

# O PAPEL DA ATIVIDADE ANTRÓPICA NA INSTABILIDADE DE TALUDES

**Workshop: Práticas e intervenções a evitar em  
Engenharia Civil e Geologia de Engenharia**

**Laboratório Regional de Engenharia Civil, 6 de dezembro de 2013**

# Tópicos da Comunicação

1. Terminologia

2. Causas dos movimentos de vertente a partir do Fator de Segurança

3. Fatores condicionantes vs Fatores desencadeantes

4. Mecanismos de rotura causados pela água

5. Fatores de ordem antrópica – (Exemplos na RAA)

6. Considerações Finais

# 1. Terminologia

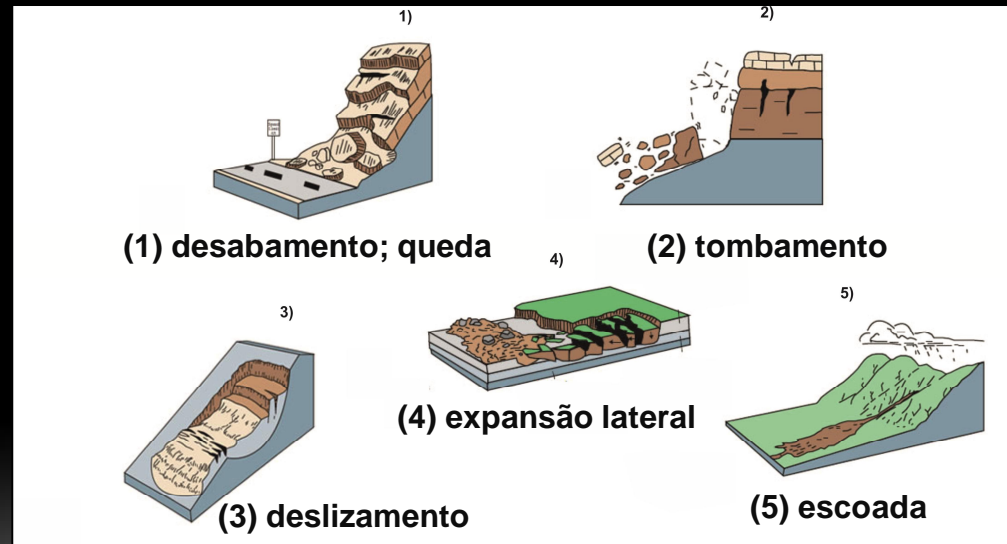


## Tipologias de instabilidades

- (1) desabamento; queda
- (2) tombamento
- (3) deslizamento
- (4) expansão lateral
- (5) escoada

## MOVIMENTO DE VERTENTE

- Movimento de descida, numa vertente, de uma massa de rocha ou solo.
- O centro de gravidade do material afetado progride para jusante e para o exterior (Cruden, 1991).



# 1. Terminologia



## **MOVIMENTO DE VERTENTE (LANDSLIDE)**

- Movimento de descida, numa vertente, de uma massa de rocha ou solo.
- O centro de gravidade do material afetado progride para jusante e para o exterior (Cruden, 1991).

## **Tipologias de instabilidades**

(1) **desabamento; queda**

(2) tombamento

(3) **deslizamento**

(4) expansão lateral

(5) **escoada**

(6) **complexo: quando se desenvolvem pelo menos dois tipos de movimentos**

(1) **desabamento**



(3) **deslizamento**



(5) **escoada**



# Tópicos da Comunicação

1. Terminologia

2. Causas dos movimentos de vertente a partir do Fator de Segurança

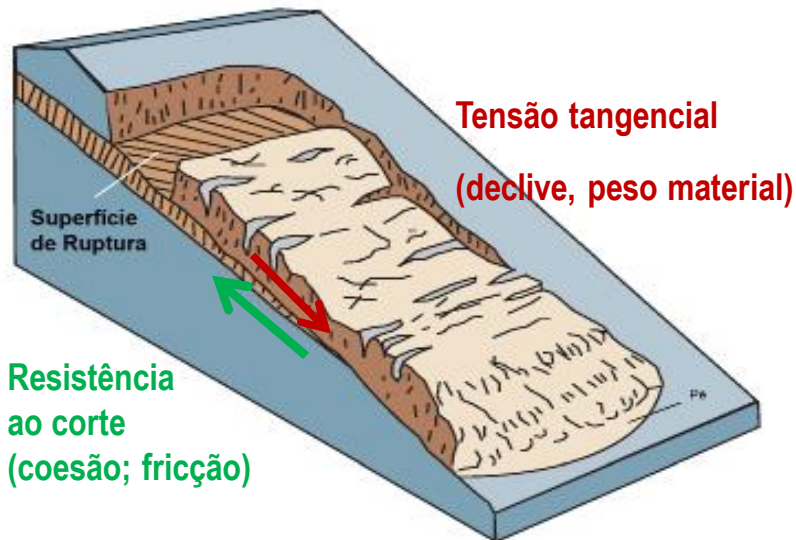
3. Fatores condicionantes vs Fatores desencadeantes

4. Mecanismos de rotura causados pela água

5. Fatores de ordem antrópica – (Exemplos na RAA)

6. Considerações Finais

## 2. Causas dos movimentos de vertente a partir do Fator de Segurança



$$\text{Fator de Segurança (FS)} = \frac{\text{Resistência ao corte}}{\text{Tensão tangencial}}$$

FS > 1 – Vertente estável

FS ≤ 1 – Vertente instável

## 2. Causas dos movimentos de vertente a partir do Fator de Segurança

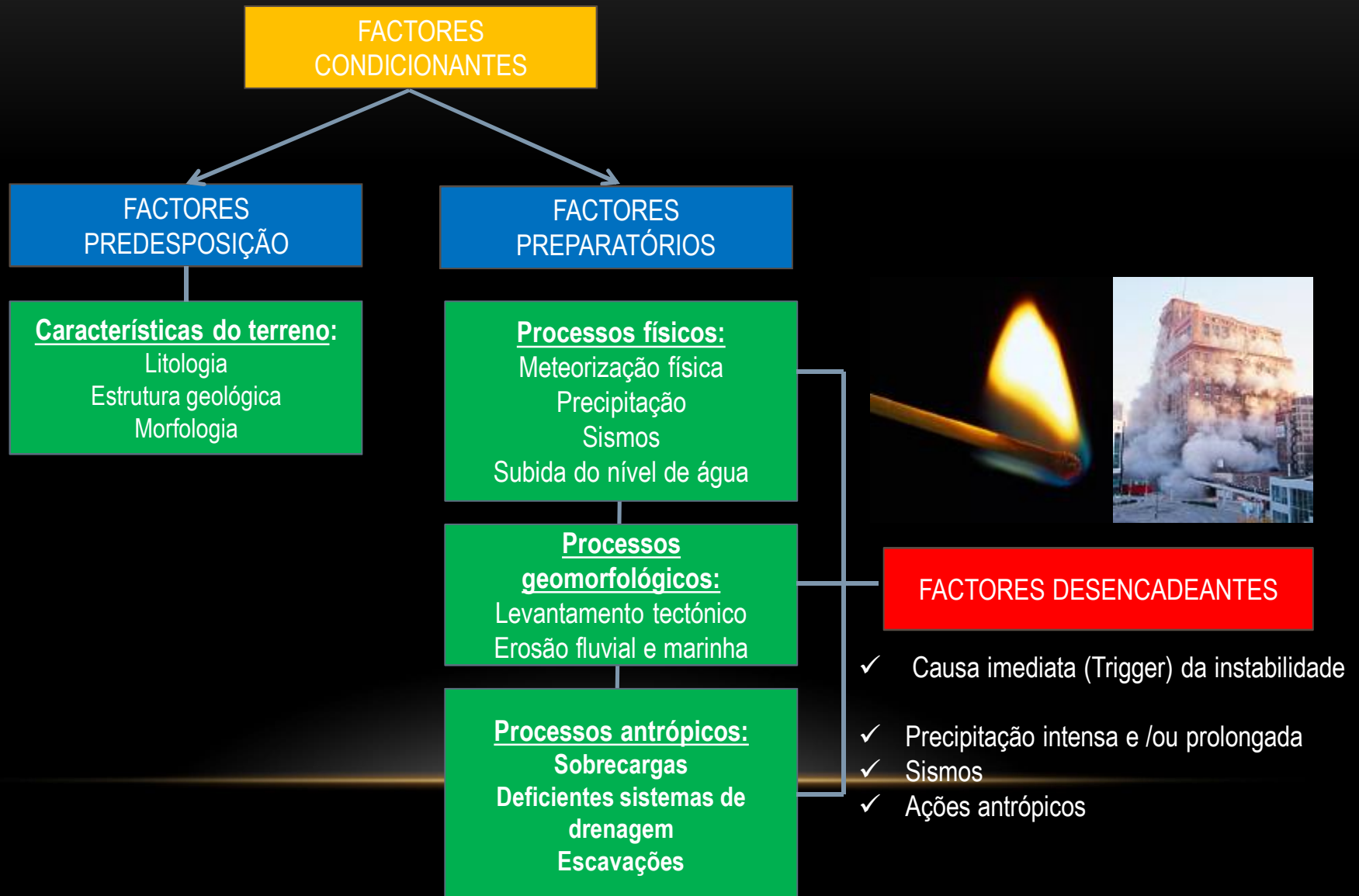
REDUÇÃO DA RESISTÊNCIA AO CORTE	AUMENTO DA TENSÃO TANGENCIAL
<p data-bbox="483 842 846 890">Meteorização física</p> <p data-bbox="459 932 871 979">Meteorização química</p> <p data-bbox="412 1018 918 1066">Saturação de água no solo</p>	<p data-bbox="1043 528 1827 576">Levantamento ou basculamento tectónico</p> <p data-bbox="1043 614 1559 662">Remoção do suporte lateral</p> <p data-bbox="1077 700 1827 748">natural (ex: erosão fluvial, marinha, glaciária)</p> <p data-bbox="1077 770 1503 818">artificial (ex: escavações)</p> <p data-bbox="1043 857 1384 904">Aumento da carga</p> <p data-bbox="1077 943 2007 991">natural (ex: infiltração da água, atividade vulcânica, crescimento da vegetação)</p> <p data-bbox="1077 1013 1671 1061">artificial (ex: construção de aterros)</p> <p data-bbox="1043 1179 1379 1227">Tensão transitória</p> <p data-bbox="1077 1265 1406 1313">natural (ex: sismos)</p> <p data-bbox="1077 1335 2007 1383">artificial (ex: explosões, tráfego rodoviário e ferroviário)</p>

# Tópicos da Comunicação

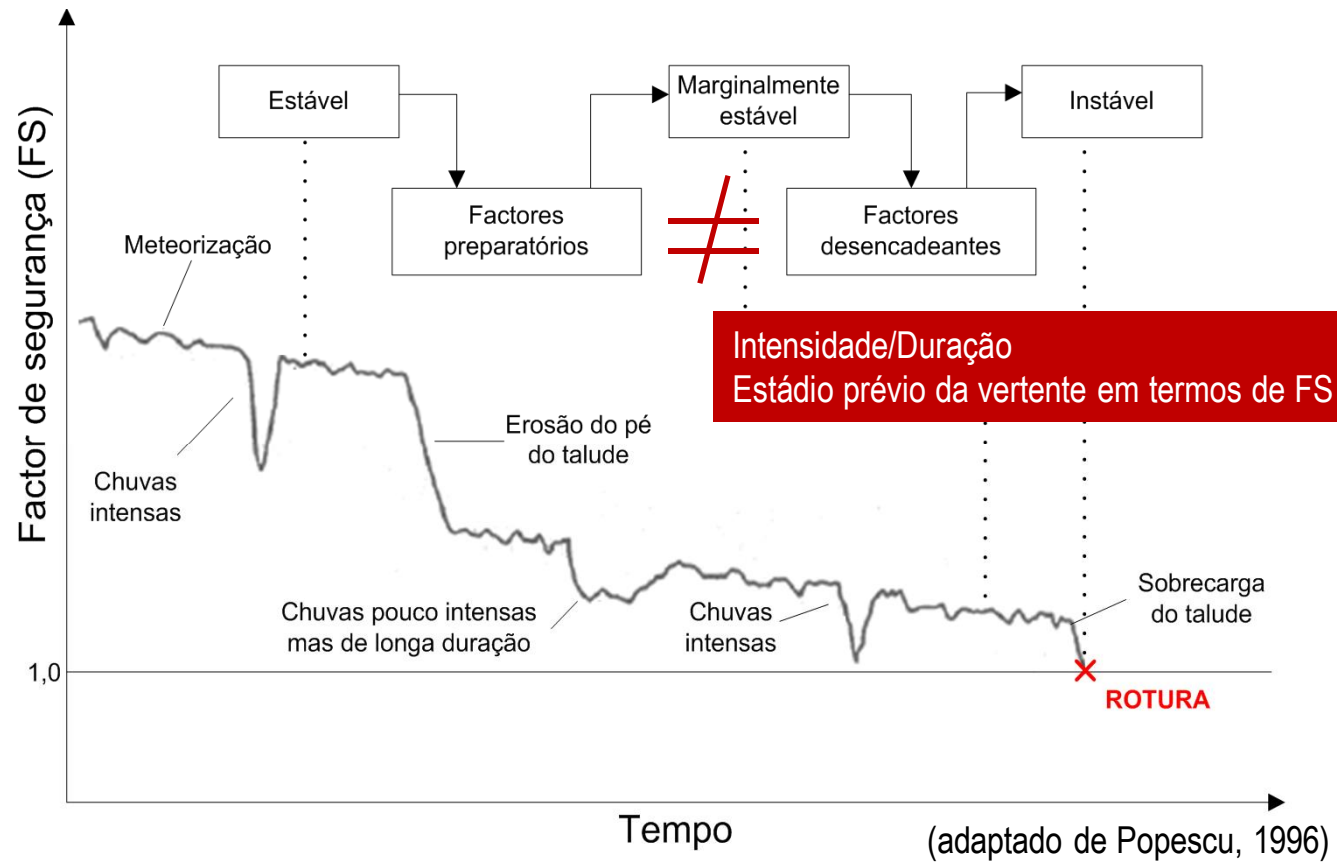
1. Terminologia
2. Causas dos movimentos de vertente a partir do Fator de Segurança
3. Fatores condicionantes vs Fatores desencadeantes
4. Mecanismos de rotura causados pela água
5. Fatores de ordem antrópica – (Exemplos na RAA)
6. Considerações Finais



### 3. Fatores condicionantes vs Fatores desencadeantes



### 3. Fatores condicionantes vs Fatores desencadeantes

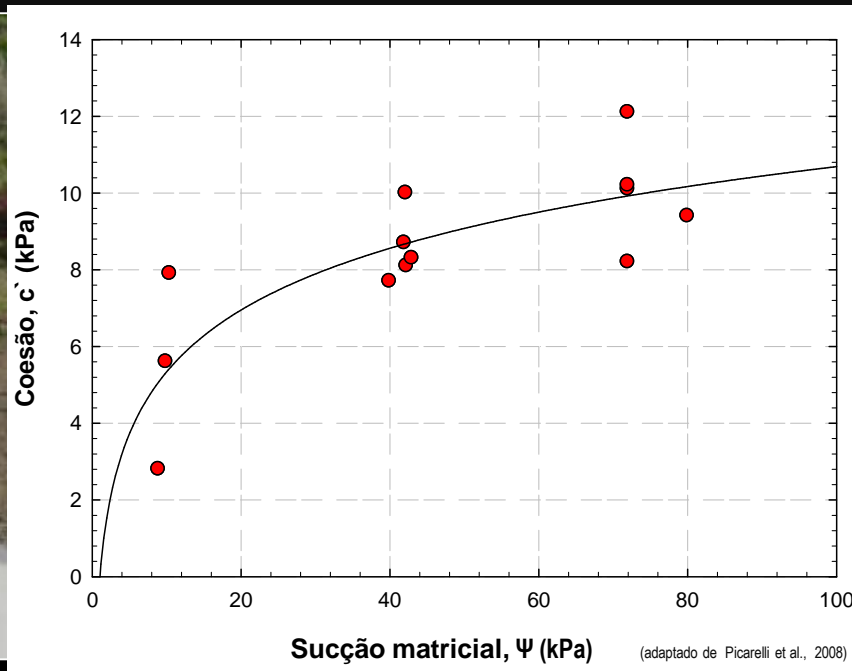


# Tópicos da Comunicação

1. Terminologia
2. Causas dos movimentos de vertente a partir do Fator de Segurança
3. Fatores condicionantes vs Fatores desencadeantes
4. Mecanismos de rotura causados pela água
5. Fatores de ordem antrópica – (Exemplos na RAA)
6. Considerações Finais

## 4. Mecanismos de rotura causados pela água

### ❑ Perda da coesão aparente por decréscimo da sucção matricial



- ✓ As manifestações de instabilidade associadas a este mecanismo ocorrem em solos não coesivos,
- ✓ Ocorre a saturação progressiva do solo, desde o topo para a base
- ✓ Os planos de rotura desencadeados por este processo localizam-se no contacto entre a faixa de solo saturado e o não saturado – normalmente são superficiais
- ✓ Declives  $> 35^\circ$
- ✓ Chuvas intensas e concentradas - Excesso de água causa fluidificação
- ✓ Movimentação geralmente rápida

### 3. Mecanismos de rotura causados pela água

#### ☐ Subida do nível freático permanente ou temporário



- ✓ Saturação progressiva do solo, desde a base para o topo
- ✓ As manifestações de instabilidade associadas a este mecanismo ocorrem em solos coesivos
- ✓ Declives suaves
- ✓ A rotura é normalmente profunda
- ✓ Movimentação lenta
- ✓ Chuvas de longa duração
- ✓ Excesso de água causa fluidificação alterando a cinemática



# Tópicos da Comunicação

1. Terminologia
2. Causas dos movimentos de vertente a partir do Fator de Segurança
3. Fatores condicionantes vs Fatores desencadeantes
4. Mecanismos de rotura causados pela água
5. Fatores de ordem antrópica – (Exemplos na RAA)
6. Considerações Finais

## 4. Fatores de ordem antrópica - (Exemplos na RAA)

- ❑ **Órgãos de drenagem direcionados para taludes naturais e de aterro**

✓ Órgãos de drenagem direcionados para taludes naturais e de aterro



- ✓ Presença de sistemas de drenagem de estradas a debitar diretamente para os taludes
- ✓ Promove a recarga de aquíferos em profundidade





## 4. Fatores de ordem antrópica - (Exemplos na RAA)

- Modificação do padrão de escoamento de águas devido a barreiras/entupimentos**

✓ **Modificação do padrão de escoamento natural de águas devido a barreiras/entupimentos**



Deslizamento rotacional com rotura progressiva afetando uma das faixas de rodagem da via de comunicação Praia Formosa-Malbusca, Ilha de Santa Maria



Entupimento de passagem hidráulica, na estrada Regional das Ribeiras – Lajes (Ilha do Pico)

## 4. Fatores de ordem antrópica - (Exemplos na RAA)

- ❑ **Escavação no pé e no corpo de taludes**

✓ Escavação no pé e no corpo de taludes



Lajedo 2013 – Ilha das Flores

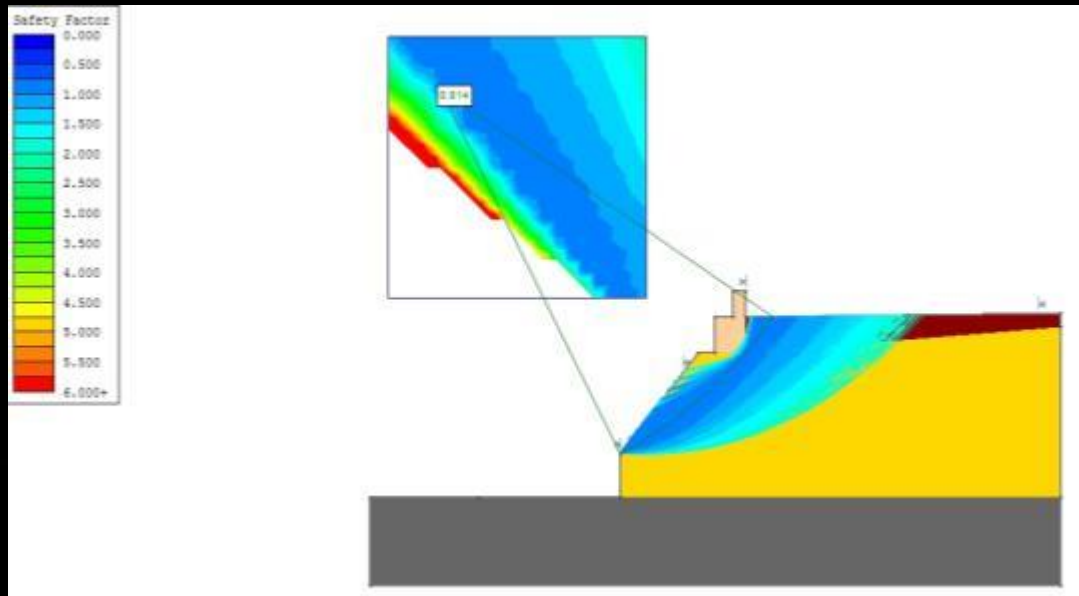
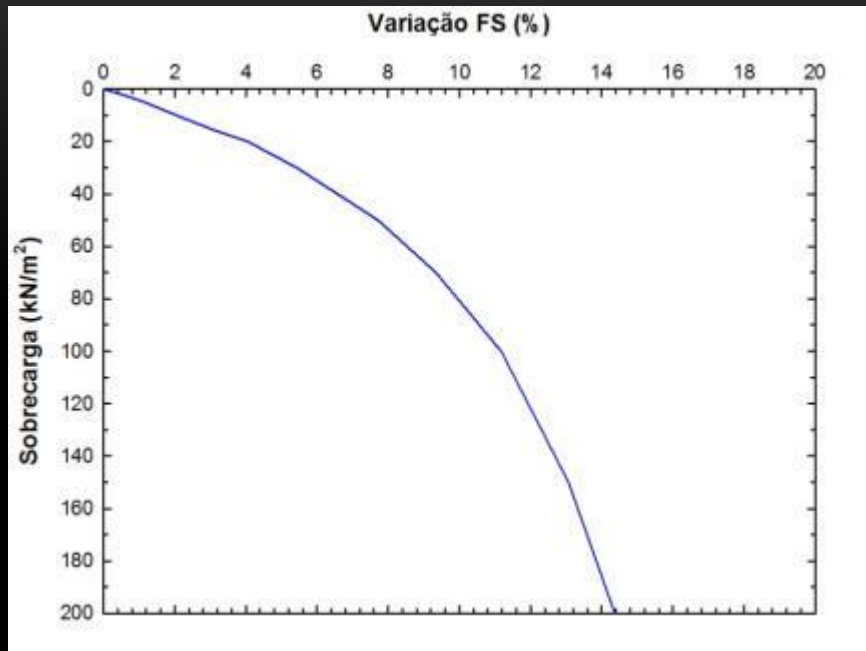


- “ Alteração da geometria para inclinações superiores às existentes incrementa os esforços tangenciais
- “ Induz à descompressão do maciço – Fendas de tração

## 4. Fatores de ordem antrópica - (Exemplos na RAA)

- Sobrecargas impostas por aterros, casas**

✓ Sobrecargas impostas por aterros, casas



## 4. Fatores de ordem antrópica - (Exemplos na RAA)

- Direcionamento de águas pluviais/residuais para o corpo de taludes**

✓ **Direcionamento de águas pluviais/residuais para o corpo de taludes/arribas**





✓ **Direcionamento de águas pluviais/residuais para o corpo de taludes/arribas**



Capelas – 2013 – São Miguel

## 4. Fatores de ordem antrópica - (Exemplos na RAA)

- Alteração do tipo de uso ou coberto vegetal**

✓ **Alteração do tipo de uso ou coberto vegetal**



- ✓ Escoamento superficial direcionado para a crista do talude
- ✓ Deslizamento translacional superficial



## 4. Fatores de ordem antrópica - (Exemplos na RAA)

□ Outros:

**Rotura de canalizações subterrâneas no corpo de vertentes**

✓ Outros: Rotura de canalizações subterrâneas no corpo de vertentes



- ✓ Rotura do sistema de água para abastecimento de público
- ✓ Área de instabilização: 600m<sup>2</sup>
- ✓ 4 moradias foram estruturalmente afetadas



# Tópicos da Comunicação

1. Terminologia
2. Causas dos movimentos de vertente a partir do Fator de Segurança
3. Fatores condicionantes vs Fatores desencadeantes
4. Mecanismos de rotura causados pela água
5. Fatores de ordem antrópica – (Exemplos na RAA)
6. Considerações Finais

## 5. Considerações Finais

- ❑ Contexto geológico e morfológico propício à ocorrência de movimentos de vertente com diferentes tipologias, sendo responsáveis por danos em infraestruturas e moradias, cortes nas vias de comunicação e perda de vidas humanas.
- ❑ São desencadeados, maioritariamente, por precipitação intensa e/ou prolongada e por sismos. No entanto, são muitas vezes potenciados pelas atividades antrópicas desajustadas.
- ❑ A atividade humana, manifesta-se: pelo direcionamento de águas pluviais/residuais para o corpo de taludes/arribas; pela abertura de taludes em vertentes potencialmente instáveis, para a construção de estradas e de casas, não precedida de estudos de estabilidade e de medidas preventivas de estabilização; pela alteração do tipo de uso ou coberto vegetal.

### Para inverter esta situação:

- Não desenvolver atividades em locais potencialmente instáveis (e.g. construção na crista e base de taludes);
- Reorganizar sistemas de drenagem de águas pluviais;
- Avaliar a estabilidade de taludes naturais e artificiais, apoiado em estudos geotécnicos.
- Implementar trabalhos de engenharia adequados/dimensionados para proteger/reforçar os elementos em risco a partir da influência dos fenómenos de instabilidade geomorfológica.
- Apostar na **sensibilização/educação de todos (todos)** os intervenientes que atuam no espaço físico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, P., 2010. Caracterização geotécnica e hidrológica de depósitos vulcânicos: Modelação da estabilidade de taludes no concelho da Povoação (ilha de S. Miguel – Açores). Dissertação de Doutoramento em Geologia especialidade de Vulcanologia. Departamento de Geociências da Universidade dos Açores, pp 277.

CRUDEN, D.M. (1991) - A simple definition of a landslide. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, 43, Paris, p.27-29.

PICARELLI, L., OLIVARES, L. e AVOLIO, B. (2008) - Zoning for flowslide and debris flow in pyroclastic soils of Campania Region based on “infinite slope” analysis. *Engineering Geology*, 102: 132–141.

POPESCU, M. E. (1996) – “From landslide causes to landslide remediation” in SENNESET, K. (Ed.) *Landslides*. Proceedings of the Seventh International Symposium on Landslides. Trondheim. Vol. 1. Balkema, Rotterdam. pp. 75-96



**Obrigado pela vossa atenção**

% Nature tends to be flatõ +