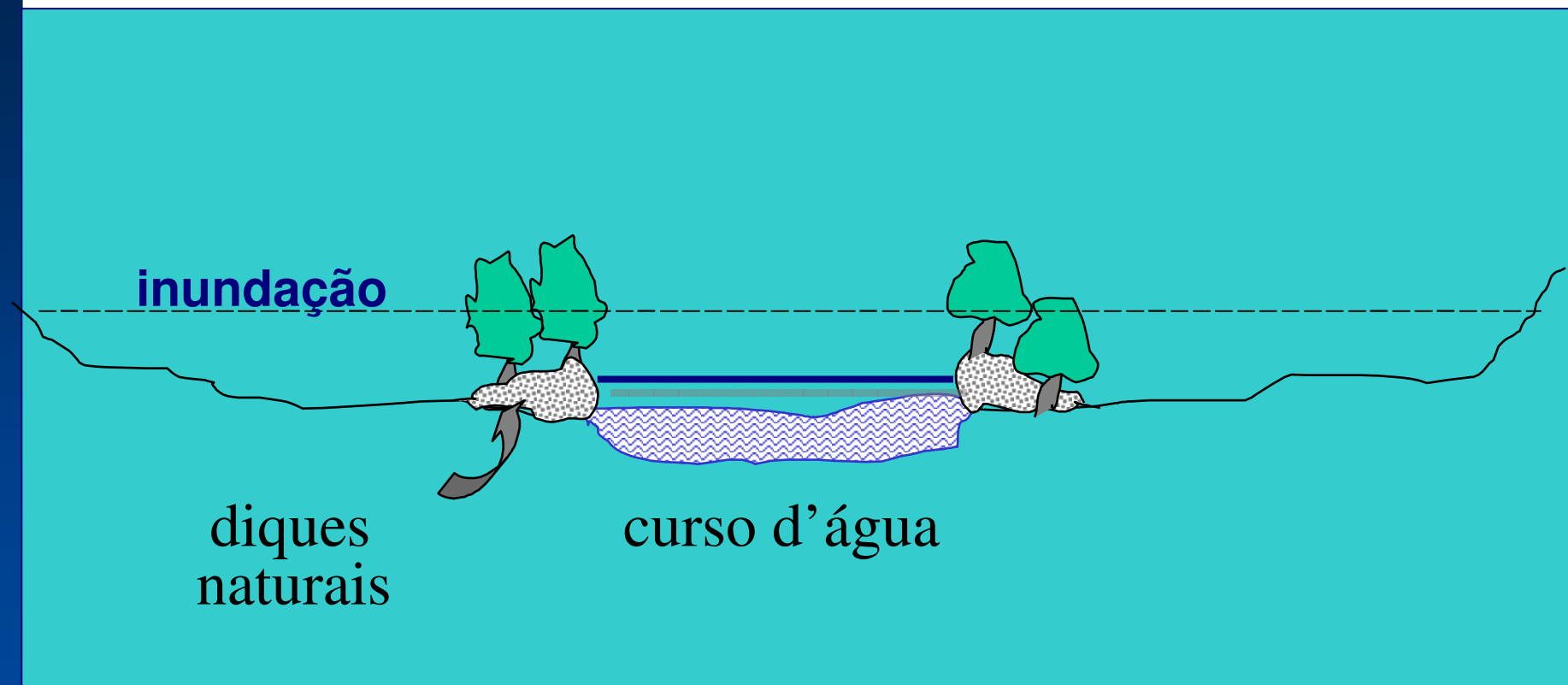


Etapa preparatória

- Quais os equipamentos para fazer um levantamento mais detalhado?
 - Ecobatímetro
 - DGPS
 - Topografia



Topografia



Etapa preparatória

- Quais os equipamentos para fazer um levantamento mais detalhado?

- Fluviometria
 - Velocidade
 - Flutuadores
 - Traçadores
 - *Flowmeters*
 - ADCP



Fluviometria (rio Caí, RS)

Site and Data Information

Location: **Bloco Rio Caí**

G.R.: **29431/51271** Site: **2**

Number of Readings: **8**

Data Structure:

Profile using Segment Velocity Readings

Channel Variables

Wetted Perimeter: **47,429 metres**

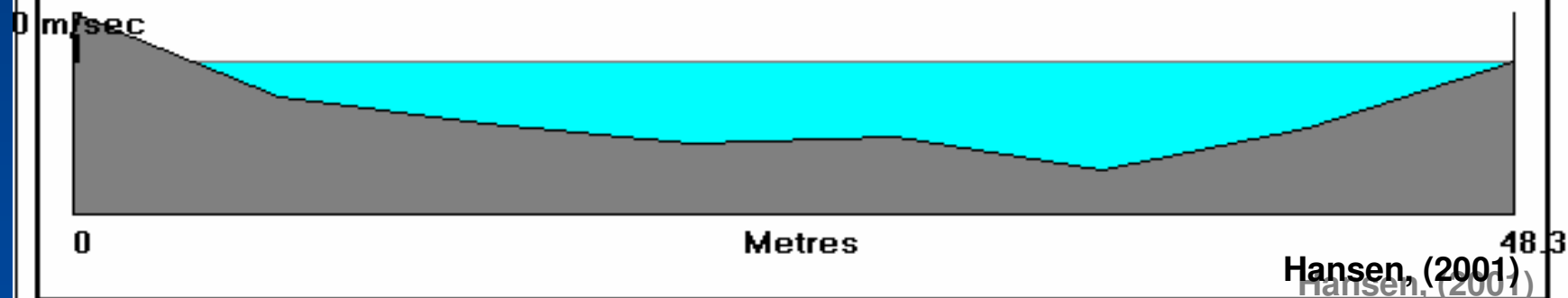
Wetted Area: **184,624 sq.metres**

Hydraulic Radius: **3,893 metres**

Velocity: **,023 metres/sec.**

Discharge: **2,917 cubic m's/sec.**

Channel Cross Profile - Screen scaled to full screen width





O que reunir para área alvo do campo?

- Dados de precipitação do evento diário
 - Preferência por dados de radar (especialização)

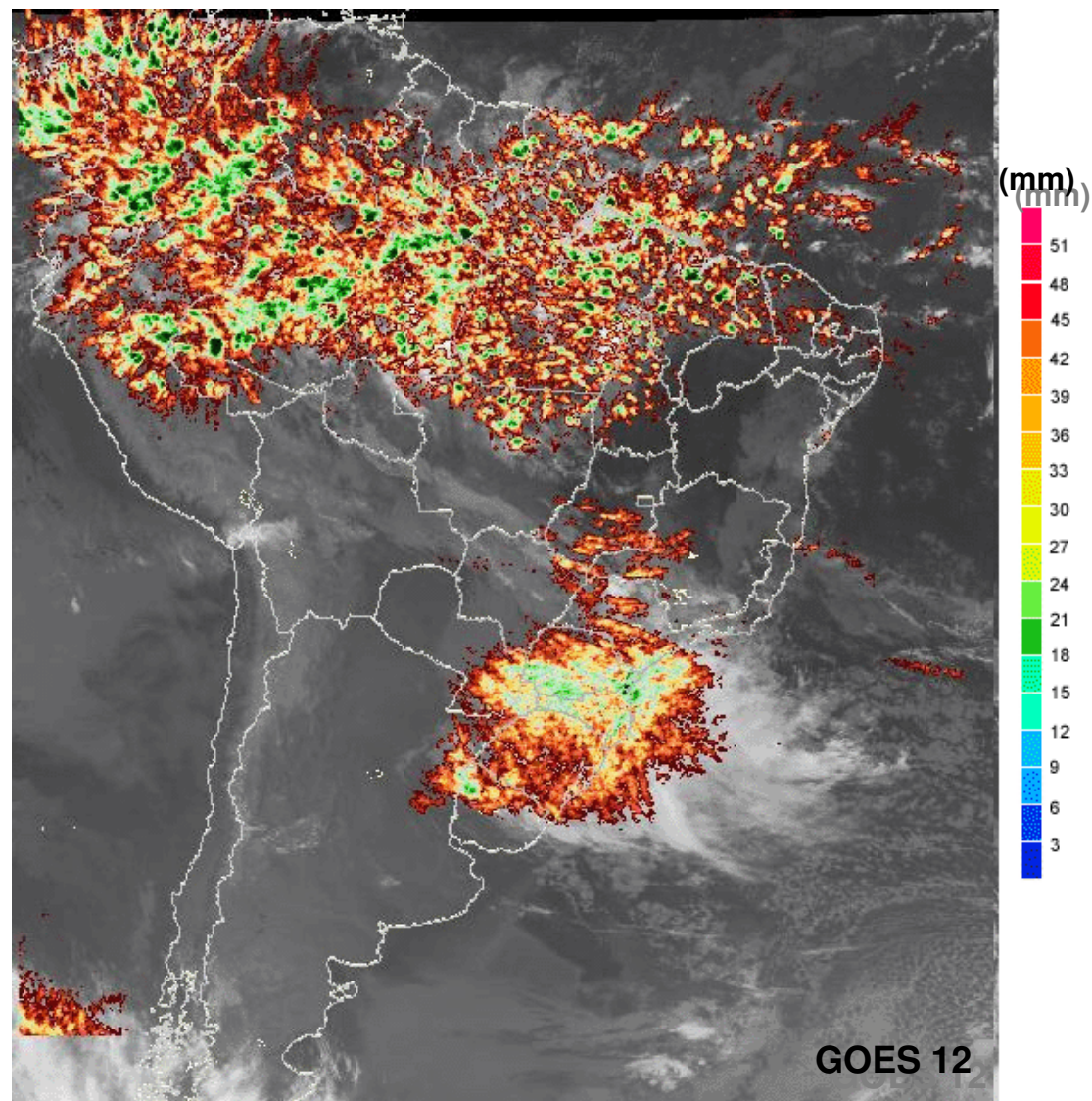
- Séries históricas de precipitação e vazão (Curva-chave)



Hidroestimador

- Relação empírica exponencial
 - precipitação (estimada por radar) e a
 - temperatura de brilho do topo das nuvens
 - extraídas do canal infravermelho do satélite GOES-12
 - taxas de precipitação em tempo real
 - 24 horas

Hidroestimador



O que reunir para área alvo do campo?

- Acompanhar durante o evento uma régua limnimétrica ou
 - Estabelecer um datum para mensurar a variação do nível da água

- Sobrevoar a área
 - Em diferentes condições

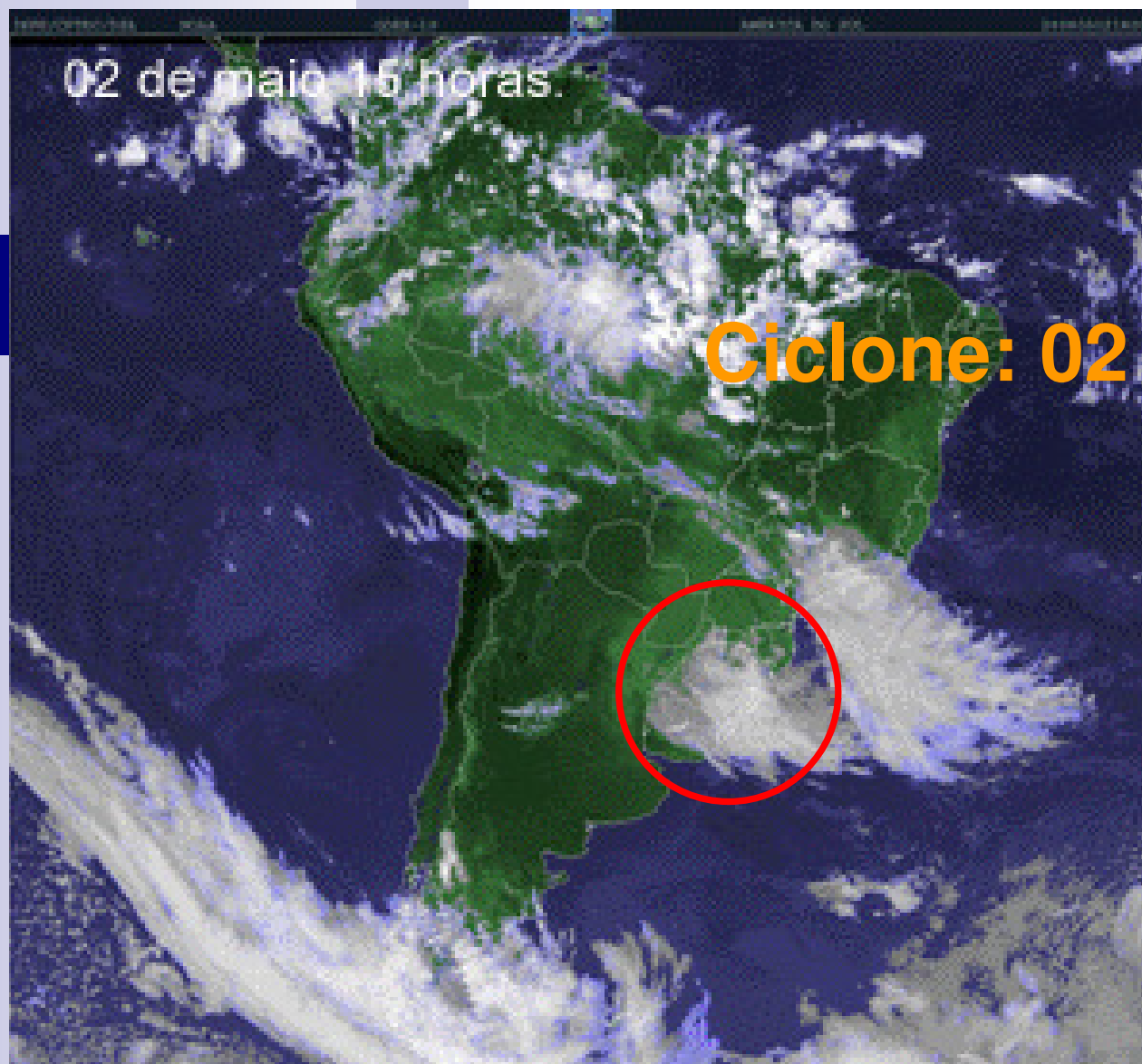




MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS



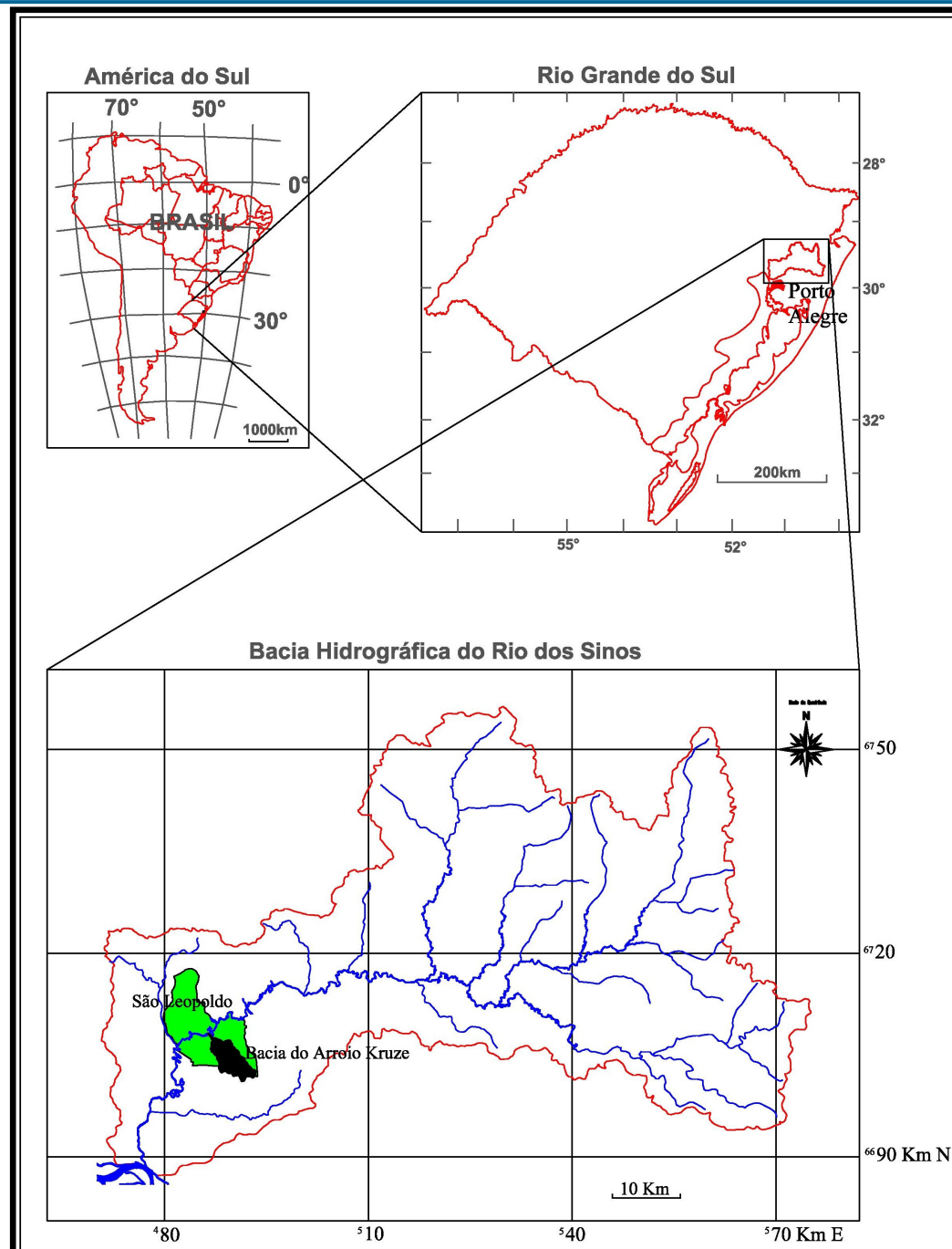
Geotecnologias em
Desastres Naturais e
Eventos Extremos
INPE - CRS



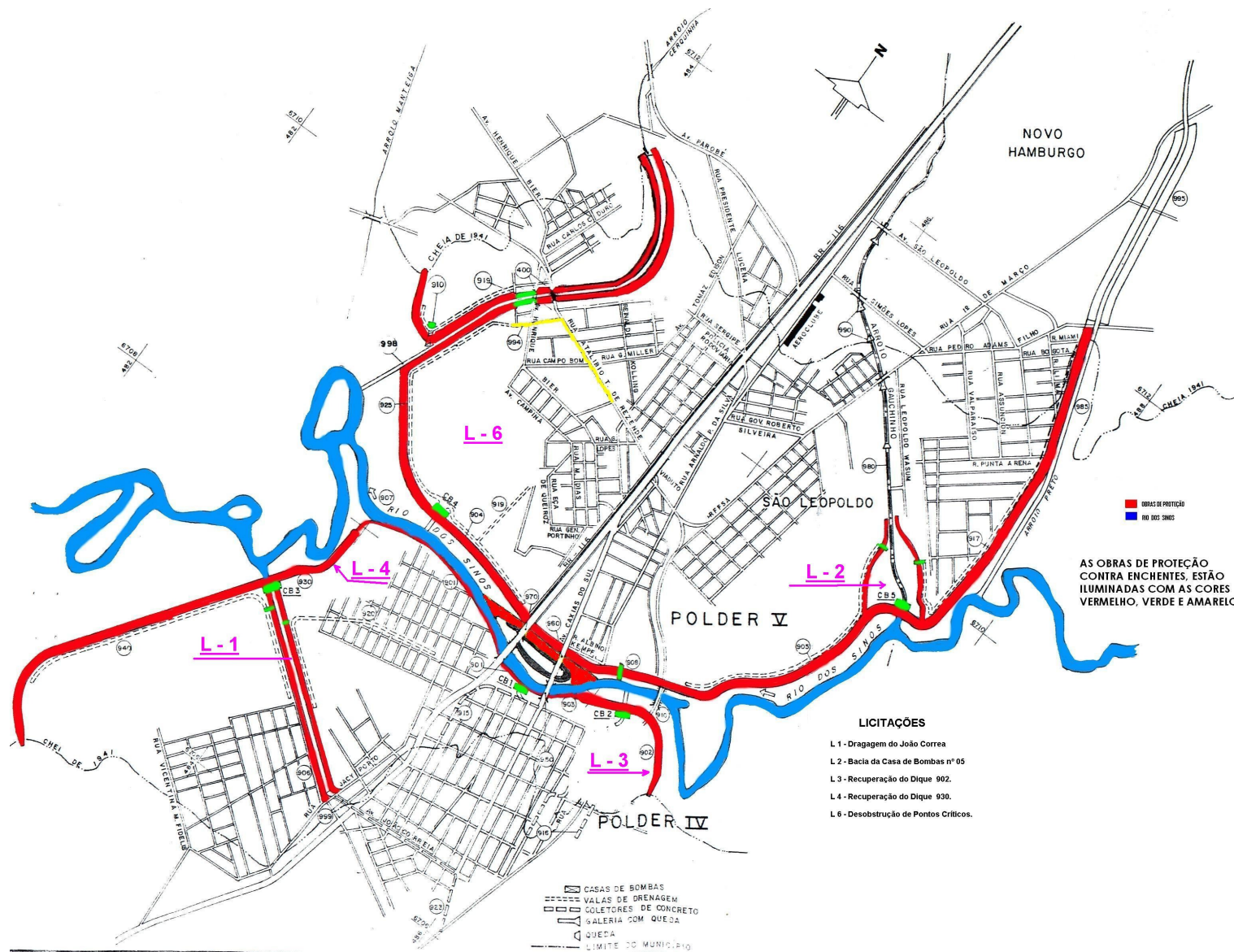
Ciclone: 02 – 06/05/2008

Ministério da
Ciência e Tecnologia

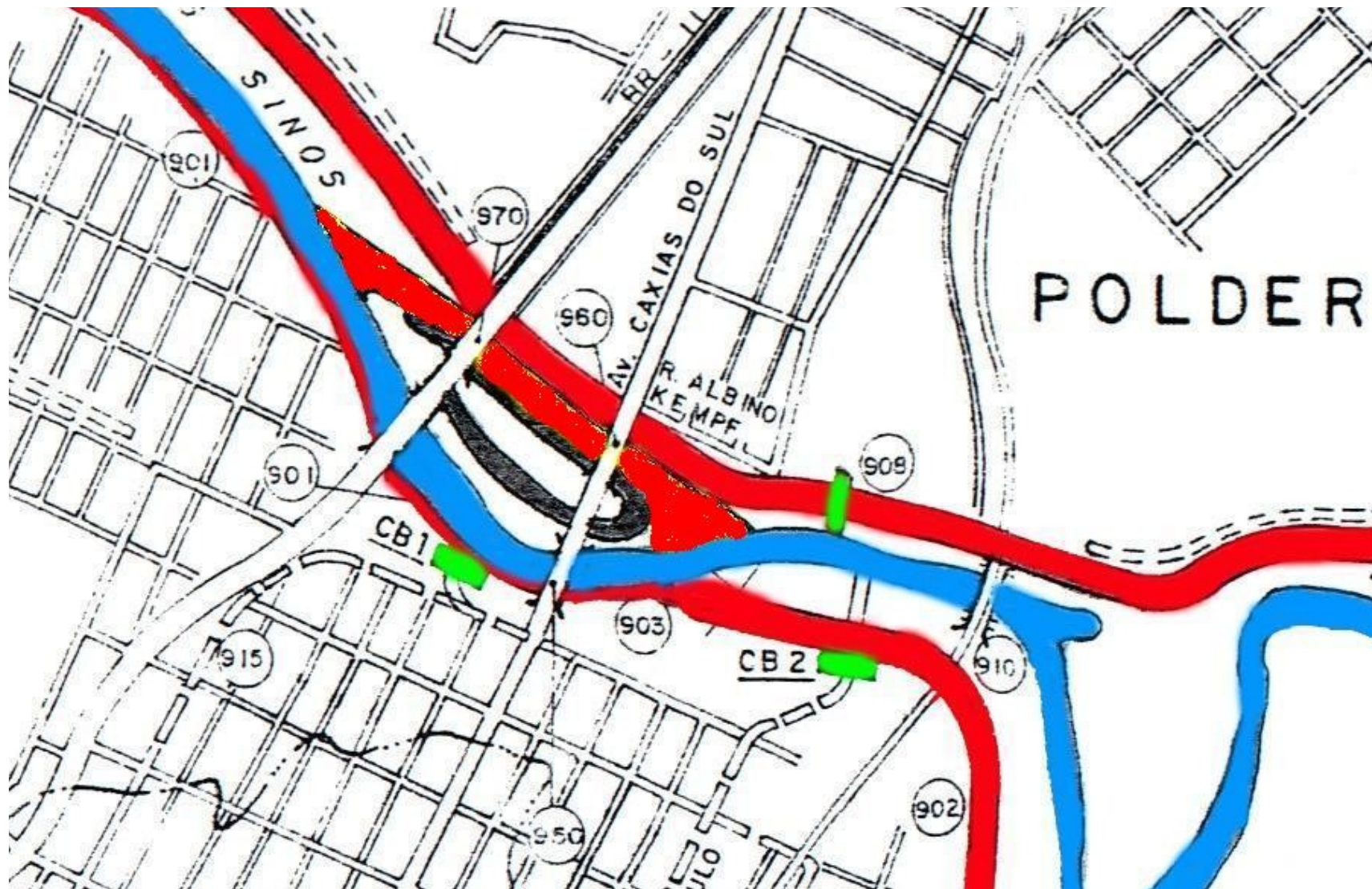




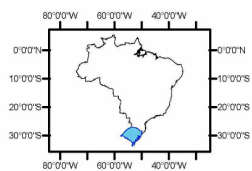
Em vermelho, diques de proteção contra enchentes



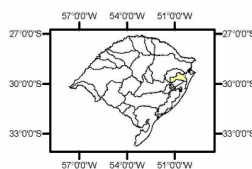
Canal de descarga



Estações Fluviométricas



Brasil em destaque o Rio Grande do Sul

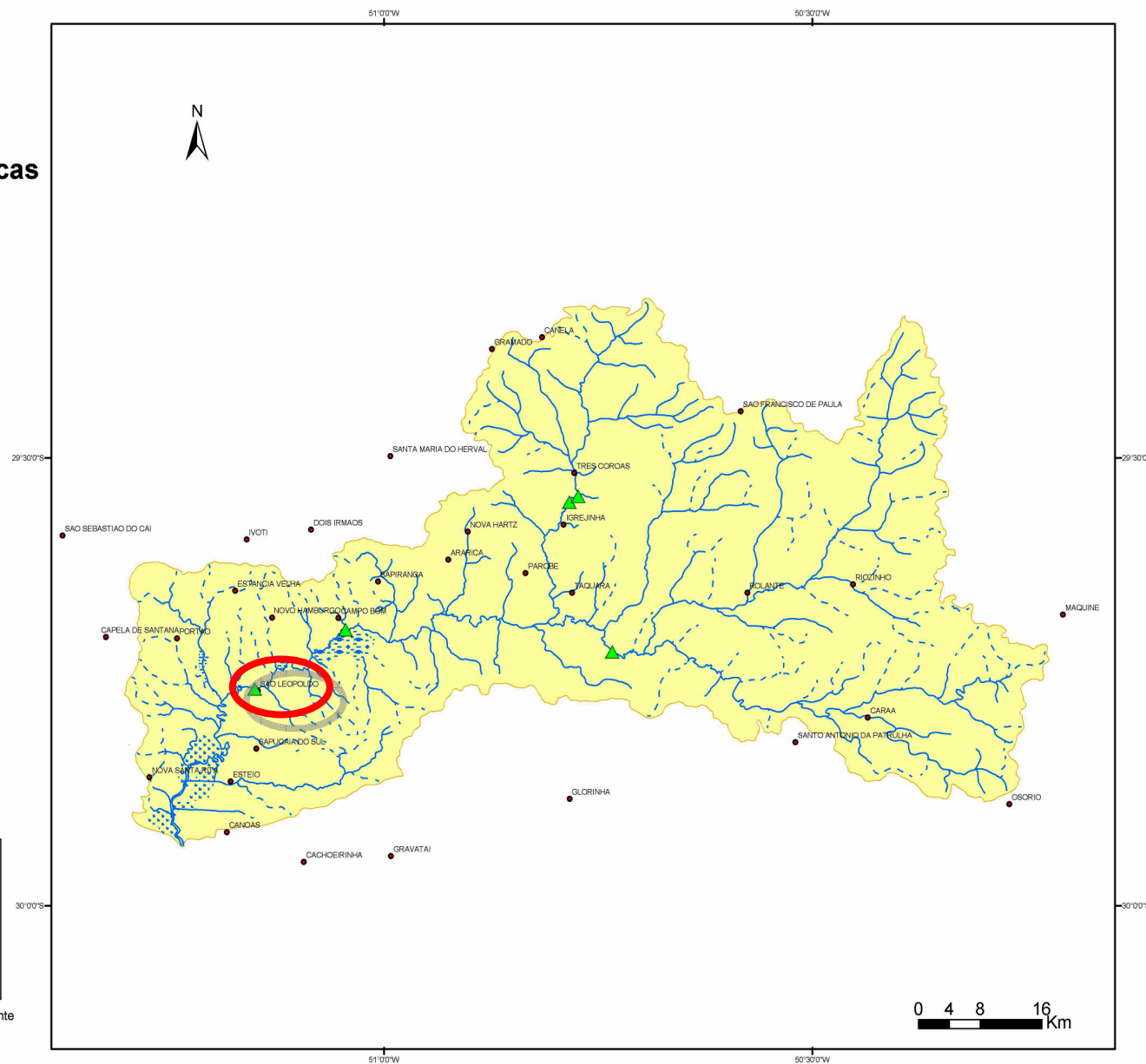


Rio Grande do Sul em destaque a Bacia do Rio dos Sinos

Legenda

- Estações Fluviométricas
- Sedes Municipais
- Hidrografia
- B. Hidrográfica do Rio dos Sinos

Fonte: Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA) - DRH



Dados aéreos 07/05/2008



Dados aéreos 07/05/2008





Dados aéreos



06/02/2008



07/05/2008

Dados aéreos





Dados aéreos



Dados aéreos



Dados aéreos



07/05/2008

Dique



Dados aéreos



06/02/2008



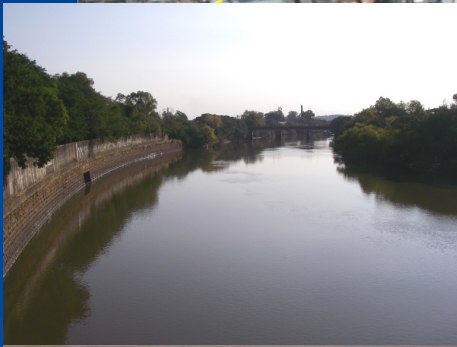
07/05/2008

Fotografias de campo





22/05/2008 – 16h29min
Nível: 0,80 m





08/05/2008 – 13h30min
Nível: 5,35 m





08/05/2008 – 13h34min
Nível: 5,35 m



09/05/2008 – 13h36min
Nível: 5,05 m



10/05/2008 – 16h31min
Nível: 4,61 m



22/05/2008 – 16h29min
Nível: 0,80 m

Régua limnimétrica próxima a ponte de Ferro 25 de julho, São Leopoldo, RS
Coordenadas Geográficas: 29°45'35.48"S e 51° 8'54.22"O. Datum: WGS84 - Azimute 220º



08/05/2008 – 13h30min
Nível: 5,35 m
Pátio da casa inundada.



09/05/2008 – 13h32min
Nível: 4,84 m



10/05/2008 – 16h26min
Nível: 4,61 m



22/05/2008 – 16h25min
Nível: 0,80 m

Coordenadas Geográficas: 29°45'31.16"S e 51° 8'55.71"O. Datum: WGS84 - Azimute 228º

Dique margem esquerda



08/05/2008 – 13h31min

Nível: 5,35 m

09/05/2008 – 13h33min

Nível: 4,84 m

10/05/2008 – 16h28min

Nível: 4,61 m

22/05/2008 – 16h26min

Nível: 0,80 m

Dique de contenção de enchentes, situado a montante da ponte 25 de julho, margem esquerda do rio dos Sinos.

Coordenadas Geográficas: 29°45'35.19"S e 51° 8'52.58"O.

Datum: WGS84 - Azimute 77°



08/05/2008 – 13h31min

Nível: 5,35 m



09/05/2008 – 13h33min

Nível: 4,84 m



10/05/2008 – 16h28min

Nível: 4,61 m



22/05/2008 – 16h26min

Nível: 0,80 m

Margem direita do rio dos Sinos, situado a montante da ponte 25 de julho.

Coordenadas Geográficas: 29°45'31.61"S e 51° 8'52.89"O

Datum: WGS84 - Azimute 66°



08/05/2008 – 13h31min

Nível: 5,35 m



09/05/2008 – 13h33min

Nível: 4,84 m



10/05/2008 – 16h28min

Nível: 4,61 m



22/05/2008 – 16h26min

Nível: 0,80 m

Canal secundário do rio dos Sinos, vista para montante, de oeste para leste.

Coordenadas Geográficas: 29°45'31.61"S e 51° 8'52.89"O

Datum: WGS84 - Azimute 70°



08/05/2008 – 13h31min
Nível: 5,35 m



09/05/2008 – 13h33min
Nível: 4,84 m



10/05/2008 – 16h28min
Nível: 4,61 m



22/05/2008 – 16h26min
Nível: 0,80 m

Canal secundário do rio dos Sinos, vista para jusante, de leste para oeste.
Ponte ao fundo com 45,05 m de passagem da água.
Coordenadas Geográficas: 29°45'29.12"S e 51° 9'0.99"O
Datum: WGS84 - Azimute 278°



08/05/2008 – 13h31min

Nível: 5,35 m

09/05/2008 – 13h33min

Nível: 4,84 m

10/05/2008 – 16h28min

Nível: 4,61 m

22/05/2008 – 16h26min

Nível: 0,80 m

Vista a montante do canal principal do rio dos Sinos, de sudoeste para nordeste.

Coordenadas Geográficas: 29°45'31.02"S e 51° 8'49.09"O

Datum: WGS84 – Azimute 51°



Canal principal à jusante



08/05/2008 – 13h31min
Nível: 5,35 m



09/05/2008 – 13h33min
Nível: 4,84 m



10/05/2008 – 16h28min
Nível: 4,61 m



22/05/2008 – 16h26min
Nível: 0,80 m

Vista a montante do canal principal do rio dos Sinos de sudeste para noroeste.
Coordenadas Geográficas: 29°45'34.01"S e 51° 9'1.46"O
Datum: WGS84 - Azimute 263°



Rua da Praia, São Leopoldo dias 08 de maio (cota do rio com 5,35 m) e 22 de maio (cota do rio com 0,80 m)
Coordenadas Geográficas: 29°45'31.91"S e 51° 8'55.91"O
Datum: WGS84 -Azimute 219°



Cota do canal de descarga



Casas inundadas de alta renda

Coordenadas Geográficas:

29°45'30.74"S e 51° 8'59.41"O

Datum: WGS84 - Azimute 225°



Casa situada abaixo do nível do canal de descarga do rio dos Sinos



Dique próximo da rodoviária



Dique separando a rodoviária de Leopoldo à esquerda e o rio dos Sinos à direita. Comparação dos dias 08 de maio (cota do rio com 5,35 m) e 22 de maio (cota do rio com 0,80 m)
Coordenadas Geográficas: 29° 45' 35.42" S e 51° 8' 53.61" O
Datum: WGS84 - Azimute 220°



Nível d'água marcado no dia 08/05/2008, 13h30min
Coordenadas Geográficas: 29°45'31.18"S e 51° 9'3.51"O
Datum: WGS84 - Azimute 220°

Nível d'água marcado no dia 10/05/2008, 13h30min.
Coordenadas Geográficas: 29°45'31.16"S e 51° 8'55.71"O
Datum: WGS84



Dados de precipitação pluviométrico de Araricá

02/05/2008	19,0 mm	Pancadas
03/05/2008	115,0 mm	Chove Forte
04/05/2008	71,0 mm	Chove Forte
05/05/2008	19,0 mm	Chove Fraco
06/05/2008	5,0 mm	Parc. Nublado
07/05/2008	0,0 mm	Tempo Bom
22/05/2008	0,0 mm	Tempo Bom
Total	229 mm	-

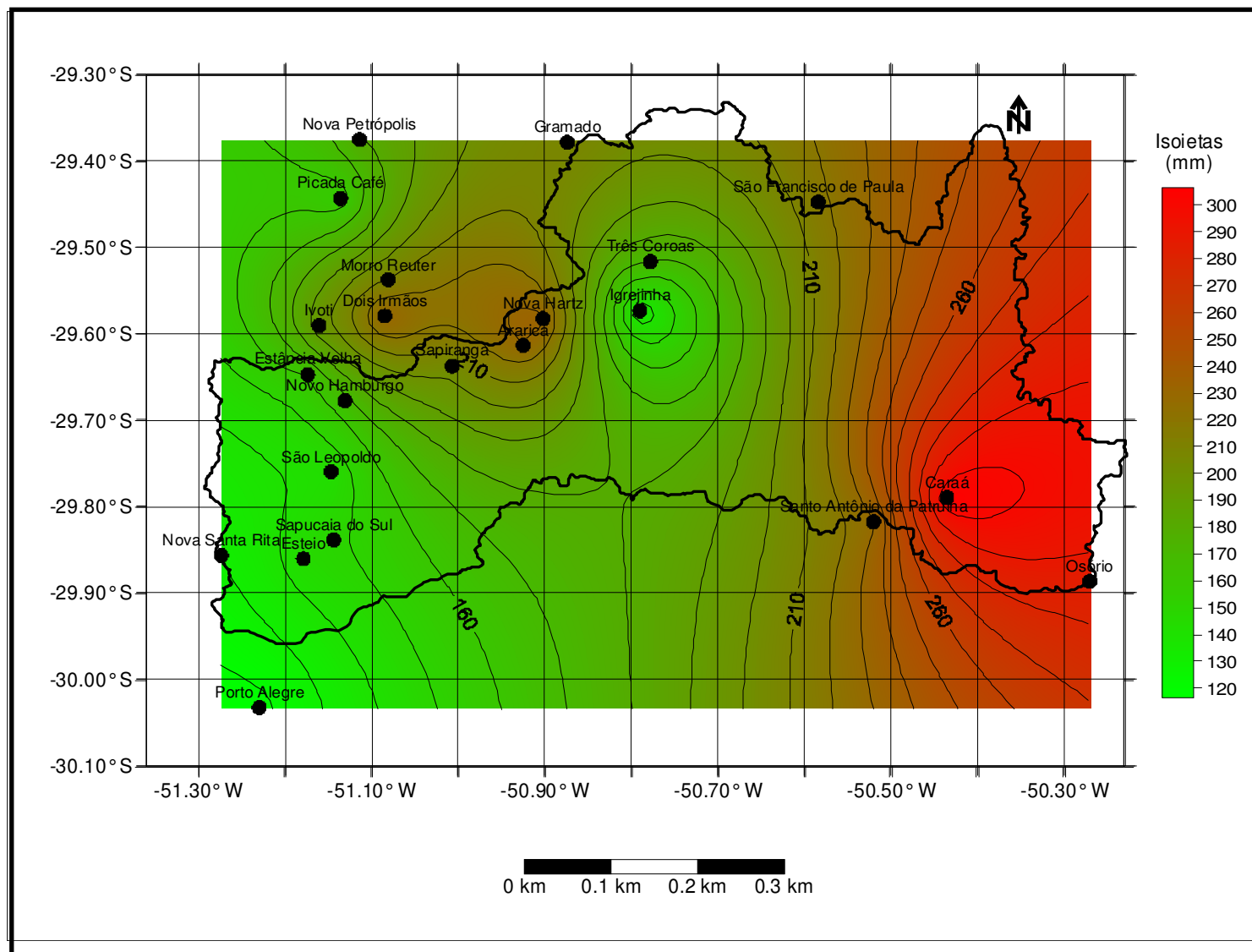
Fonte: Defesa Civil do Estado do Rio Grande do Sul (2008)



Consistência dos dados de precipitação

- Fora:
 - Alvorada
 - Bom Princípio
 - Campo Bom
 - Capela de Santana
 - Glorinha
 - Portão
 - Salvador do Sul
 - Taquara

02 a 06 de maio de 2008



06 de maio de 2008 - 10h51min = 3,80 m



08 de maio de 2008 - 16h22min = 5,55 m



09 de maio de 2008 - 15h55min = 5,00 m



10 de maio de 2008 - 16h31min = 4,61 m



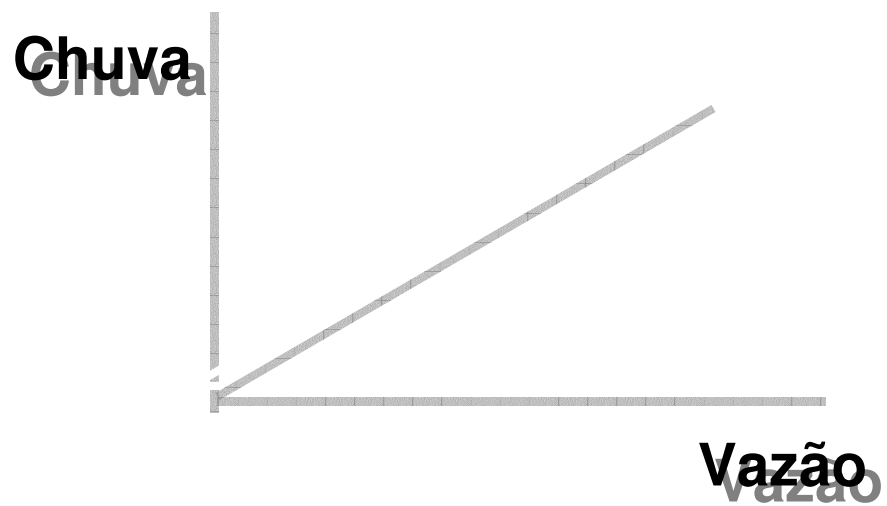
12 de maio de 2008 - 15h07min = 3,97 m



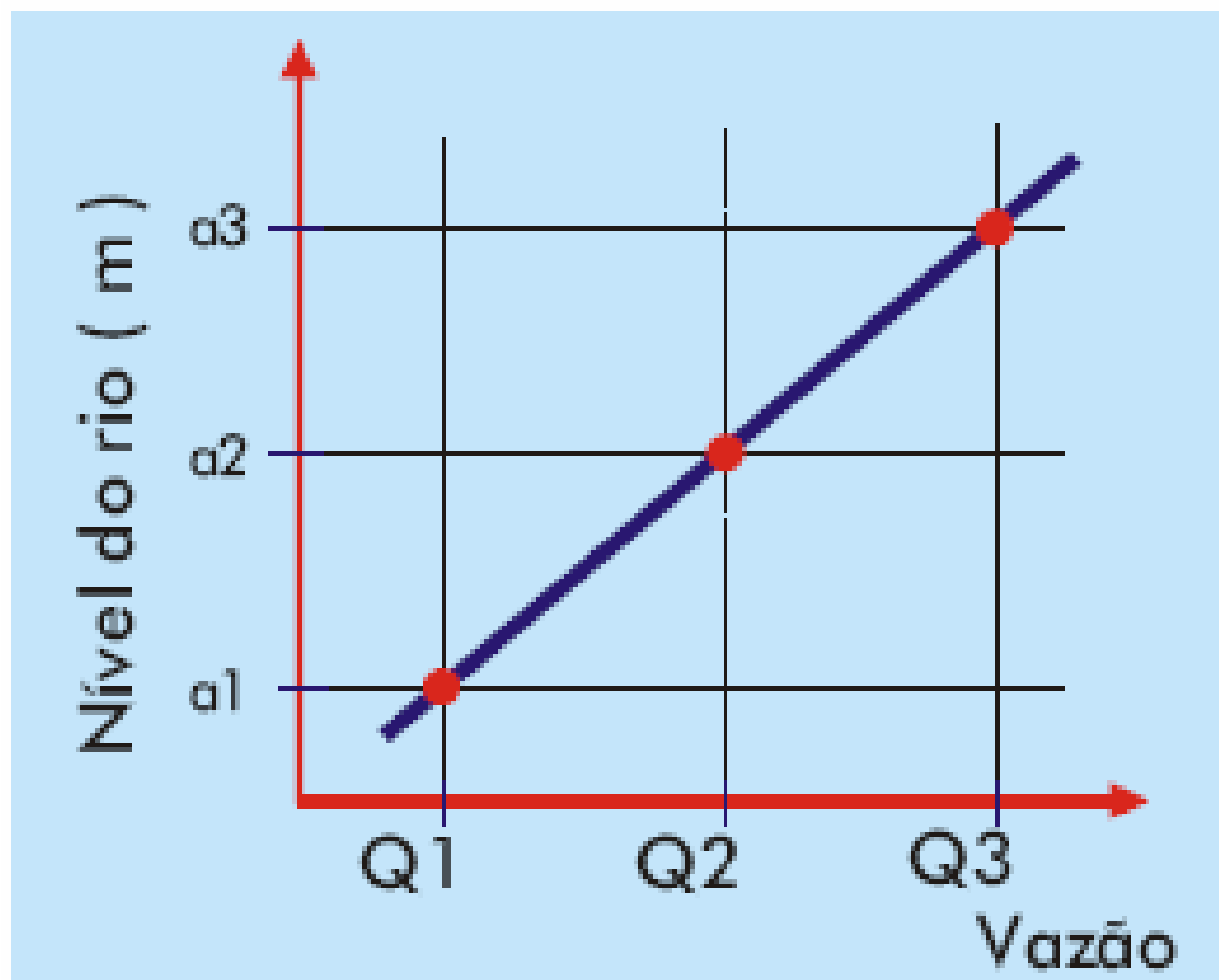
22 de maio de 2008 - 16h29min = 0,80 m



Chuva-vazão

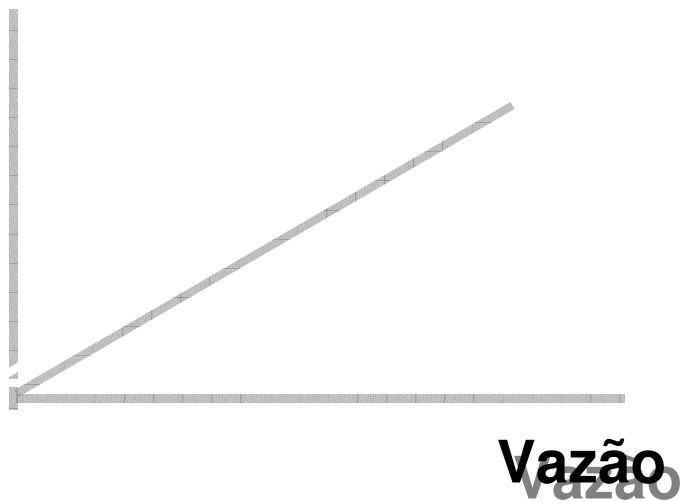


Curva chave (Cota-vazão)

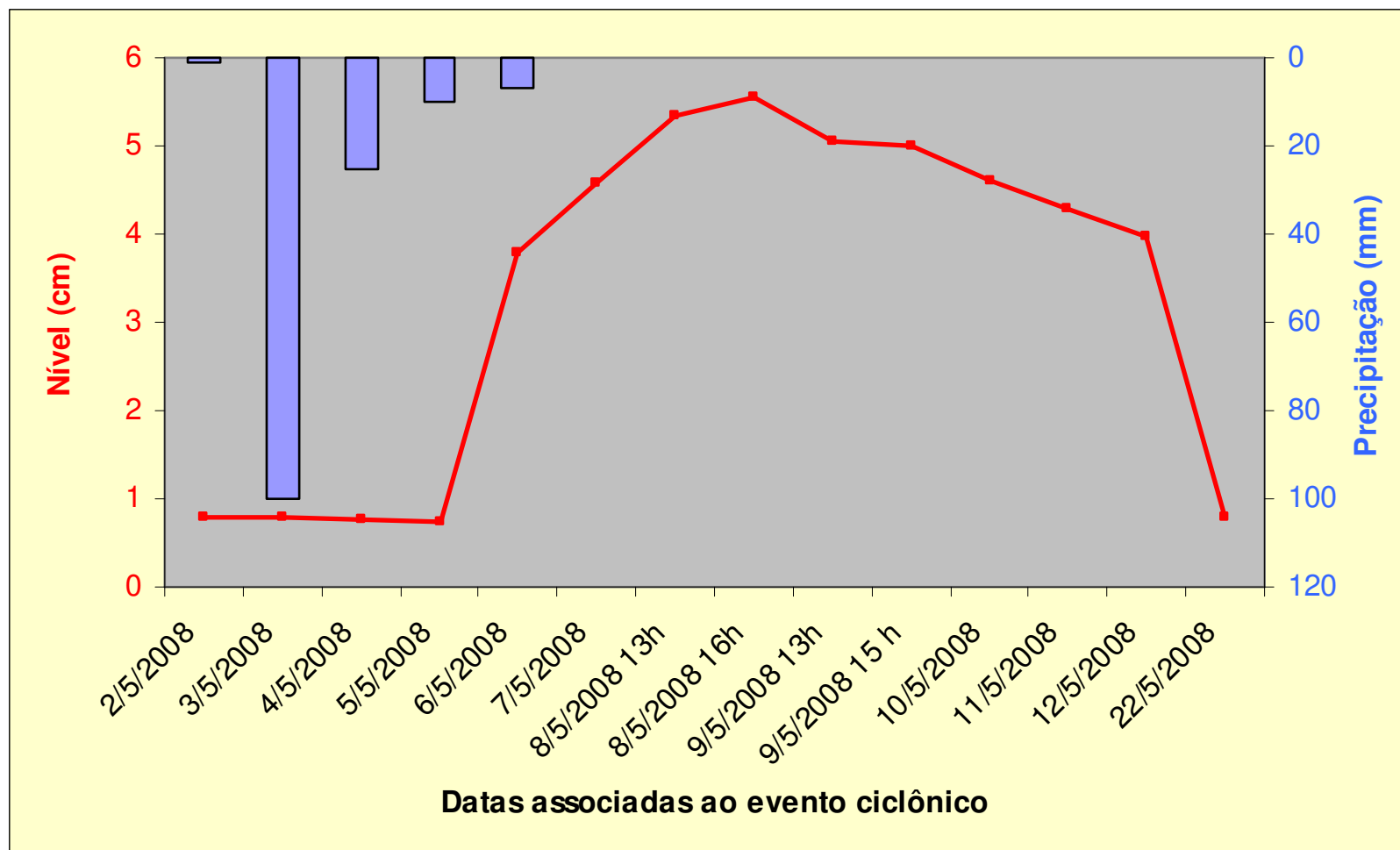


Área-vazão

Área



Hietograma e Hidrograma para São Leopoldo





O que eu gostaria de ter?

**E muita gente também
para o monitoramento de campo**



Monitoramento em tempo real

- Rede de coletas de dados atmosféricos automatizada
- Informações de radar para obtenção distribuída da chuva por unidade de área durante cada evento
 - IDF
- Equipamentos com micro-ondas e sensores com efeito doppler
 - Controle automático da vazão
- Medidores de nível (linígrafos)
- Telemetria



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS



Geotecnologias em
Desastres Naturais e
Eventos Extremos
INPE - CRS

Marco Antonio Fontoura Hansen
GEODESASTRES-SUL / INPE-CRS
marco.hansen@crs.inpe.br
geodesastres@crs.inpe.br

Muchas Gracias
Muito Obrigado

Ministério da
Ciência e Tecnologia

