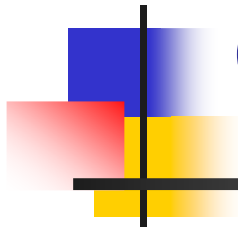


# Monitoramento das condições climáticas associadas às geotécnicas na BR-116/RJ

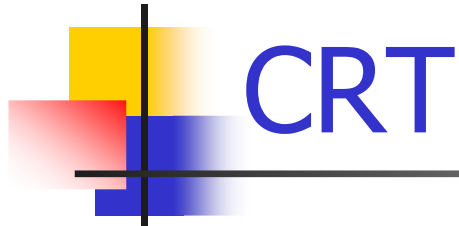


Glauco Aguilar – Maurício Ehrlich  
COPPE/UFRJ



## Equipe da pesquisa

---



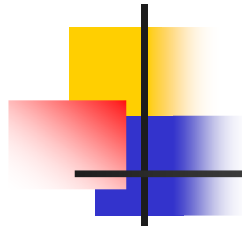
- Eng<sup>a</sup>. Clara Ferraz
- Eng<sup>o</sup>. Sergio Magalhães
- Eng<sup>a</sup>. Matilde Villela de Souza
- Técnico Sebastião Menezes
- Analista de Sistemas Antônio Jebrael.



- Prof. Maurício Ehrlich
- Prof. Willy A. Lacerda
- Geol. Ricardo d'Orsi , doutorando
- Eng<sup>o</sup>. Glauco Aguilar Oliveira, doutorando
- Eng<sup>o</sup>. Hércio Gonçalves



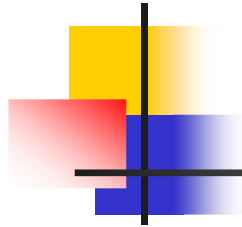
- Meteorologista Luis Carlos Austin
- Meteorologista Marlene Leal



# Objetivos

---

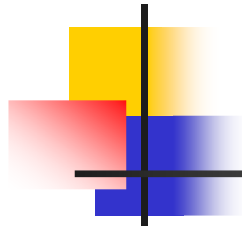
- monitoramento das condições climáticas;
- desenvolver modelos de previsibilidade de temporais e sistema de alerta meteorológico;
- correlacionar chuvas com o comportamento de encostas;
- definir os índices de chuva que fomentam deslizamentos e estabelecer “indicadores de alerta”.



## 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

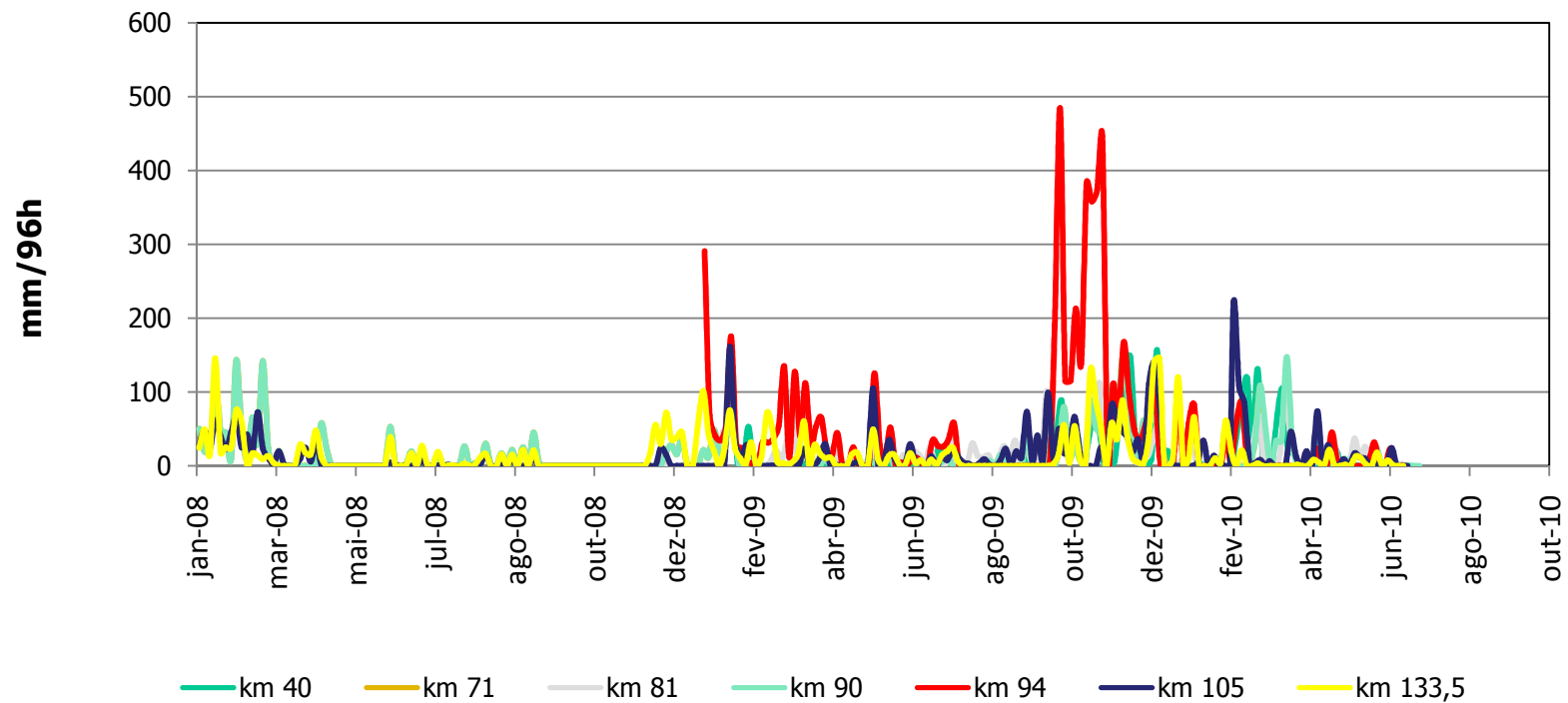
---

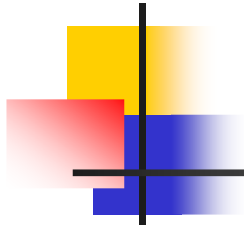
- pluviógrafos (cinco);
- estações automáticas completas (duas);
- sistema intercomunicação CRT-INMET-COPPE;
- inclinômetros (três verticais);
- piezômetros tipo corda vibrante (onze);
- piezômetros tipo Casagrande (onze);
- leitoras automáticas piezômetros corda vibrante.



# Registros de chuvas observados nos pluviógrafos

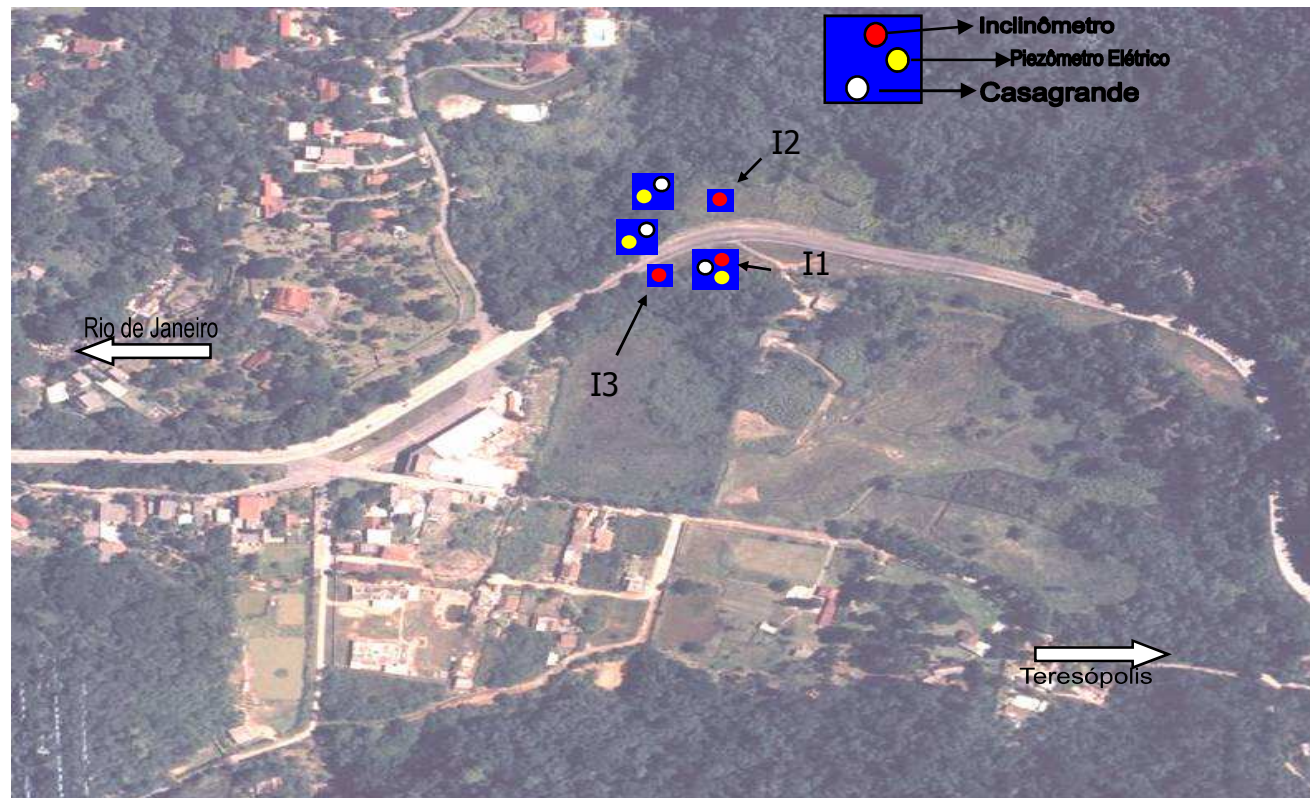
## Pluviógrafos

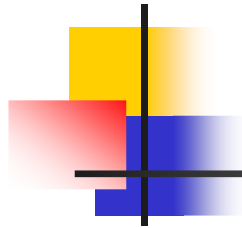




- estação chuvosa de novembro a abril.
- picos significativos com acumulados diários superiores a 150 mm.
- chuvas do tipo convectivas e orográficas.
- as chuvas convectivas são responsáveis pelos altos picos diários registrados (chuvas de verão).

# Instrumentação geotécnica km 101



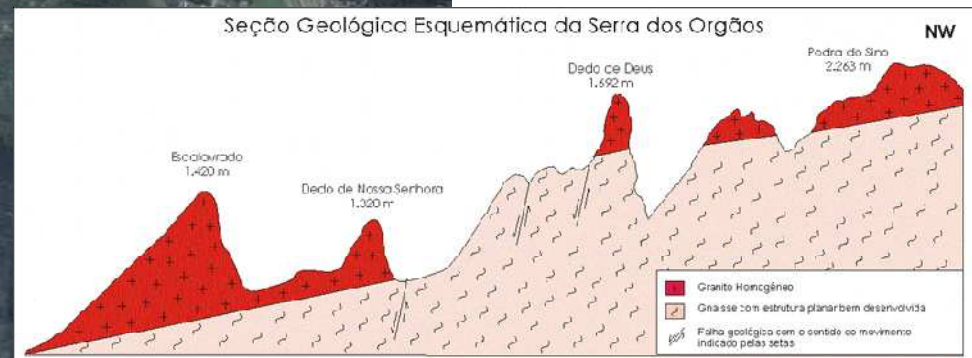
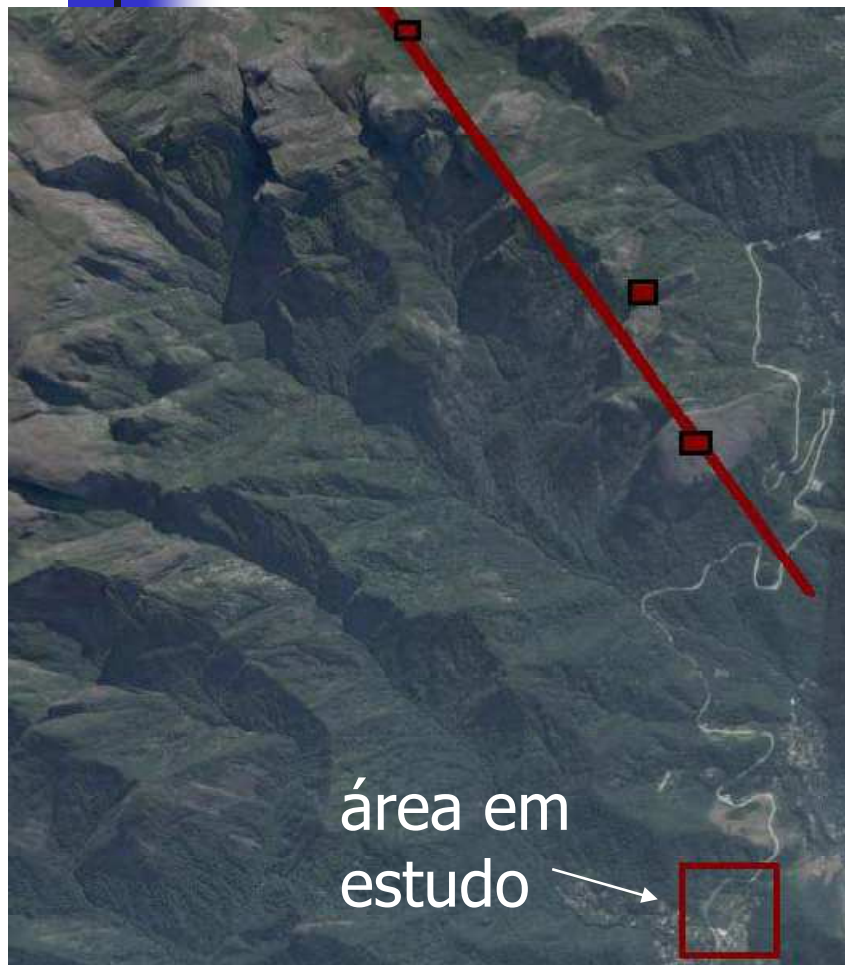


## Histórico

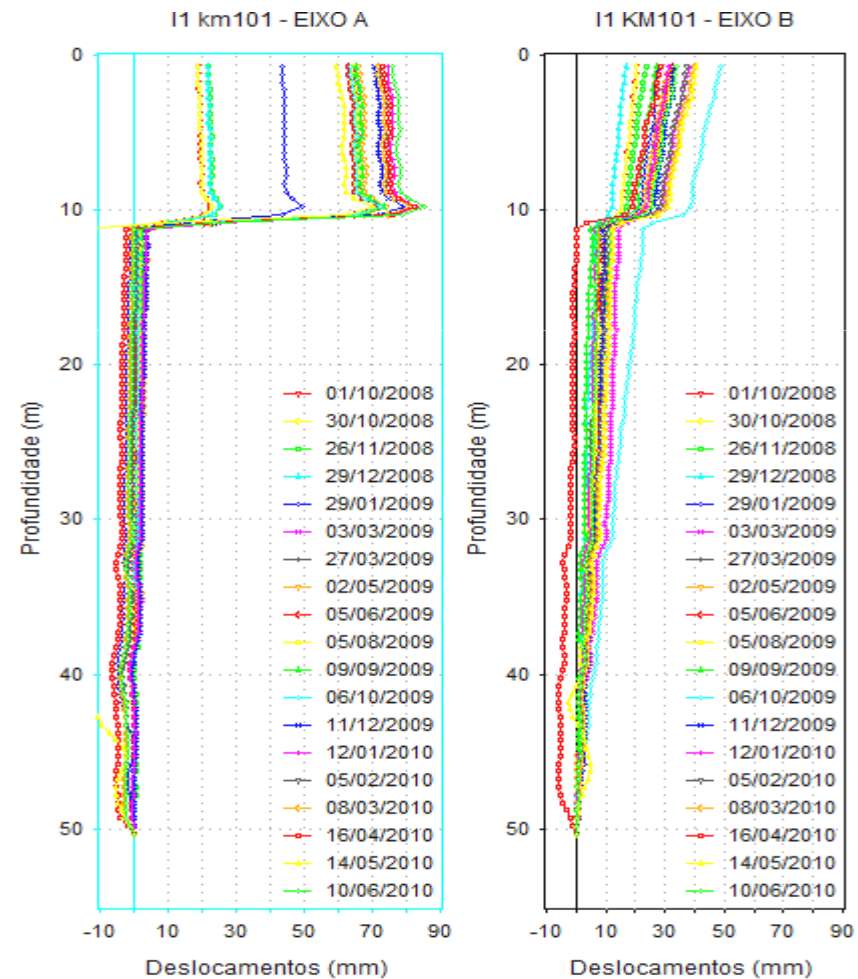
---

- movimentos ocorrem permanentemente no local;
- na década de 70 foi efetuado um alteamento de 2m da pista;
- após este reaterro os movimentos diminuíram, mas não cessaram por completo;
- hoje se observam desvios significativos na pista.

# Configuração topográfica e geologia regional

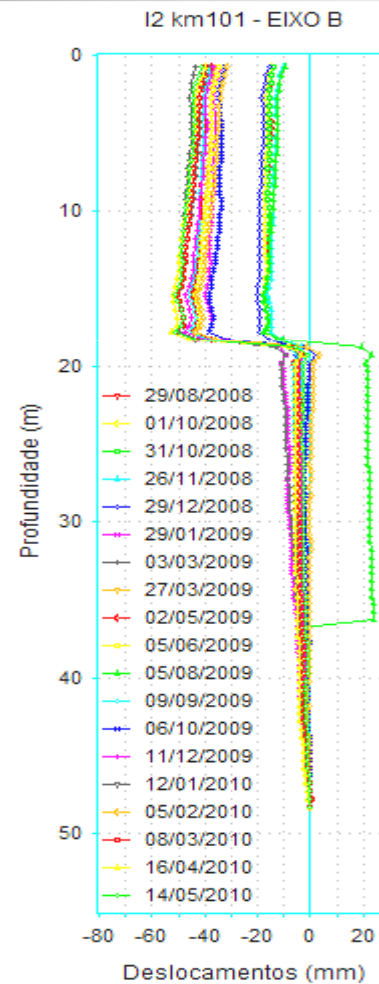
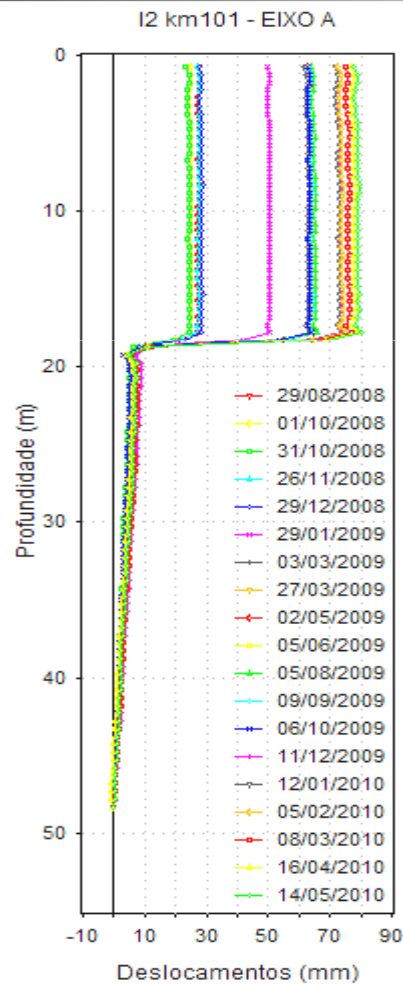


# Movimentação lateral (I1)

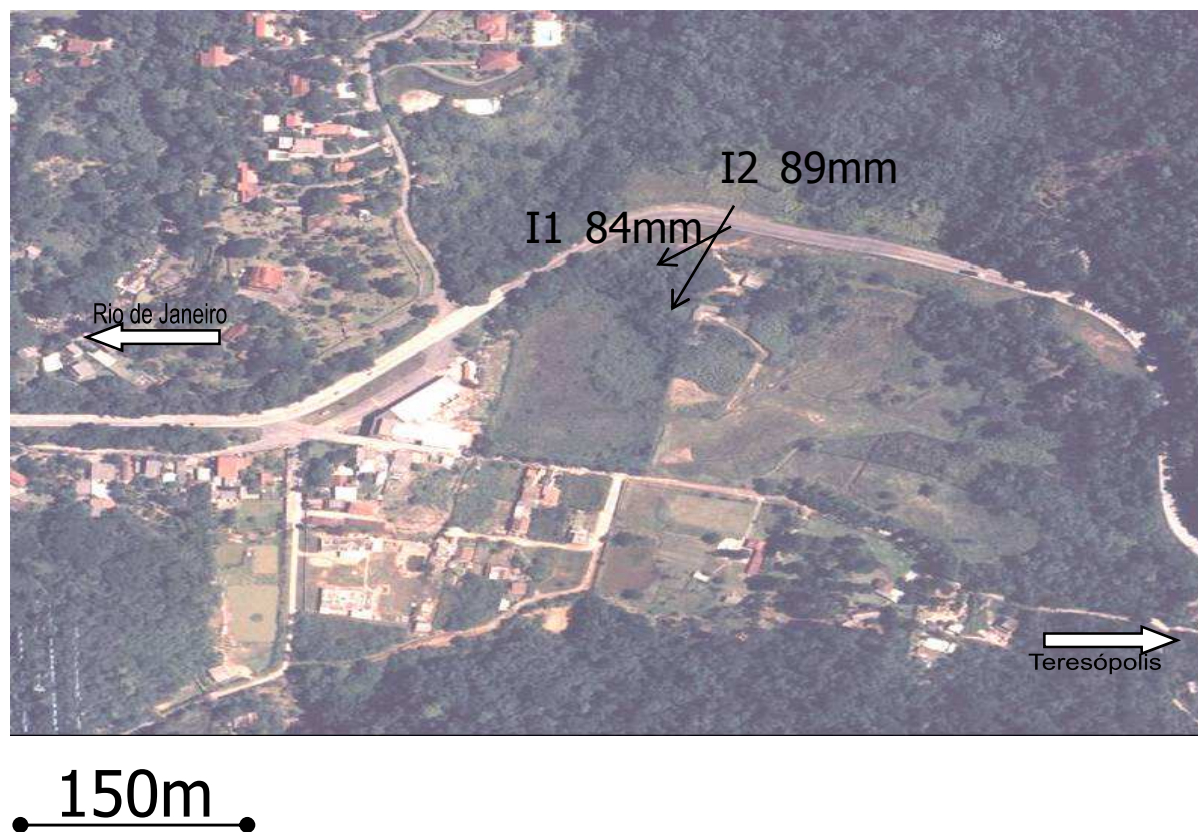




# Movimentação lateral (I2)

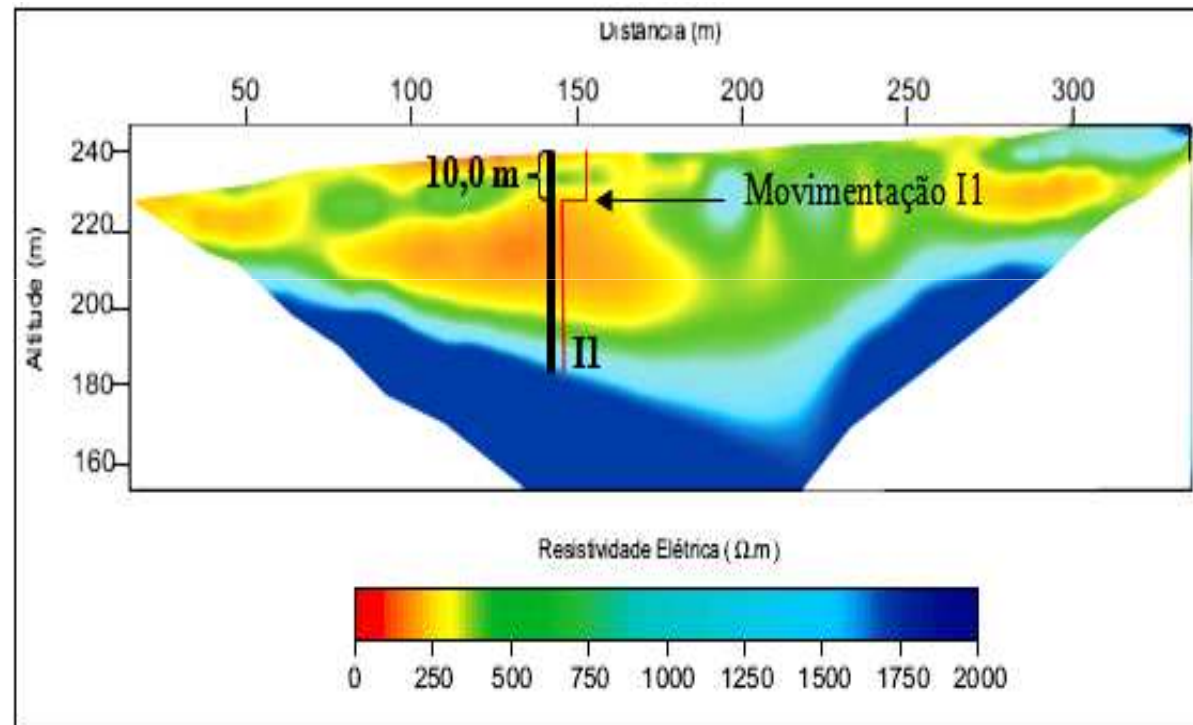


# Movimentações totais

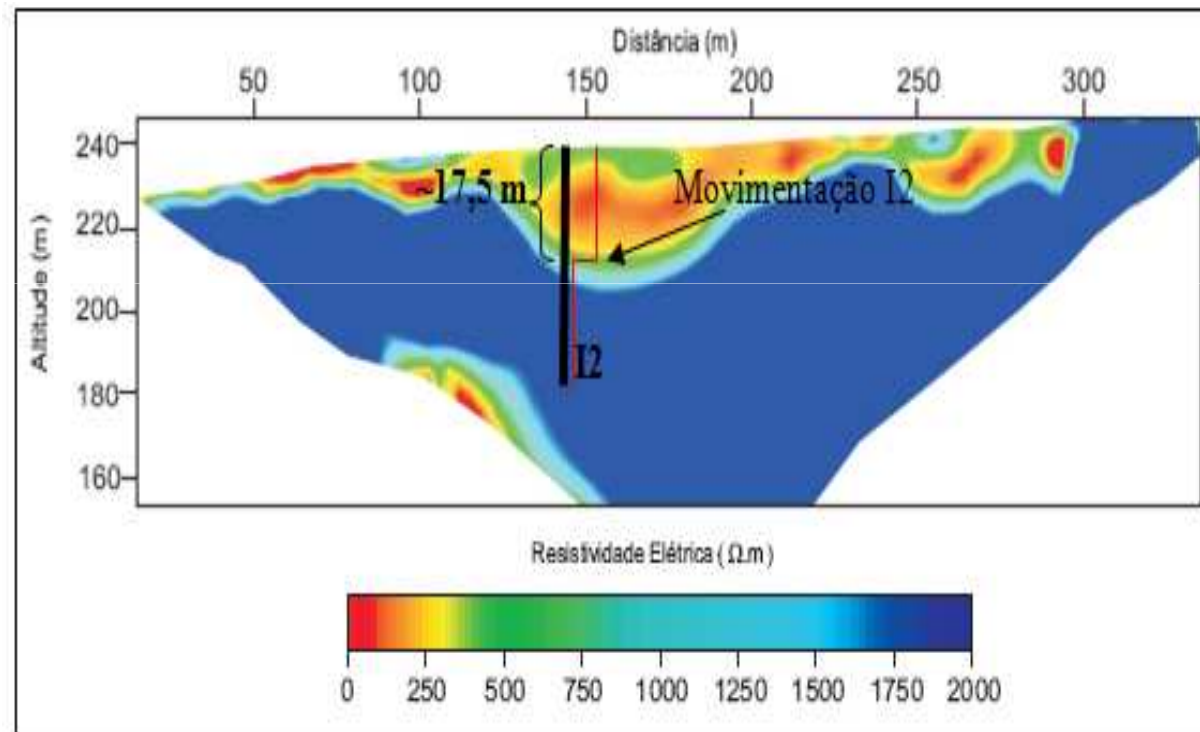




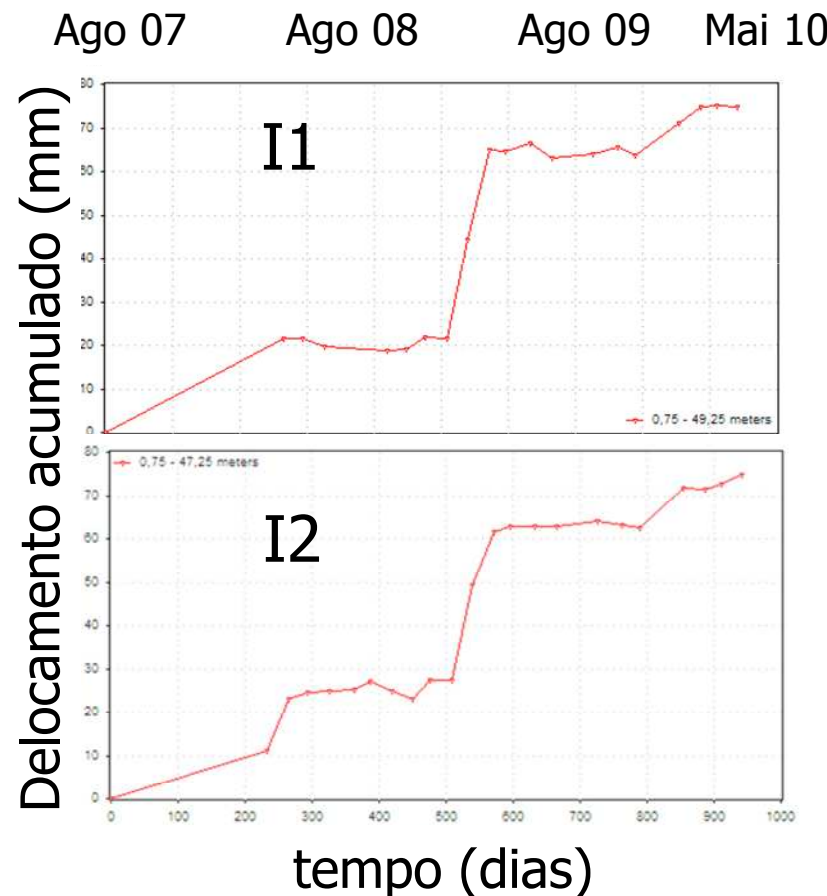
# Sondagens geofísicas (perfil CRT-03) e inclinômetro I1.



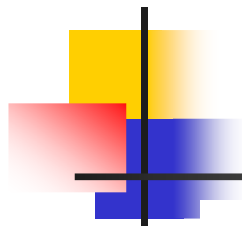
# Sondagens geofísicas (perfil CRT-02) e inclinômetro I2.



# Deslocamento acumulado (eixo A)

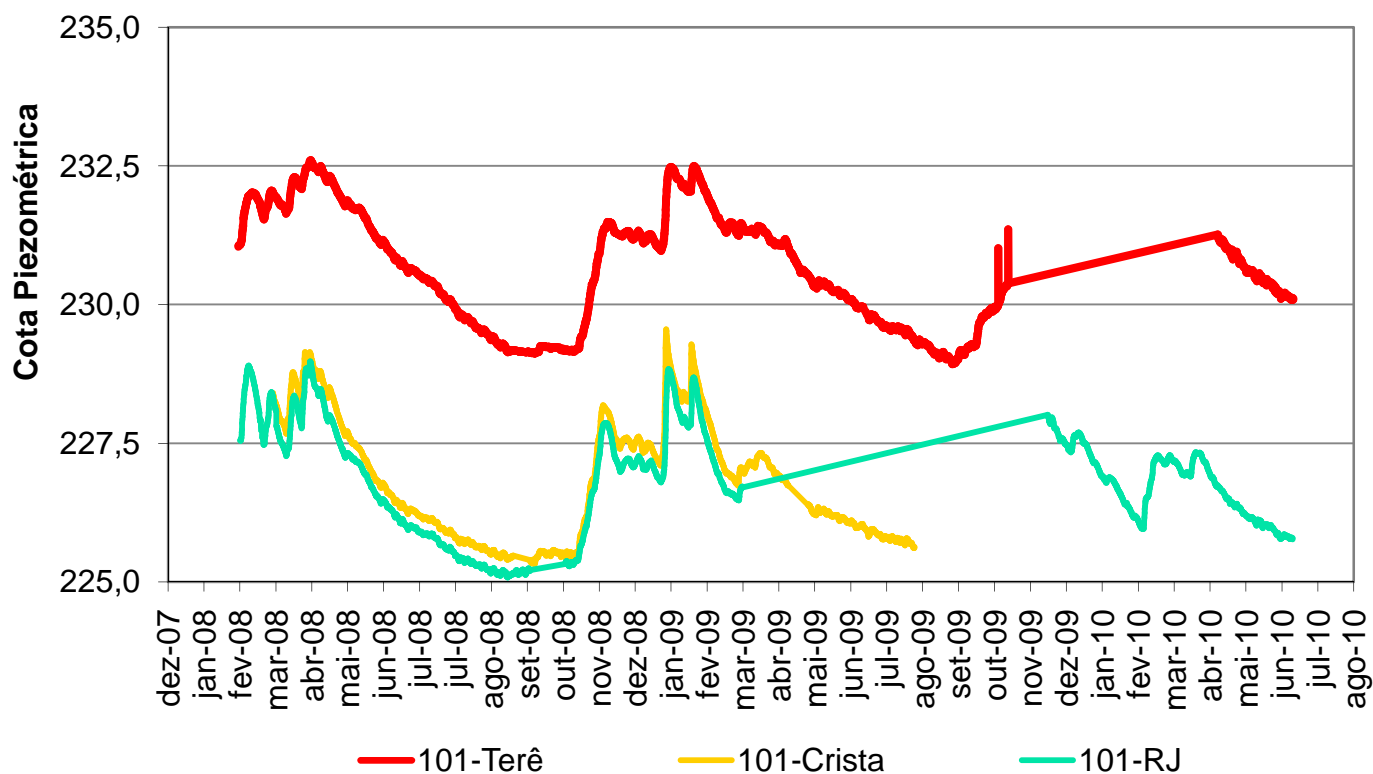


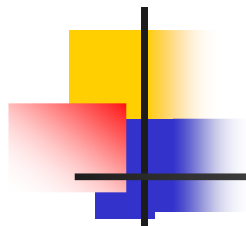
- Deslocamentos basicamente nos períodos chuvosos;
- Coincidem com a subida dos níveis piezométricos.
- Velocidade de deslocamento ( $\sim 40$  mm/ano) classificada como Muito Baixa ( Cruden & Varnes, 1996).
- Nos períodos chuvosos as taxas de deslocamento são da ordem de 20 mm/mês.



# Leituras piezométricas

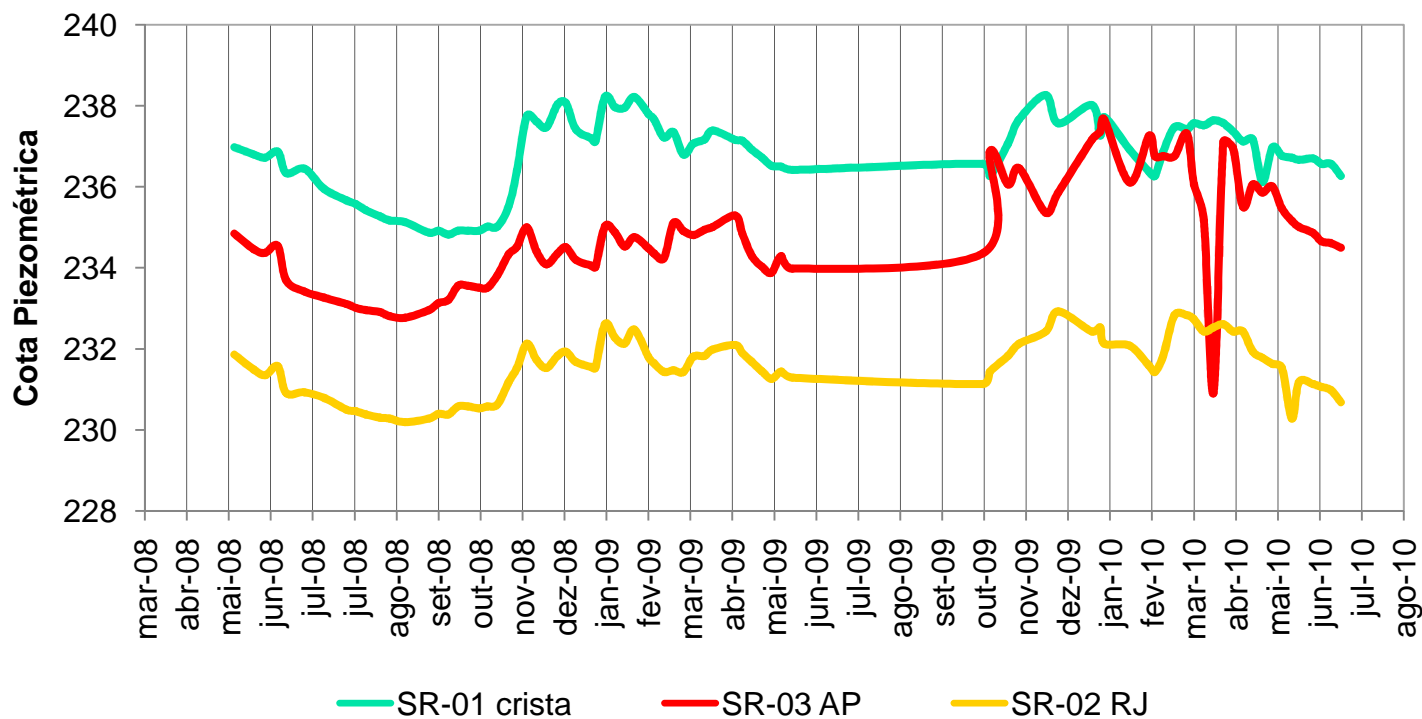
Piezômetros Elétricos km 101



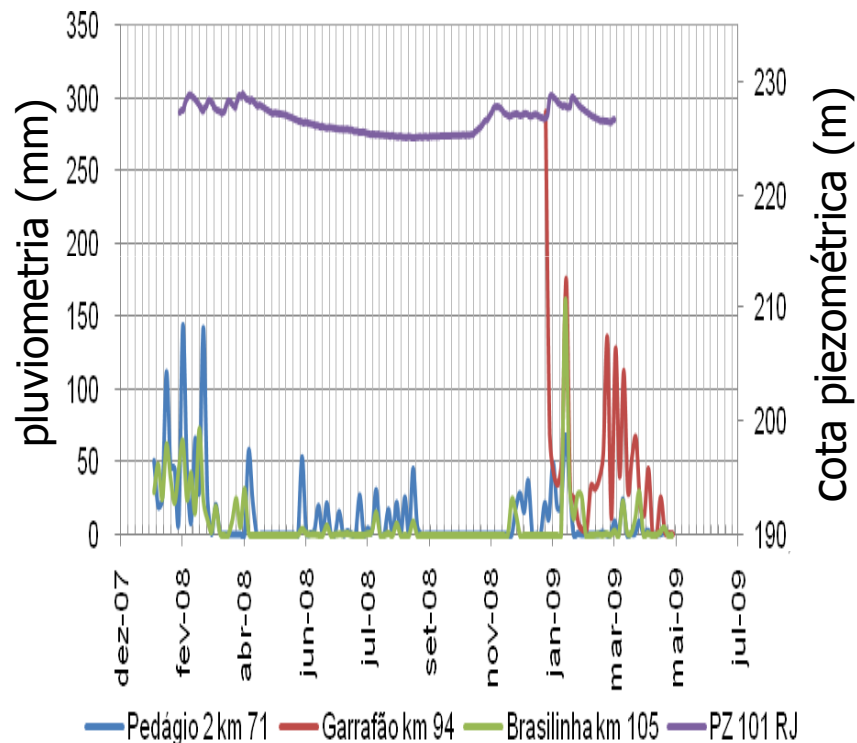


# Leituras piezométricas

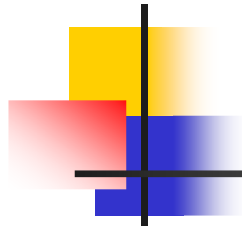
Piezômetros Casagrande - km 101



# Pluviometria vs. leituras piezométricas



- As leituras piezométricas variam com chuvas acumuladas superiores a 100 mm (em 96 horas).
- O tempo de resposta no piezômetro apresenta-se aproximadamente 7 dias.



## Comentários

---

- As movimentações laterais mostraram-se similares quanto à velocidade, períodos e deslocamento acumulado ( $\sim 90$  mm).
- Maiores velocidades nos períodos chuvosos (e de subida dos níveis piezométricos) e praticamente nulas nos períodos de estiagem. O movimento é classificado como Rastejo por ser intermitente.
- As leituras piezométricas variam com chuvas acumuladas superiores a 100 mm (em 96 horas).
- O tempo de resposta no piezômetro apresenta-se aproximadamente 7 dias.



## Comentários (continuação)

---

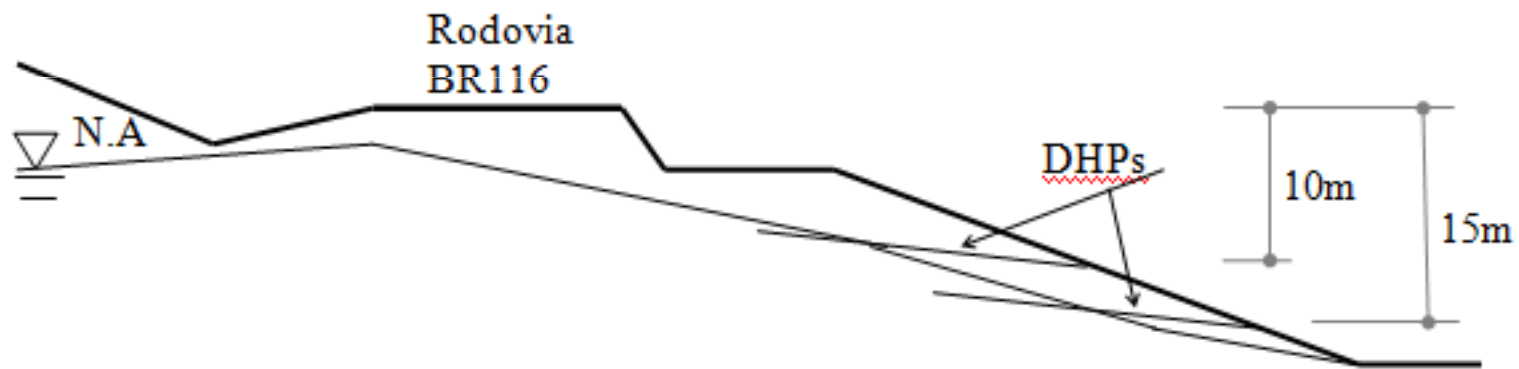
- Velocidade de deslocamento ( $\sim 40$  mm/ano) pode ser descrita como Muito Baixa ( Cruden & Varnes, 1996).
- Nos períodos chuvosos as taxas de deslocamento são da ordem de 20 mm/mês.
- Sondagens geofísicas e convencionais indicam uma língua de material menos consolidado.
- A língua inclina-se ( $\sim 45^\circ$ ) 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.



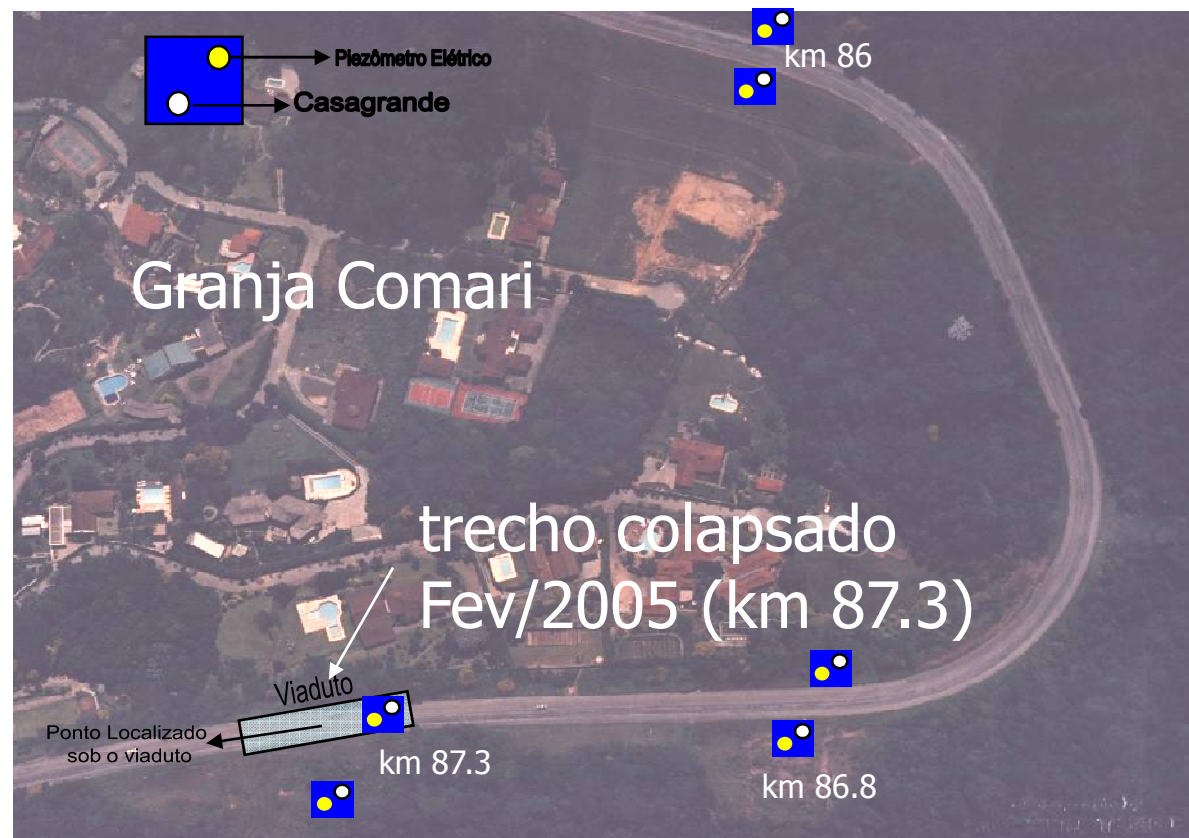


# Solução Proposta

---

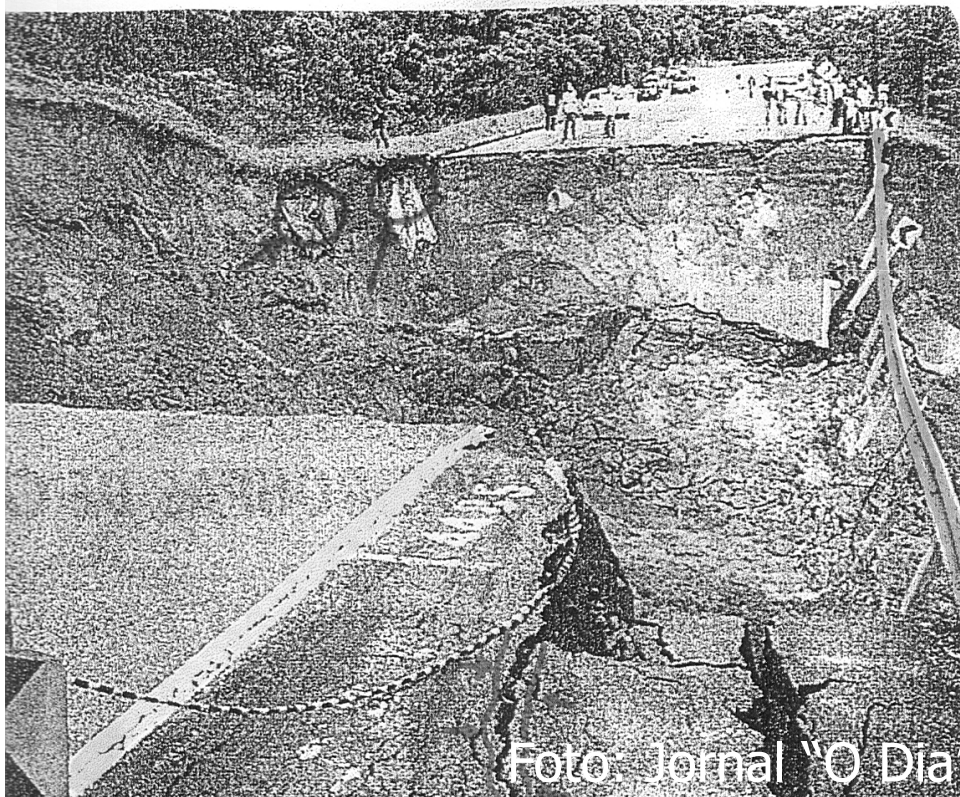


# Instrumentação geotécnica km 86 ao km 88



150m

## Histórico km 87.3



- rotura 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.

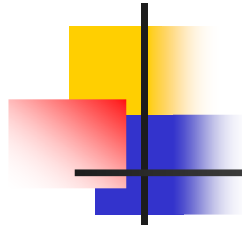


# Situação anterior ao colapso



região do  
colapso



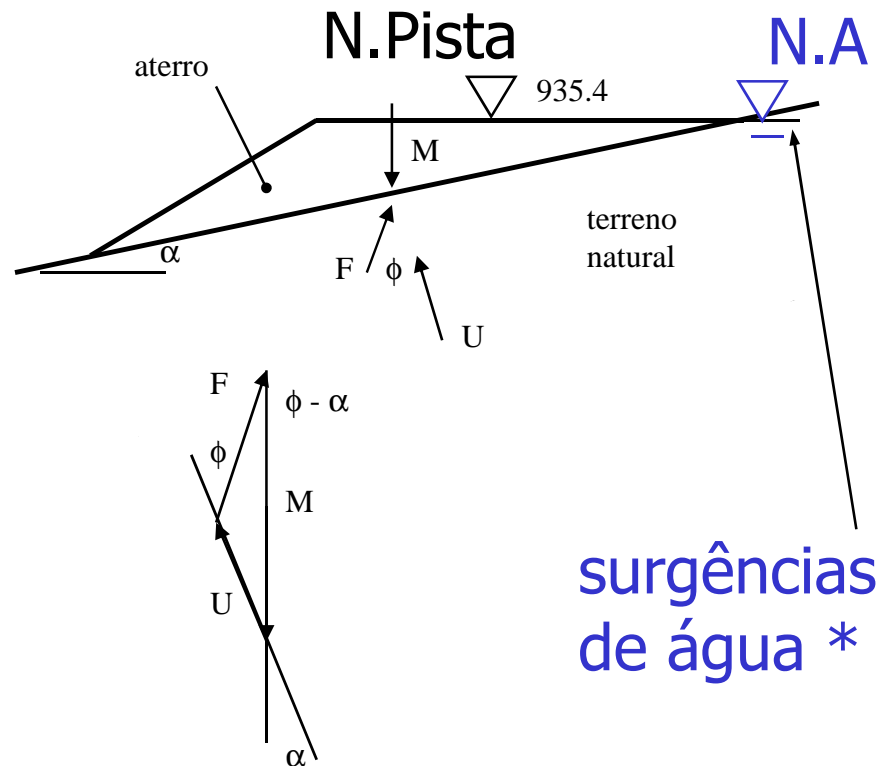


## Comentários - km 87.3

---

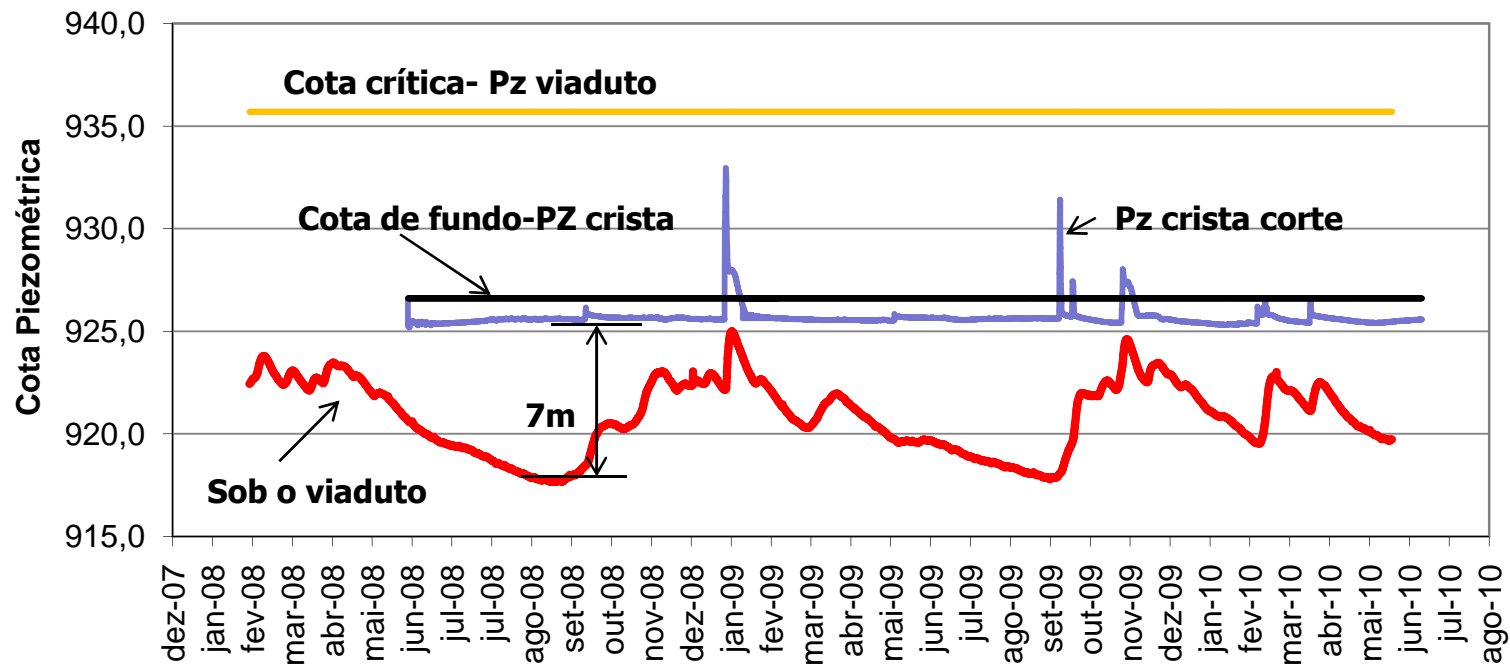
- a rotura deu-se pelas deficiências de drenagem do terreno natural (talvegue) na base do aterro;
- colchão drenante (fase construtiva da rodovia)  
ou drenos subhorizontais (intervenção posterior) poderiam ter evitado o sucedido.

# Análise de estabilidade



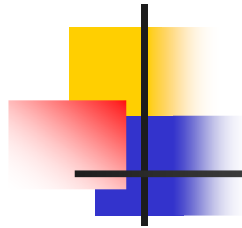
- surgências d'água ladeando a pista foram verificadas no dia anterior à rotura \*;
- demonstrou-se que a carga hidráulica na base do aterro coincidiria com o nível da pista, na condição de colapso.

# Monitoração de pressões d'água, km 87.3



*Instalação de drenos subhorizontais*

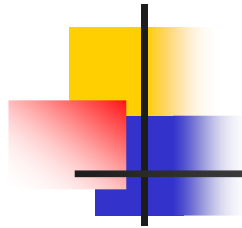




## Comentários

---

- 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.

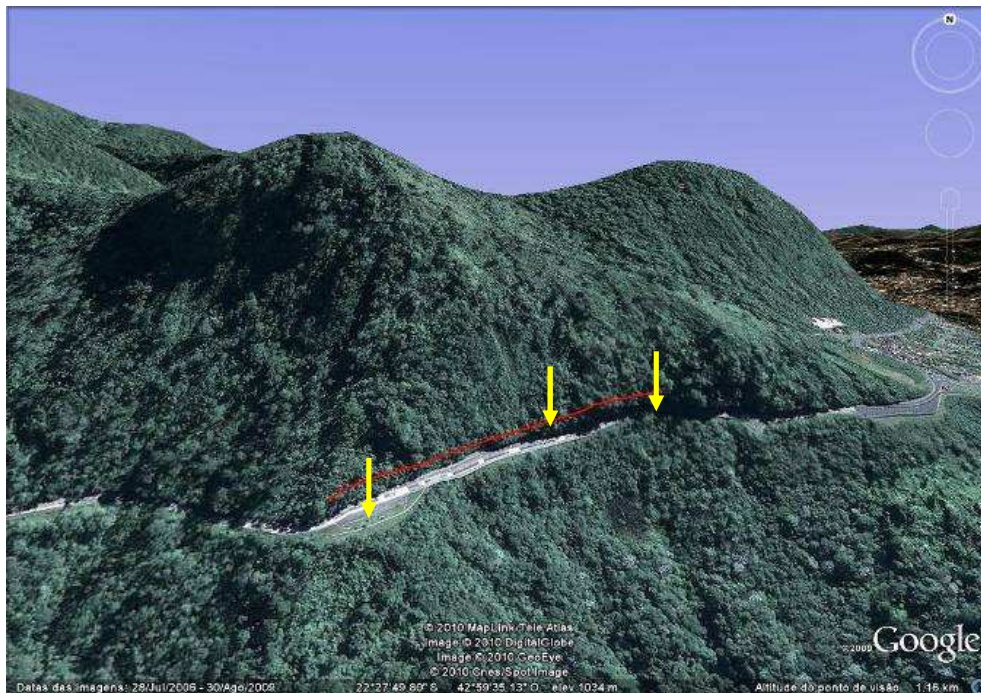


## Comentários finais

---

- 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.

# Encosta km 90



Vista geral.



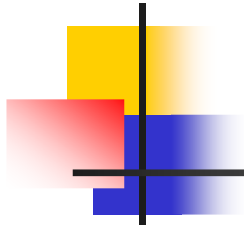
↑  
corte em rocha  
(quedas de blocos)



# Escorregamento verificado no local



← Cicatrizes após deslizamento  
(15 / nov / 2009). ↑



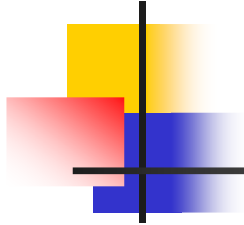
Rocha aparente e surgência de água.



Blocos e Surgência de água.







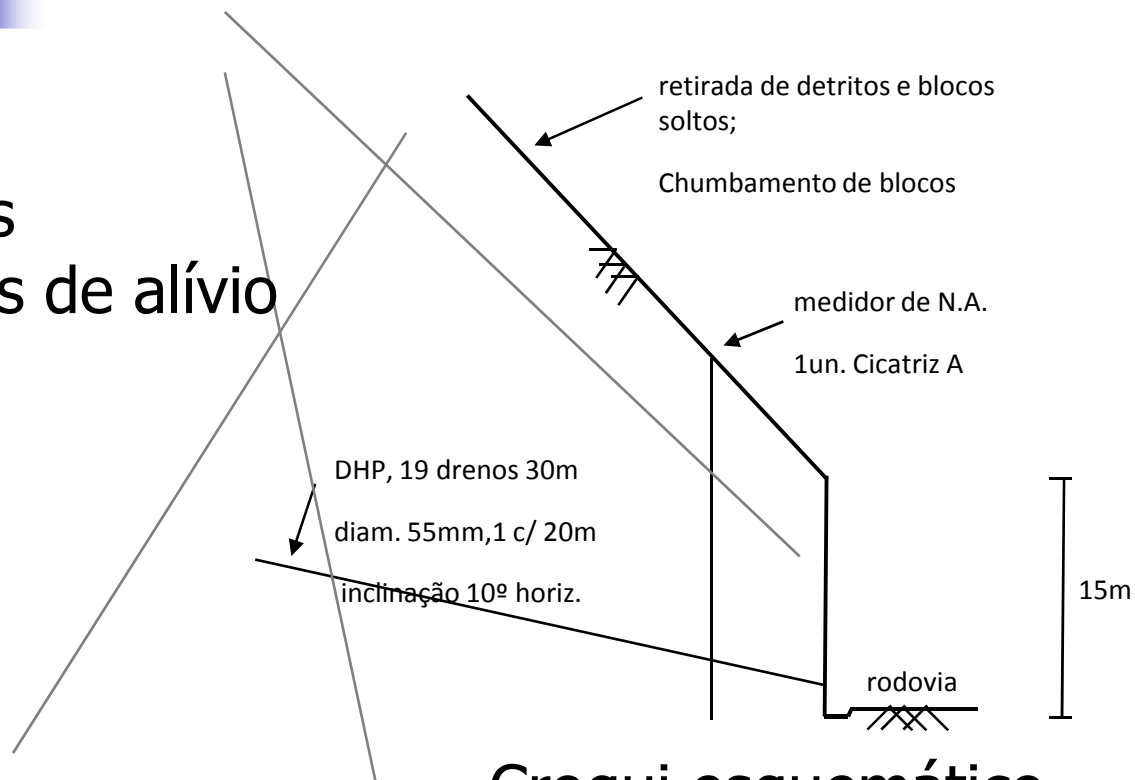
↑  
Junta de alivio de tensão

Piso florestal e blocos de  
↓  
rocha pequena dimensão.



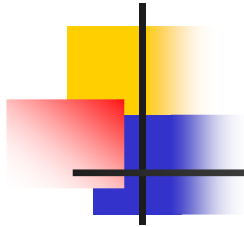
# Intervenções Emergenciais

fraturas  
e juntas de alívio



Croqui esquemático



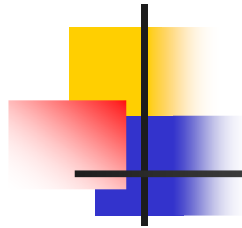


Dreno subhorizontal



↑ detalhe



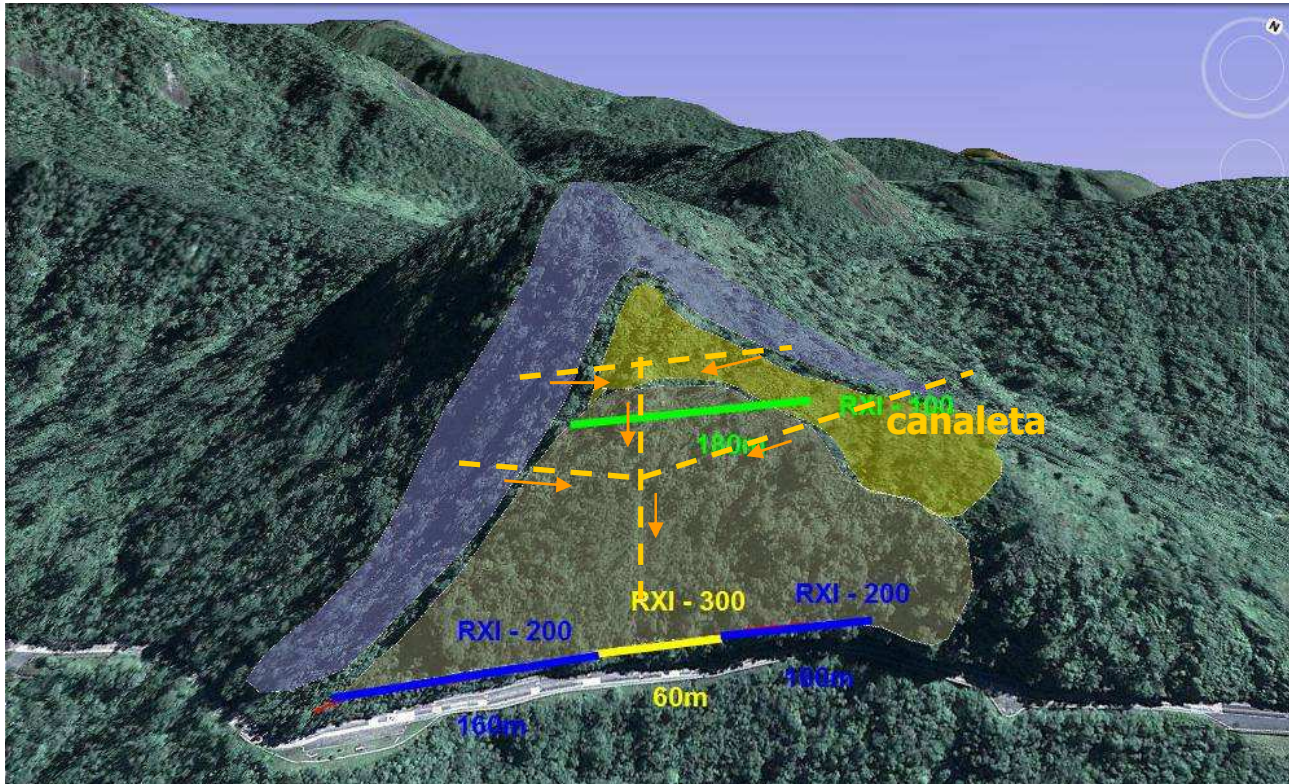


# Canaletas e escadas de água

---

- Além dessas intervenções planeja-se implantar canaletas e escadas de água para controle do fluxo superficial de água ao longo de todo o trecho da encosta.

## Bloqueio de queda de blocos e drenagem



Barreira 1, na cota 1.120, RXI-100 –  $H = 3,5\text{m}$

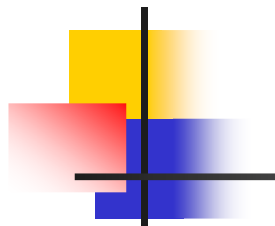
Barreira 2, na cota 970, RXI- 200 e RXI- 300 –  $H = 4.5\text{m}$ .

Canaletas 1 e 2, na cotas 1.120 e 1045 e Escada de água

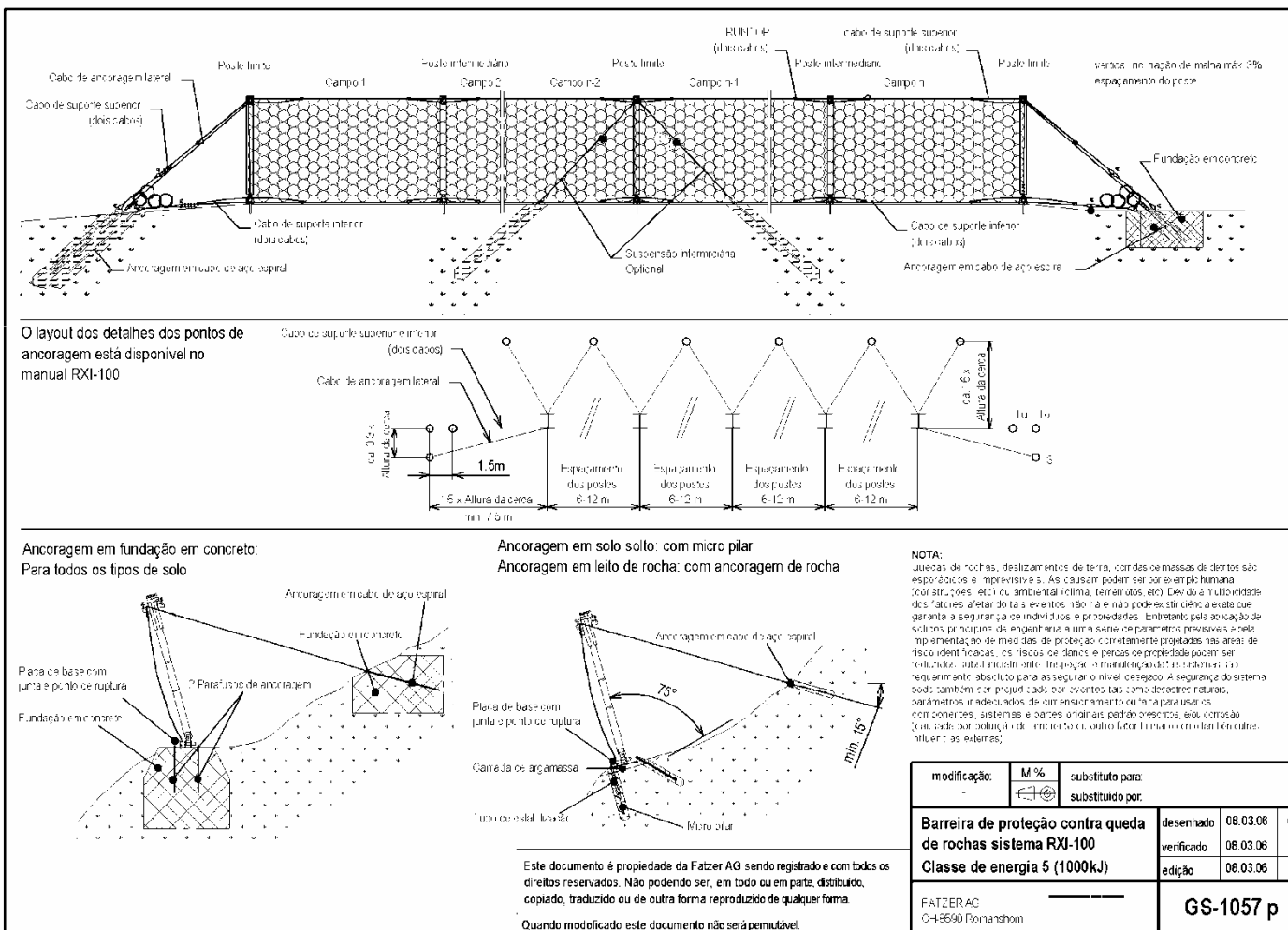
# Barreiras de proteção



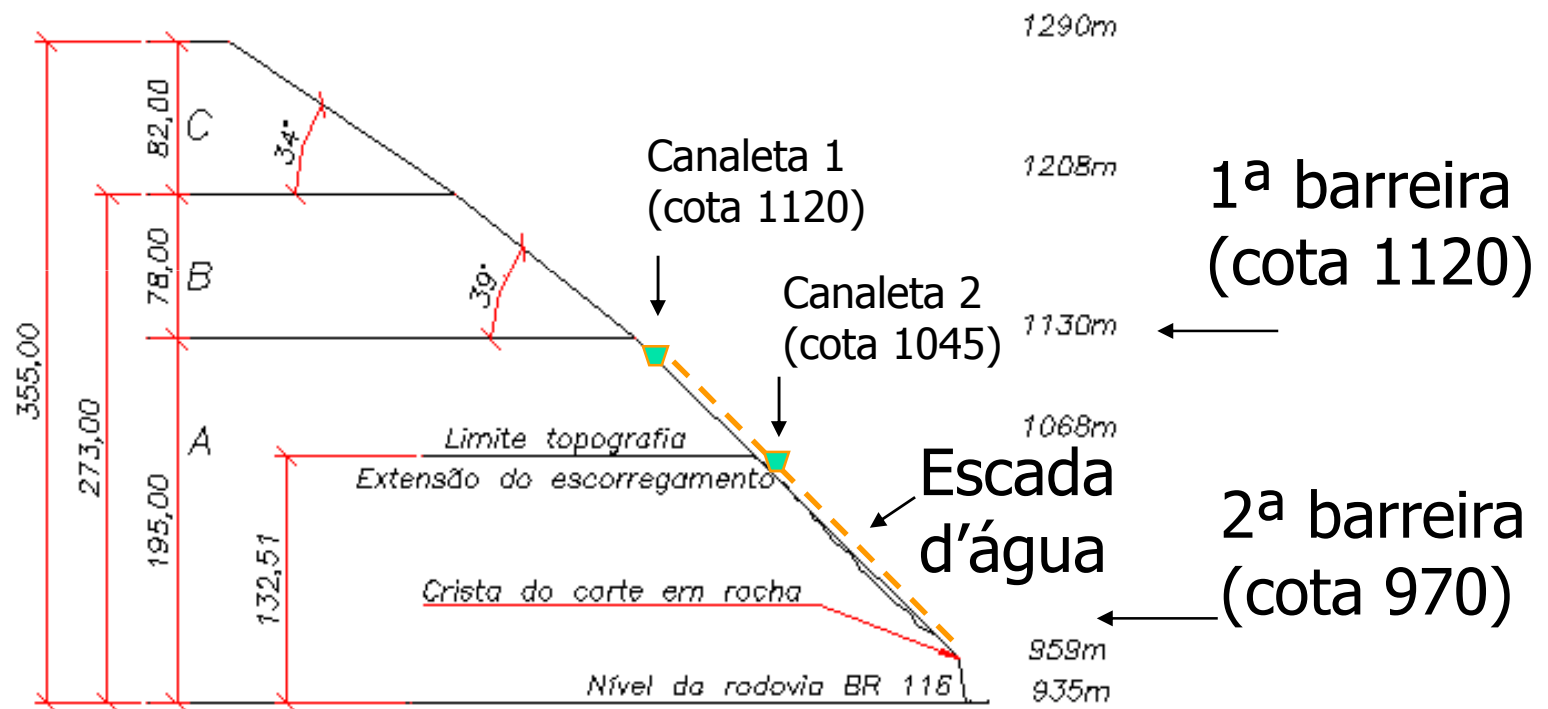




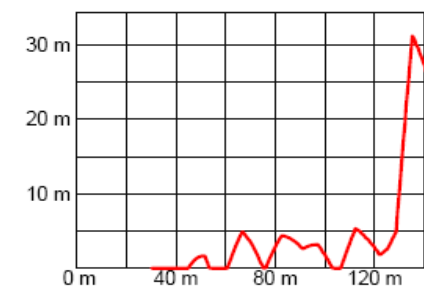
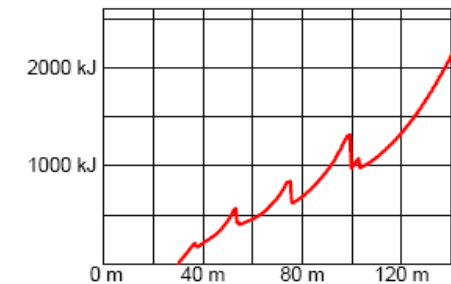
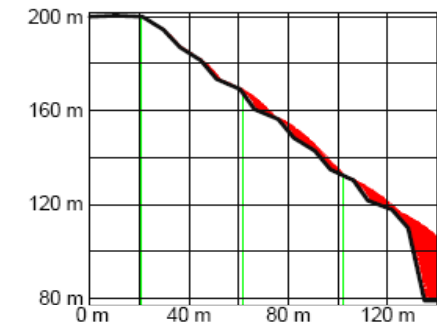
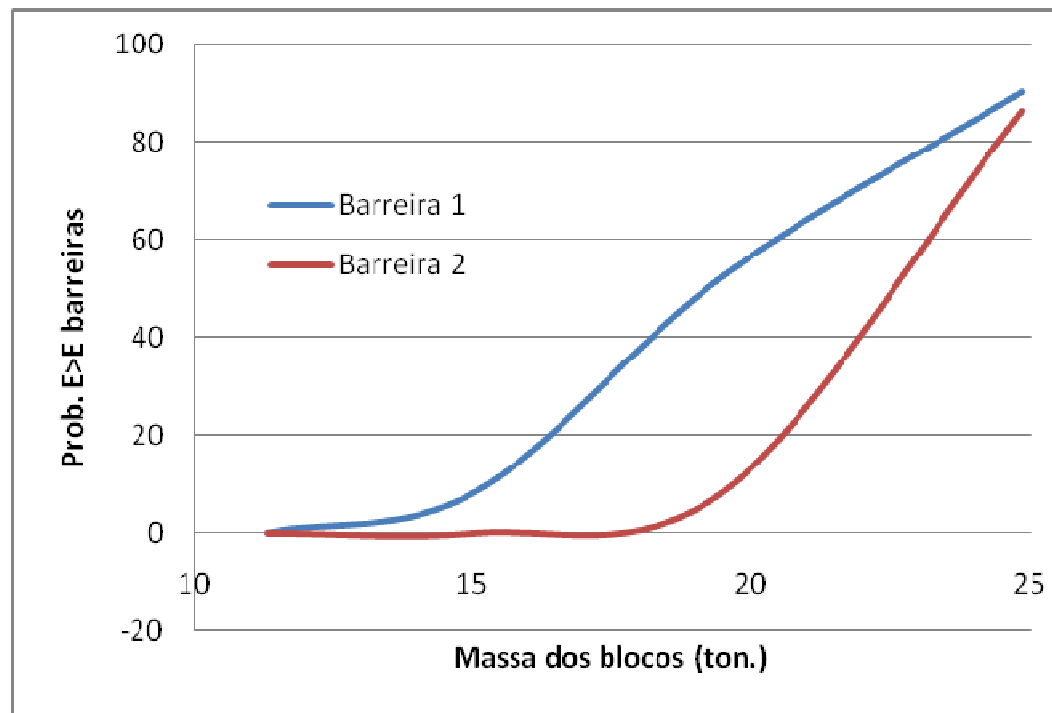
# Especificações Técnicas



# Seção de Análise



# Probabilidade de Rotura vs. Dimensão do Bloco





**Obrigado !**