



Cemaden
Centro Nacional de Monitoramento
e Alertas de Desastres Naturais

Ministério da
Ciência, Tecnologia
e Inovação

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PÁTRIA EDUCADORA

Monitoramento Geodésico e Geotécnico para a Prevenção de Deslizamentos de Encostas

Márcio A E Moraes
Pesquisador

Decreto Presidencial nº 7.513, de 1º de julho de 2011

Como parte do Estratégia Nacional para Gestão de Desastres Naturais, o CEMADEN tem por objetivo desenvolver, testar e implementar um sistema de previsão de ocorrência de desastres naturais em áreas vulneráveis de todo o Brasil.



Estratégia de Gerenciamento de Riscos de Desastres Naturais



Operação do CEMADEN

- EM FUNCIONAMENTO DESDE DEZEMBRO DE 2011
- MONITORAMENTO 24h POR DIA 7 DIAS POR SEMANA
- ELABORAÇÃO DE ALERTAS DE RISCO DE MOVIMENTOS DE MASSA, E INUNDAÇÕES PARA OS MUNICÍPIOS MONITORADOS
- +1000 MUNICÍPIOS MONITORADOS em Dez/2016

Equipe multidisciplinar:

- Geólogos
- Geógrafos
- Engenheiros civis e agrônomos
- Hidrólogos
- Meteorologistas
- Profissionais de TI



Operação do CEMADEN

Mar. 2015

- Operação 24 horas: 888 municípios monitorados

Dez. 2014

- Operação 24 horas: 856 municípios monitorados

Fev. 2013

- Operação 24 horas: 286 municípios monitorados

Dez. 2011

- Operação 24 Horas: 56 municípios monitorados

Rede Observacional do CEMADEN

9
Radares

4.750
Pluviômetros

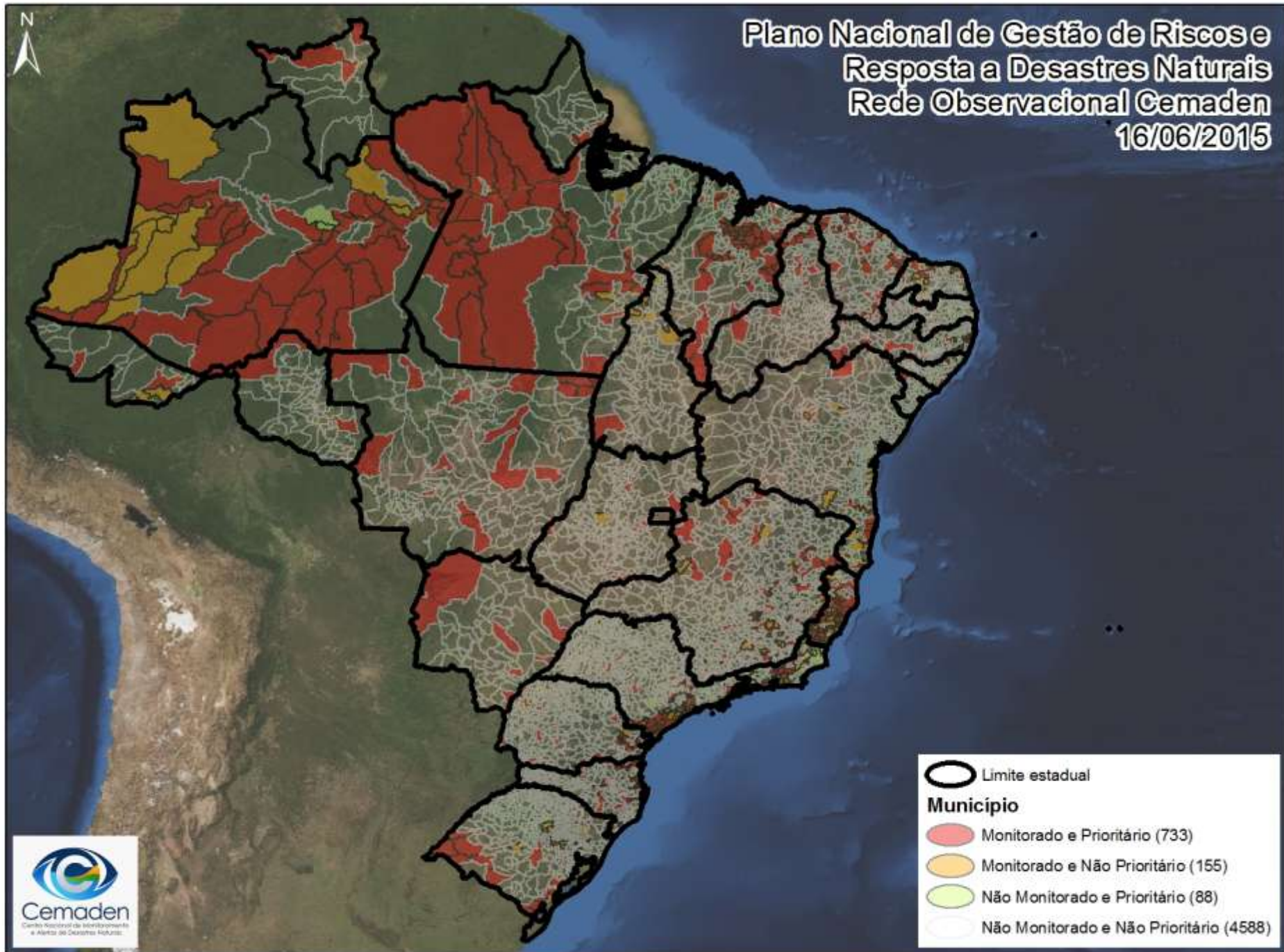
301
Estações
Hidrológicas

9 ETR + 900
Prismas
135 PCDs GEO
Perfil umidade do
solo até 3m

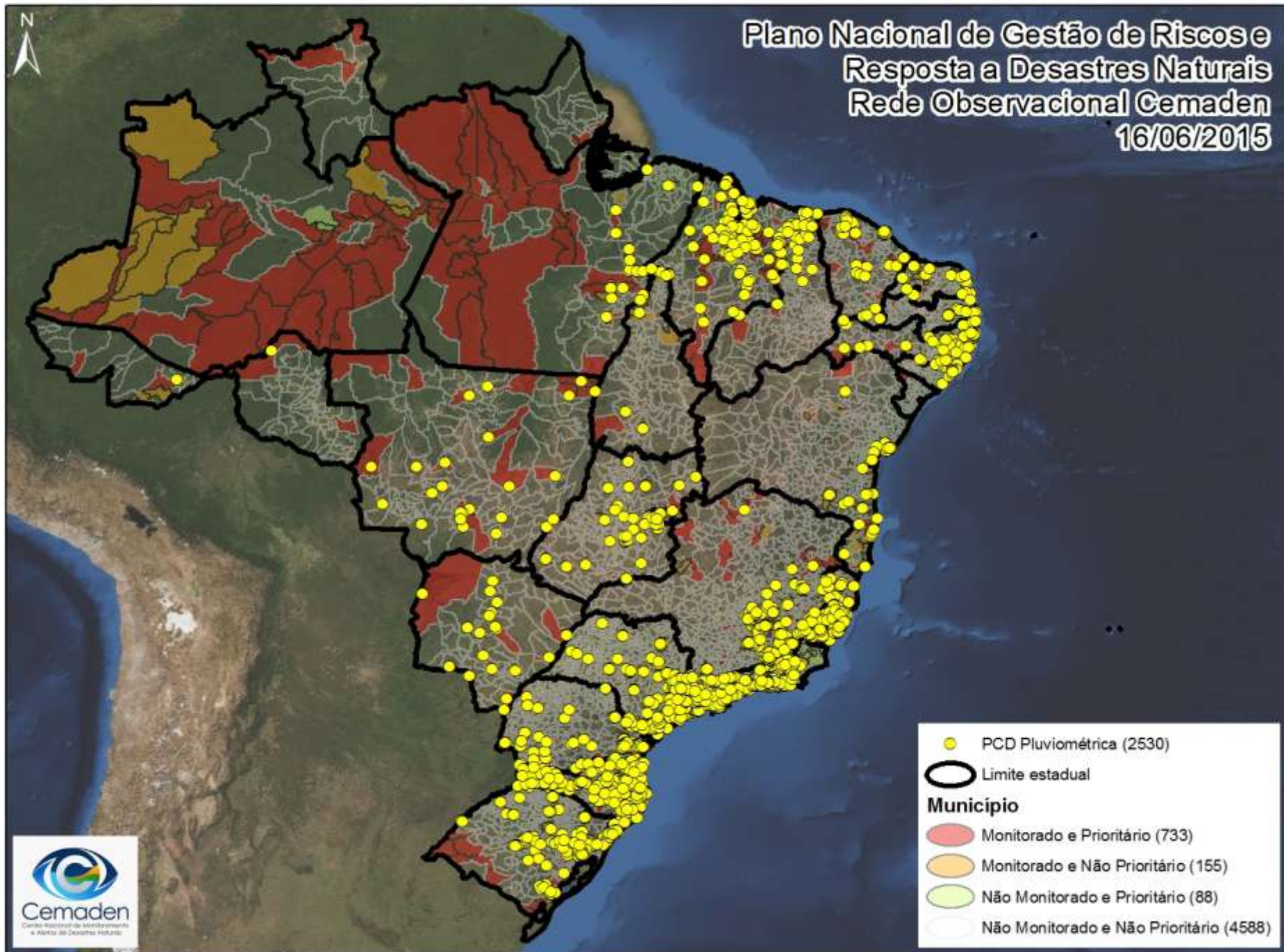
100
Estações
Agrometeoro-
lógicas

550 PCDs AQUA
Sensores de Umidade
do Solo e
Precipitação

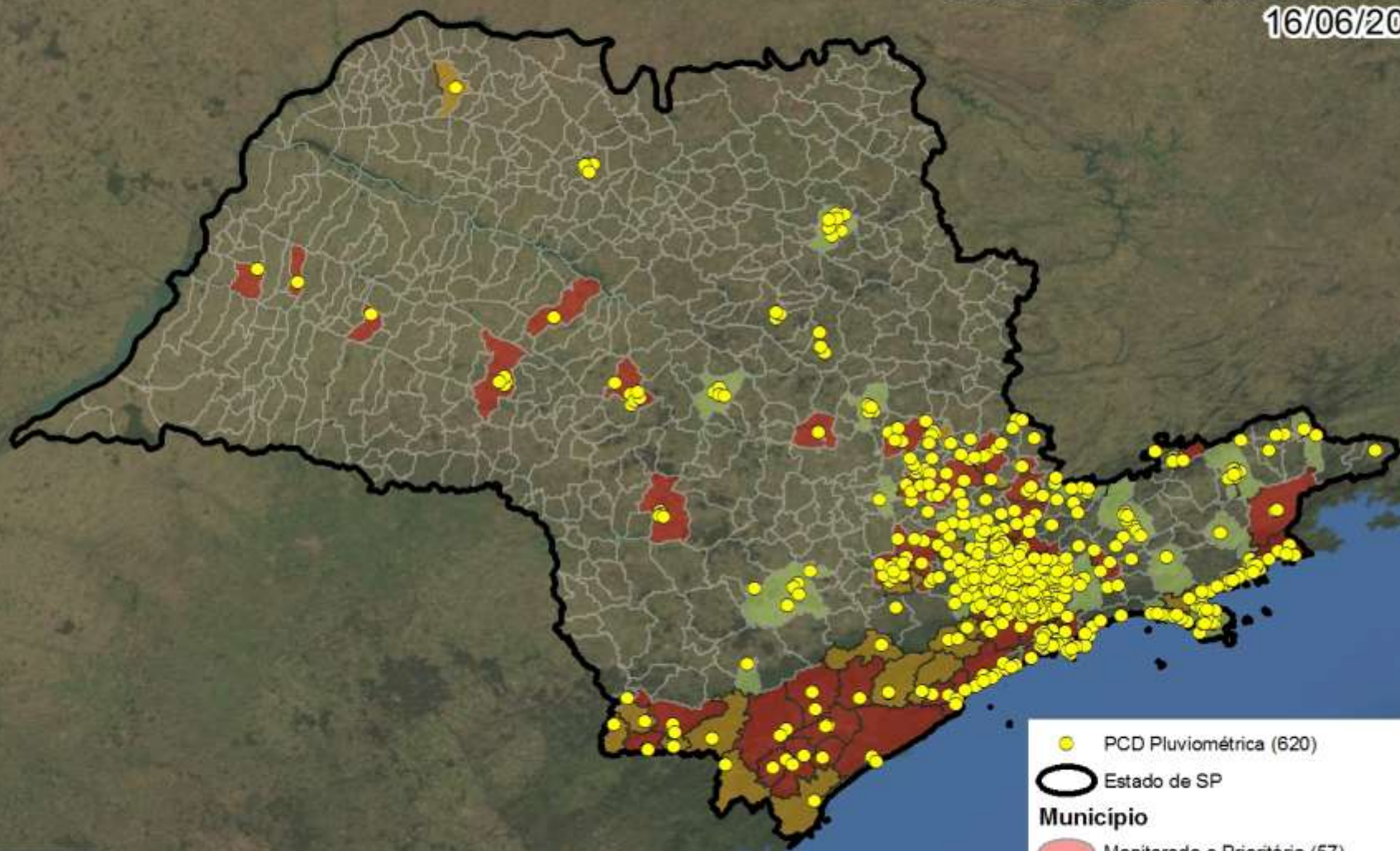
Plano Nacional de Gestão de Riscos e
Resposta a Desastres Naturais
Rede Observacional Cemaden
16/06/2015









Plano Nacional de Gestão de Riscos e
Resposta a Desastres Naturais
Rede Observacional Cemaden
16/06/2015



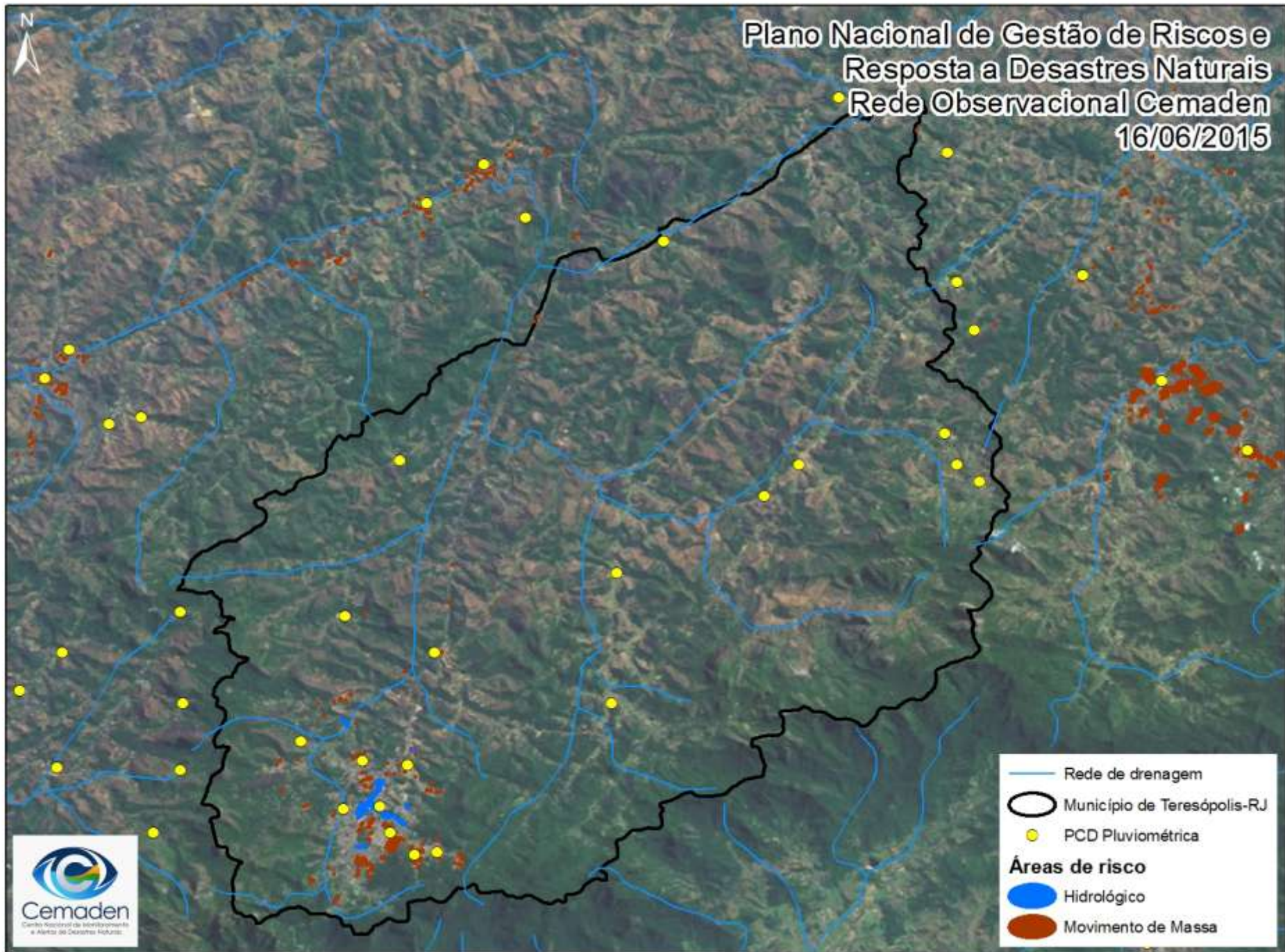
Plano Nacional de Gestão de Riscos e
Resposta a Desastres Naturais
Rede Observacional Cemaden
16/06/2015



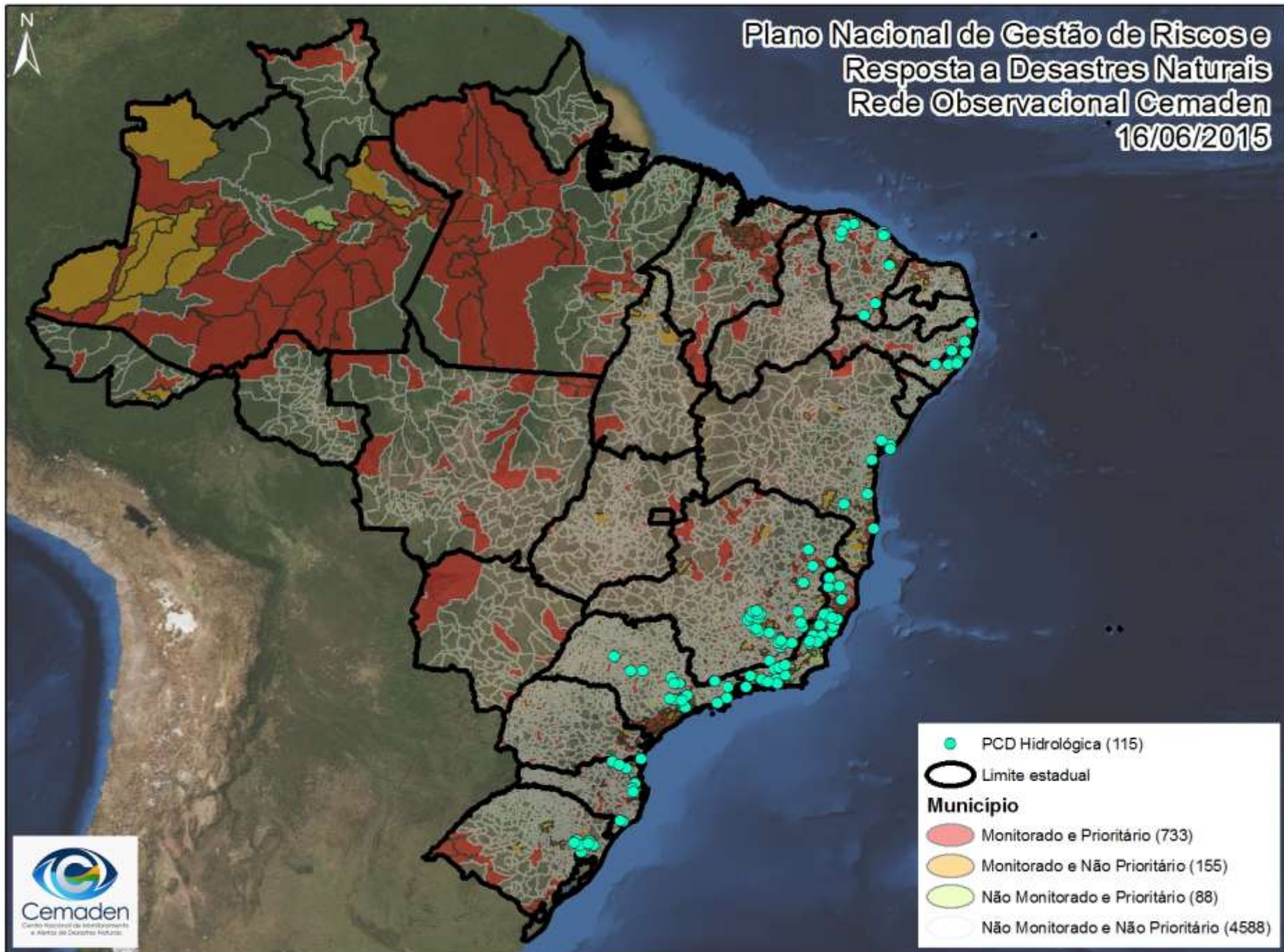
-  PCD Pluviométrica (620)
-  Estado de SP
- Município**
-  Monitorado e Prioritário (57)
-  Monitorado e Não Prioritário (21)
-  Não Monitorado e Prioritário (32)
-  Não Monitorado e Não Prioritário (535)



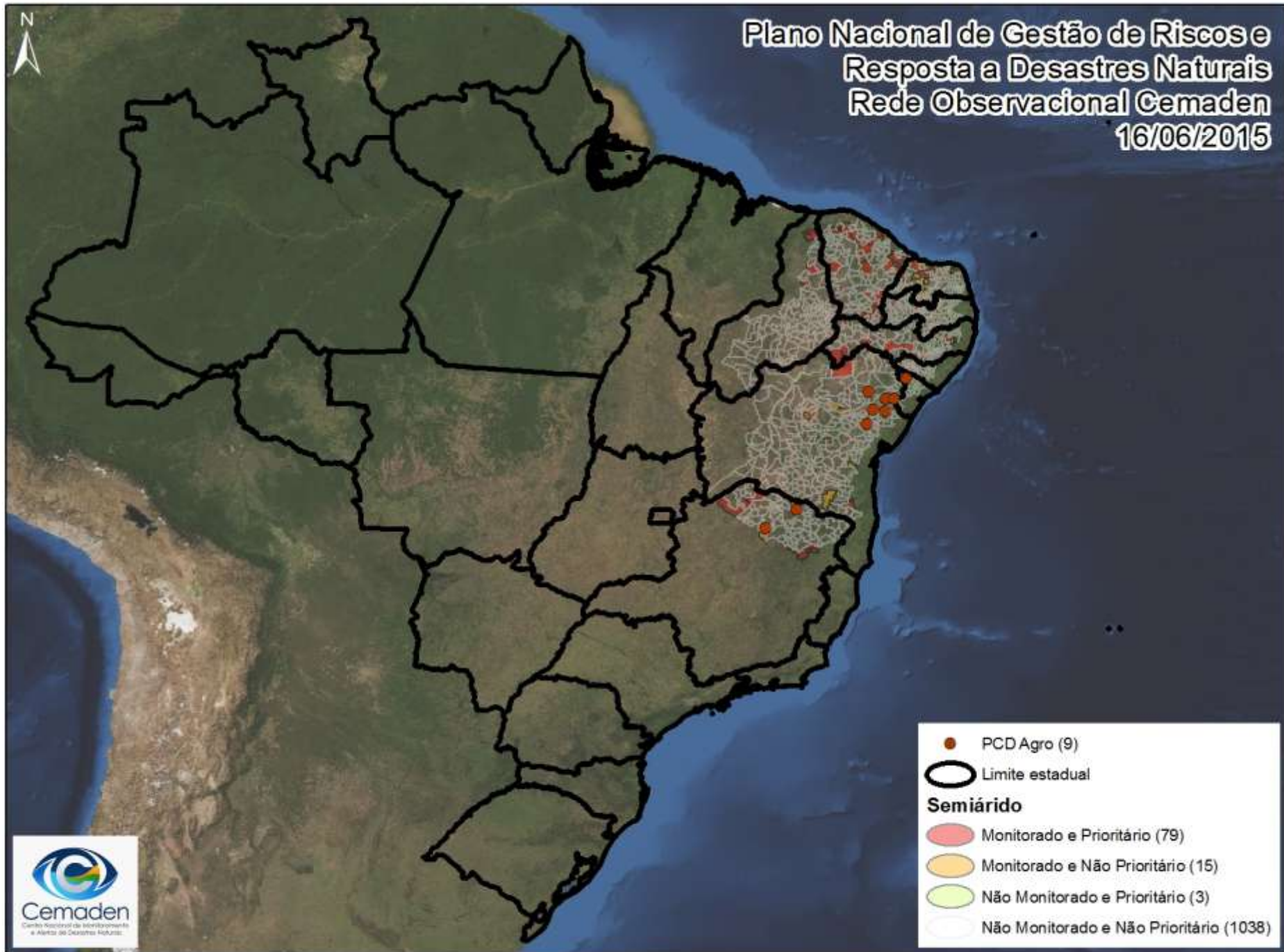
Plano Nacional de Gestão de Riscos e
Resposta a Desastres Naturais
• Rede Observacional Cemaden
16/06/2015



Plano Nacional de Gestão de Riscos e
Resposta a Desastres Naturais
Rede Observacional Cemaden
16/06/2015



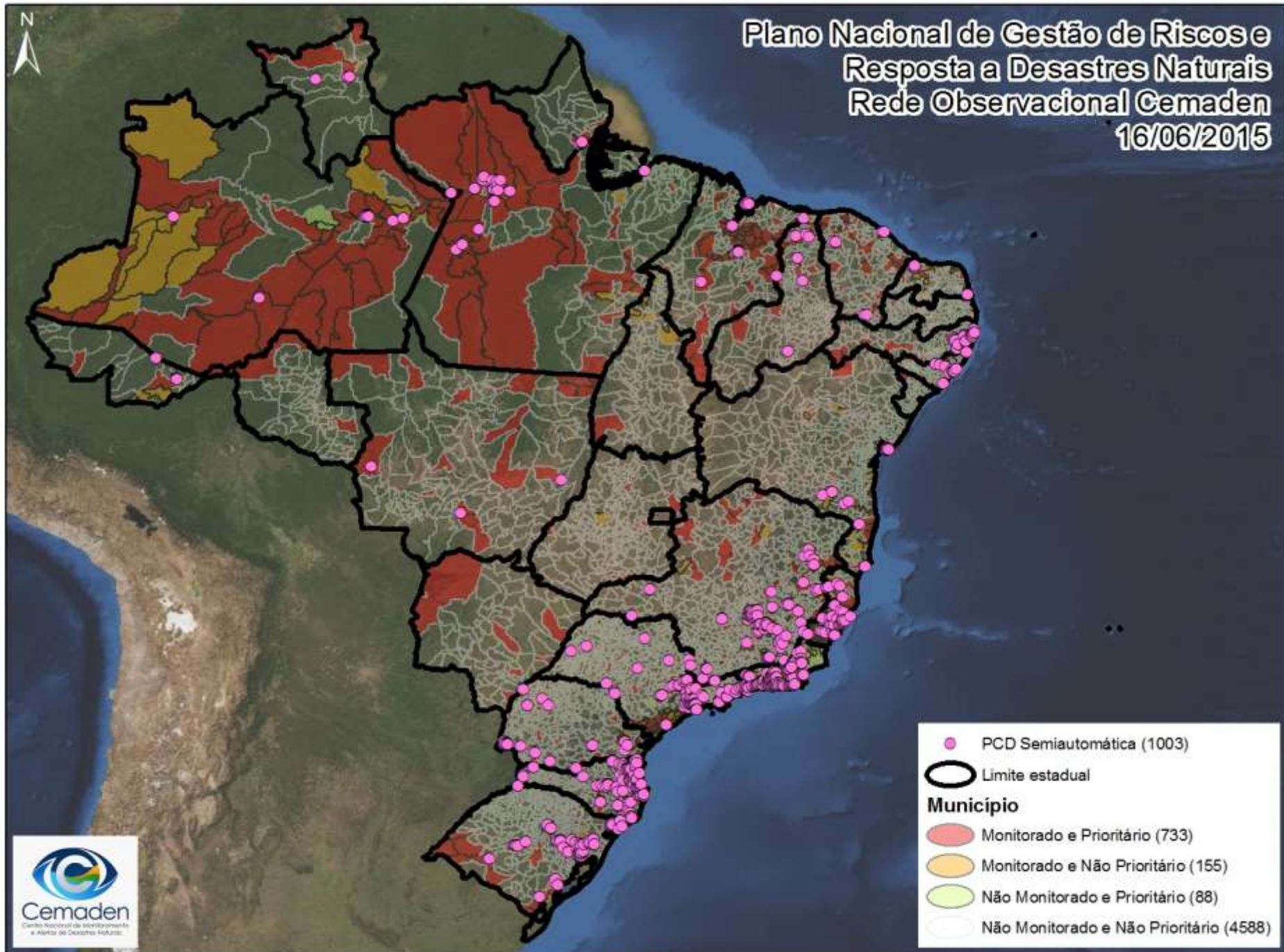
Plano Nacional de Gestão de Riscos e
Resposta a Desastres Naturais
Rede Observacional Cemaden
16/06/2015



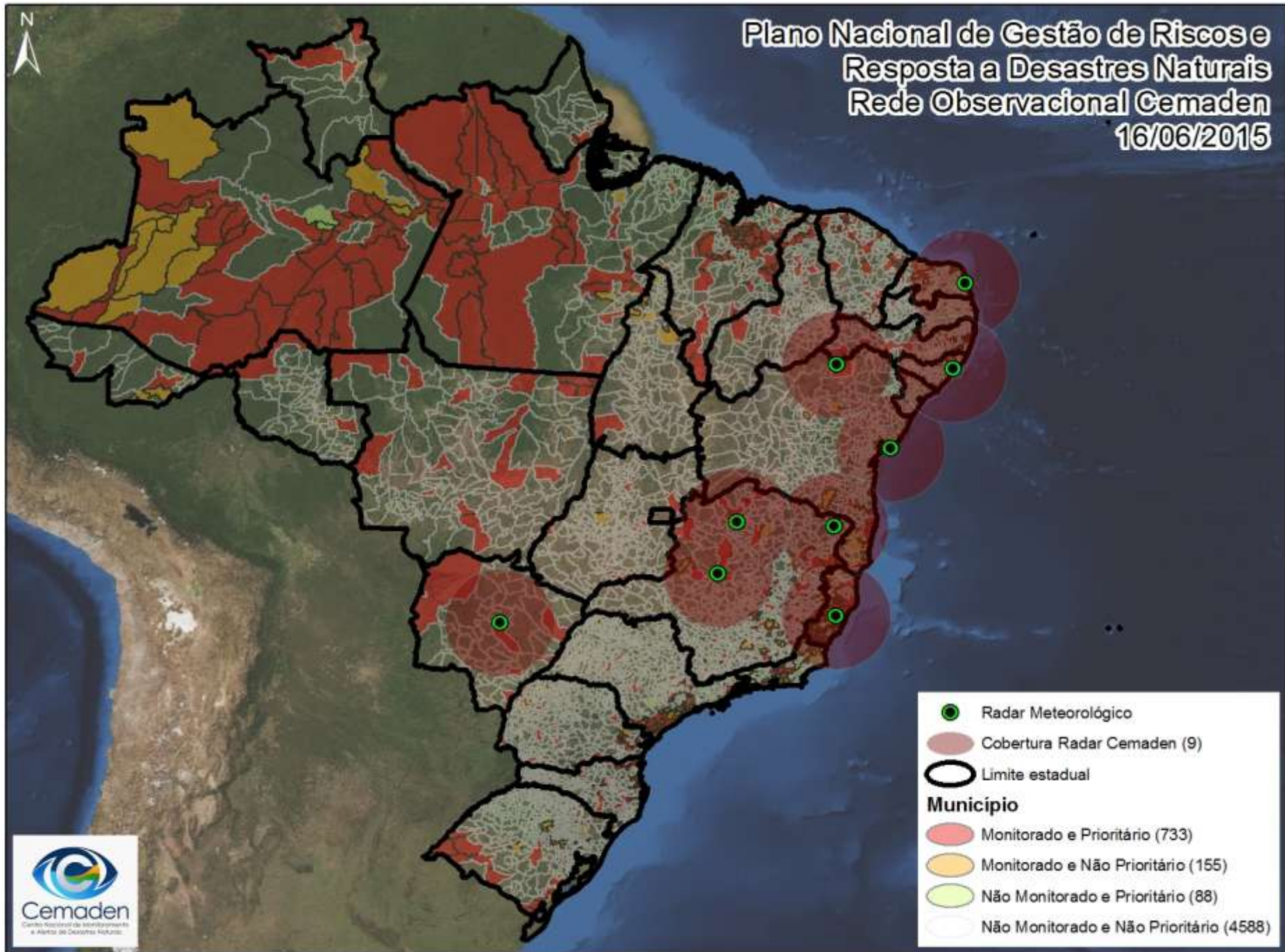
Plano Nacional de Gestão de Riscos e
Resposta a Desastres Naturais
Rede Observacional Cemaden
16/06/2015



Plano Nacional de Gestão de Riscos e
Resposta a Desastres Naturais
Rede Observacional Cemaden
16/06/2015



Plano Nacional de Gestão de Riscos e
Resposta a Desastres Naturais
Rede Observacional Cemaden
16/06/2015



PROJETO PLUVIÔMETROS SEMIAUTOMATICOS

**COM OS
PLUVIÔMETROS
NAS COMUNIDADES E
A SUA PARTICIPAÇÃO
TODOS PODEM SE
PROTEGER.**



Projeto Pluviômetros nas Comunidades

O objetivo do Projeto Pluviômetros nas Comunidades é **introduzir a cultura da percepção de riscos de desastres naturais no Brasil, envolvendo a população que vive em áreas de risco** e fortalecendo as capacidades locais de enfrentamento de eventos adversos.

O Cemaden adquiriu **1375 pluviômetros semiautomáticos** para serem instalados em áreas de risco e operados por equipes da comunidade.



Ministério da
Integração Nacional



PLUVIÔMETROS INSTALADOS NAS REGIÕES SUL E SUDESTE

Petrópolis, Rio de Janeiro



Fonte: Cemaden

São Paulo, São Paulo



Fonte: Cemaden

Campos do Jordão, São Paulo



Fonte: Cemaden

Teresópolis, Rio de Janeiro



Fonte: Cemaden

Joinville, Santa Catarina



Fonte: Cemaden

Mauá, São Paulo



Fonte: Cemaden

Área de pesquisa: Desastres Naturais

Linha de pesquisa: *Vulnerabilidade socioambiental aplicada a desastres naturais*

Subtemas:

- Monitoramento e sistemas de alerta
- Educação para redução do risco de desastres
- Percepções, representações e práticas frente ao risco
- Pluviômetros nas Comunidades
- Interfaces vulnerabilidade socioambiental e saúde pública
- Interfaces vulnerabilidade socioambiental, mobilidade urbana e infraestrutura de transportes
- Gestão de risco de desastres naturais

Contatos:

luciana.londe@cemaden.gov.br

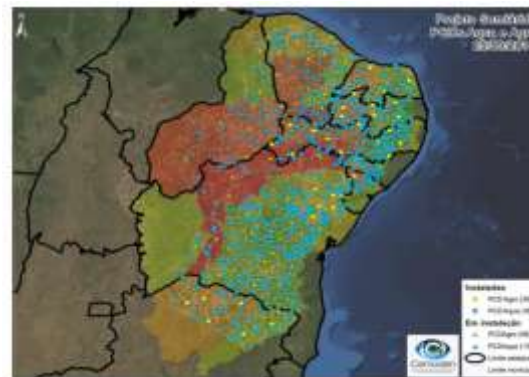
victor.marchezini@cemaden.gov.br

silvia.saito@cemaden.gov.br

Área de pesquisa: Agrometeorologia

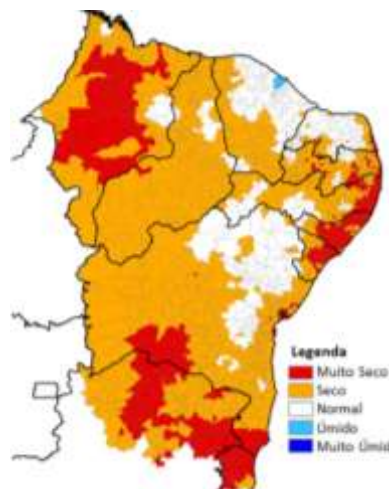
Linhas de pesquisa:

- *Previsão de riscos de colapsos de safra no semiárido brasileiro*



Rede de estações agrometeorológicas do Cemaden no semiárido

- *Monitoramento dos impactos da seca no semiárido brasileiro*



Boletim Mensal

- Avaliação das condições de seca para os últimos 90 dias
- Risco agroclimático
- Avaliação da Extensão dos Impactos da seca
- Umidade do solo
- Previsão Climática Sazonal
- Tendências na escala de tempo subsazonal

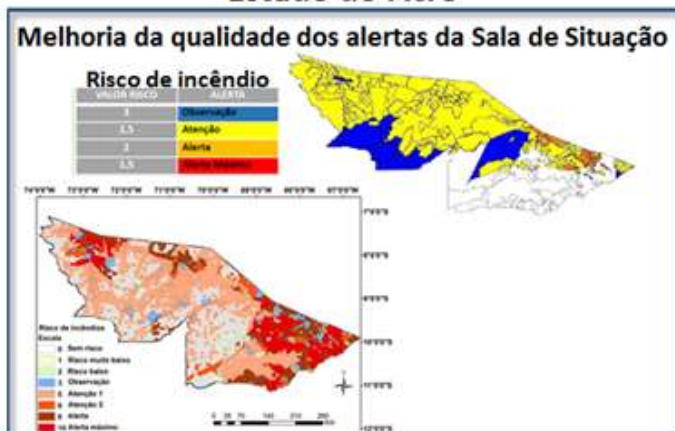
Área de pesquisa: Monitoramento de incêndios e da vegetação

Linhas de Pesquisa:

- Modelagem e monitoramento de risco de incêndios florestais
- Interação entre extremos climáticos e incêndios florestais
- Interação entre extremos climáticos e florestas
- Quantificação de impactos de incêndios na vegetação no ecossistema e na população

Projetos Pilotos em andamento:

Estado do Acre



Estado de Roraima



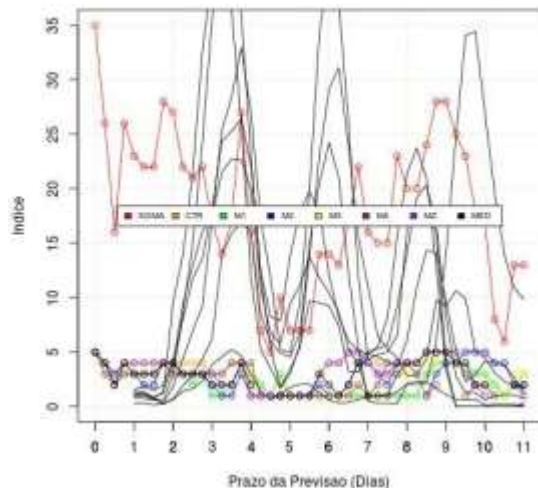
Área de pesquisa: Meteorologia

Linha de pesquisa: *Extremos meteorológicos*

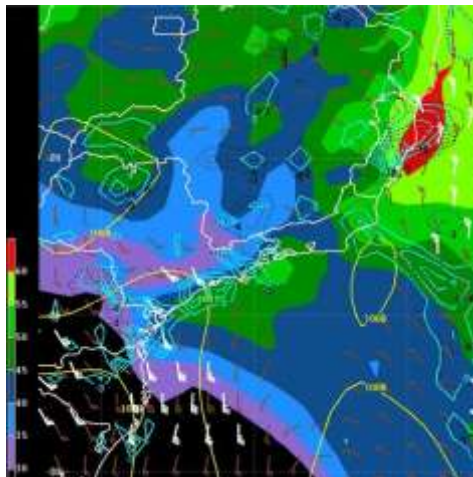
Subtema: Identificação de padrões atmosféricos que permitam distinguir eventos de chuva ordinários de eventos extraordinários

Métodos objetivos para detecção de situações atmosféricas com potencial para produzir fenômenos deflagradores de desastres naturais

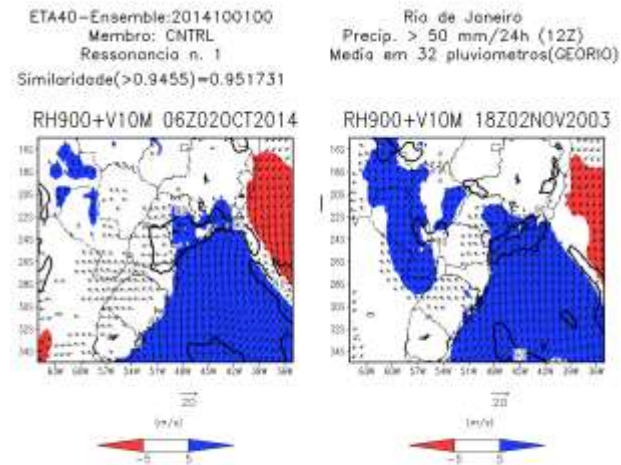
Frentes Frias: Muita Chuva - Vale do Itajaí
Índice-Frente_CHUVA_SC-2015112100



Combinação de Ingredientes Atmosféricos
para Extremo de Chuva - Brasil



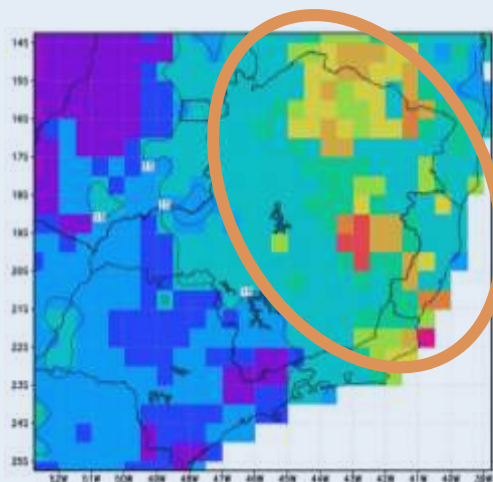
Situações Atmosféricas semelhantes a eventos
extremos no passado - Rio de Janeiro



Área de pesquisa: Meteorologia

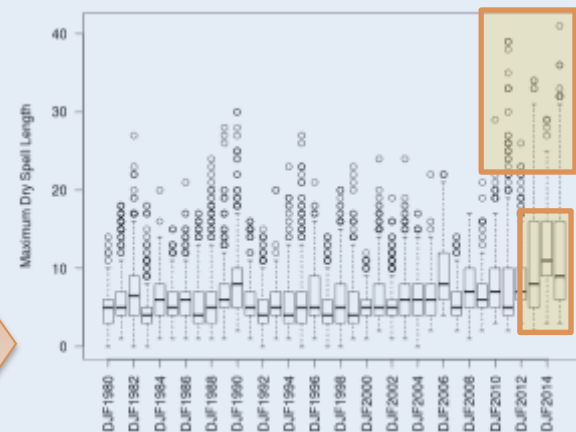
Linha de pesquisa - *Variabilidade Subsazonal: Veranicos/Ondas de calor*

Análise e caracterização dos veranicos no setor sudeste do Brasil



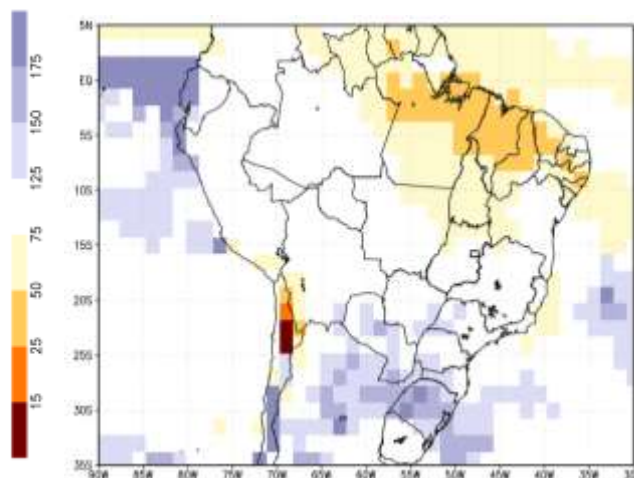
Identificação de áreas preferenciais para ocorrência de veranicos extremos

Investigação da variabilidade climática e mudanças nos padrões extremos



Aplicações e validação das previsões subsazonais

Investigação do potencial de aplicação de previsões para a 3 (terceira) e 4 (semana)

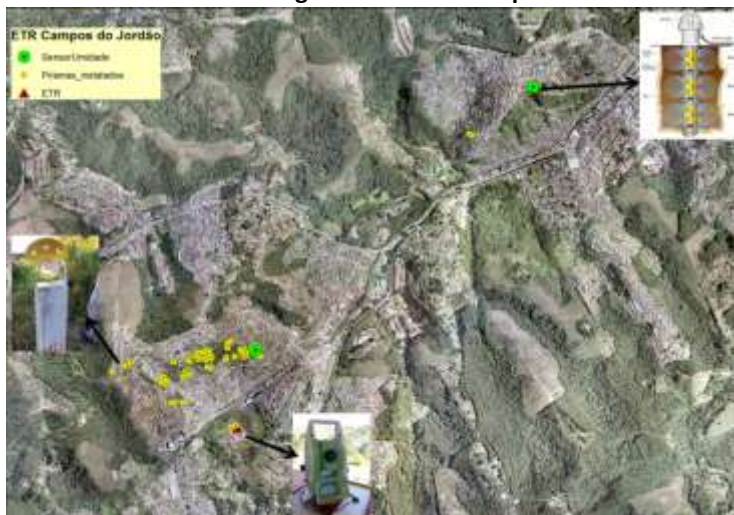


Área de pesquisa: Geodinâmica

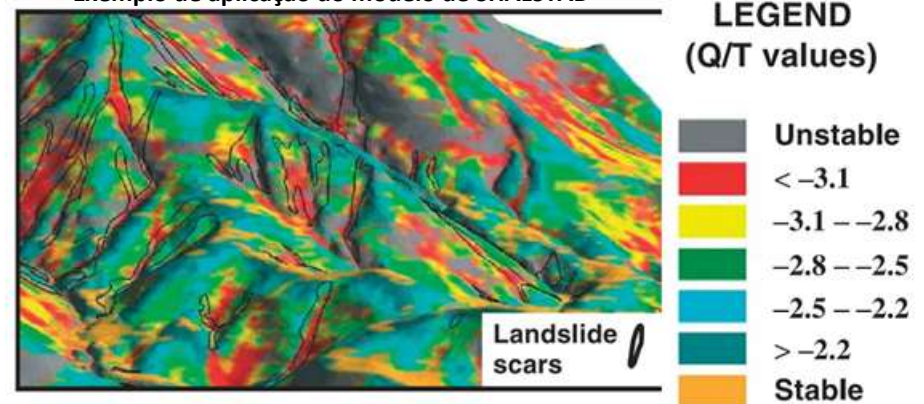
Linha de pesquisa: *Condicionantes geomorfológicos, modelagem e monitoramento geotécnico de encostas suscetíveis a movimento de massa*

- Definição de limiares críticos operacionais em sistemas de alertas a movimentos de massa
- Implantação e análise de dados de ETRs e PCDs-Geo em municípios pilotos
- Projeto GIDES - Gestão Integrada de Desastres de Sedimentos (JICA)
- Projeto CNPQ - Previsão de enxurradas inundações e movimentos de massa em encostas para prevenção de desastres naturais

Monitoramento geotécnico em Campos do Jordão



Exemplo de aplicação do modelo de SHALSTAB



Contatos: angelo.consoni@cemaden.gov.br
marcio.andrade@cemaden.gov.br
marcio.moraes@cemaden.gov.br
rodolfo.mendes@cemaden.gov.br

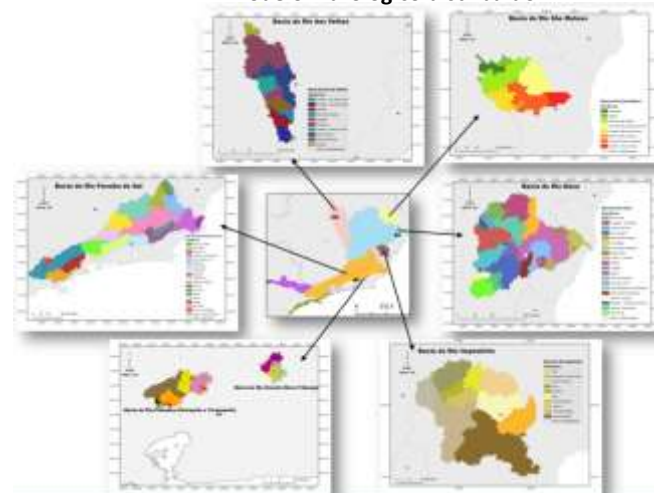
Área de pesquisa: Hidrologia

Linhas de pesquisa:

- Determinação de limiares de precipitação aplicada à ocorrência de enchentes, inundações e enxurradas
- Modelos matemáticos de previsão de enchentes, inundações e enxurradas
- Sistemas de alertas baseados em modelos hidrológicos integrados à previsão meteorológica e dados de radar e satélite com 6 e 24 horas de antecedência
- Avaliação de ferramentas de modelagem hidrodinâmica para previsão de inundações em várzeas situadas em bacias de mesoescala no Brasil
- Desenvolvimento de sistema de previsão de risco de escassez hídrica

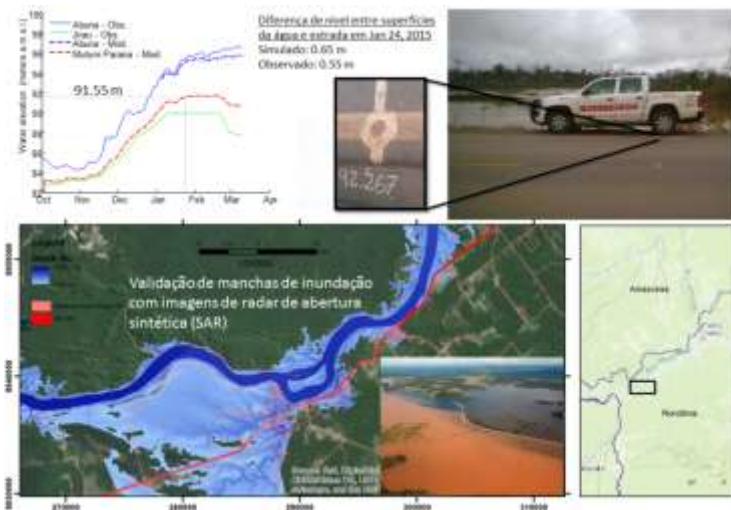


Bacias hidrográficas que estão sendo modeladas, utilizando-se modelo hidrológico distribuído

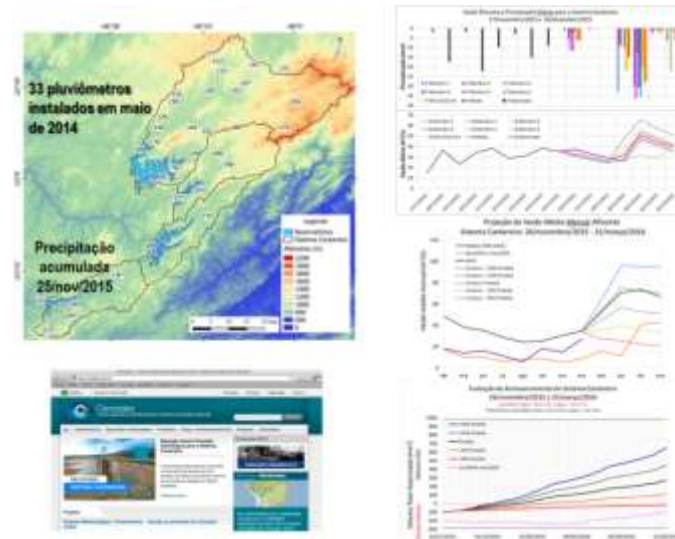


Área de pesquisa: Hidrologia

Sistemas de alerta de inundação de Porto Velho (RO)



Projeto de Monitoramento Sistema Cantareira



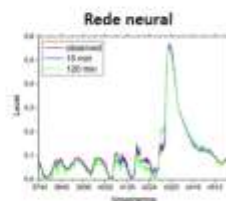
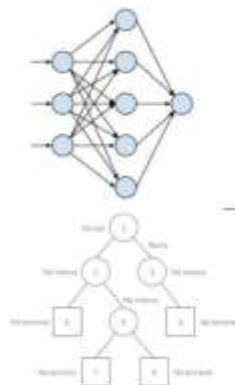
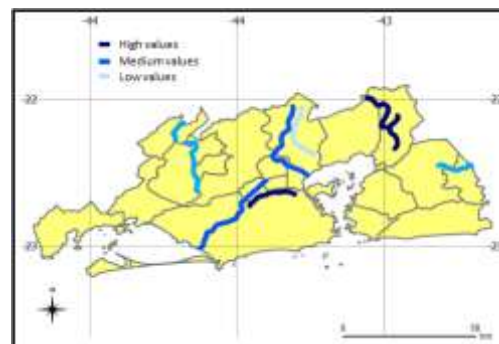
Sistema de previsão numérica de tempo aplicado ao monitoramento e alerta de eventos extremos de precipitação.

Contatos: adriana.cuartas@cemaden.gov.br
conrado.rudorff@cemaden.gov.br
marcio.moraes@cemaden.gov.br
rochane.caram@cemaden.gov.br

Área de pesquisa: Modelagem de desastres naturais

Linhas de pesquisa:

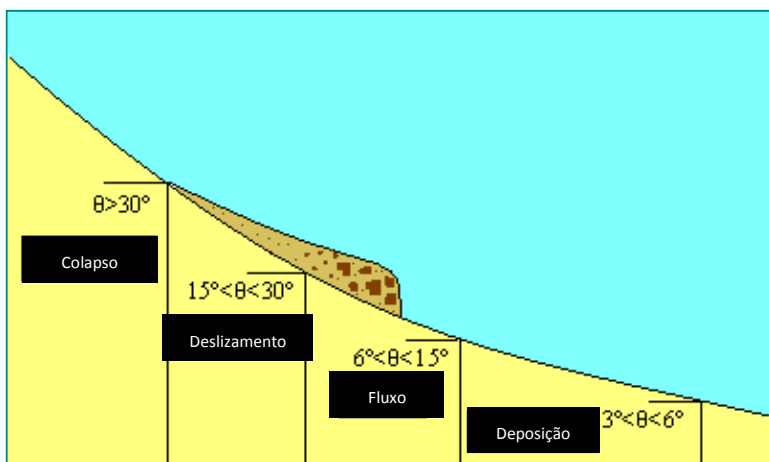
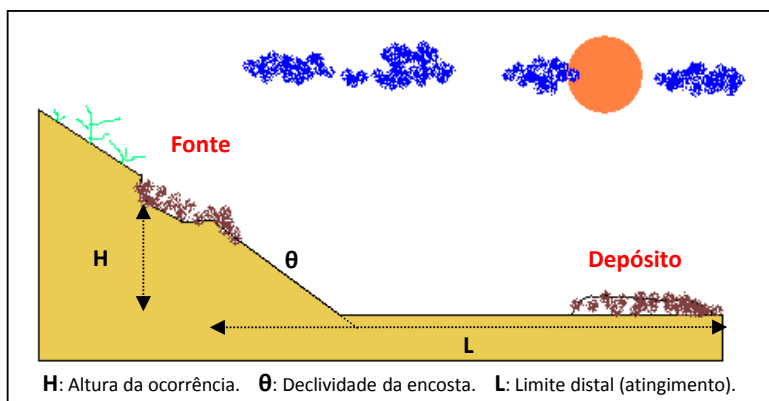
- Modelagem preditiva baseada em dados utilizando técnicas de inteligência computacional
- Impactos de desastres naturais em infraestrutura de transporte/mobilidade urbana



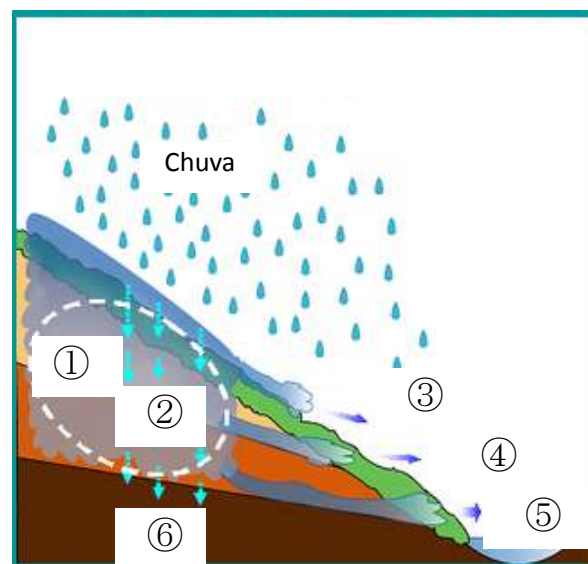
→ Nash > 0.97

Principais Condicionantes dos Movimentos de Massa

Geometria e Composição da Encosta



Escoamento da Água na Encosta

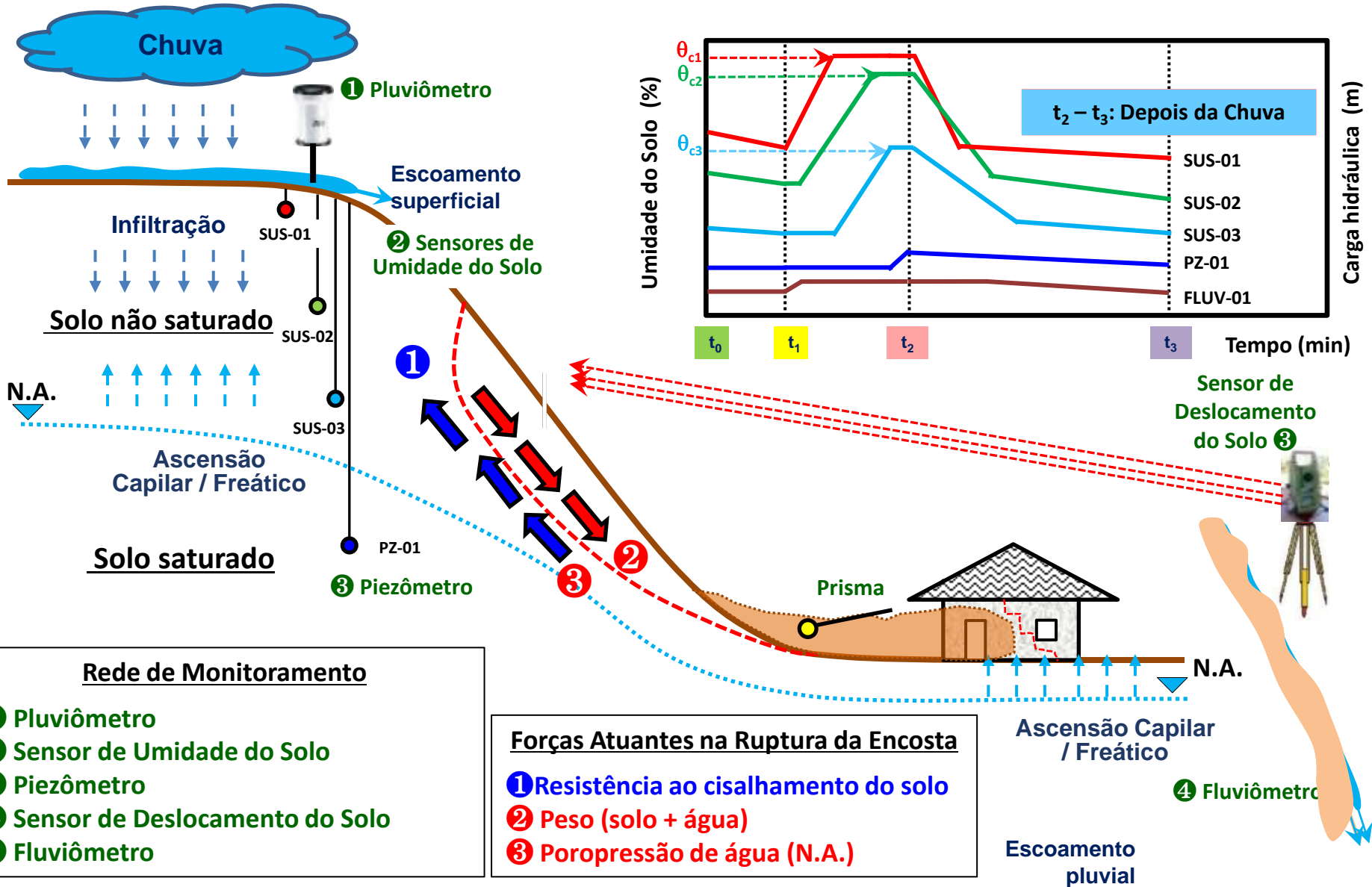


- ① Armazenamento
- ② Infiltração
- ③ Escoamento superficial
- ④ Escoamento subsuperficial
- ⑤ Escoamento subterrâneo
- ⑥ Rocha sã

Intervenção Antrópica



Abordagem Integrada na Pesquisa de Limiar para Alertas de Movimento de Massa



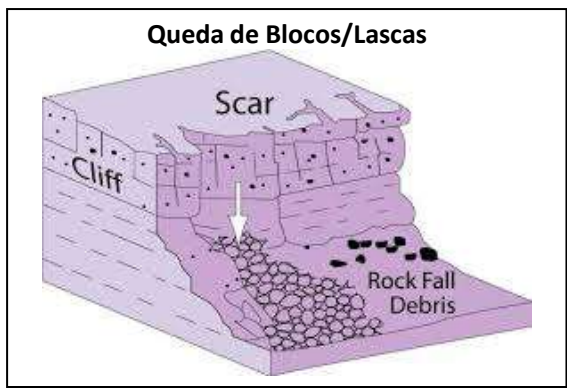
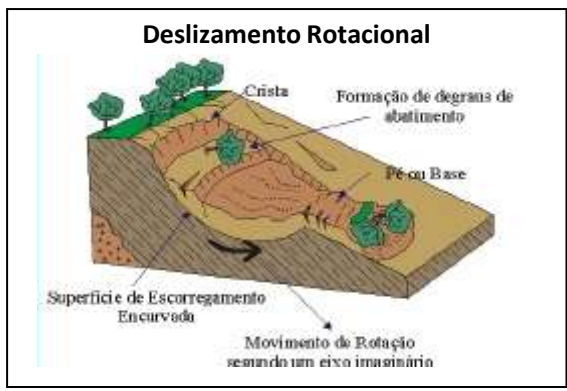
Rede de Monitoramento

- 1 Pluviômetro
- 2 Sensor de Umidade do Solo
- 3 Piezômetro
- 4 Sensor de Deslocamento do Solo
- 5 Fluviômetro

Forças Atuantes na Ruptura da Encosta

- 1 Resistência ao cisalhamento do solo
- 2 Peso (solo + água)
- 3 Poropressão de água (N.A.)

Processos monitorados



DCE: Defesa Civil Estadual.
DCM: Defesa Civil Municipal.

Monitoramento Recomendado	Tipos de Movimentos de Massa				Responsabilidade pela Previsão e Alerta
	Deslizamentos (Planar/Rotacional)	Fluxo de Detritos	Rastejo (Deslizamento Planar Lento)	Queda de Blocos	
Chuva	XXX	XXX			Cemaden / DCE
Geotécnico			XXX	XXXX	DCM / DCE

Previsão de Enxurradas, Inundações e Movimentos de Massa em Encostas para Prevenção de Desastres Naturais

Cemaden/CNPq

Atividade 1: Monitoramento por meio de Estação Total
Atividade 2: Monitoramento por meio de Umidade do Solo
Coordenador: Javier Tomasella

Atividade 1: Estação Total Robotizada

Desenvolver um Sistema de Coleta e Transmissão Remota de dados geotécnicos das Áreas de Risco a Movimentos de Massa dos municípios monitorados pelo Cemaden

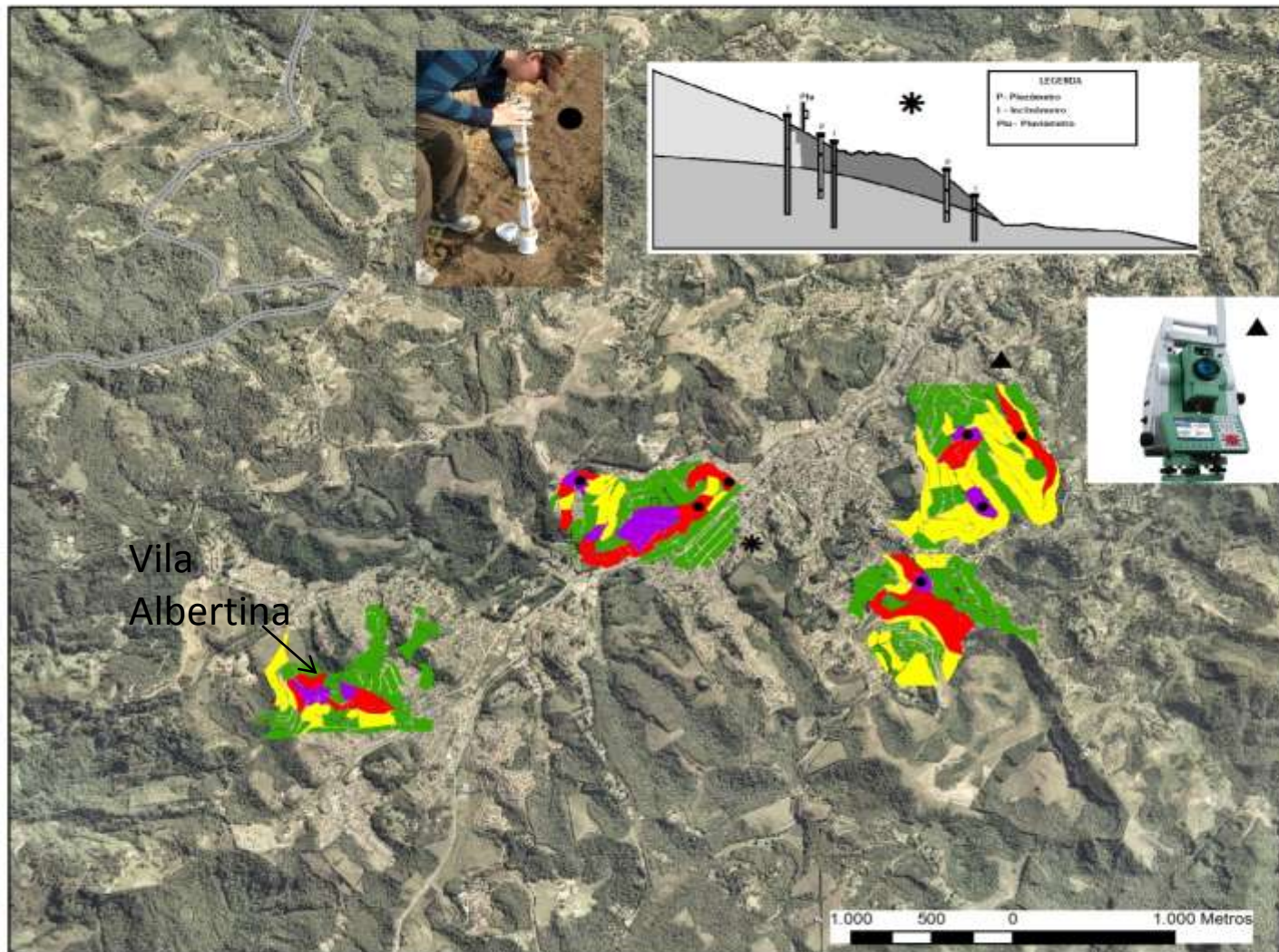
Para que serve?

1 - Aumentar a confiabilidade do Monitoramento de Áreas de Risco a Movimentos de Massa dos municípios monitorados pelo Cemaden.

2 – Melhorar o entendimento sobre os processos geodinâmicos em diferentes domínios geológico-geotécnicos do Brasil

Projeto Piloto: Campos do Jordão

- ***Parceria com a Defesa Civil***
- ***Bairro monitorado: Vila Albertina***
 - *Áreas de riscos mapeadas: IPT e IG*
- ***Local de abrigo da ETR***
 - *Sanatório Nossa Senhora das Mercês*



Localização



Legenda

-  Limite municipal
 -  ETR
 -  Rastejo
 -  Sensores de Umidade
- Áreas de risco a escorregamento (IPT)**
-  Baixo
 -  Moderado
 -  Alto
 -  Muito alto

Fonte dos dados:
 Áreas de risco - IPT, 2002
 Limite municipal - IBGE, 2010
 Ortofotos: FEHIDRO, 2005

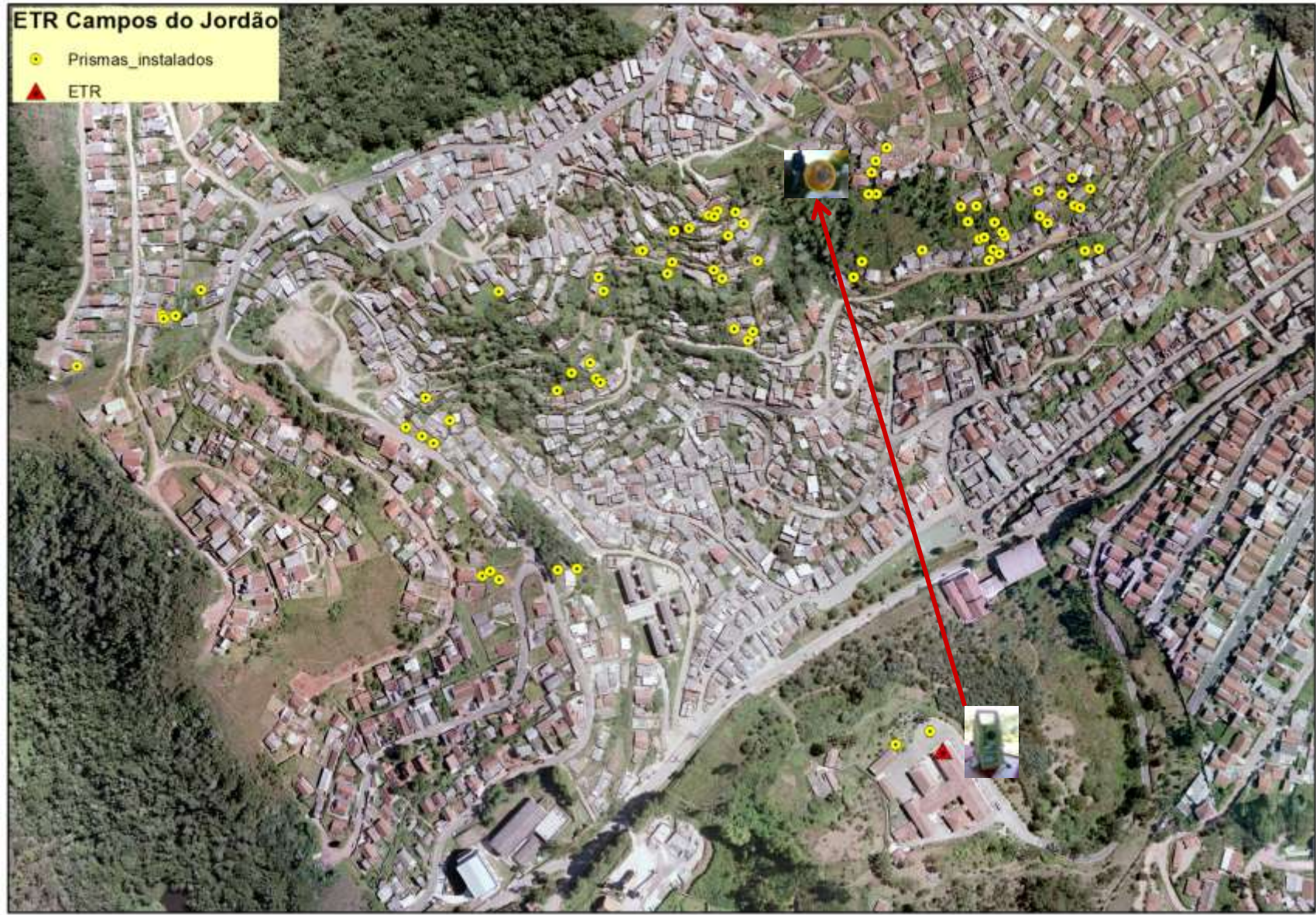
Área Suscetível

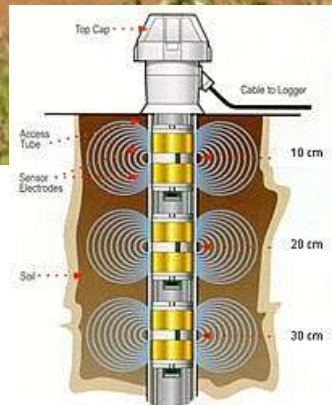
Área Vulnerável (Risco)



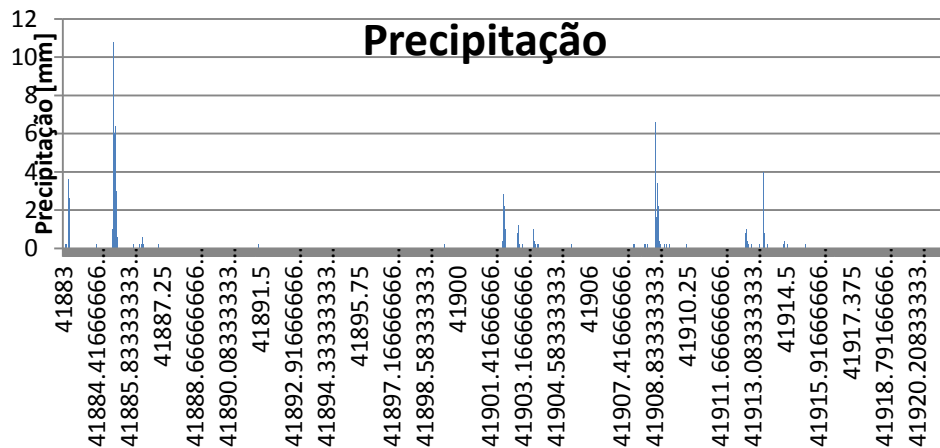
ETR Campos do Jordão

- Prismas_instalados
- ▲ ETR



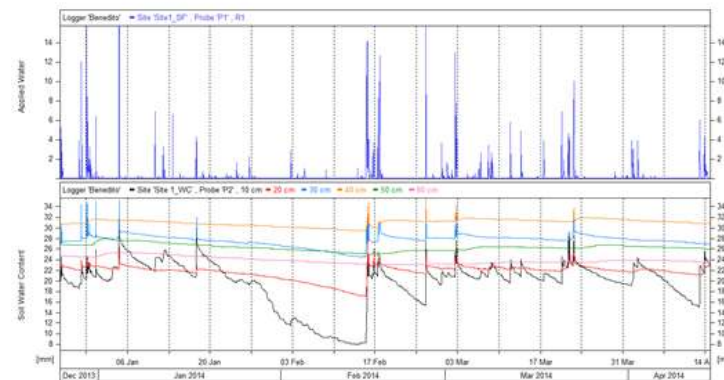


- ***Informações para o sistema de alerta e monitoramento do Cemaden***
- ***Relação direta entre chuva e armazenamento no solo.***
- ***Teor de umidade no solo um dos itens importantes na deflagração de deslizamentos***
- ***Profundidade monitorada: 20, 40, 70, 100, 150 e 200 cm***

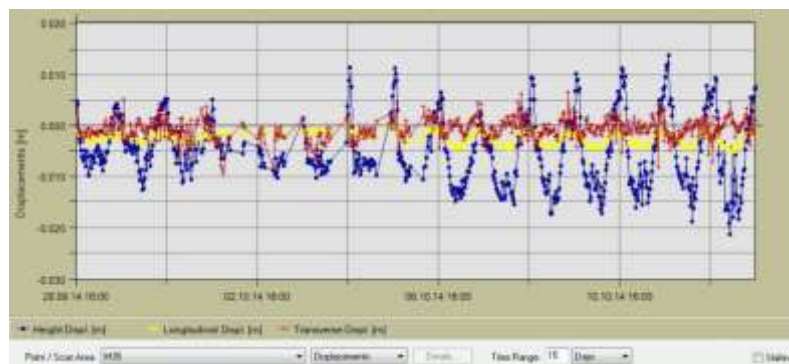


Umidade do solo

Benedito_site1



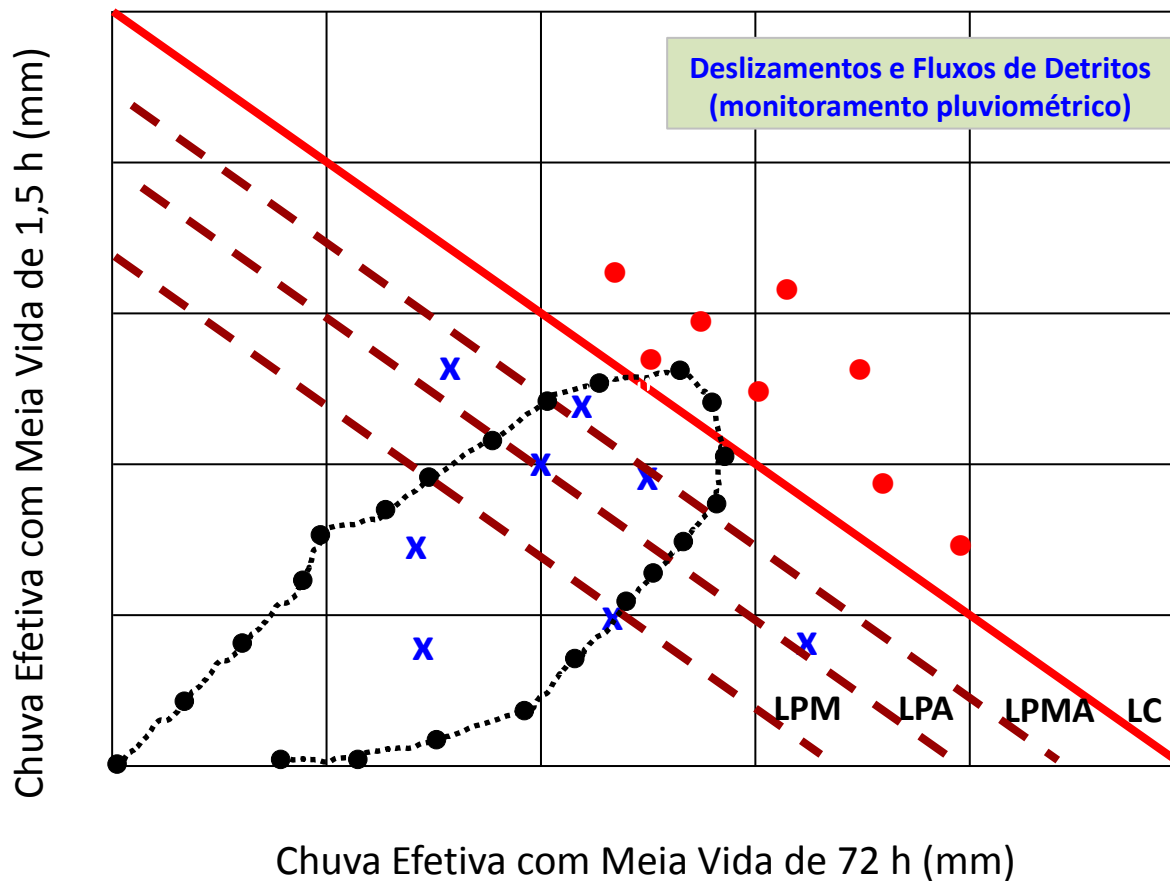
Deslocamento do prisma



Alertas

Uso das linhas de referência e da curva cobra para emissão de alertas

Método Compartilhado



- X Série de Chuvas sem Ocorrência
- Série de Chuvas com Ocorrência
- .. Curva Cobra da Série de Chuvas Atual

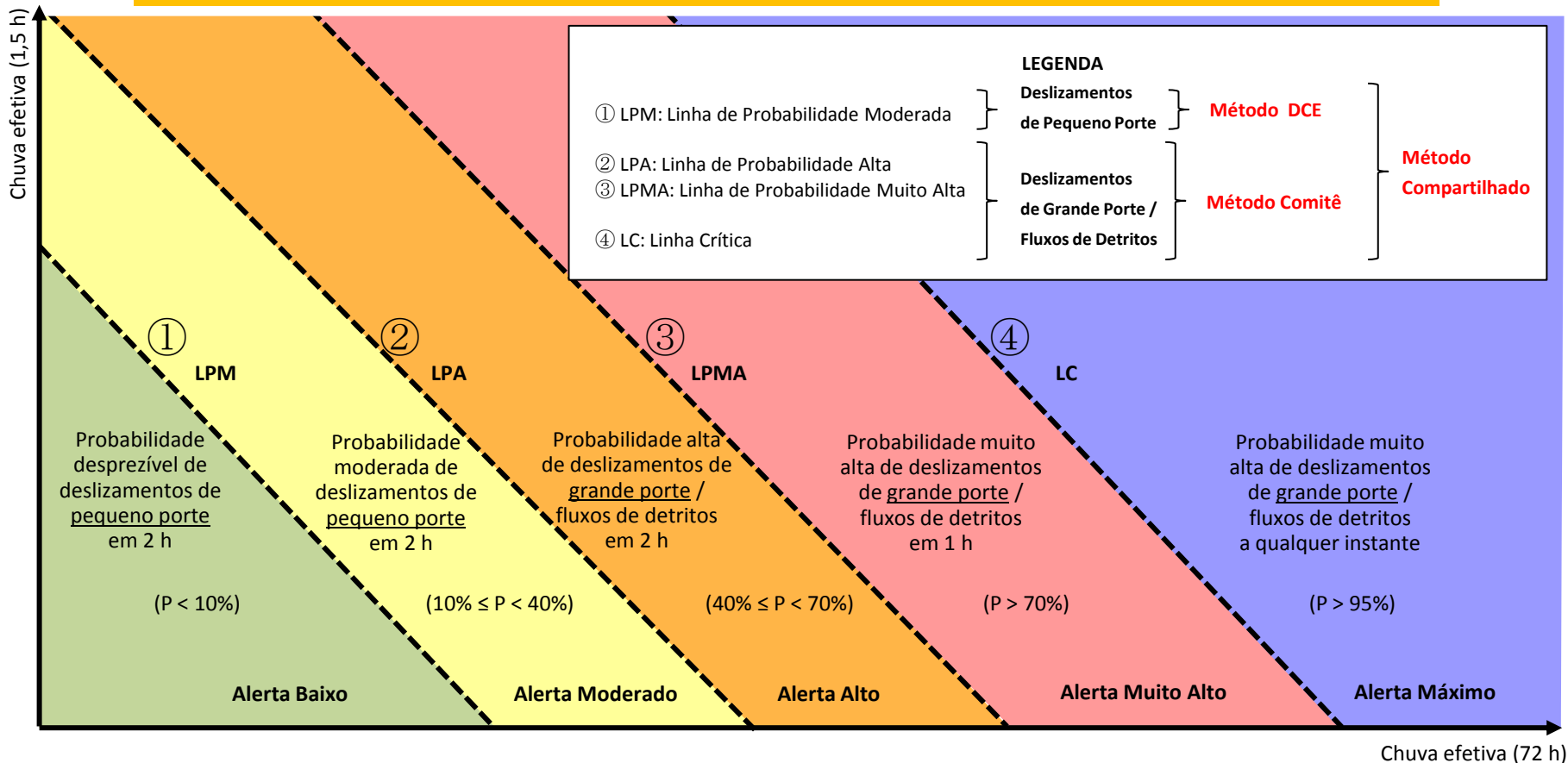
Decisão do Alerta / Evacuação

- Tempo de Antecedência
 - ✓ Evacuação: 1 hora
 - ✓ Alerta: 2 horas
- Previsão da chuva futura
 - ✓ Máxima Chuva de 1 hora
 - ✓ Máxima Chuva de 2 horas
 - ✓ Nowcasting

Máxima Chuva de 1 e 2 horas

Notar que é necessário traçar a LA e a LE, uma vez que não se dispõe da previsão de chuva de curto prazo (nowcasting). A chuva máxima histórica é usada como estimador da chuva futura

Critérios conjuntos para emissão de alertas e avisos – Requisitos gerais



	Vigilância	Pré-Atenção	Atenção	Alerta	Alerta Máximo
Nível Operacional					
Plano de Contingência	<ul style="list-style-type: none"> • Monitoramento de rotina • Ações de melhoria contínua 	<ul style="list-style-type: none"> • Intensificação de monitoramento • Mobilização de equipes 	<ul style="list-style-type: none"> • Intensificação de monitoramento • Vistorias, interdições e remoções preliminares • Inspeção de abrigos, rotas etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • Intensificação de monitoramento • Vistorias, interdições e remoções adicionais • Início da evacuação 	<ul style="list-style-type: none"> • Final da evacuação • Intensificação de monitoramento • Vistorias, interdições, remoções complementares

ALERTAS E CENÁRIOS DE RISCO

CENÁRIO DE RISCO = Setor de Risco¹ + Condição deflagradora²

¹processos de movimento de massa

²meteorológica, hidrogeológica-geotécnica, hidrológica

Cenário de Risco	Descrição
Moderado	<ul style="list-style-type: none">Deslizamentos pontuais e induzidos em taludes de corte e aterro de risco alto e muito alto.
Alto	<ul style="list-style-type: none">Processos diversos envolvendo corpos rochosos (queda de blocos, deslocamentos etc.).Número significativos de deslizamentos em talude de corte e aterro e deslizamentos esparsos em encostas naturais de risco baixo à muito alto.
Muito Alto	<ul style="list-style-type: none">Deslizamentos generalizados com risco muito alto de vítimas fatais e danos.Rolamento, queda de blocos e possibilidade de corridas.

Emissão de Alertas

Diagnóstico
Condição atual

Geológico



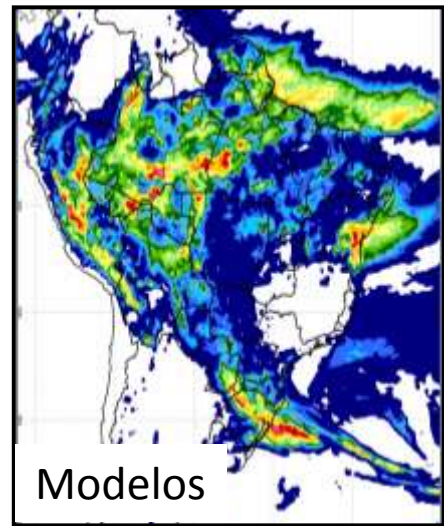
Prognóstico

Construção do cenário de risco
Processo + Risco

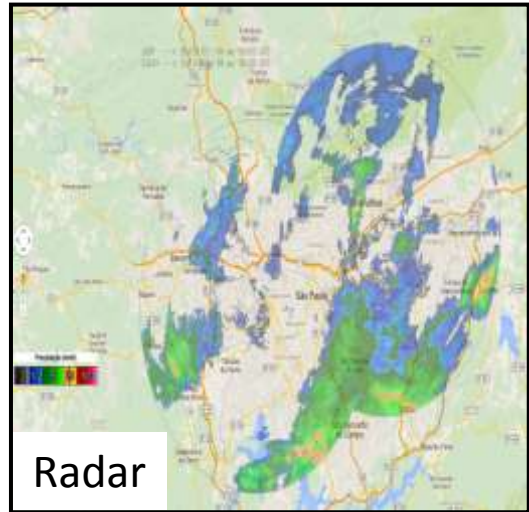
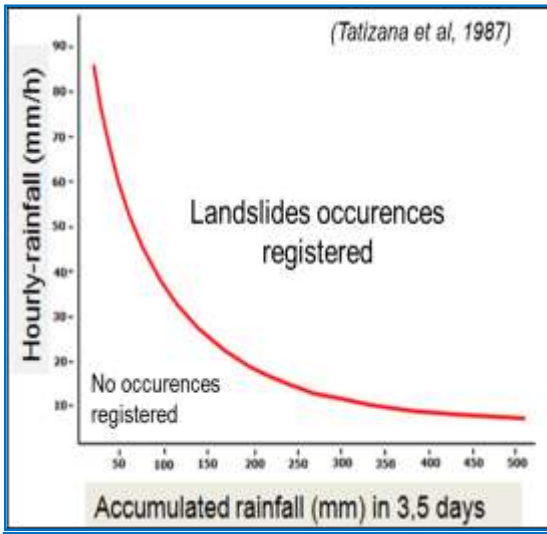
Tomada de Decisão Multidisciplinar

UF	Cidade	Nome	Data	Classe	1	2	3	4	5	6	7	8
SC	ARARÁ	(?)	21/07/15 14	0800	18	24	28	31	33	35	36	36
SC	SCHREIBER	Gravil(?)	21/07/15 13	0800	18	22	24	25	27	28	28	27
CE	BARÁ	Gravil(?)	21/07/15 03	0900	7	18	28	31	32	31	31	31
SC	SCHREIBER	Gravil(?)	21/07/15 02	0800	8	8	18	19	20	19	18	18
SC	SCHREIBER	Gravil(?)	21/07/15 04	0800	8	8	18	18	18	18	18	17
GO	URUGUÁ	(?)	21/07/15 02	0800	5	5	5	5	5	5	5	5
GO	YORUBATÁ	(?)	21/07/15 02	0800	4	4	4	4	4	4	4	4
SC	SCHREIBER	(?)	21/07/15 02	0800	4	4	4	4	4	4	4	4

Pluviômetro



Modelos



Radar

UF	Cidade	Limiar	Limiar	Limiar	Limiar
RJ	Niterói				
RJ	Novo Friburgo				
RJ	Rio das Ostras				
RJ	Petropolis	30mm/h	40mm	60mm	100mm
		7-5, encostas perturbadas	6-15, ev. maior parte	8-20, ev. alta magnitude	>30, ev. Desencadeadas
		Nível de probabilidade de desencadeamento			
RJ	Rio de Janeiro	15-30mm/h	30-100mm		100-170mm com 10-30mm Ac.24h
		30-50mm/h	100-170mm		170-240mm com 30-50mm Ac.24h
		>50mm/h	>170mm		>240mm com >50mm Ac.24h
		40mm/h	Limite para acionar alertas		
		30mm/h	70mm		100mm
RJ	São Gonçalo				
RJ	São José do Vale do Rio Preto				
RJ	Sardobom				
RJ	Teresopolis				
RJ	Fantasia Javari				
RJ	Igarahi				
RJ	Itim				

Limiar Chuva x Deslizamento

Exemplo - Movimentos de massa



ALERTA

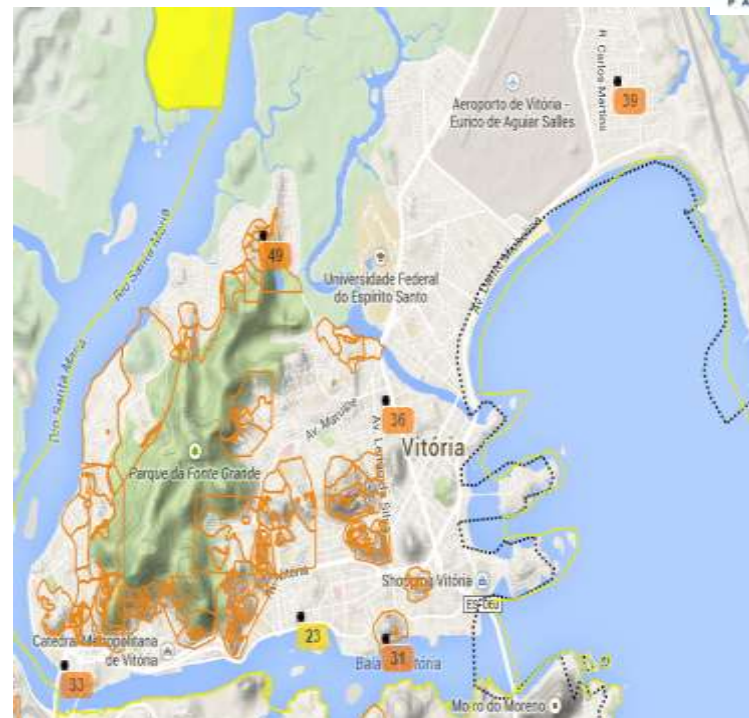
ALERTA: 0965/2014 ESTADO: ES
 ABERTO EM: 30/10/2014 HORA: 17h35
 ATUALIZADO EM: HORA:
 TIPO DE PROCESSO: MOVIMENTOS DE MASSA **MODERADO**
 REGIÃO/NÍVEL DE ALERTA: Município de Vitória

Comunica-se o alerta de risco **MODERADO** de MOVIMENTOS DE MASSA para o município de Vitória - ES.

As áreas de risco de movimentos de massa localizam-se em encostas caracterizadas pela alta densidade populacional, alta vulnerabilidade estrutural das moradias e histórico de ocorrências de movimentos de massa.

Esta situação associada à precipitação incidente, ao acumulado de precipitação já registrado nos últimos dias, à previsão de continuidade da chuva e informação indica possibilidade moderada de ocorrência de movimentos de as áreas de risco mapeadas e identificadas na Figura 1, como Pedro.

Nas últimas horas há registro de chuva em torno de 20mm (Figuras 2 e 3). No momento há atuação de áreas de instabilidade valores de precipitação já registrados (Figura 4).



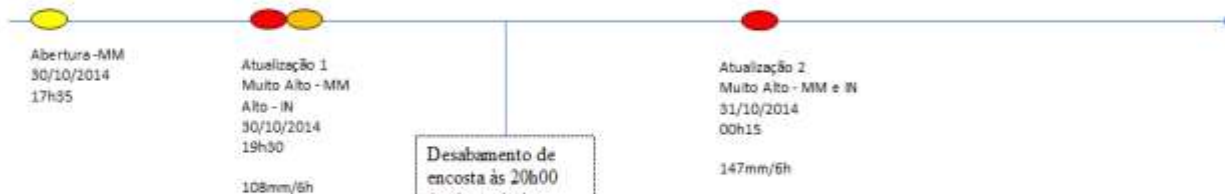
ALERTA: 0965/2014

Vitória-ES

Data de Abertura: 30/10/2014

Data do Cessar:

Níveis do alerta
 Moderado (Yellow)
 Alto (Orange)
 Muito alto (Red)



Desabamento de encosta às 20h00 (registro de 1 pessoa soterrada).
 Registros (até às 22h00) de pontos de algamentos em diversas localidades do município.