# DEFESA CIVIL - ES

## Noções de Avaliação de Risco Geológico

**Instrutor:** Roney Gomes Nascimento
Eng.º Civil – Subcoordenador de Operações

# Conceito de Risco Geológico

- pode ser definido como "situação de perigo, perda ou dano, ao Homem e suas propriedades, em razão da possibilidade de ocorrência de processos geológicos, induzidos ou não". (Cerri, 1993)

- os riscos geológicos são associados aos processos geológicos que podem estar relacionados predominantemente à geodinâmica interna ou externa.

# PROCESSOS GEODINÂMICOS

**MOVIMENTOS DE TRANSPORTE DE MASSA**

**AGENTE TRANSPORTANTE (ÁGUA, GELO E AR) -**

**PROCESSOS EROSIVOS E DE ASSOREAMENTO**

**EROSÃO PLUVIAL, FLUVIAL, EÓLICA, GLACIAL**

**MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA**

**SEM AGENTE TRANSPORTANTE**

**ESCORREGAMENTOS: FRENTE LIVRE DE MOVIMENTAÇÃO (ENCOSTAS)**

**SUBSIDÊNCIAS, COLAPSOS: MOVIMENTOS VERTICAIS SEM FRENTE LIVRE DE MOVIMENTAÇÃO**

# Conceito de Avaliação de Risco

# (ou Análise de Risco):

- metodologia que permite identificar uma ameaça, caracterizar e estimar sua importância, com a finalidade de definir alternativas de gestão do processo.

A avaliação de risco compreende:

1. Identificação da ameaça;
2. Caracterização do risco;
3. Avaliação da exposição;
4. Estimativa de custo;
5. Definição de alternativas de gestão.

- A análise de risco ou avaliação de risco tem a finalidade de quantificar a possibilidade de ocorrência de um evento natural perigoso e as consequências sócio-econômicas adversas causadas pelo mesmo.

- Nesse sentido são apresentadas algumas equações básicas para a avaliação de risco:

**R = P x C**

**R**isco **=** **P**ossibilidade de ocorrência **x** **C**onsequências

- **Conceituação de Risco e Área de Risco:**

  - **Risco:** o termo risco indica a probabilidade (P) de ocorrência de um processo destrutivo e as consequências (C) sociais e/ou econômicas a serem registradas, caso ocorra um determinado processo destrutivo; não há risco sem alguma probabilidade de acidente nem acidente sem qualquer consequência de perda ou de dano; quanto maior a vulnerabilidade, maior o risco; podemos atuar sobre um problema diminuindo o risco através de um melhor gerenciamento (g); o risco diminui à medida que aumenta o gerenciamento.

$$R = P \times C \times g^{-1}$$

  - **Área de Risco:** área passível de ser atingida por fenômenos ou processos naturais e/ou induzidos que causem efeito adverso.

  - **Perigo:** qualquer condição potencial ou real que pode vir a causar morte, ferimento ou dano à propriedade; a tendência moderna é substituir o termo por **ameaça**.

- **Evento:** fato já ocorrido, no qual não foram registradas consequências sociais e/ou econômicas relacionadas diretamente ao fato; “um evento é simplesmente uma ocorrência natural”.

- **Acidente:** fato já ocorrido, no qual foram registradas consequências sociais e/ou econômicas relacionadas diretamente ao fato; “um acidente ocorre quando o acontecimento se efetiva , gerando danos”.

- **Risco:** condição potencial de ocorrência de um acidente; “os fenômenos naturais não são riscos”; “risco (geológico ou de outra natureza) é o perigo potencial para a vida do homem e para suas propriedades”.

- **Vulnerabilidade:** probabilidade de uma determinada comunidade ou área geográfica ser afetada por uma ameaça ou risco potencial de desastre, estabelecida a partir de estudos técnicos; vulnerabilidade é o inverso da segurança.

- **Evento Adverso:** acontecimento que traz prejuízo, infortúnio; fenômeno causador de um desastre.

- **Perigo:** condição ou fenômeno com potencial para causar uma consequência desagradável.

- **Ameaça:** risco imediato de desastre; prenúncio ou indício de um evento desastroso.

# Expressão de uma área de risco

Santa Leopoldina/ES – Dez/2008

# Erosão dos solos em encostas urbanas

- Deslizamento é um termo genérico e abrange vários tipos de movimentação no solo;

- A formação e dinâmica do relevo relaciona-se tanto à interação de variáveis endógenas (Tectonismo, abalos sísmicos e vulcanismo), quanto às variáveis exógenas (Erosão eólica e hídrica, por exemplo);

- O estudo de movimentos de massa considera variáveis climáticas, geológicas, antrópicas, geotécnicas, pedológicas e geomorfológicas.

# Escorregamento de massa em encostas

- **Encostas x Taludes:**

- O termo encosta pode ser entendido como toda superfície natural inclinada que une duas outras superfícies caracterizadas por diferentes energias potenciais gravitacionais;

- O termo encosta é mais utilizado em caracterizações regionais; já o termo talude é mais empregado em descrições locais;

- Existem os taludes naturais, de corte ou de aterro;

# Escorregamento de massa em encostas

- **Características dos taludes:**

- O talude natural possui a mesma definição do termo encosta só que se restringe a uma escala de análise local da encosta;

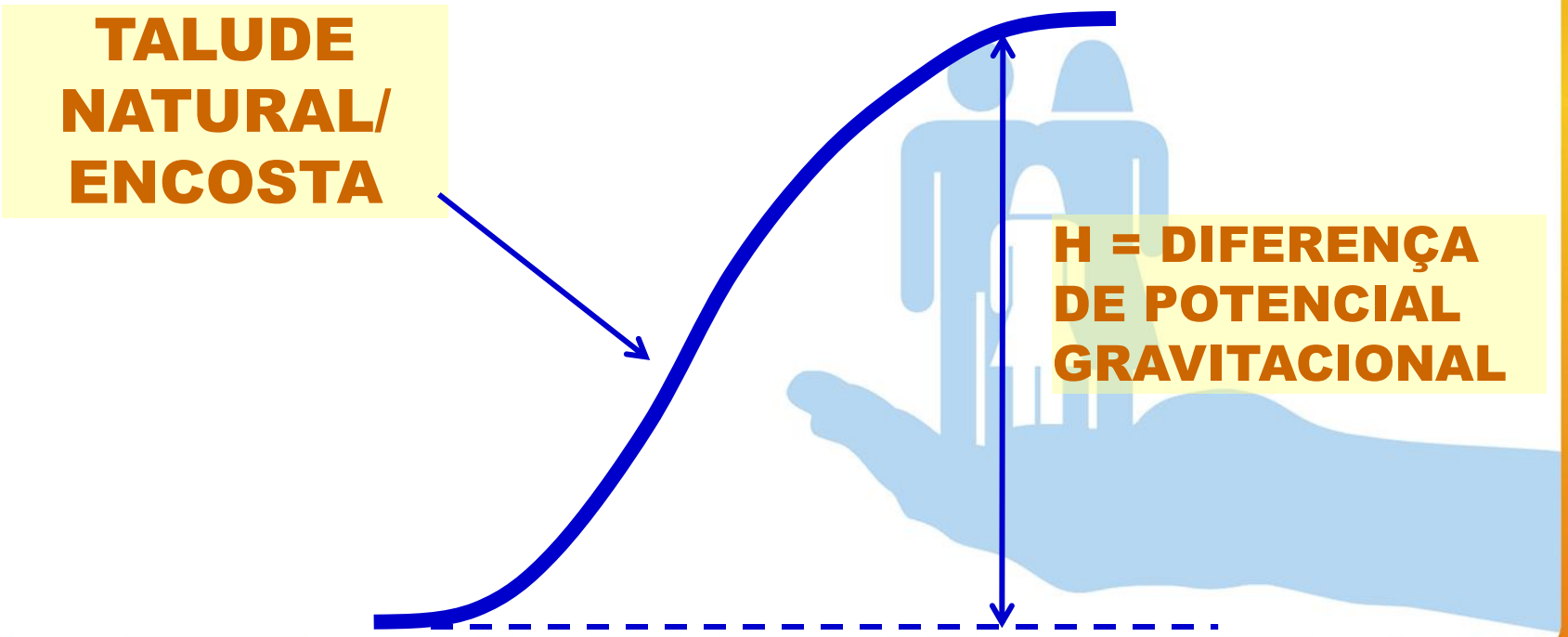
- O talude de corte se refere a uma parte da encosta que sofreu intervenção humana, no sentido de escavação no solo e retirada da vegetação para construção de moradia;

- O talude de aterro é produzido mediante a compactação de uma massa de solo heterogênea (mistura de vários tipos de solos, resíduos sólidos e rochas), dificultando a infiltração e aumentando o escoamento superficial – condições ideais para ocorrência de um deslizamento

# CONCEITOS BÁSICOS

- **TALUDE NATURAL - ENCOSTA**

*SUPERFÍCIE NATURAL INCLINADA UNINDO OUTRAS DUAS COM DIFERENTES POTENCIAIS GRAVITACIONAIS*

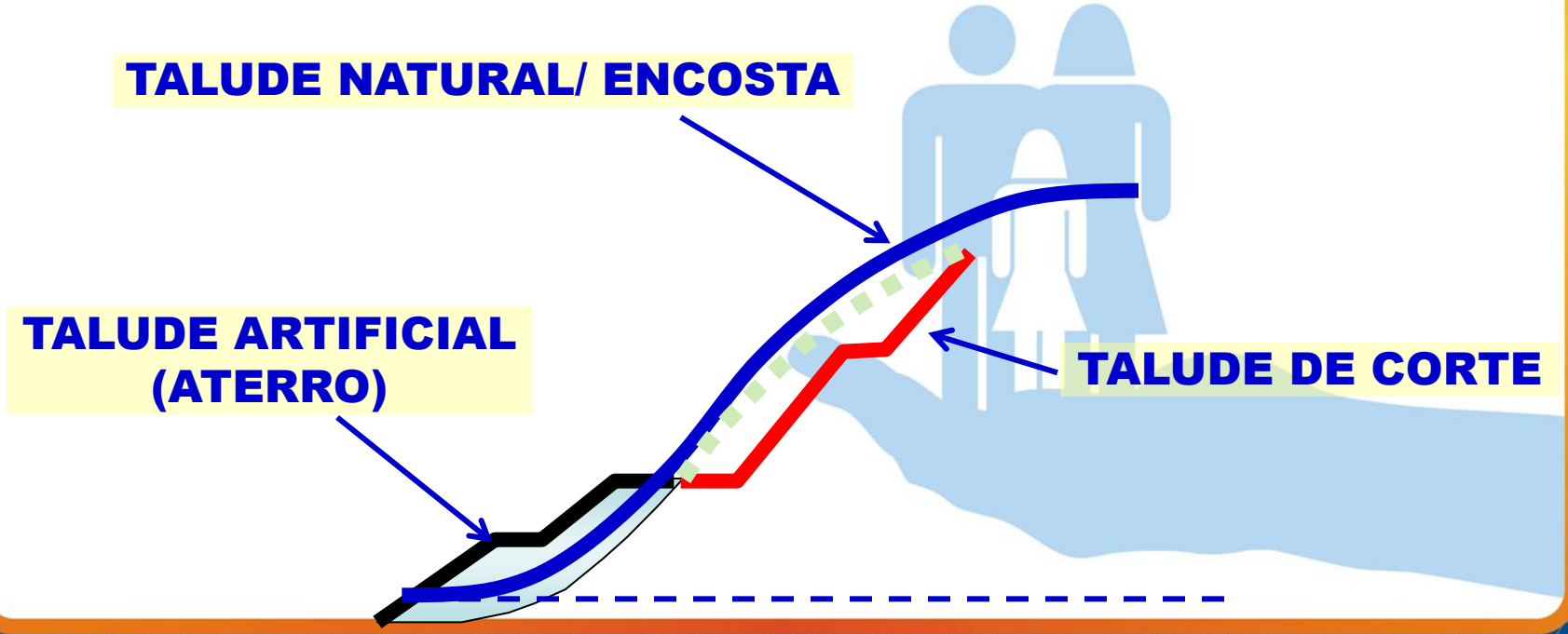


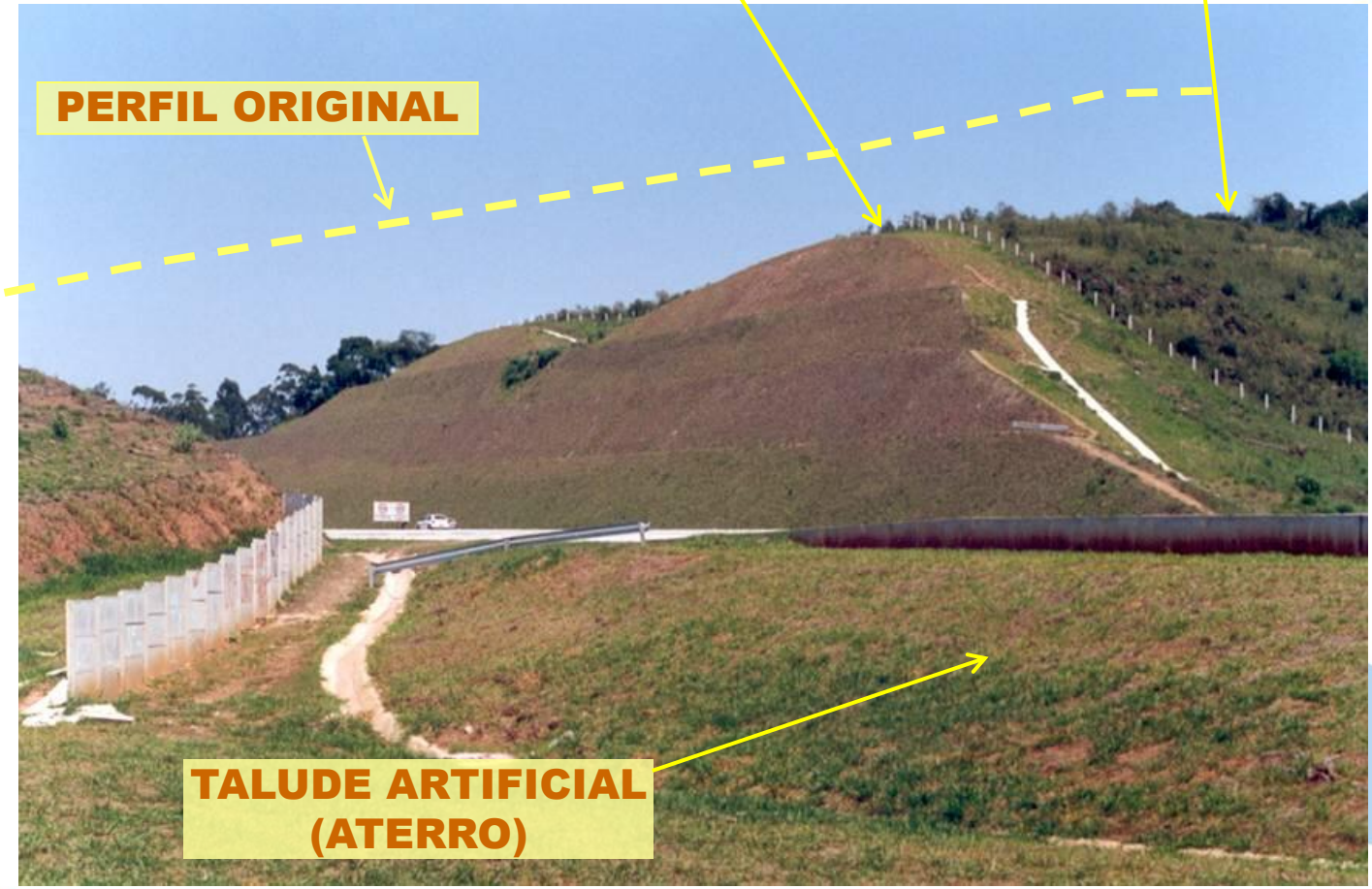
- **TALUDE DE CORTE**

  *talude natural com algum tipo de escavação*

- **TALUDE ARTIFICIAL**

  *talude de aterros diversos (rejeitos, bota-foras, etc.)*

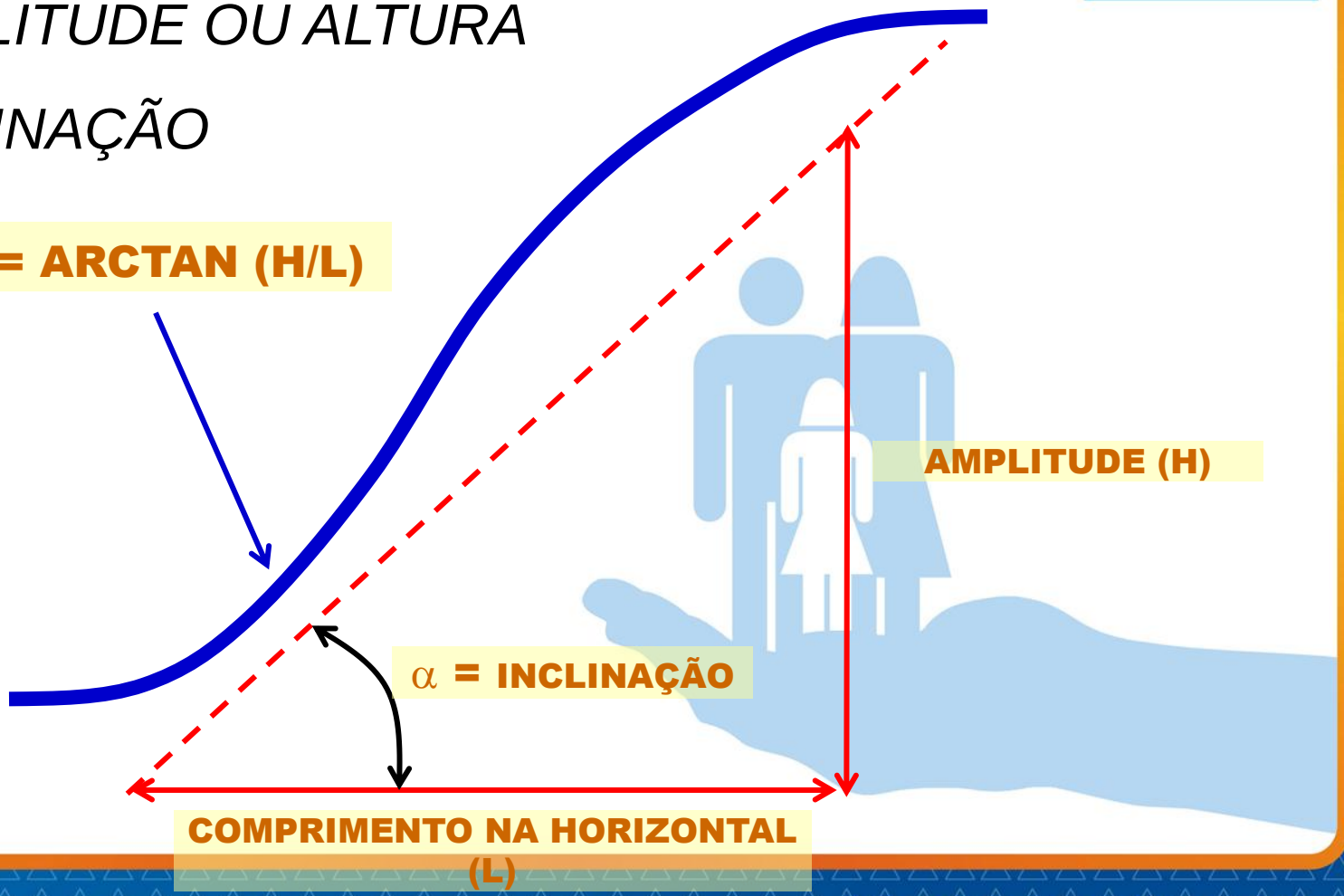



TALUDE DE CORTE
TALUDE NATURAL
PERFIL ORIGINAL
TALUDE ARTIFICIAL
(ATERRO)

# ELEMENTOS GEOMÉTRICOS BÁSICOS DO TALUDE

*AMPLITUDE OU ALTURA*

*INCLINAÇÃO*

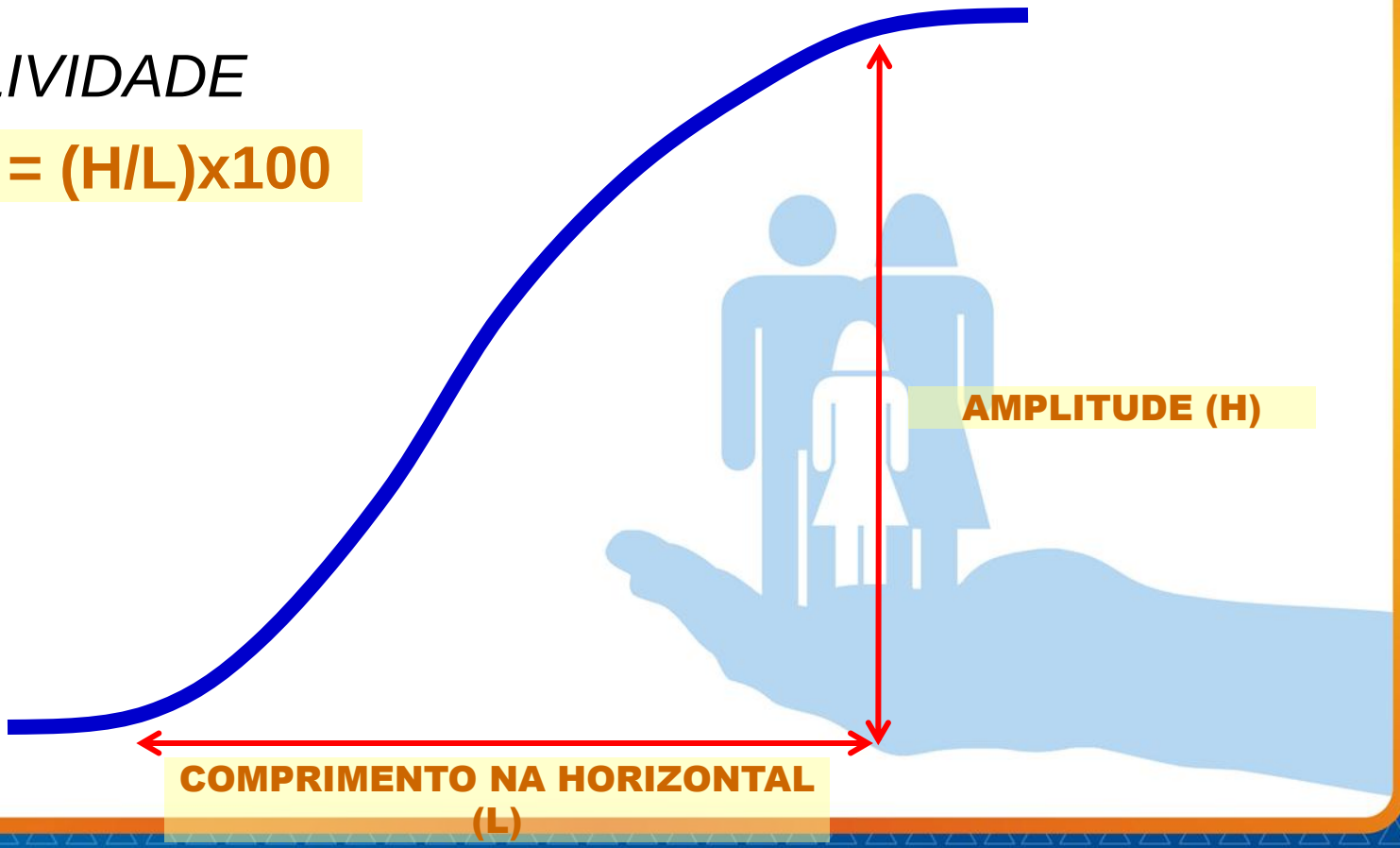


# ELEMENTOS GEOMÉTRICOS BÁSICOS DO TALUDE

*AMPLITUDE OU ALTURA*

*DECLIVIDADE*

**D(%) = (H/L)x100**



# ELEMENTOS GEOMÉTRICOS BÁSICOS DO TALUDE

| DECLIVIDADE | INCLINAÇÃO |
|---|---|
| D(%) = (H/L)x100 | $\alpha$ = ARCTAN (H/L) |
| 100% | $45^{O}$ |
| 50% | ~ $27^{O}$ |
| 30% | ~ $17^{O}$ |
| 20% | ~ $11^{O}$ |
| 12% | ~ $7^{O}$ |
| 6% | ~ $3^{O}$ |

# Os tipos de deslizamentos existentes

| | |
|---|---|
| ESCORREGAMENTOS (SLIDES) | •Escorregamentos de solo;<br>•Escorregamentos de rocha. |
| RASTEJO (CREEP) | •Rastejo ou "creep". |
| QUEDAS (FALLS) | •Queda de blocos;<br>•Desplacamento rochoso;<br>•Rolamento de matacões;<br>•Tombamento. |
| CORRIDAS (FLOWS) | •Corridas de terra;<br>•Corridas de lama;<br>•Corridas de blocos. |

Corrida de massa no Distrito de São José
Ibitirama/ES - Fev/2007

Corrida de massa no Distrito de São José
Ibitirama/ES - Fev/2007

# Os tipos de deslizamentos existentes

- **Escorregamento de massa:**

- Movimentos rápidos, de curta duração e com plano de ruptura bem definido; o material envolvido pode ser constituído por solo, depósito de encosta, rocha, detritos e lixo doméstico;

# Os tipos de deslizamentos existentes

- **Ocorrências de escorregamento de massa:**

- Retirada da vegetação;
- Cortes sem orientação técnica;
- Aterros não ou mal-compactados;
- Falta de drenagem da água pluvial;
- Falta de drenagem das águas servidas;
- Fossas;
- Ruptura da rede de esgoto;
- Plantio de espécies arbóreas em declividades incompatíveis.

# ESCORREGAMENTOS

## CONDICIONANTES NATURAIS:

- características dos solos e rochas
- relevo (declividade/inclinação)
- vegetação
- clima
- nível d’água

## CONDICIONANTES ANTRÓPICOS:

- cortes e aterros
- desmatamento
- lançamento de água servida em superfície
- fossas sanitárias
- lixo e entulho
- cultivo inadequado

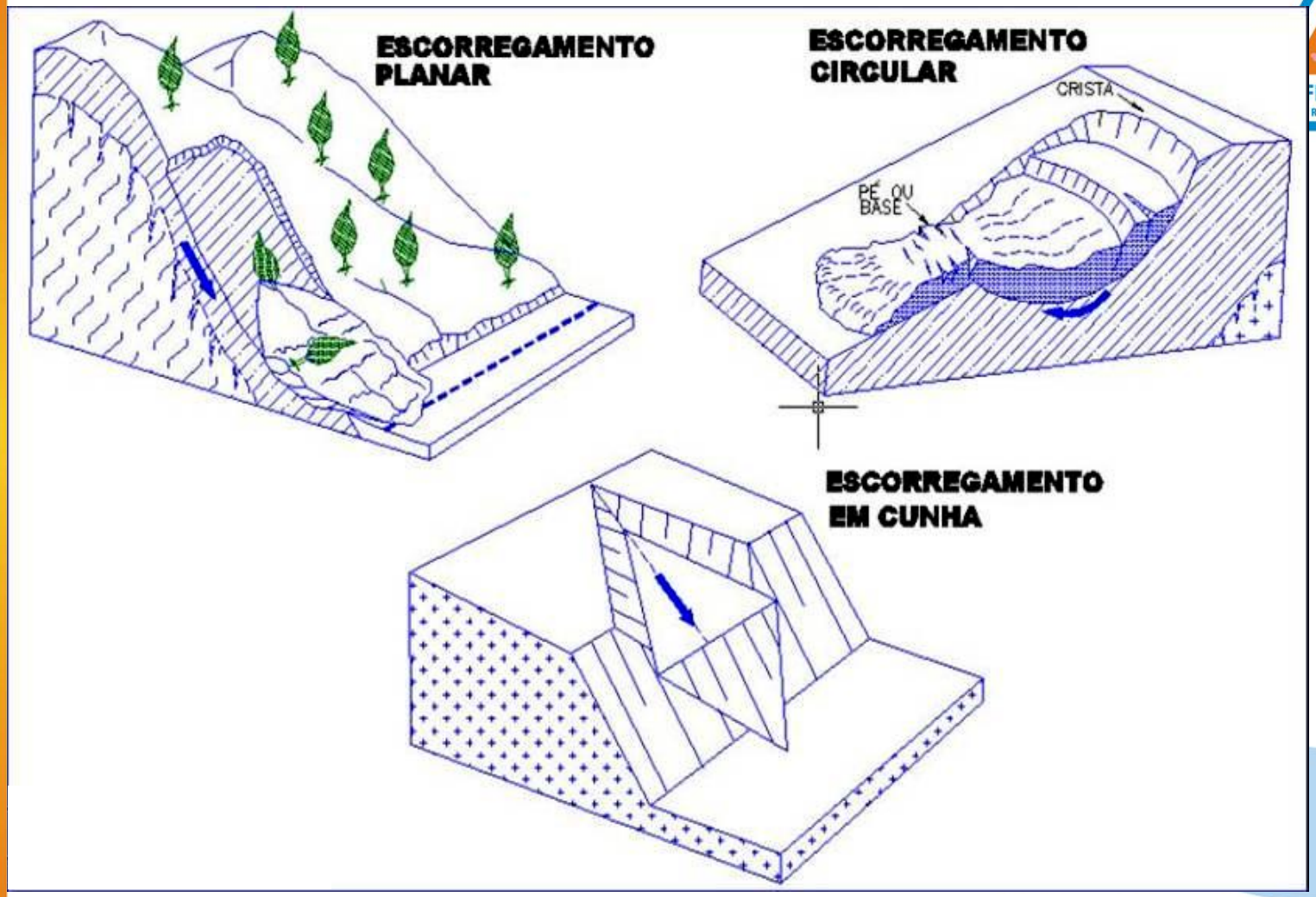
# Os tipos de deslizamentos existentes

- **Indícios de escorregamento:**

- Trincas nas paredes da edificação e/ou no terreno;
- Muro embarrigado;
- Rebaixamento no piso da edificação;
- Trincas no terreno, com formação de degraus de abatimento;
- Inclinação de árvores que antes não estavam, cercas, postes;
- Surgência d'água no sopé do talude;

- ***"Tudo isto indica movimentação do solo"***

# ESCORREGAMENTOS



## Muros/paredes “embarrigados”

## Muros/paredes “embarrigados”

## **Degrau** de abatimento

Localidade de Córrego dos Monos
Castelo/ES - Jun/2009

## **Degrau** de abatimento

Rodovia ES-484 – S.J. Calçado x Guaçuí/ES
Fev/2007

# Trincas

## na moradia

## Trincas

- no terreno

## Trincas

- no terreno

## Trincas

- no terreno

# Minas d'água no talude

- Cicatriz de escorregamento

## Inclinação

- muros

# Inclinação

árvores

## Inclinação

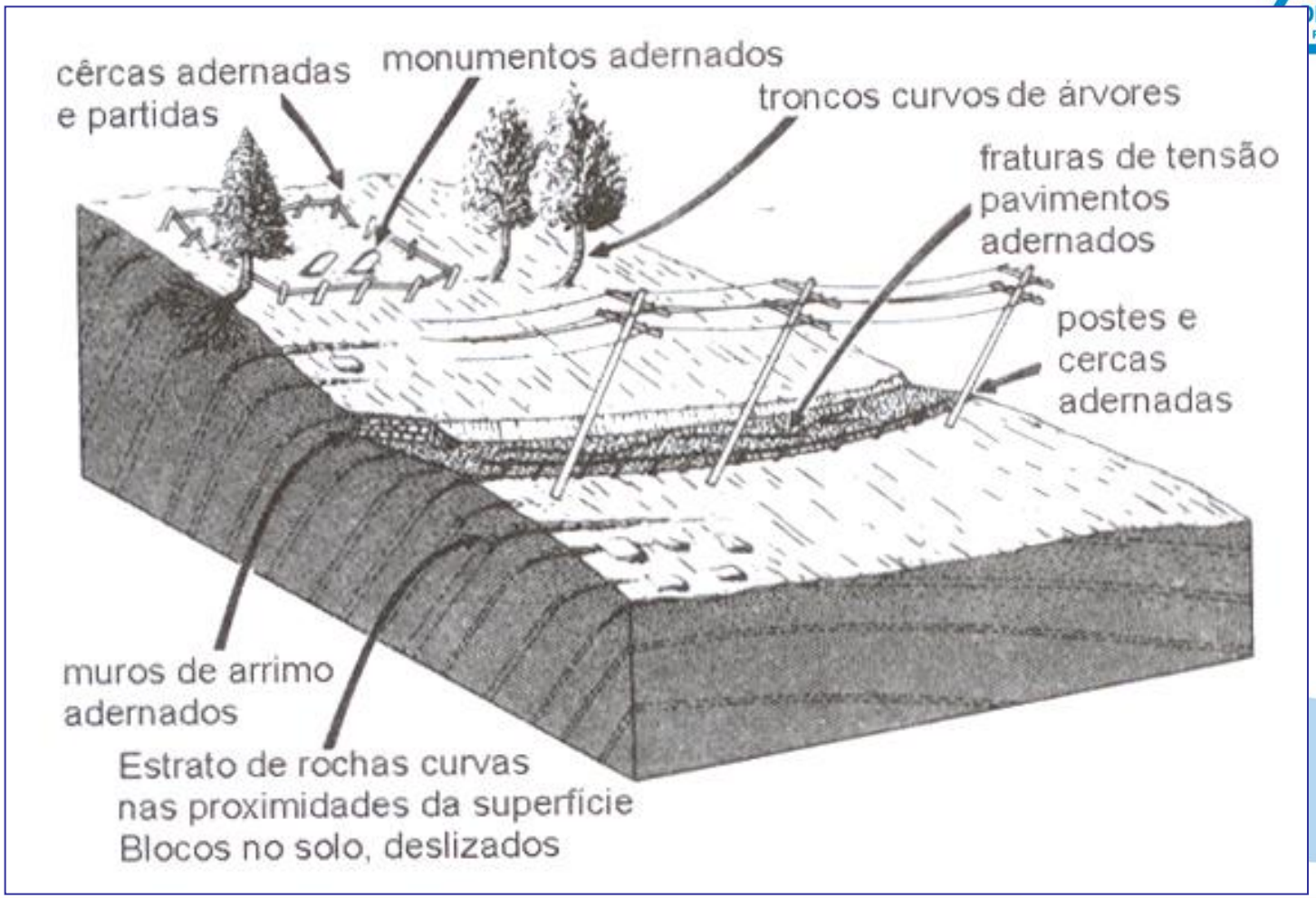
- árvores

# Área de cultivo

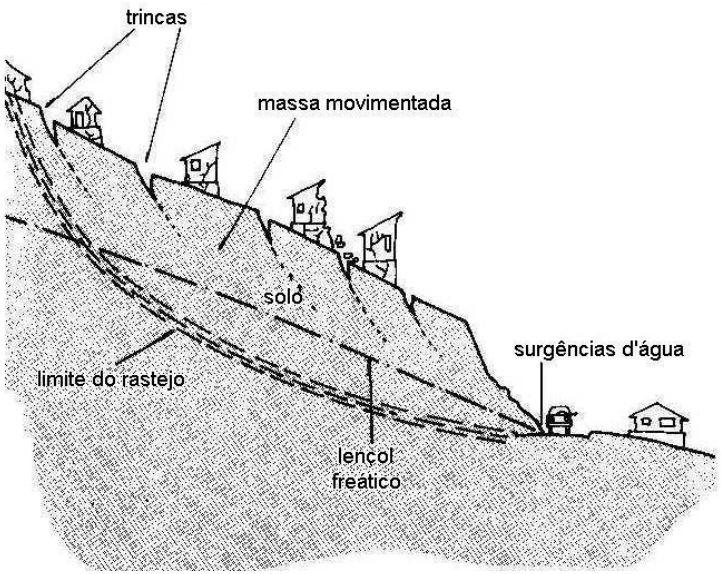
# RASTEJO

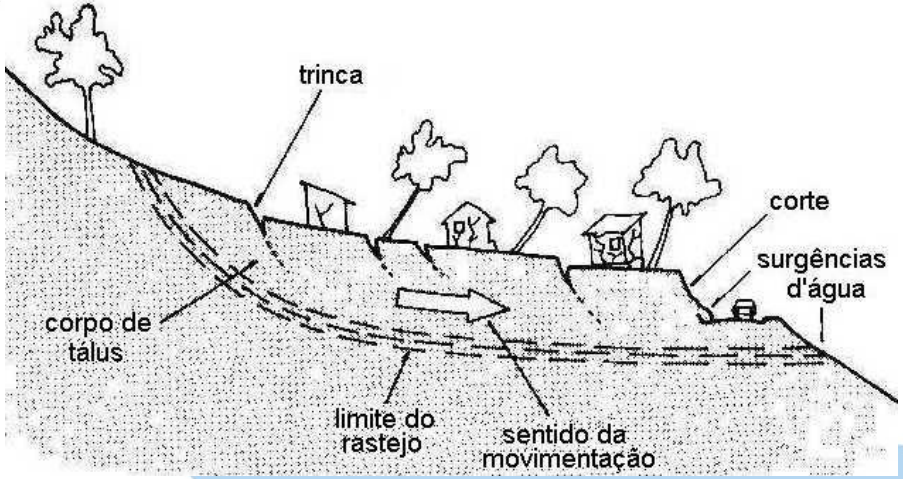
- VÁRIOS PLANOS DE DESLOCAMENTO (INTERNOS)
- VELOCIDADES MUITO BAIXAS (CM/ANO) A BAIXAS E DECRESCENTES COM A PROFUNDIDADE
- MOVIMENTOS CONSTANTES, SAZONAIS OU INTERMITENTES
- SOLO, DEPÓSITOS, ROCHA ALTERADA/FRATURADA
- GEOMETRIA INDEFINIDA

# RASTEJO

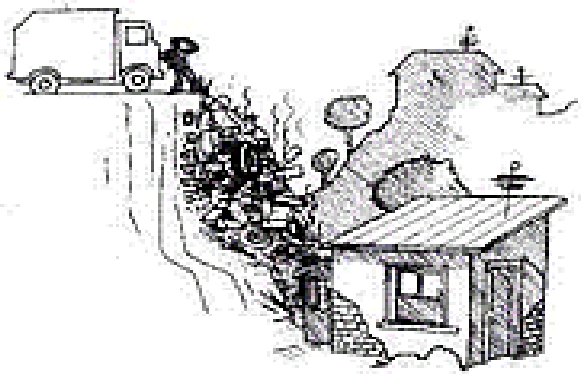

cêrcas adernadas
e partidas
monumentos adernados
troncos curvos de árvores
fraturas de tensão
pavimentos
adernados
postes e
cercas
adernadas
muros de arrimo
adernados
Estrato de rochas curvas
nas proximidades da superfície
Blocos no solo, deslizados

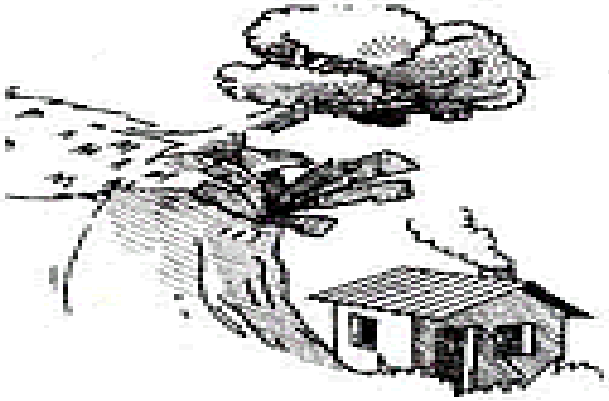
# RASTEJO

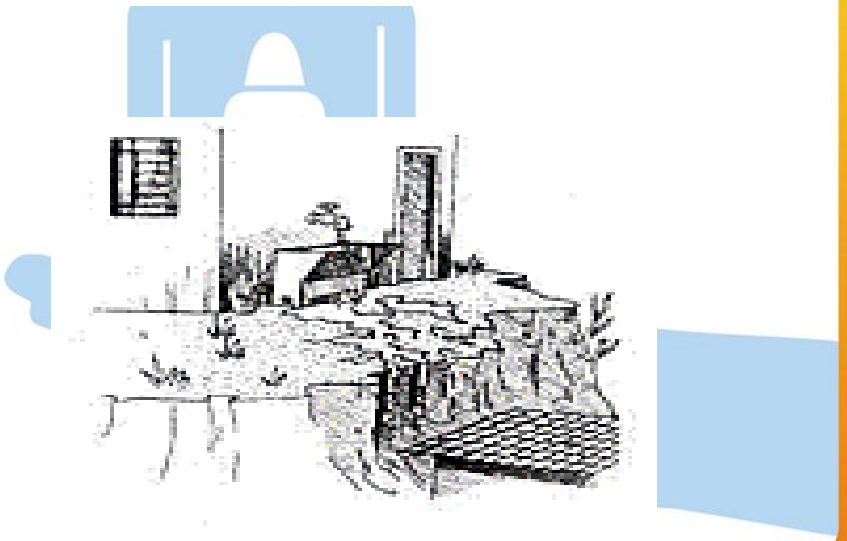

trincas
massa movimentada
solo
surgências d'água
limite do rastejo
lençol
freático


trinca
corte
surgências
d'água
corpo de
tálus
limite do
rastejo
sentido da
movimentação

# ÁREAS DE RISCO: Você tem esta percepção?







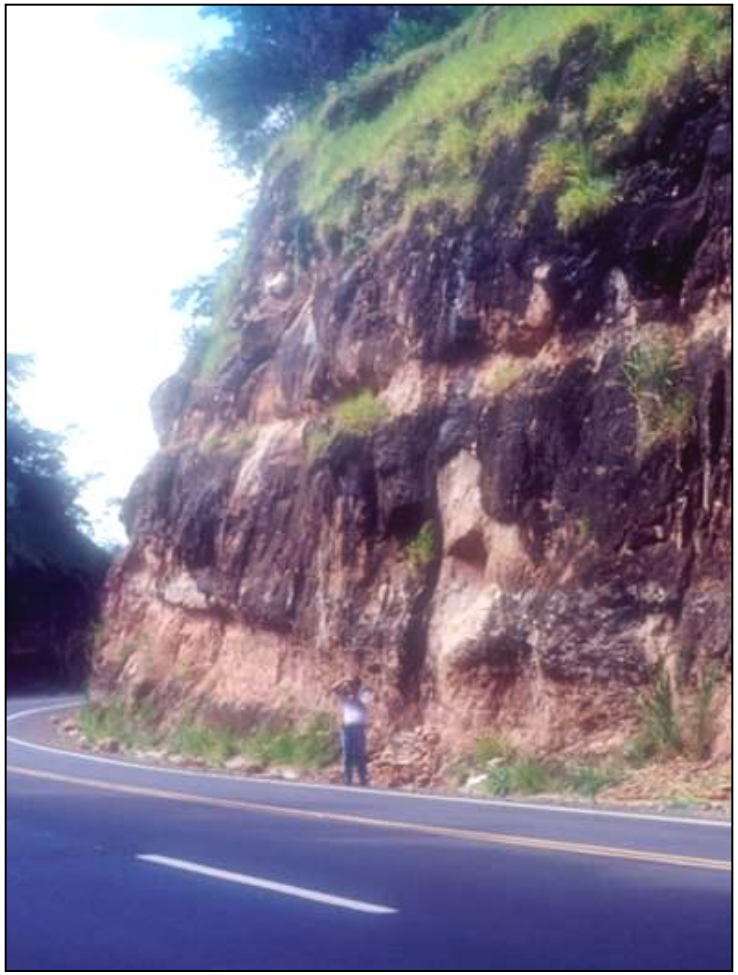
# Os tipos de deslizamentos existentes

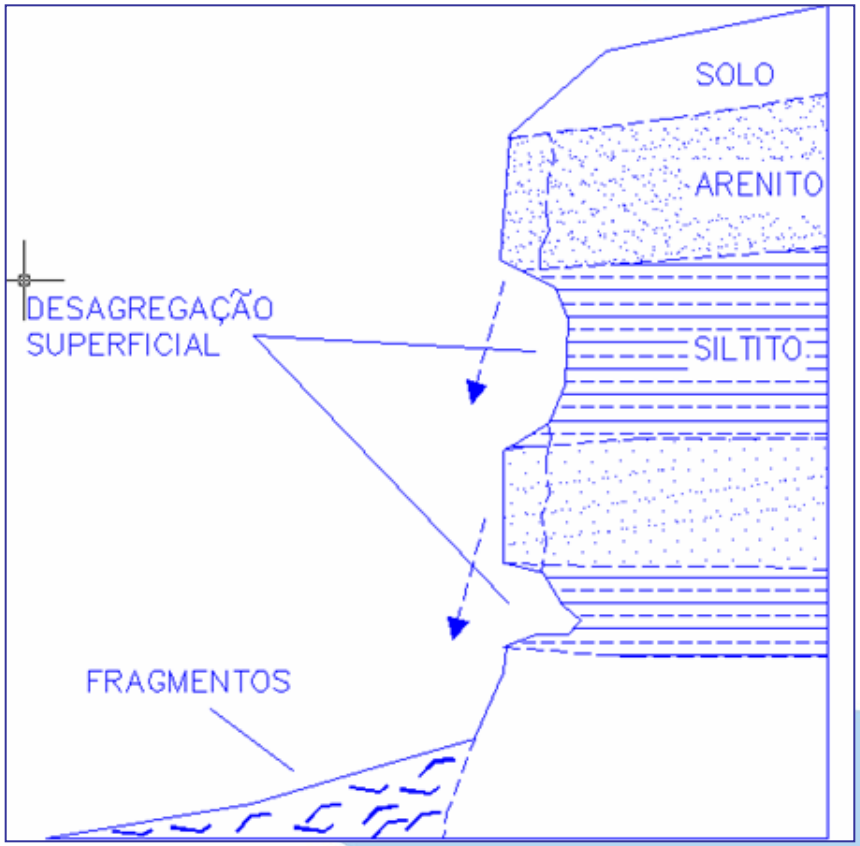
- **Tombamento de blocos rochosos:**

- Pode ocorrer em áreas de acúmulo de blocos rochosos instáveis – ambiente geológico classificado como Depósito de Tálus;

- Rolamento de matacão (Morro do macaco, por exemplo, 1987), devido à retirada da vegetação no local e conseqüente desestabilização do solo;

# QUEDAS




SOLO
ARENITO
DESAGREGAÇÃO
SUPERFICIAL
SILTITO
FRAGMENTOS

# ROLAMENTO DE MATACÃO

# DESPLACAMENTO/TOMBAMENTO

# Obras de Contenção

Escorregamento de massa em Rodovia Estadual
Afonso Cláudio/ES – Nov/2006

Recuperação de encosta pós-escorregamento em Rodovia Estadual - Afonso Cláudio/ES – Nov/2007

Encosta em área urbana
Santa Leopoldina/ES – Nov/2008

Tela fixada em encosta de área urbana
Santa Leopoldina/ES – Fev/2008

Projeção de concreto sobre tela em encosta
Santa Leopoldina/ES – Fev/2008

Contenção de encosta – concreto projetado
Santa Leopoldina/ES – Dez/2009

**Obra de contenção concluída em encosta – concreto projetado**
**Santa Leopoldina/ES – Dez/2009**

Obra de proteção de talude com solo grampeado
Rodovia do Sol - Guarapari/ES – Março/2005

Talude revegetado c/solo grampeado
Rodovia do Sol - Guarapari/ES – Março/2005

# Estabilização de taludes

- A realização de medidas e/ou técnicas de engenharia para estabilização de taludes, de forma direta, beneficia a reversão no quadro de degradação do solo;

- Existem as técnicas mitigadoras e as técnicas de construção de alvenarias para estabilizar um talude.

# Estabilização de taludes

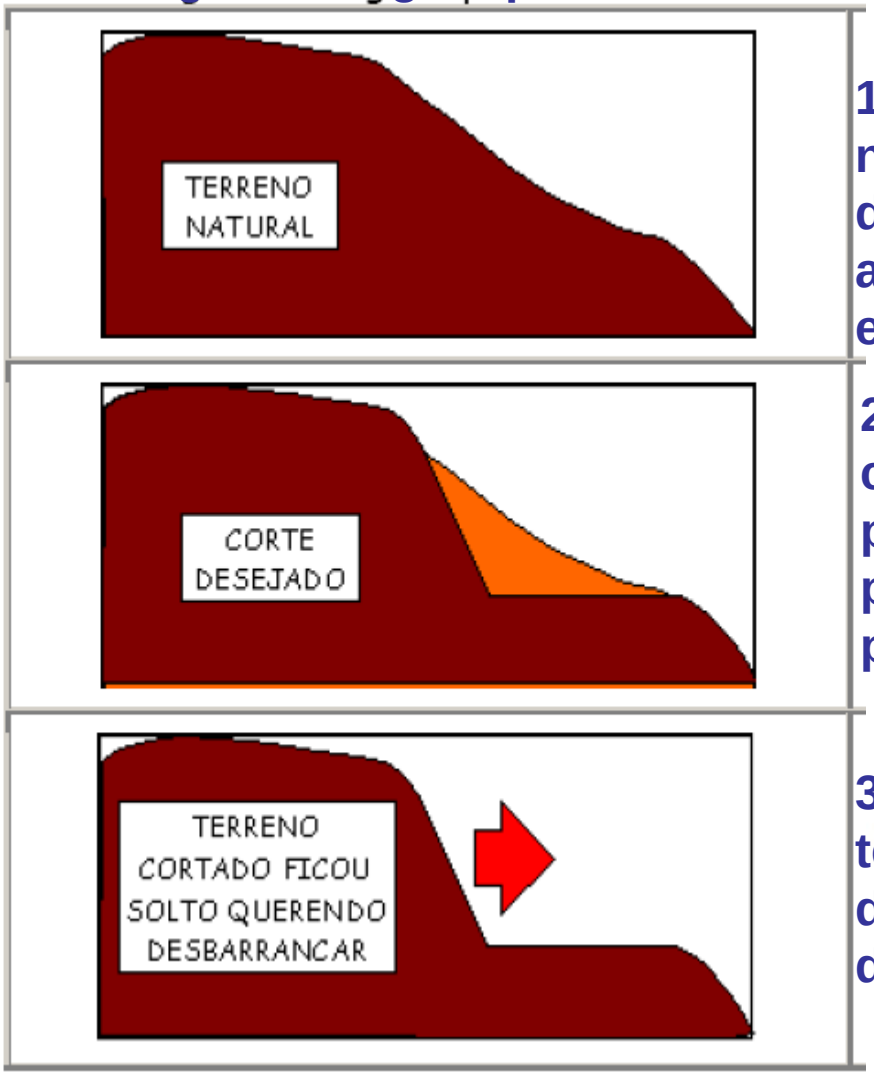
- **Técnicas mitigadoras:**

- Revegetação com utilização de gramíneas;
- Retaludamento;
- Dimensionamento das águas servidas e pluviais, de preferência em sistemas separados;
- Ligação da residência ao sistema coletor de esgoto;
- Plantação de árvores de grande porte no sopé do talude (cerca viva);
- Contenção com pneus;
- Contenção com muro cimento-ensacado;
- Muro de pedra

O muro de arrimo é a solução mais comum para segurar um barranco.A função do muro de arrimo é substituir a terra que foi removida para a feitura de um platô (uma parte plana).

Barrancos de até 2 metros de altura podem ser contidos com um muro de arrimo feito de alvenaria. Barrancos com mais de 2 metros de altura devem ser contidos com um muro de arrimo feito de concreto armado.Neste caso, contratar um Engenheiro Civil, um Geotécnico ou um Técnico de Edificações para fazer o Projeto do Muro.

## Algumas regras práticas:




1 - O barranco, formado pelo terreno natural, foi formado há muito milhares de anos. Nesse período a terra foi se acomodando e o talude foi se estabilizando.

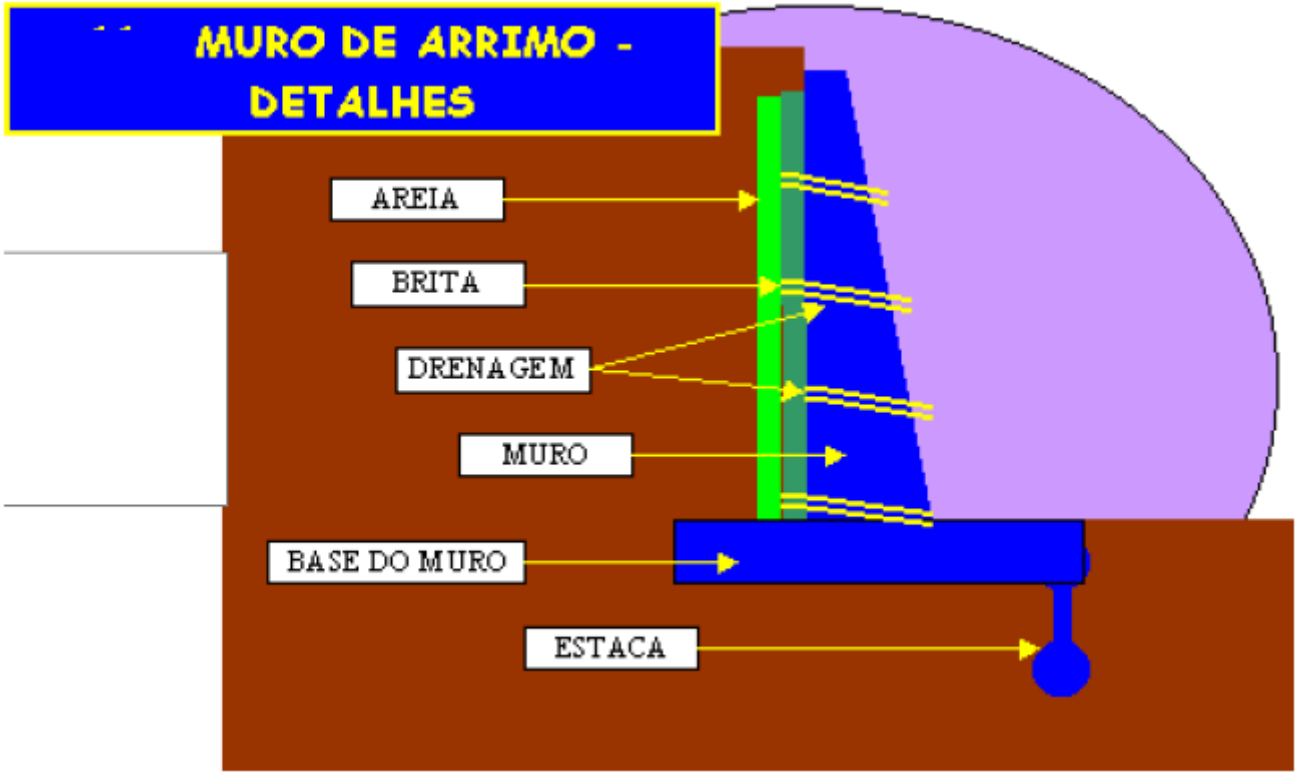
2 - Nesse barranco, você pretende construir um platô (uma parte plana) para poder construir a sua casa. A parte desenhada em cor laranja seria a parte que você pretende remover.

3 - Quando você retira uma parte do terreno, a parte que fica tem um alívio de pressão e quer se soltar ou desbarrancar.

**4 - Essa tendência a desbarrancar existe porque aquela parte que foi retirada exercia uma certa pressão sobre aquela parte que ficou.**

**5 - O muro de arrimo precisa exercer, sobre a parte que ficou, uma pressão pelo menos igual àquela que a parte removida exercia antes de ser removida.**

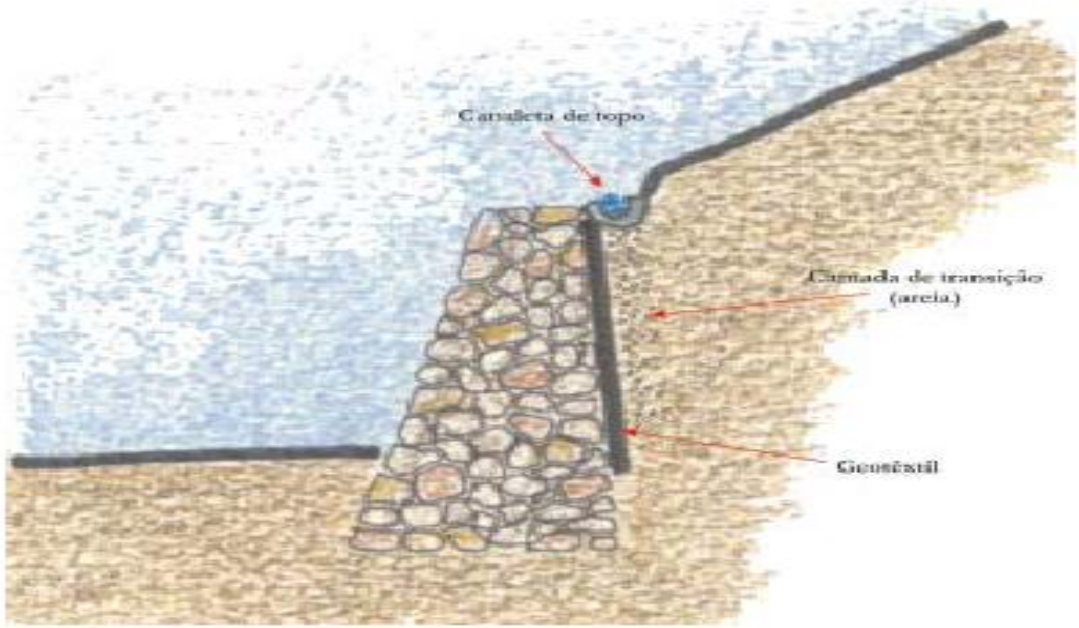
# Detalhes do muro




**Todo mudo de arrimo, para funcionar direito, precisa que seja construído entre ele e o terreno, um FILTRO. O filtro tem como função aliviar a pressão neutra (a pressão da água) sobre o muro.Sem o filtro, a água existente dentro do terreno tende a derrubar o muro.Com o filtro, a água é drenada e o muro fica livre da pressão da água.**

- MUROS DE ARRIMO
O MURO DE ARRIMO SEGURA O BARRANCO E O FILTRO ALIVIA A PRESSÃO NEUTRA.

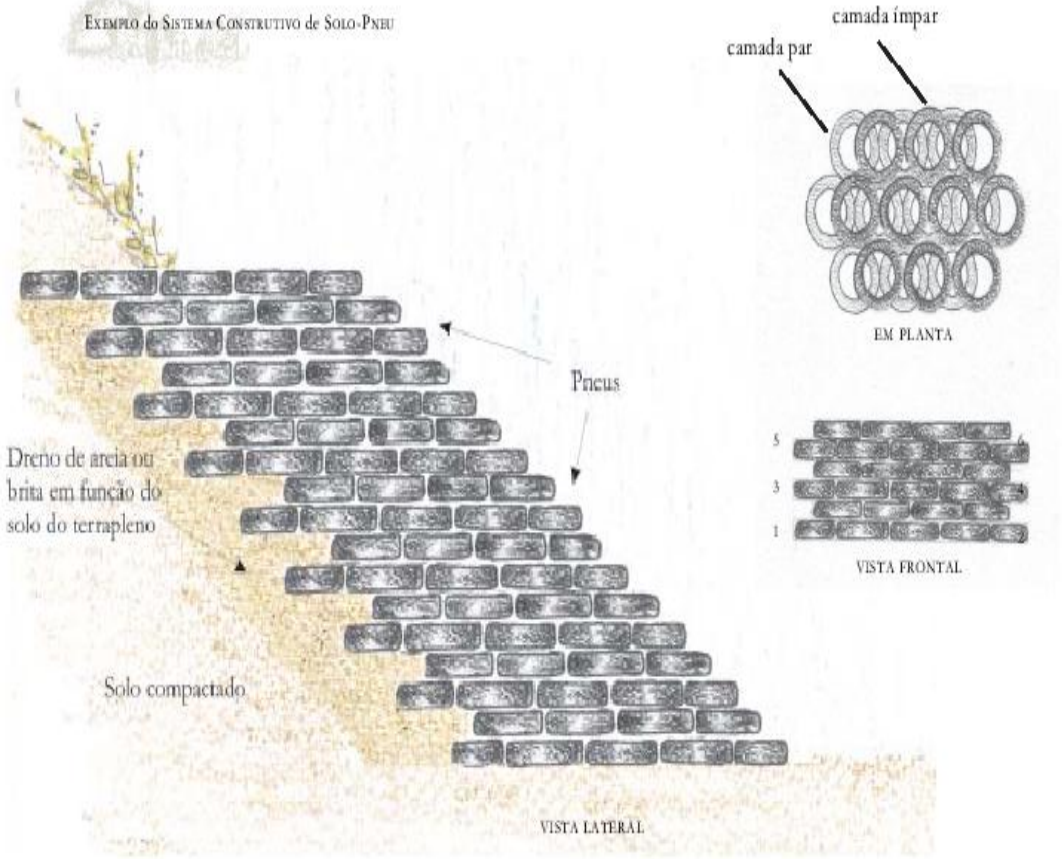
# Muro de pedra



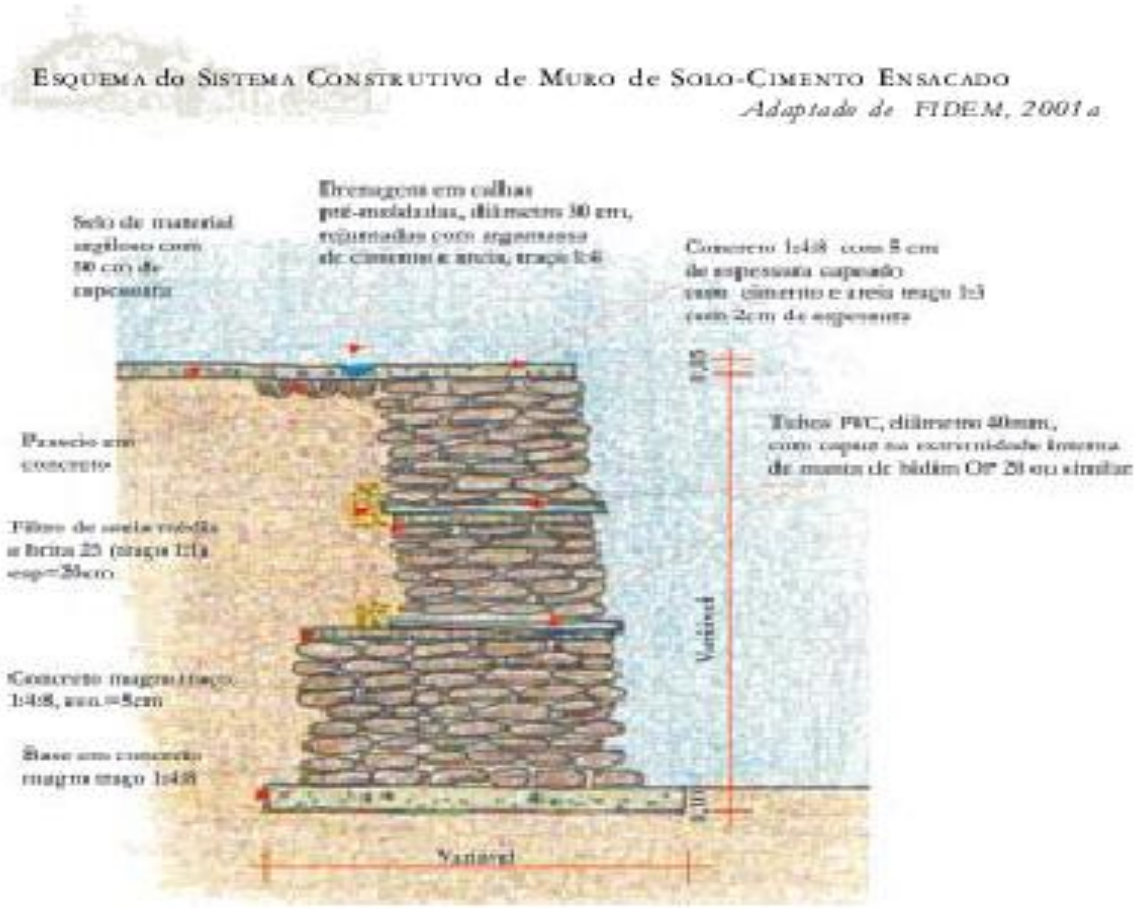

Esquema do Sistema Construtivo de Muro de Pedra Seca

*Adaptado de Cunha, 1998*

# Contenção com pneus



# Solo cimento-ensacado



# Estabilização de taludes

- **Obras de engenharia (necessidade de projeto e acompanhamento de engenheiro):**

- Muro de concreto ciclópico;
- Gabião;
- Muro de arrimo;
- Cortina atirantada

# Estabilização de taludes
# Muro de pedra arrumada em gaiola metálica - Gabião

# Estabilização de taludes
# Muro de concreto ciclópico

# Estabilização de taludes
# Muro de concreto ciclópico em patamares

Corrida de massa no Distrito de São José
Ibitirama/ES - Fev/2007

Área de risco – B.º São José
Rio Novo do Sul/ES - Dez/2004

Deslizto de terra com blocos rochosos
Santa Leopoldina/ES – Dez/2005

Deslizto de terra com blocos rochosos
Santa Leopoldina/ES – Dez/2005

Deslizamento de terra sobre Rodovia Estadual
Afonso Cláudio/ES – Nov/2006

Área de risco – Presidente Kennedy/ES
Dez/2008

Área de risco – B.º São João
Bom Jesus do Norte/ES - Jul/2006

Área de risco – Cachoeiro de Itapemirim/ES
Chuvas de Nov/2005

Área de Risco – Erosão Marinha
Itapemirim/ES – Out/2006

Área de Risco – Erosão Marinha
Conceição da Barra/ES – Ago/2005

Área de Risco – Erosão Marinha
Itapemirim/ES – Nov/2006

**Área de Risco – Erosão Marinha**
**Piúma/ES – Set/2006**

Área de Risco – Deslizto de Blocos Rochosos Pancas/ES – Setembro/2007

**Área de Risco – Deslizamento de blocos rochosos**
**Pancas/ES – Set/2007**

**Contenção de blocos rochosos em área de risco**
**Pancas/ES – Julho/2009**

**Contenção de blocos rochosos c/contrafortes em área de risco - Pancas/ES – Julho/2009**

Muro de contenção com tela de contenção em área de risco - Pancas/ES – Julho/2009

# Considerações Finais

- Mesmo com toda a tecnologia existente, ela não está acessível a todos. Assim, é mais coerente a fiscalização de ocupação de encostas urbanas, restringindo seu uso dentro da política de uso e ocupação do solo existente

- O poder público tem a sua parcela de culpa e a população deve ser conscientizada dos riscos que ela está correndo. A percepção deste risco, muitas vezes, só é notada quando nada mais resta a fazer do que contabilizar os prejuízos humanos e materiais devido ao deslizamento

- É para isso que a Defesa Civil existe, para **Prevenir**, **Preparar** a comunidade e mobilizar os órgãos competentes em caso de alertas, dar a **Resposta** na hora certa e ajudar na **Reconstrução** quando necessário e em caráter emergencial.

# Muito Obrigado!


- **Eng.º Civil Roney Gomes Nascimento**
- **E-mail: defesacivil@bombeiros.es.gov.br**
- **E-mail: engroney@yahoo.com.br**
- **E-mail: engroney@gmail.com**
- **Tels: (27)-31374441/(27)-99752075(CEDEC/ES)/ (27)-99031694(Particular)**