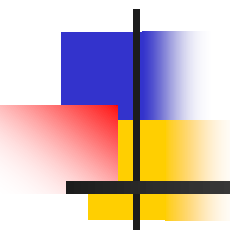


Monitoramento das condições climáticas associadas às geotécnicas na BR-116/RJ



Mauricio Ehrlich
COPPE/UFRJ



Equipe da pesquisa



CRT

- Eng. Clara Ferraz
- Eng. Sergio Magalhães
- Eng. Matilde Villela de Souza
- Técnico Sebastião Menezes
- Analista de Sistemas Antonio Jebrael.

- Prof. Maurício Ehrlich
- Prof. Willy A. Lacerda
- Geol. Ricardo d'Orsi , doutorando
- Eng. Glauco Aguillar Oliveira, doutorando
- Eng. Hécio Gonçalves

The logo for INMET features a stylized graphic on the left consisting of overlapping yellow, red, and blue squares with a black crosshair. To the right of this graphic, the word "INMET" is written in a bold, blue, sans-serif font.

INMET

- Meterologista Luis Carlos Austin
- Meterologista Marlene Leal



Objetivos

- monitoramento das condições climáticas;
- desenvolver modelos de previsibilidade de temporais e sistema de alerta meteorológico;
- correlacionar chuvas com o comportamento de encostas;
- definir os índices de chuva que fomentam deslizamentos e estabelecer “indicadores de alerta”.



Escopo da pesquisa

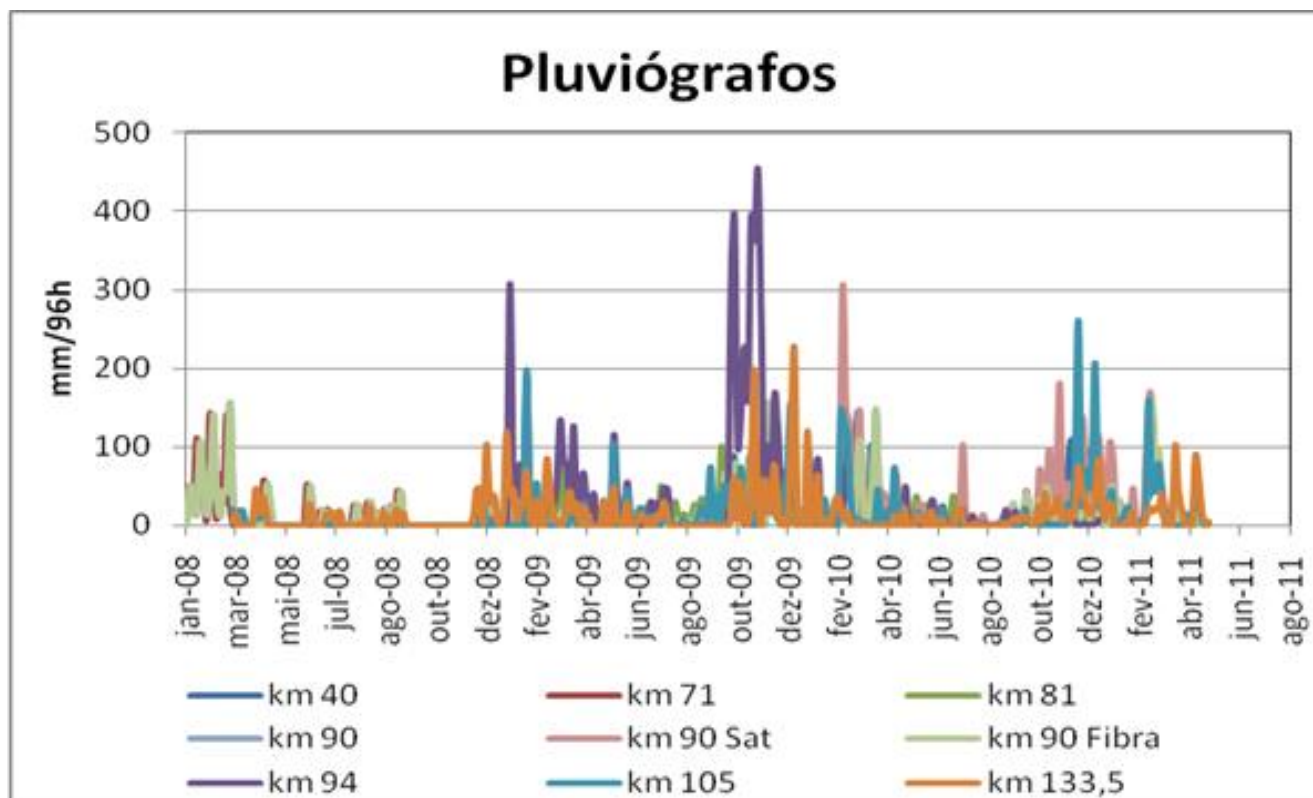
- avaliar o tipo e efeitos de chuvas na rodovia;
- correlacionar chuvas, água subterrânea e movimentos em encostas;
- estão sendo monitorados locais específicos e também avaliada a rodovia como um todo com base em boletins de ocorrência.

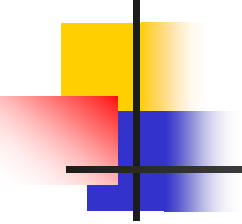


Equipamentos

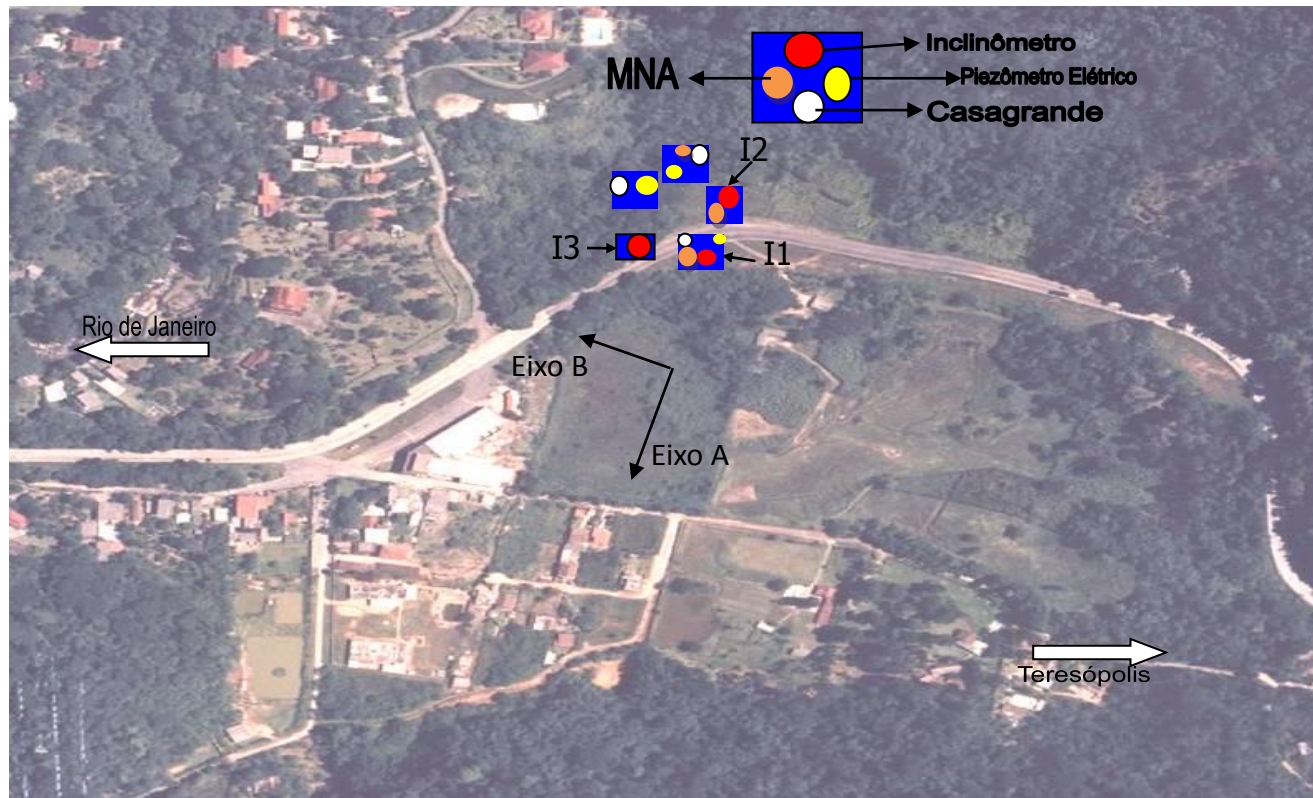
- pluviógrafos (cinco);
- estações automáticas completas (duas);
- sistema intercomunicação CRT-INMET-COPPE;
- inclinômetros (três verticais);
- piezômetros tipo corda vibrante (onze);
- piezômetros tipo Casagrande (onze);
- leitoras automáticas piezômetros corda vibrante.

Registros de chuvas observados nos pluviômetros



- 
-
- estação chuvosa meses de novembro a abril.
 - picos significativos com acumulados diários superiores a 150 mm.
 - chuvas do tipo convectivas e orográficas.
 - as chuvas convectivas são responsáveis pelos altos picos diários registrados (chuvas de verão).

Instrumentação geotécnica km 101

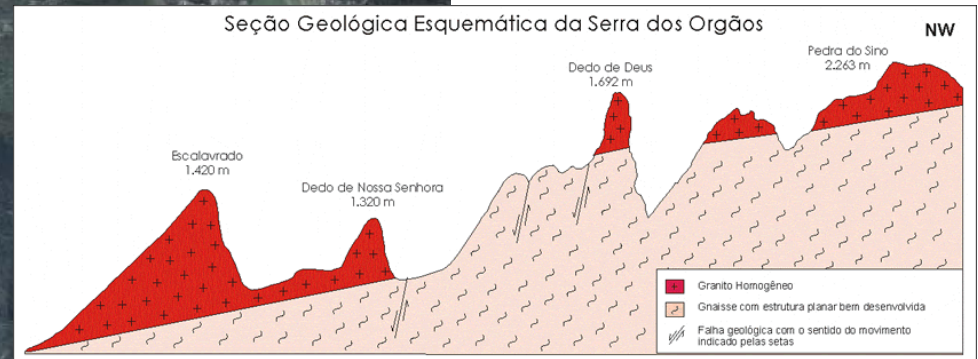




Histórico

- movimentos ocorrem permanentemente no local, observam-se desvios significativos na pista;
- hoje tem-se em andamento os trabalhos de implantação da 3ª faixa da subida da serra.
- os trabalhos incluem renivelamentos das pistas existentes e implantam-se sistemas de drenagem superficial e profunda no local.

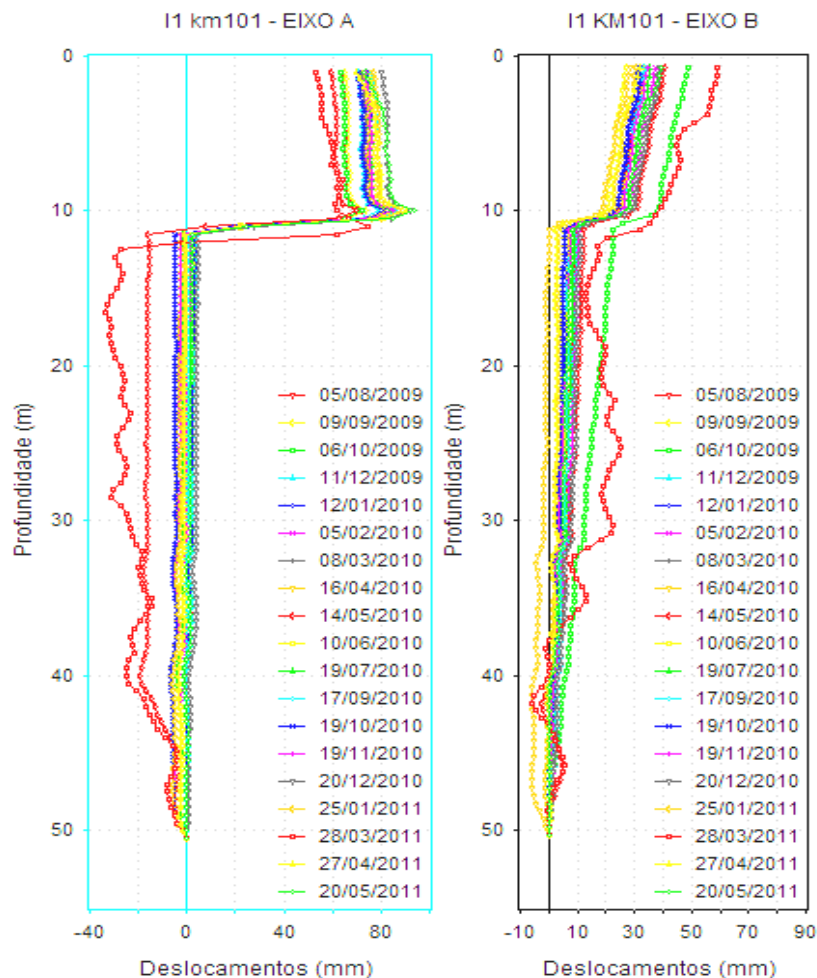
Configuração topográfica e geologia regional



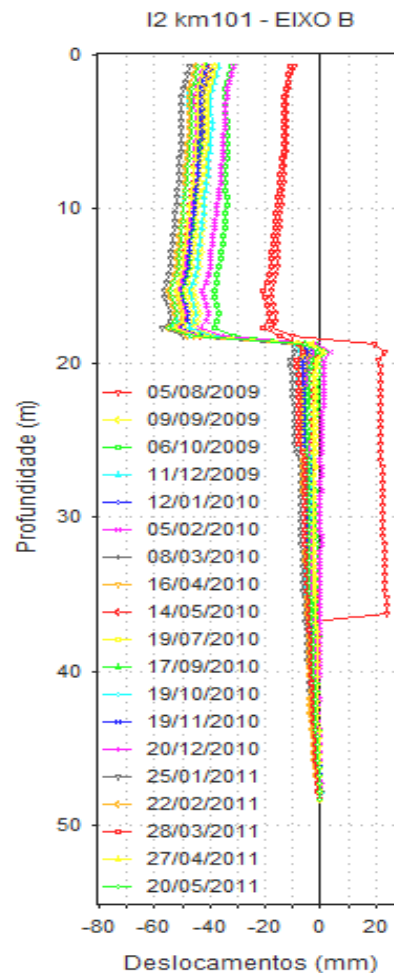
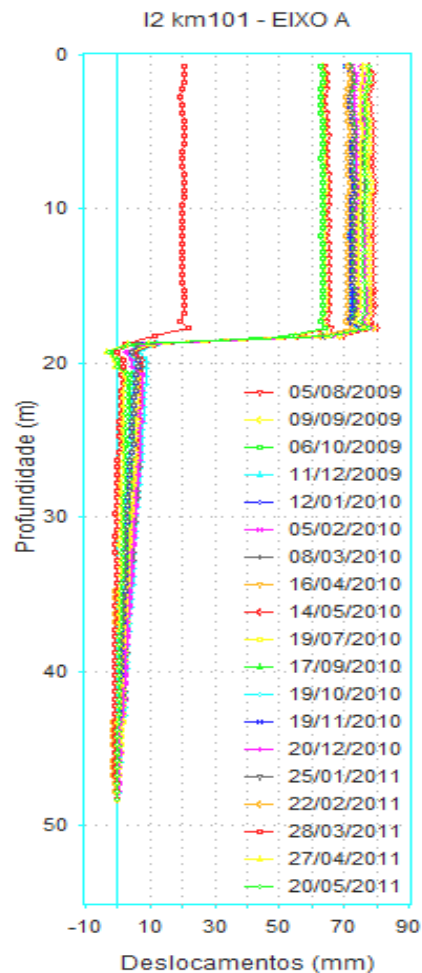
10mm

Amosta tirada km 101

Movimentação lateral (I1)



Movimentação lateral (I2)

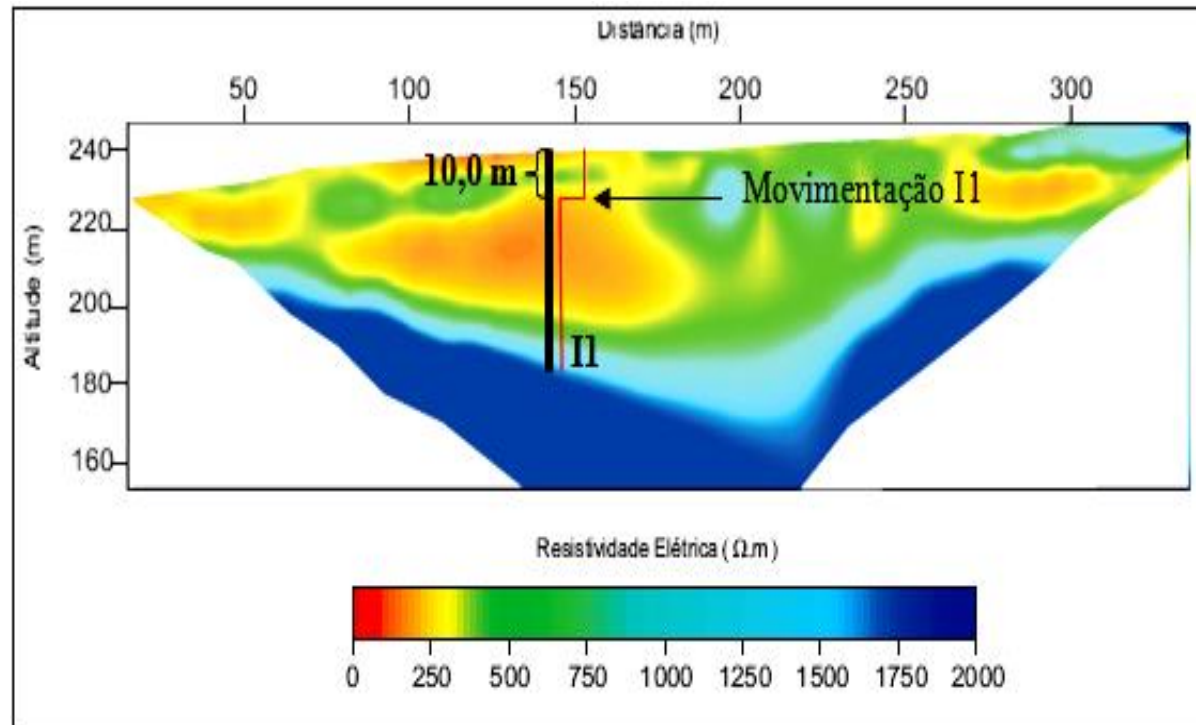


Movimentações totais

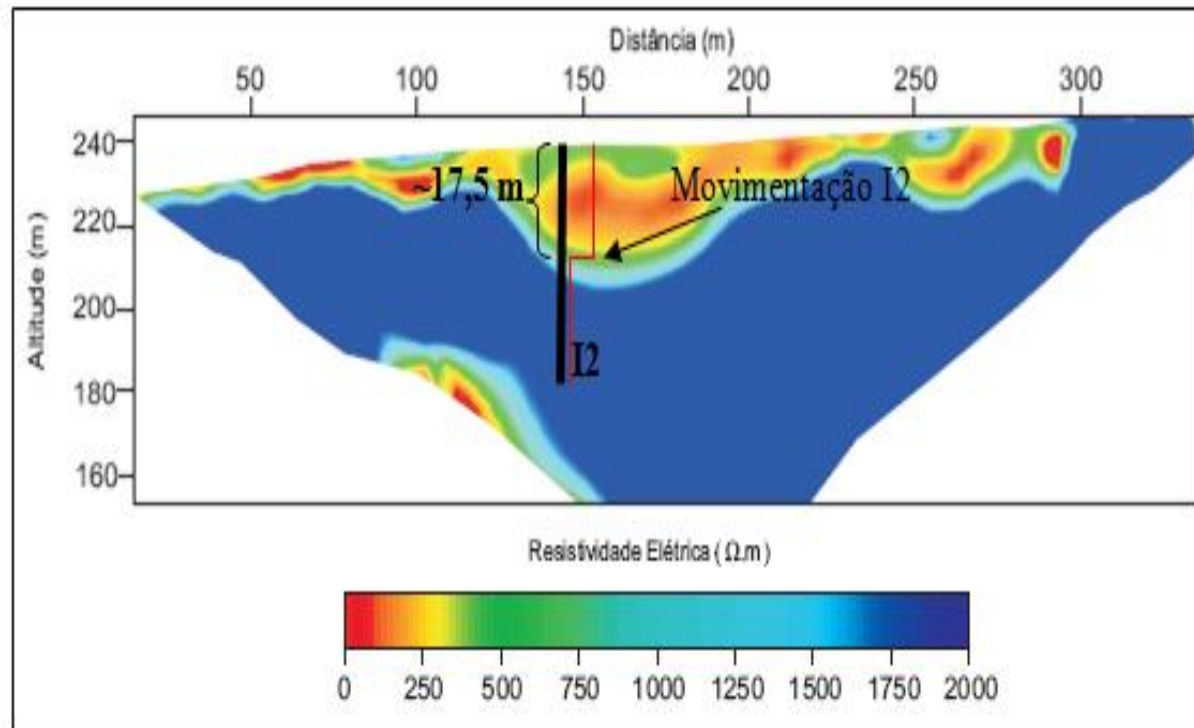


150m

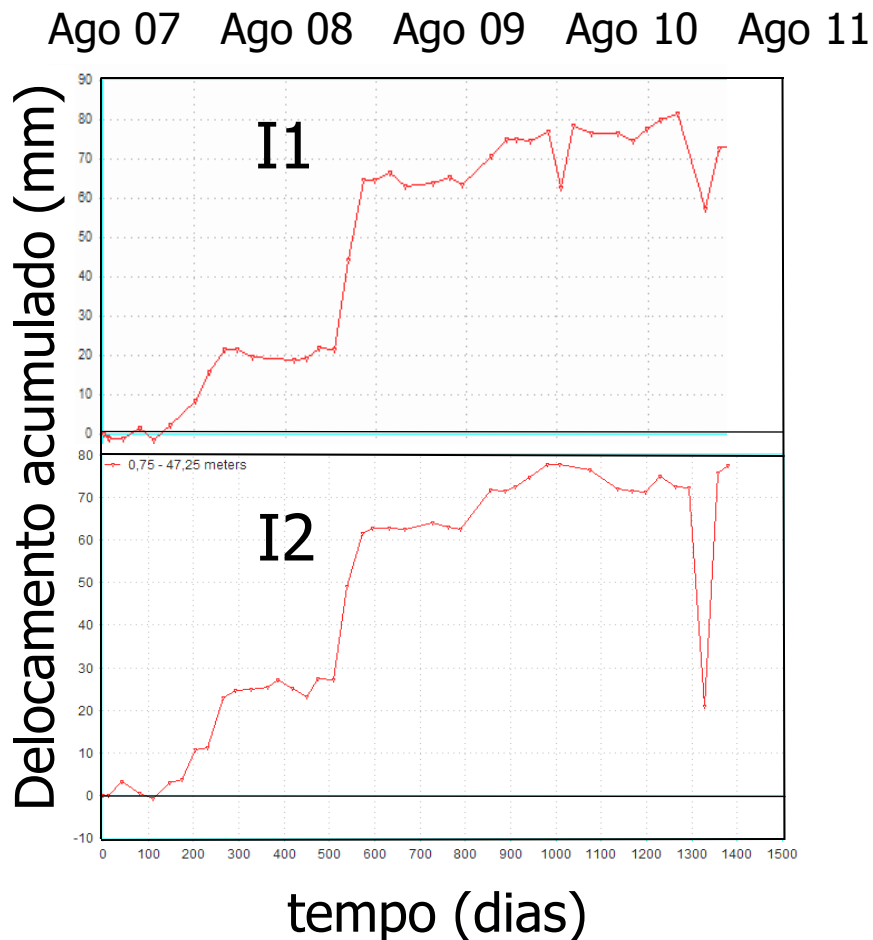
Sondagens geofísicas (perfil CRT-03) e inclinômetro I1.



Sondagens geofísicas (perfil CRT-02) e inclinômetro I2.

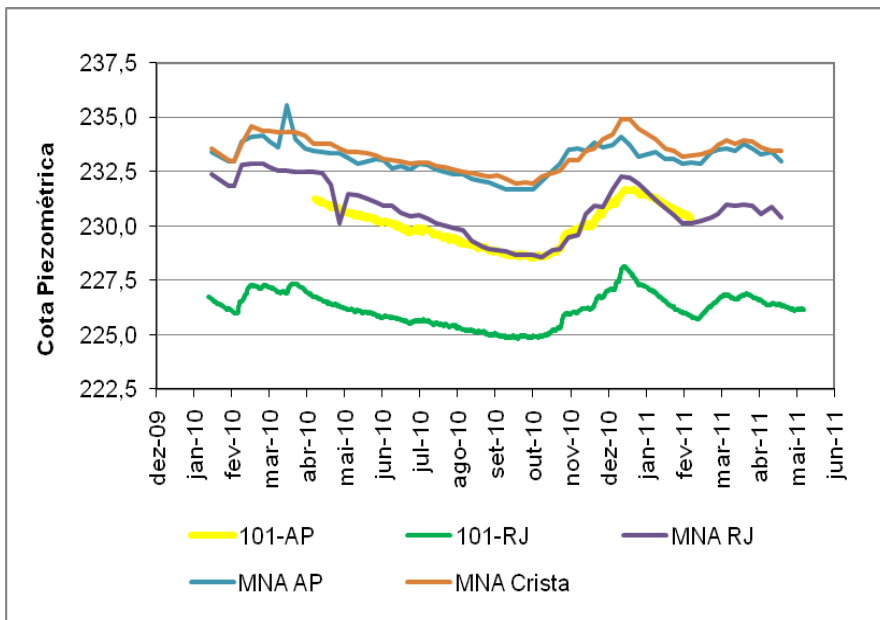


Deslocamento acumulado (eixo A)



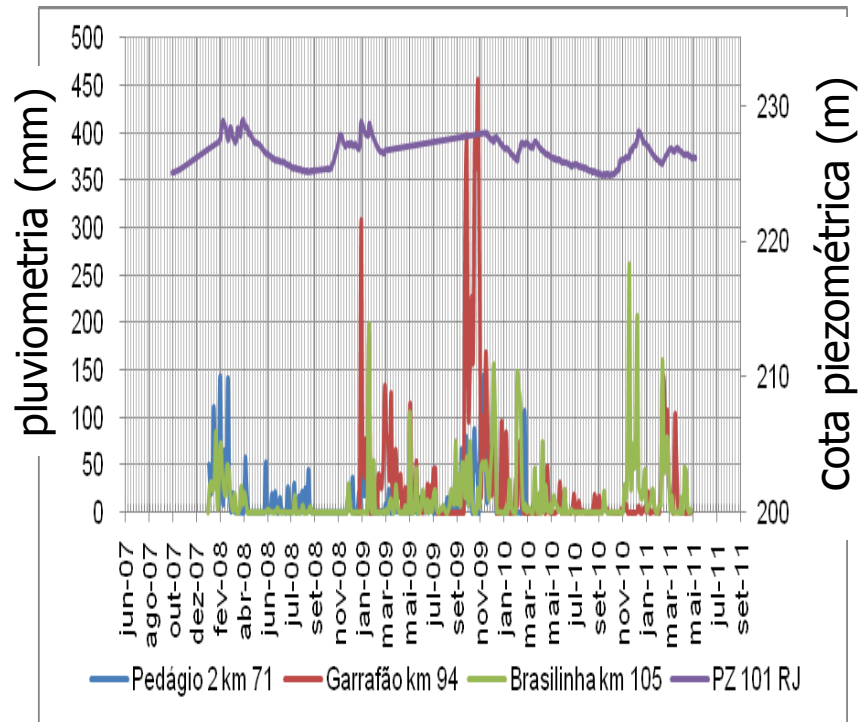
- Deslocamentos basicamente nos períodos chuvosos e coincidem com a subida dos níveis piezométricos;
- Velocidade de deslocamento (~ 40 mm/ano) classificada como Muito Baixa (Cruden & Varnes, 1996);
- Nos períodos chuvosos as taxas de deslocamento chegaram a atingir valores da ordem de 20 mm/mês.

Medidores de N.A vs. leituras piezométricas



- Observa-se que as variações de leituras dos diferentes instrumentos apresentam correspondência;
- Os MNA apresentam cotas piezométricas superiores aos piezômetros próximos;
- Tal indica que ocorre um fluxo de cima para baixo.

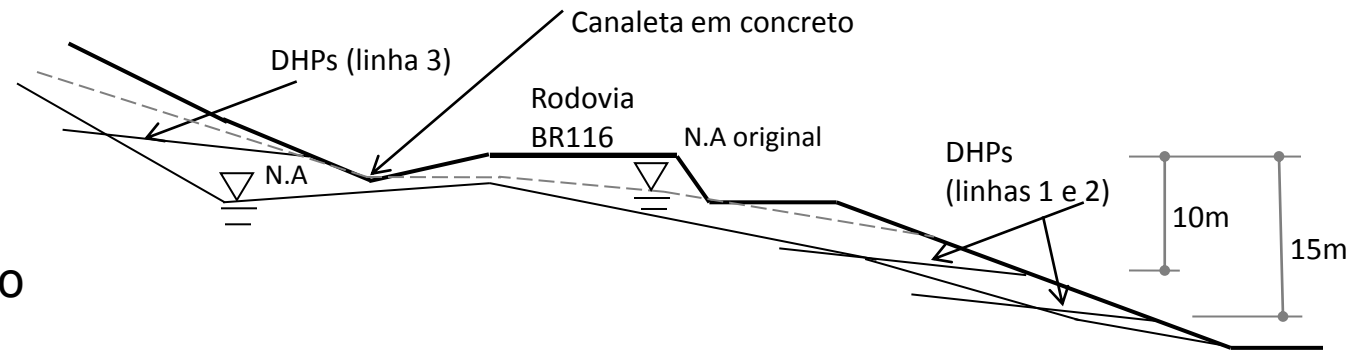
Pluviometria vs. leituras piezométricas



- As leituras piezométricas variam com chuvas acumuladas superiores a 100 mm (em 96 horas).
- O tempo de resposta dos piezômetros apresentam-se aproximadamente 7 dias.

Intervenção geotécnica*

* 3 linhas de 10 DHPs
de 50 m comprimento



$$Q = 480 \text{ L/h}$$



Comentários

- Sondagens geofísicas e convencionais indicam a existência no km 101 de uma língua de material menos consolidado. A língua inclina-se ($\sim 45^\circ$) em relação ao eixo da rodovia no sentido Rio de Janeiro e tem profundidade variando de 30m a 70m, e largura de 150m (27m prof.) e 100 m (47m prof.).
- Trata-se de um paleotalus, ou seja, blocos de rocha vindo da escarpa acima ao longo de milhares de anos. Esses blocos de rocha depositaram-se num antigo talvegue existente no local.
- As movimentações laterais mensuradas em dois pontos mostraram valores similares quanto à velocidade, períodos e deslocamento acumulado (~ 90 mm);
- Maiores deslocamentos (valores até 20 mm/mês) ocorrem nos períodos chuvosos (associados à subida dos níveis piezométricos) e praticamente nulos nos períodos de estiagem.



Comentários (continuação)

- O movimento é classificado como rastejo por ser intermitente. A velocidade de deslocamento (~ 40 mm/ano) pode ser descrita como Muito Baixa (Cruden & Varnes, 1996).
- As leituras piezométricas variam com chuvas acumuladas superiores a 100 mm (em 96 horas) e o tempo de resposta no piezômetro apresenta-se aproximadamente 7 dias;
- DHPs estão em implantação com o objetivo de manter o N.A. abaixo do valor que promove movimentações.

Instrumentação geotécnica km 86 ao km 88



Histórico km 87.3



- ruptura de trecho em aterro à meia encosta (Fev./2005);
- trecho colapsado – 10m profundidade e 40m extensão;
- corrida de lama 120m na direção da Granja Comari.

Situação anterior ao colapso

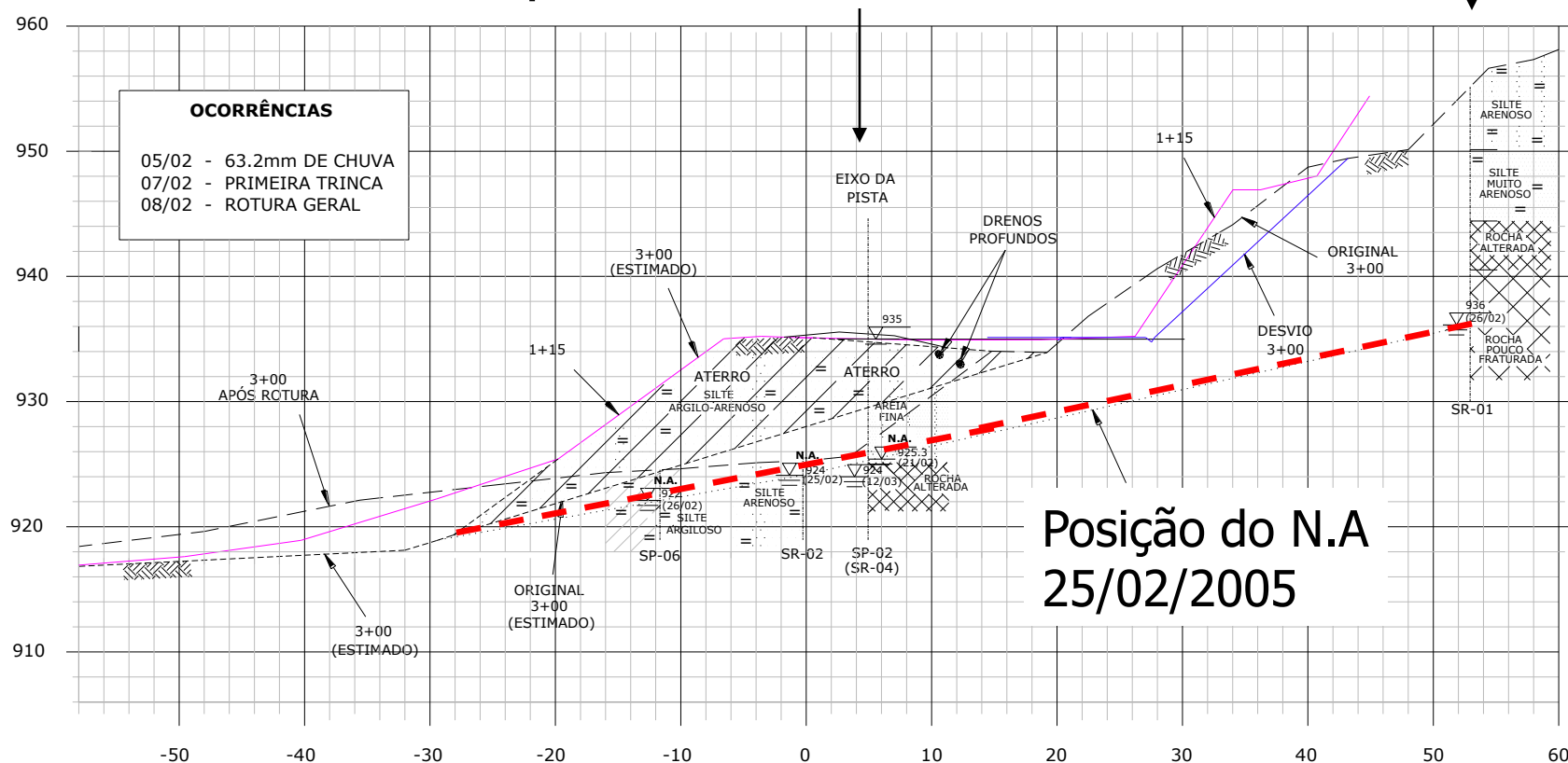


região do
colapso

Perfil original do terreno

piezômetro "crista"

piezômetro "viaduto"

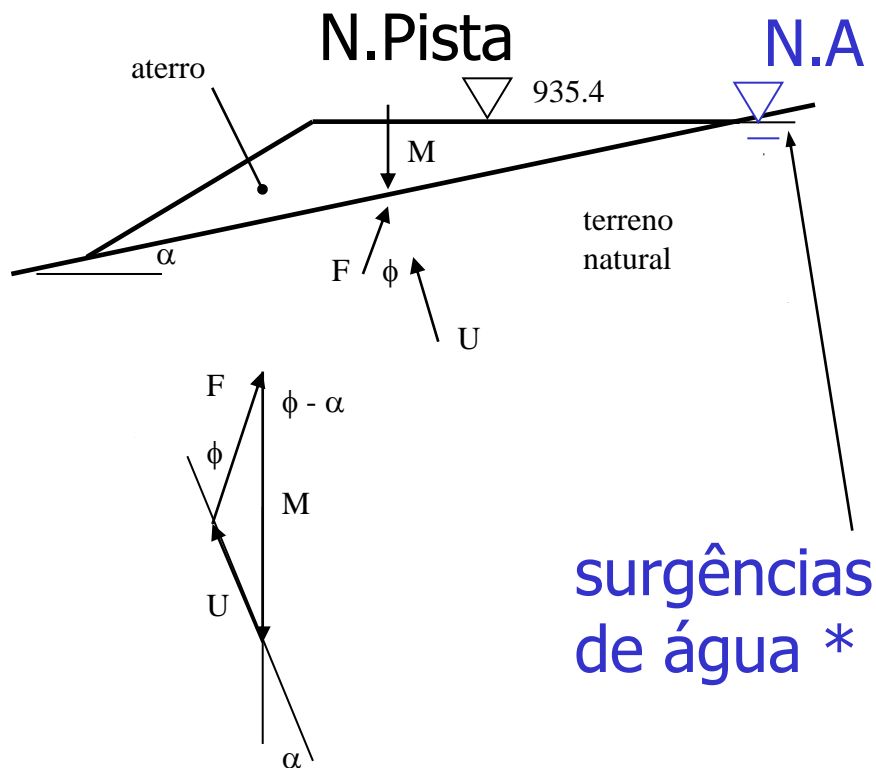




Histórico - km 87.3

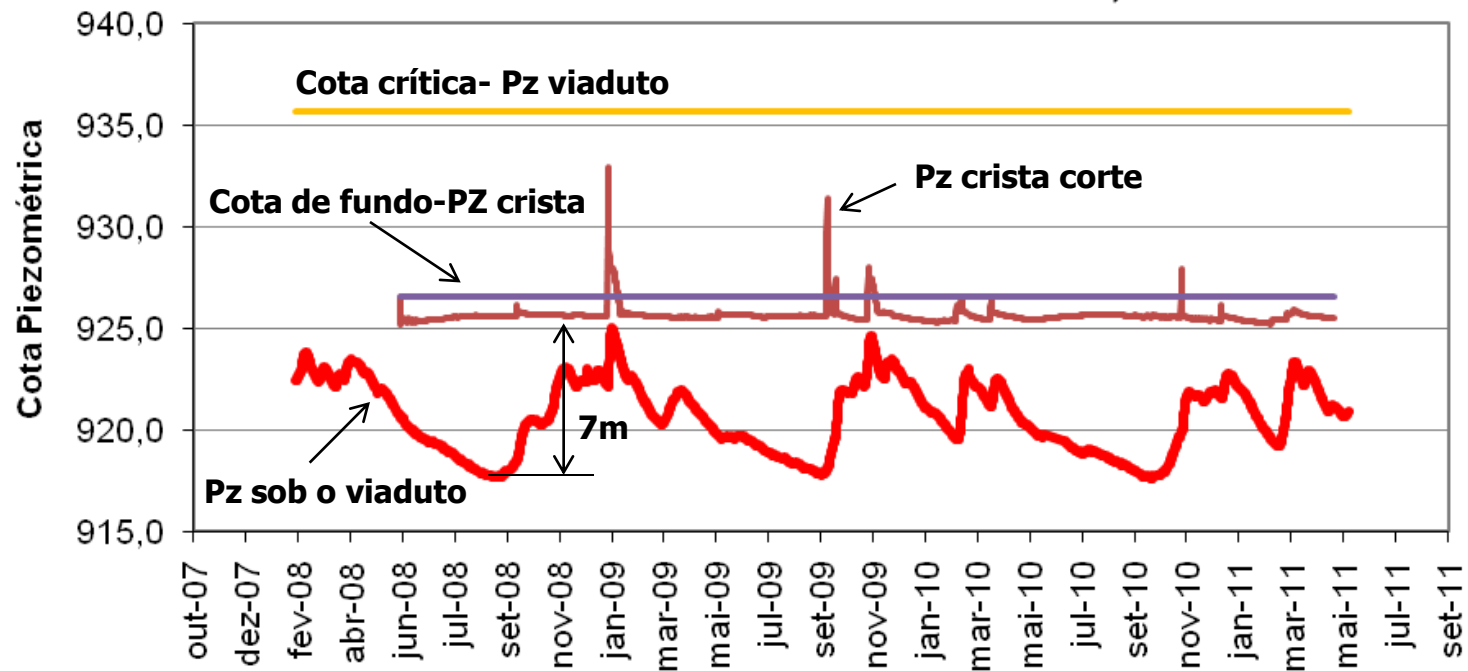
- a rotura deu-se pelas deficiências de drenagem do terreno natural (talvegue) na base do aterro;
- colchão drenante (fase construtiva da rodovia)
ou drenos subhorizontais (intervenção posterior)
poderiam ter evitado o sucedido.

Análise de estabilidade



- surgências d'água ladeando a pista foram verificadas no dia anterior à rotura *;
- demonstrou-se que a carga hidráulica na base do aterro coincidiria com o nível da pista, na condição de colapso.

Monitoração de pressões d'água, km 87.3



Instalação de drenos subhorizontais



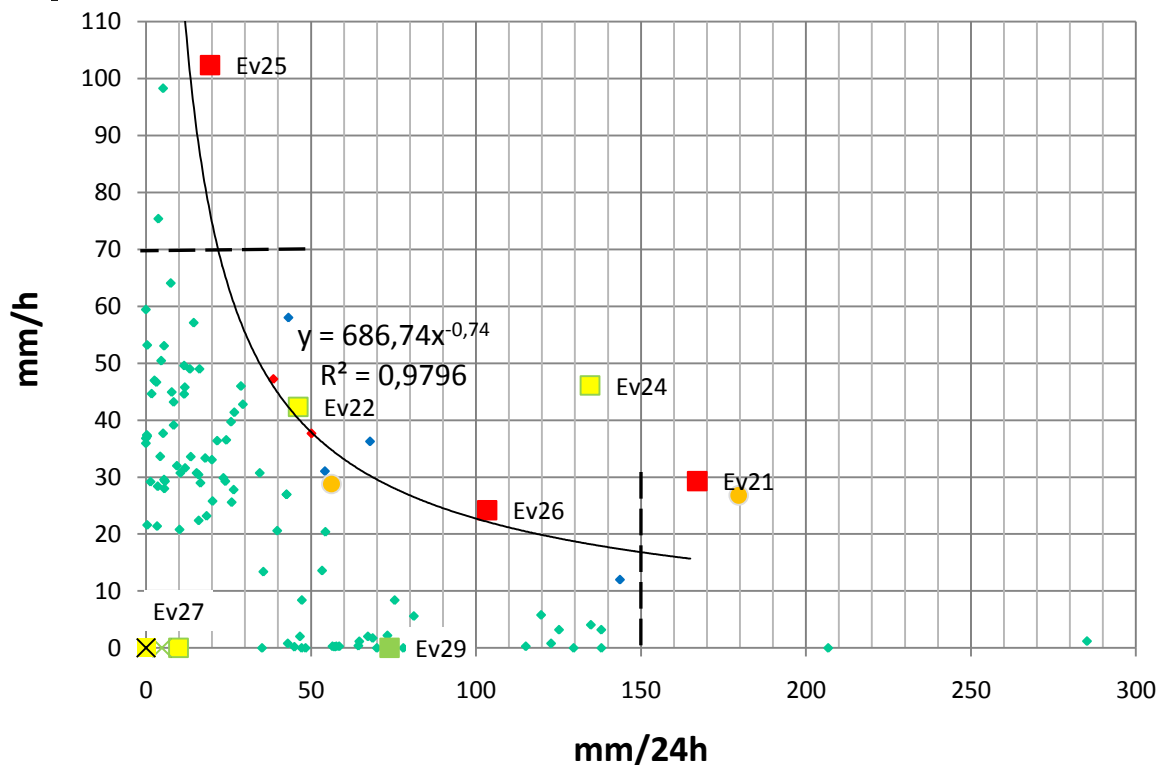
Comentários

- Os valores mensurados apresentam-se bem aquém da cota piezométrica crítica para os aterros situados no entorno do km 87.
- Os piezômetros elétricos foram sensíveis ao pico de chuva acumulado (291 mm em 96h; Posto Garrafão).
- Cerca de sete dias após o registro, todos os piezômetros registraram picos nas medidas de poropressão.
- Intensidades de chuvas menores que 50 mm, em 96 horas, não tiveram reflexo nas leituras piezométricas.



Correlação chuvas vs. eventos

Chuva vs. eventos



- ◆ Chuvas
- Eventos (Simples)
- Eventos (Importante)
- Eventos (Muito Importante)
- FP
- × Ocorrências Circuntanciais (Simples)
- × Ocorrências Circuntanciais (Importante)
- Potência (Tendência 2)

* *Eventos simples* podem ocorrer independentemente de qualquer pluviometria, até mesmo na ausência de precipitação pluviométrica.

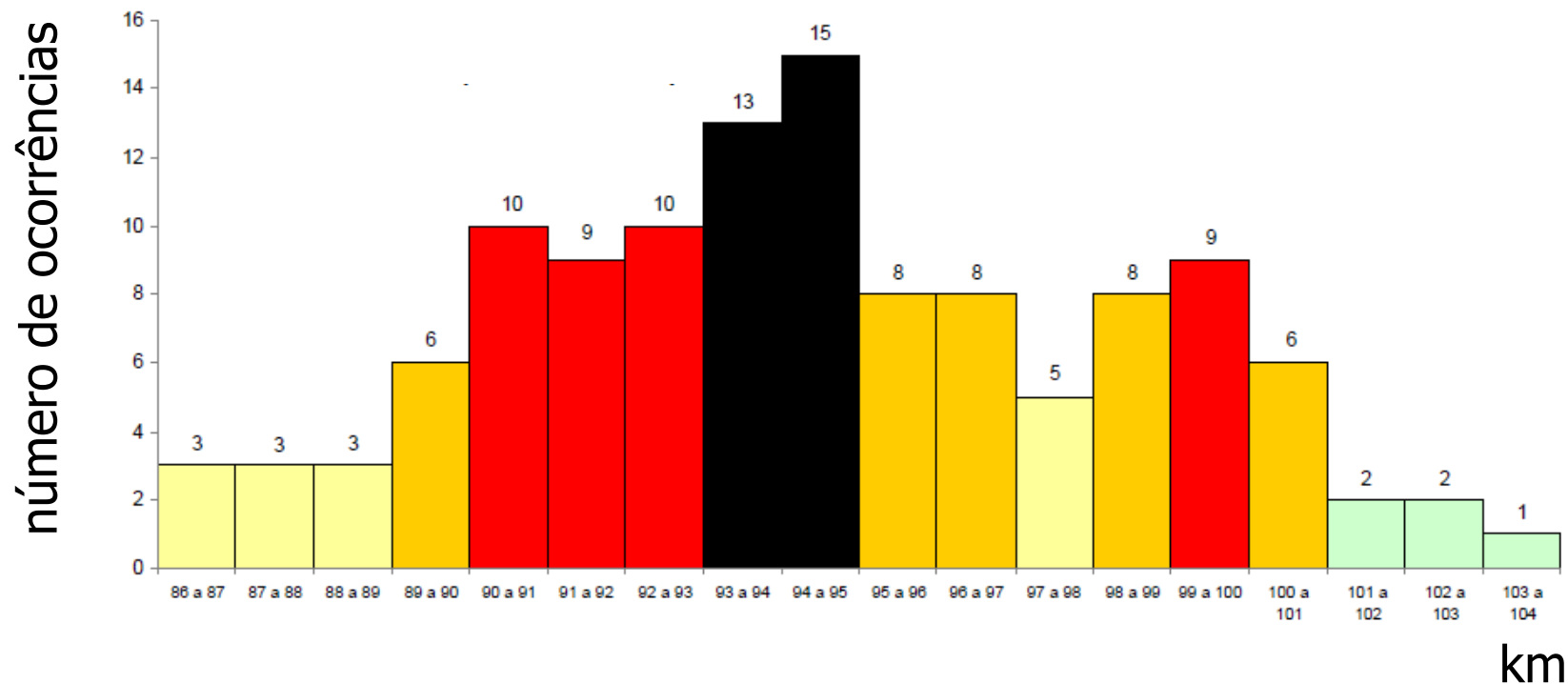


Categoria de Eventos*

Nº. de ocorrências	Alcance do escorregamento		
	Acostamento	1 pista	2 pistas
1	Simples	Simples	Importante
2	Simples	Importante	Muito Importante
3	Importante	Importante	Muito Importante
4	Importante	Muito Importante	Muito Importante
≥ 5	Muito Importante	Muito Importante	Muito Importante

* função do número de ocorrências e do alcance dos escorregamentos; não reflete, de fato, o risco (susceptibilidade vs. consequência).

Nº de ocorrências vs. Km*



* 1980 a 2010



Reabertura

- 2hs com chuva inferior a 5mm/h (chuva leve);
- vistoria prévia.



Coleta e organização dos dados

Os Boletins de Ocorrência devem apresentar as seguintes informações (pelo menos):

Nº. da Ocorrência			
Data da Ocorrência			Tipo de material mobilizado: solo, rocha, vegetação.
Horário da Ocorrência			Volume aproximado do material mobilizado:
Local (Km)			Consequências da ocorrência (breve descrição)
Pistas de rolamento atingidas: P1, P2, acostamento.			Descrição da Ocorrência (quando necessárias informações complementares)
Origem do movimento: (a montante ou a jusante das pistas)			Fotografia(s)
Tipo de ocorrência: deslizamento translacional, deslizamento rotacional, queda/rolamento, corrida/avalanche, ruptura de aterro, outros (descrever)			Pluviômetro de referência (mais próximo da ocorrência)
Registros Pluviométricos em relação ao horário da ocorrência			Responsável pelo Boletim de Ocorrência
mm/h	mm/24h	mm/96h	



Comentários

- A intensidade pluviométrica horária (mm/h) e a pluviometria acumulada em 24 horas (mm/24h) apresentaram as melhores correlações em relação à deflagração de escorregamentos.
- A pluviometria acumulada em períodos maiores do que 24 horas mostraram influência pouco significativa.
- Tal se deve às elevadas declividades das encostas cortados pela BR-116/RJ, que não permitem grandes desenvolvimentos de solo e ao alto grau de fraturamento do maciço rochoso.
- Tal contribui para o aumento da velocidade das percolações superficiais e subsuperficiais, facilitando a deflagração de movimentos rápidos a muito rápidos.



Comentários (continuação)

- Preconiza-se a calibração anual dos valores da pluviometria crítica (capaz de deflagrar escorregamentos).
- Os valores ora apresentados foram definidos com base em um volume de dados relativamente pequeno e com alguma imprecisão, tanto na determinação dos horários das ocorrências, quanto na obtenção dos próprios registros pluviométricos.



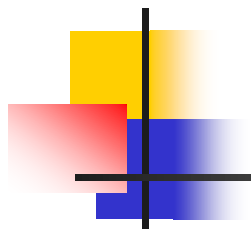
Comentários finais

- A monitoração permitiu um melhor entendimento dos mecanismos envolvidos na instabilização de encostas típicas da região.
- O cruzamento de informações sobre chuvas e suas conseqüências está fornecendo bases para estabelecer medidas corretivas e indicadores de alerta.
- Tem-se por objetivo último a melhoria da segurança dos usuários da rodovia.

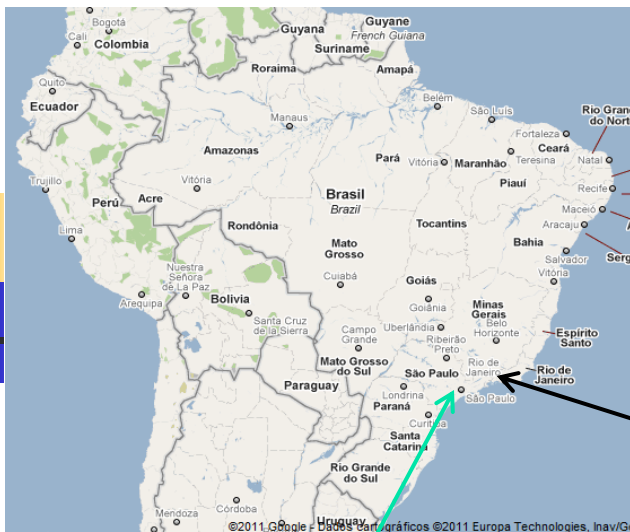


Rodovia BR 116/RJ

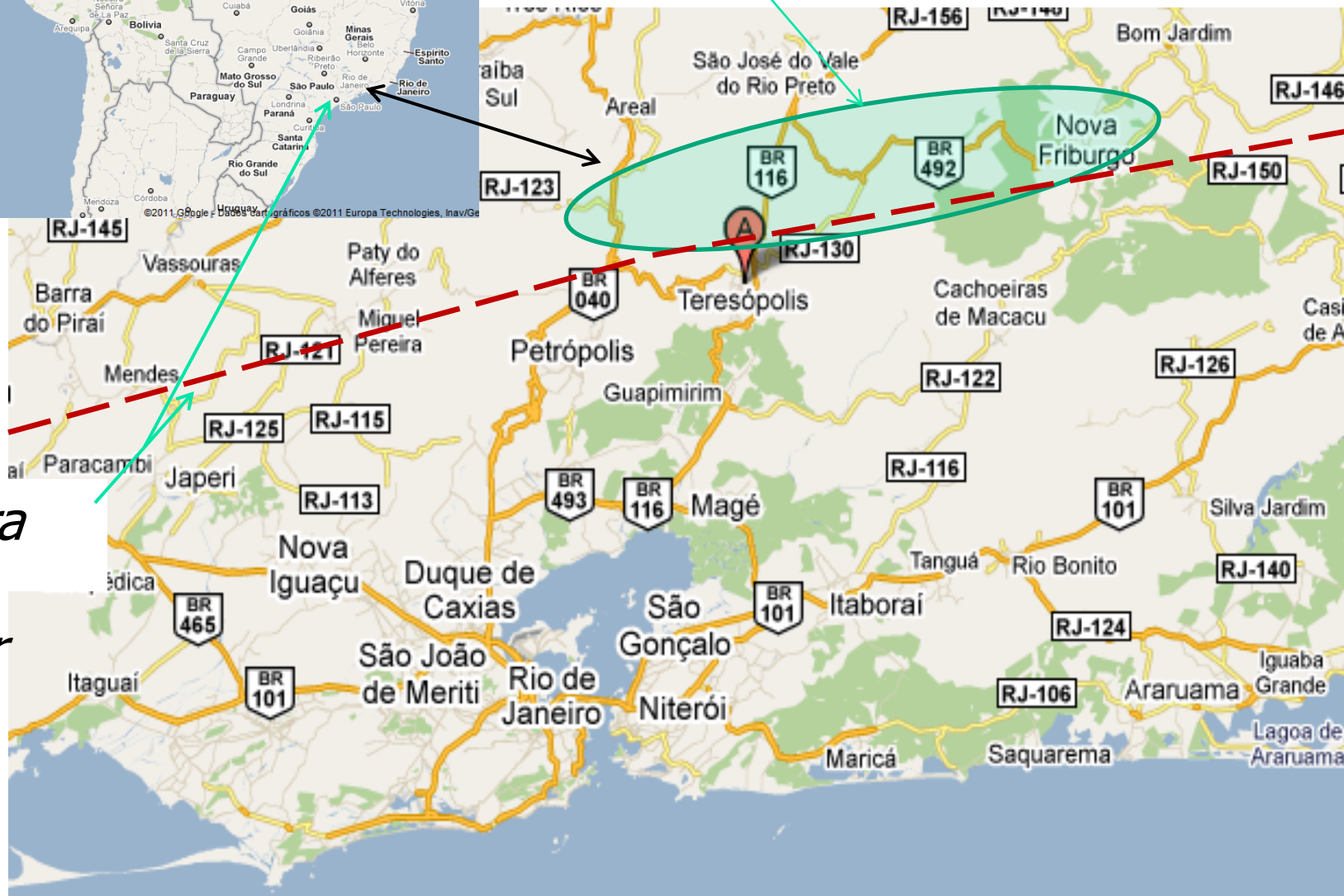
Áreas afetadas pelas chuvas
de Janeiro 2011



Visão global da região atingida pelas chuvas
em Janeiro de 2011 na Serra Fluminense



região atingida

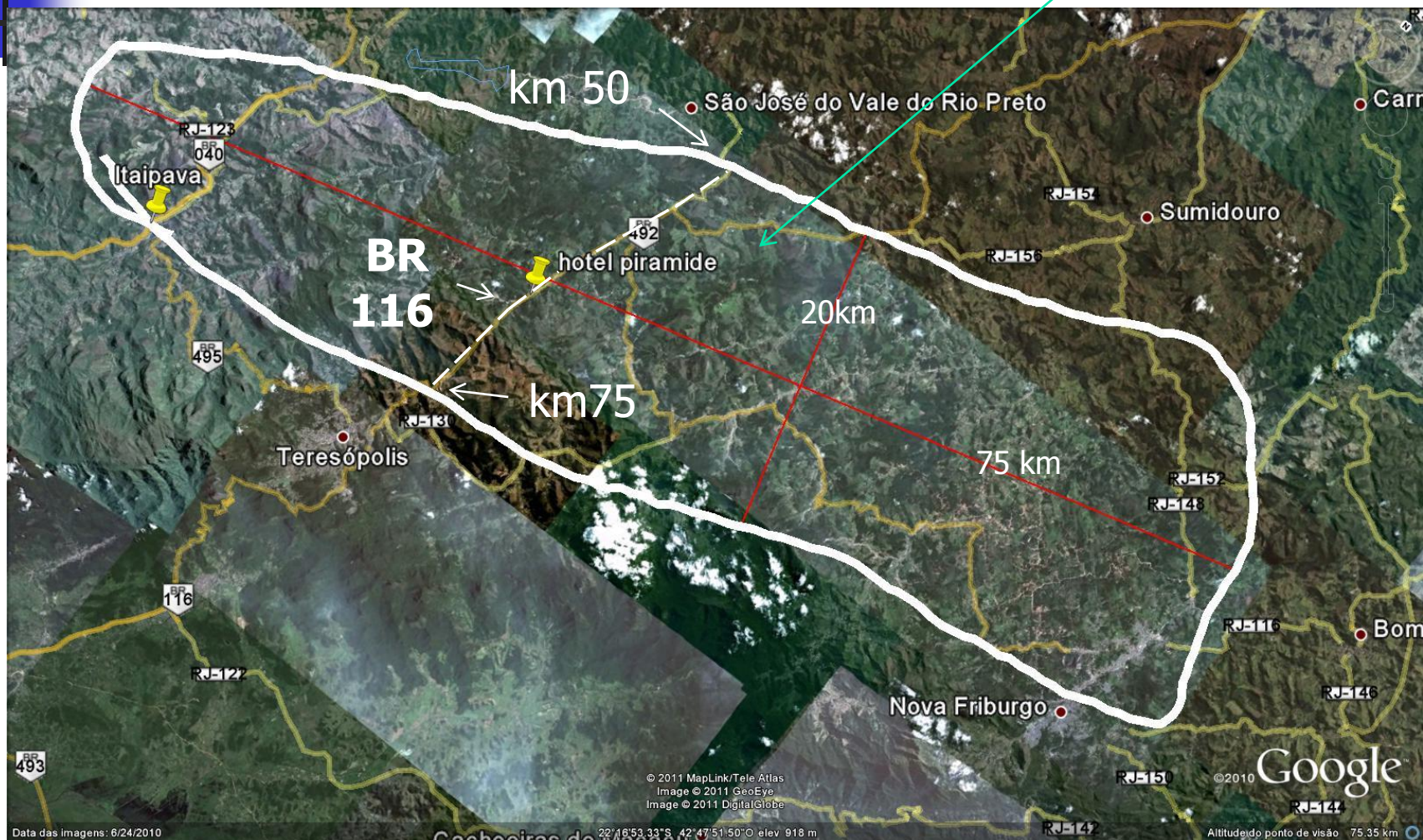


Serra
do
Mar

Serra dos Órgãos
Altitude: 1200m – 2260m



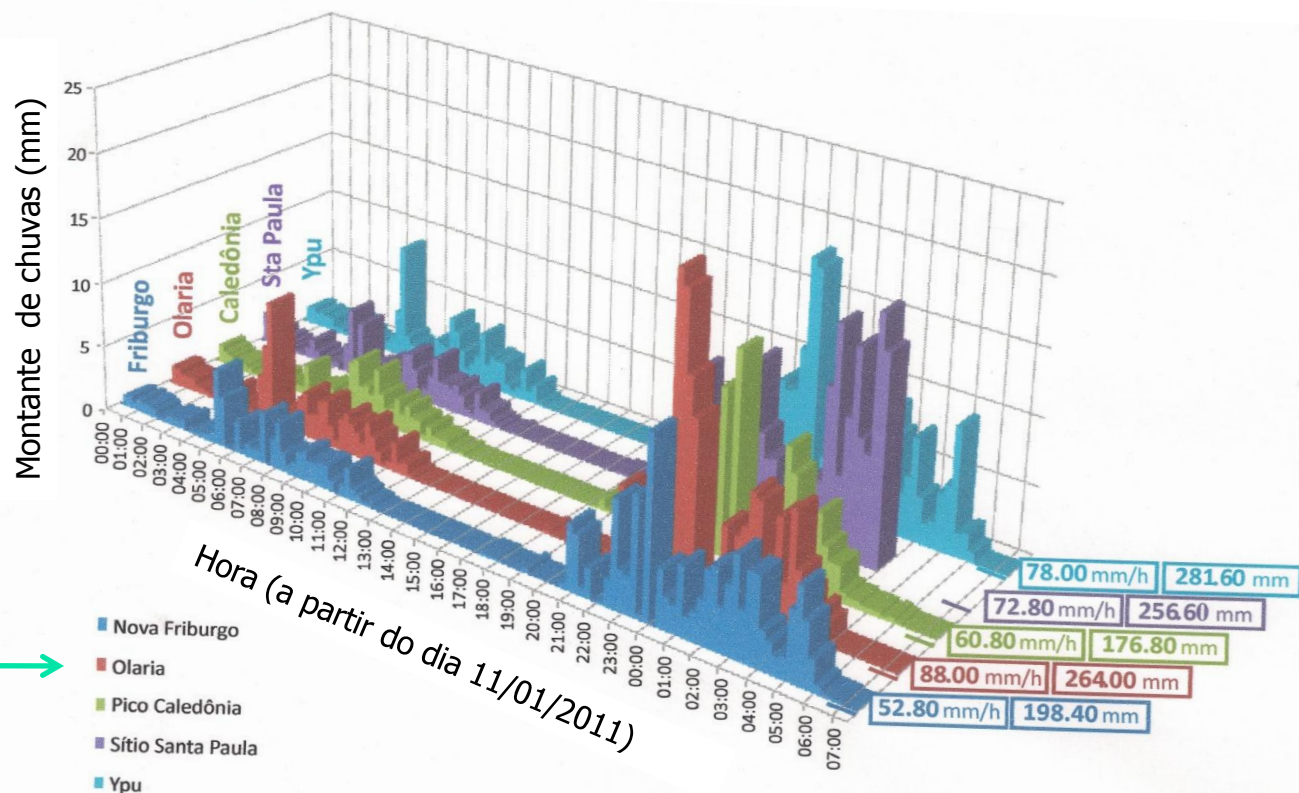
região
atingida



Detalhe região atingida (*Nova Friburgo*)



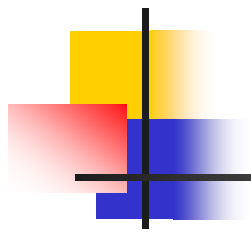
Montante de chuvas medidas em diferentes locais



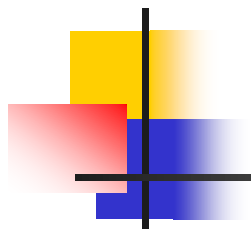
Maior volume de chuvas →

(Bairros de Nova Friburgo)

Obs: 108 mm/h foram medidos na BR-116/RJ no km 55 por um pluviógrafo móvel em 11/01/2011 às 24:00 ←



Pontos afetados na *BR-116/RJ*
(93 pontos afetados)



Exemplos de ocorrências

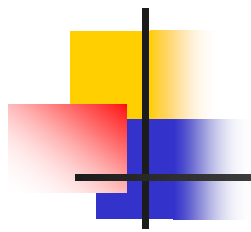
Km 64 – Visão da área



Km 64 – Trecho 8 (Jusante)



- Erosões promovidas pela força das águas do rio Paquequer (fator mais importante de instabilização nos taludes à jusante).



Grato

me@coc.ufrj.br