

Estabilidade de Taludes

Maurício Felzemburgh

Estrutura da Aula

1.0. Conceitos

2.0. Métodos de Estabilização

3.0. Drenagem

4.0. Pré-dimensionamento

Objetivo

- Entender os fundamentos da estabilização de taludes e pré-dimensionar as soluções mais comuns.

1. Conceitos



g1.globo.com - Deslizamento de terra em Whidbey Island, em Washington.

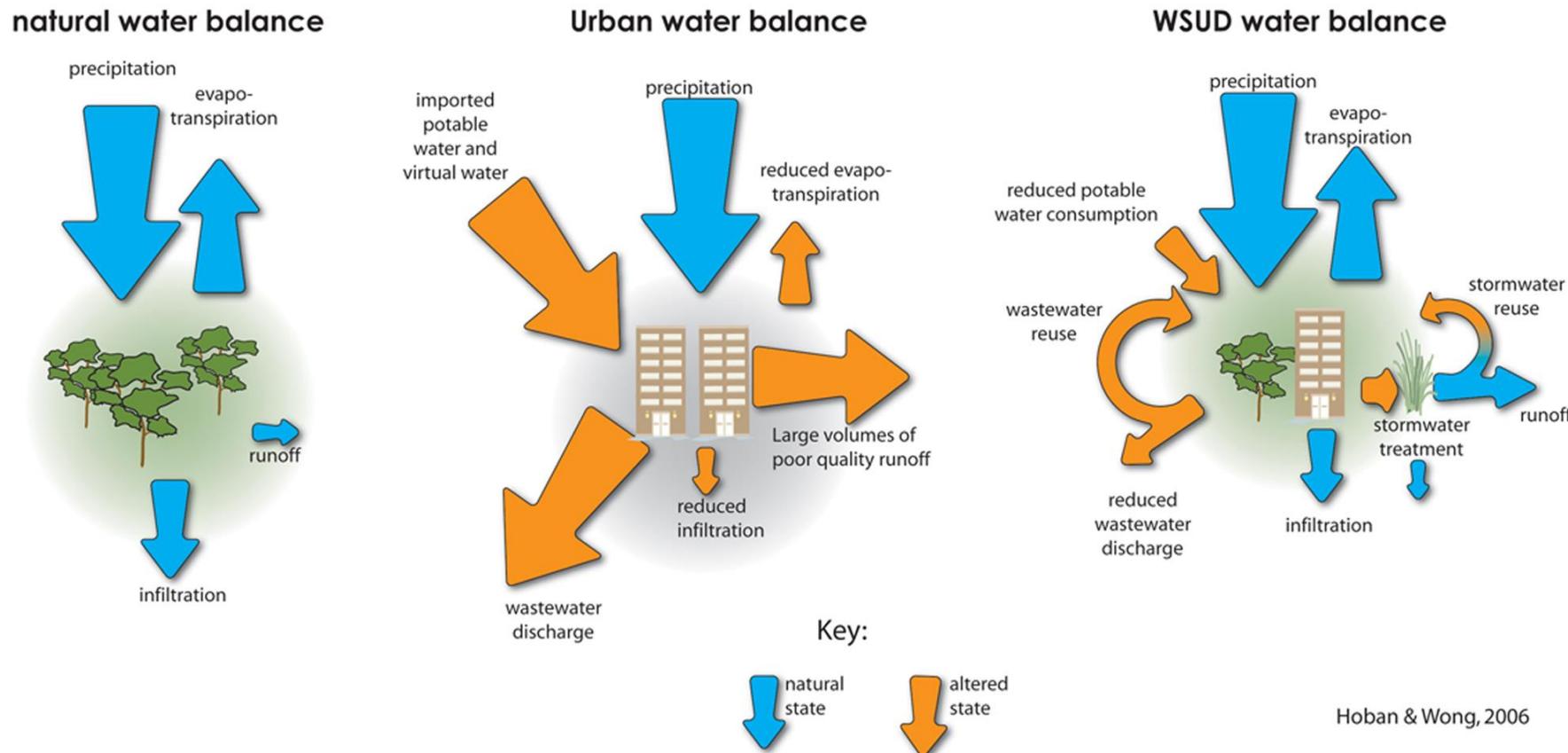


brejinhos.blogspot.com .Deslizamento de terra em Nova Friburgo, no Rio de Janeiro.

1.0. Conceitos

- Os elementos de estabilização de taludes estão ligados à prevenção de escorregamentos;
- No cenário atual, considera-se o aumento da urbanização e consequentemente das áreas sujeitas a escorregamentos, assim como desflorestamento contínuo e as mudanças na velocidade de escoamento da água relacionadas às alterações do ciclo hidrológico urbano.
- As tecnologias mais modernas propiciam maior produtividade, melhor aproveitamento do terreno e escavações mais profundas e seguras.

1.0. Conceitos

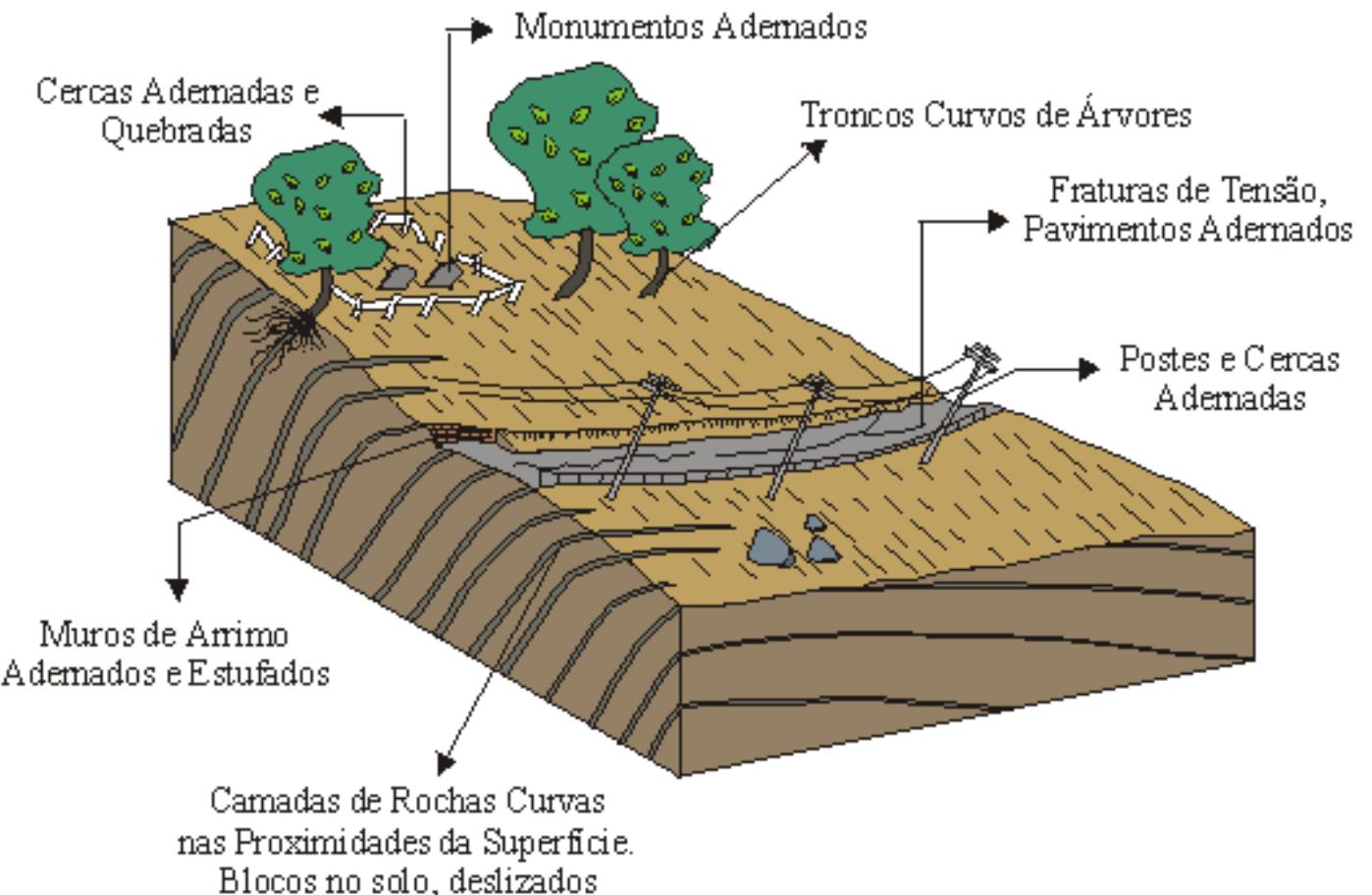


Hoban & Wong, 2006

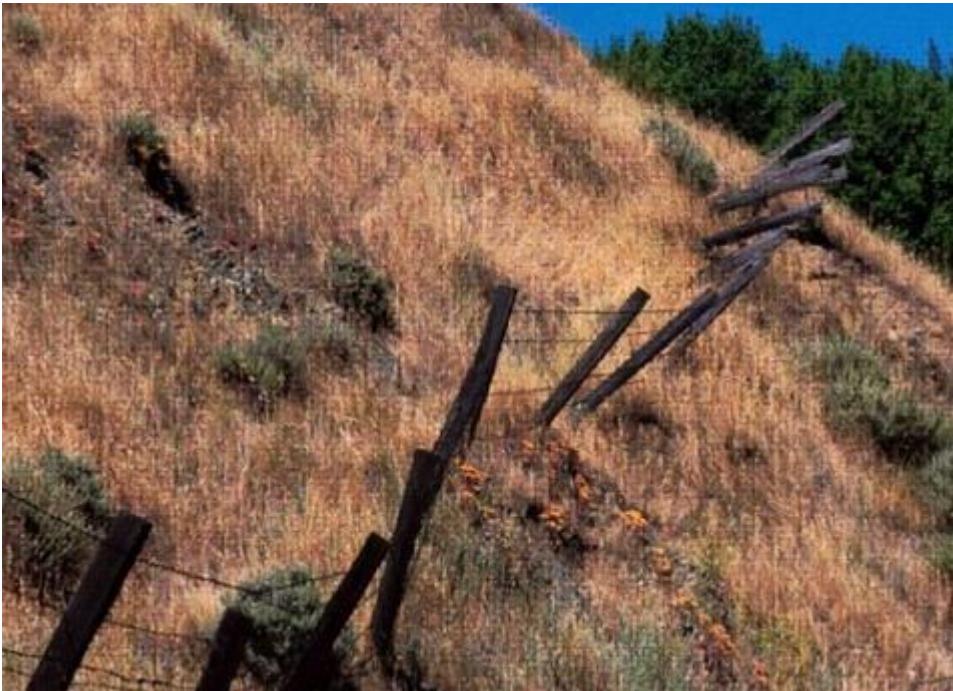
1.0. Conceitos

RASTEJOS (Creep):

Movimento **descendente, lento e contínuo** da massa de solo de um talude, caracterizando uma deformação plástica, sem geometria e superfície de ruptura definidas.



1.0. Conceitos



<https://www.guiadaengenharia.com/estabilidade-taludes-deslizamentos/>



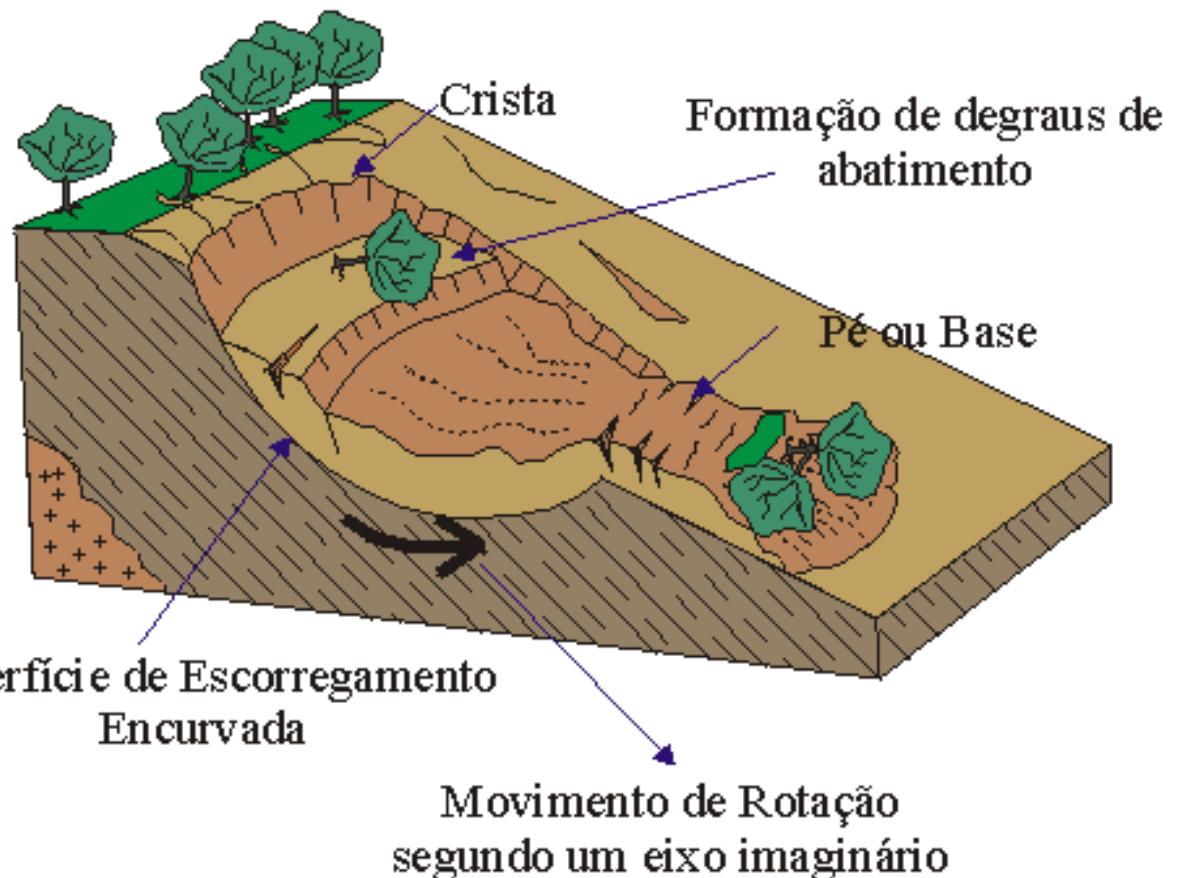
<https://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09a.html>

1.0. Conceitos

ESCORREGAMENTOS (Slides).

São movimento rápido de massas do solo e/ou rocha, com volume bem definido

Escorregamentos Circulares (Rotacionais)



1.0. Conceitos

ESCORREGAMENTOS (Slides).

São movimento rápido de massas do solo e/ou rocha, com volume bem definido

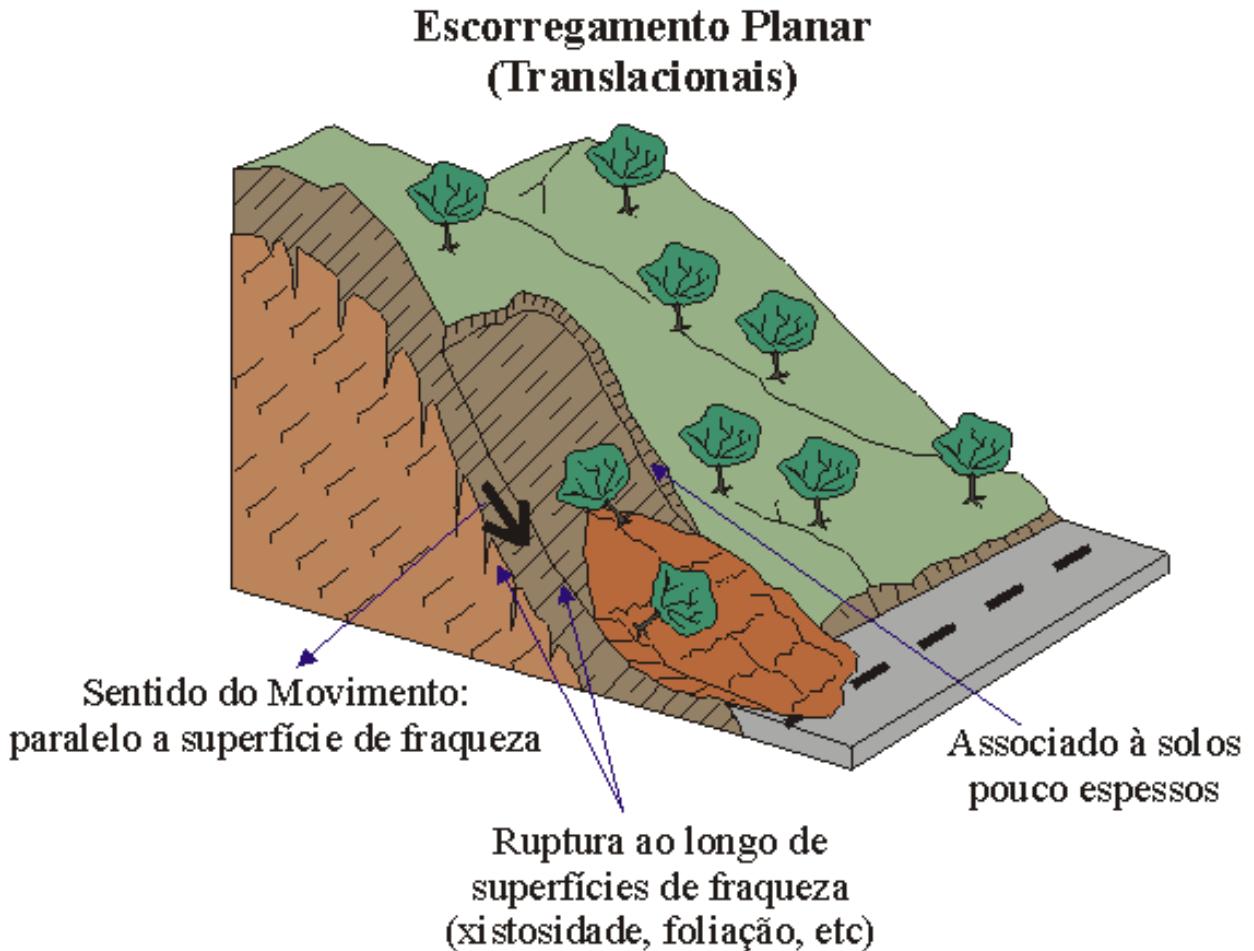
ESCORREGAMENTOS ROTACIONAIS



1.0. Conceitos

ESCORREGAMENTOS (Slides).

São movimento rápido de massas do solo e/ou rocha, com volume bem definido.



1.0. Conceitos

ESCORREGAMENTOS (Slides).

São movimento rápido de massas do solo e/ou rocha, com volume bem definido.

<http://www.rc.unesp.br/>

ESCORREGAMENTOS PLANARES

Associados a heterogeneidade dos materiais que formam o talude.



<https://www.guiadaengenharia.com/estabilidade-taludes-deslizamentos/>

1.0. Conceitos

ESCORREGAMENTOS (Slides).

São movimento rápido de massas do solo e/ou rocha, com volume bem definido.

Escorregamento em Cunha

Direção do Movimento:
segundo a linha de intersecção
dos planos de ruptura



1.0. Conceitos

ESCORREGAMENTOS (Slides).

São movimento rápido de massas do solo e/ou rocha, com volume bem definido.

ESCORREGAMENTOS EM CUNHA

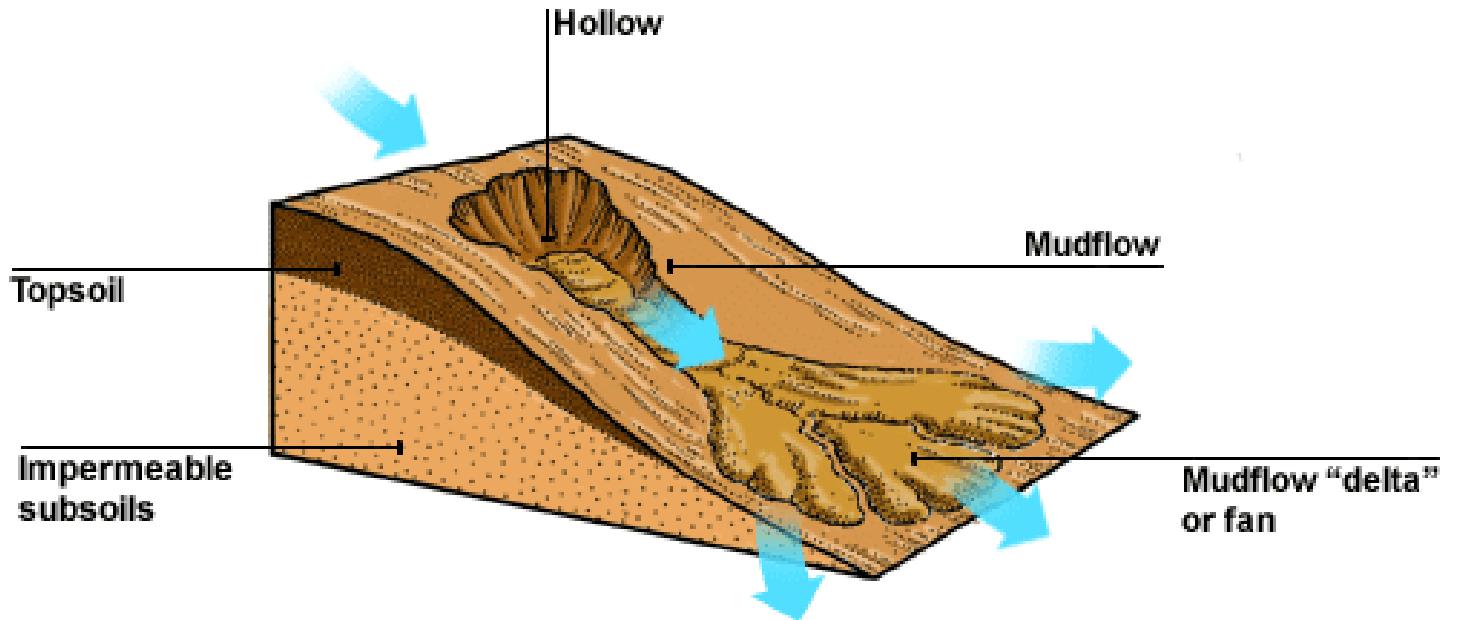
Associados às ações antrópicas.



1.0. Conceitos

CORRIDAS (FLOW)

São movimentos gravitacionais na forma de escoamento rápido, envolvendo grandes volumes de materiais.



<http://www.youtube.com/watch?v=Ny94aGWOXP>

W

watchoutnaturaldisasters.weebly.com



1.0. Conceitos

QUEDAS EM BLOCOS

A queda de blocos nada mais é do que a queda livre de blocos ao longo do talude, sem uma superfície de movimentação. Ocorre em inclinações acentuadas.



1.0. Conceitos

QUEDAS EM BLOCOS



1.0. Conceitos

No contexto da edificações, a intensificação do uso do automóvel representou importante fator para a maior utilização de soluções de contenções.

As tecnologias mais modernas propiciam maior produtividade, melhor aproveitamento do terreno e escavações mais profundas e seguras.

É preciso considerar:

- Custo;
- Prazo;
- Esbeltez.

1.0. Conceitos

Normas

- NBR-11682 Estabilidade de Encostas
- NBR-6122 Projeto e Execução de Fundações
- NBR-6497 Levantamento Geotécnico
- NBR-8044 Projeto Geotécnico
- NBR-9288 Emprego de terrenos reforçados
- NBR-9286 Terra Armada
- NBR-9285 Microancoragem
- NBR-6501 Rochas e Solos
- NBR-9604 Abertura de poço e trincheira de Inspeção em solo, com retirada de amostras deformadas e indeformadas
- NBR-9820 Coleta de amostras indeformadas em solo em furos de sondagem
- NBR-6484 Execução de sondagens de simples reconhecimento dos solos
- NBR-9061 Segurança de escavações a céu aberto
- NBR-12589 Proteção de taludes e fixação de margens em obras portuárias
- NBR-5629 Execução de tirantes ancorados no terreno
- NBR-13896 Aterros de resíduos não perigosos - critérios para projeto, implantação e operação
- NBR-5681 Controle tecnológico da execução de aterros em obras de edificações
- NBR-13602 Avaliação de dispersibilidade de solos argilosos pelo ensaio sedimentométrico comparativo

2. Métodos de Estabilização

2.0. Métodos de Estabilização

2.1. Modificação de geometria.



2.0. Métodos de Estabilização

2.2. Tratamento superficial

Tem a finalidade de evitar que material do maciço seja perdido, através da erosão da face e/ou que a água infiltre no terreno de forma exagerada.

- a) Vegetação rasteira;
- b) Telas (geossintéticos);
- c) Argamassa ou concreto jateado

2.0. Métodos de Estabilização

2.3. Solo Reforçado

“Consiste na introdução de elementos resistentes na massa de solo, com a finalidade de aumentar a resistência do maciço como um todo. O método de execução é o chamado “Down-Top” (de baixo para cima). Durante a execução do aterro a ser reforçado, a cada camada de solo compactado executada, faz-se o intercalamento com uma camada de elementos resistentes. À medida que o aterro vai sendo alteado, o talude reforçado vai tomando forma. Geralmente, a face do talude reforçado recebe um revestimento, para que problemas, como erosão, possam ser evitados”. (Dyminski, A.)

2.0. Métodos de Estabilização

2.3. Solo Reforçado

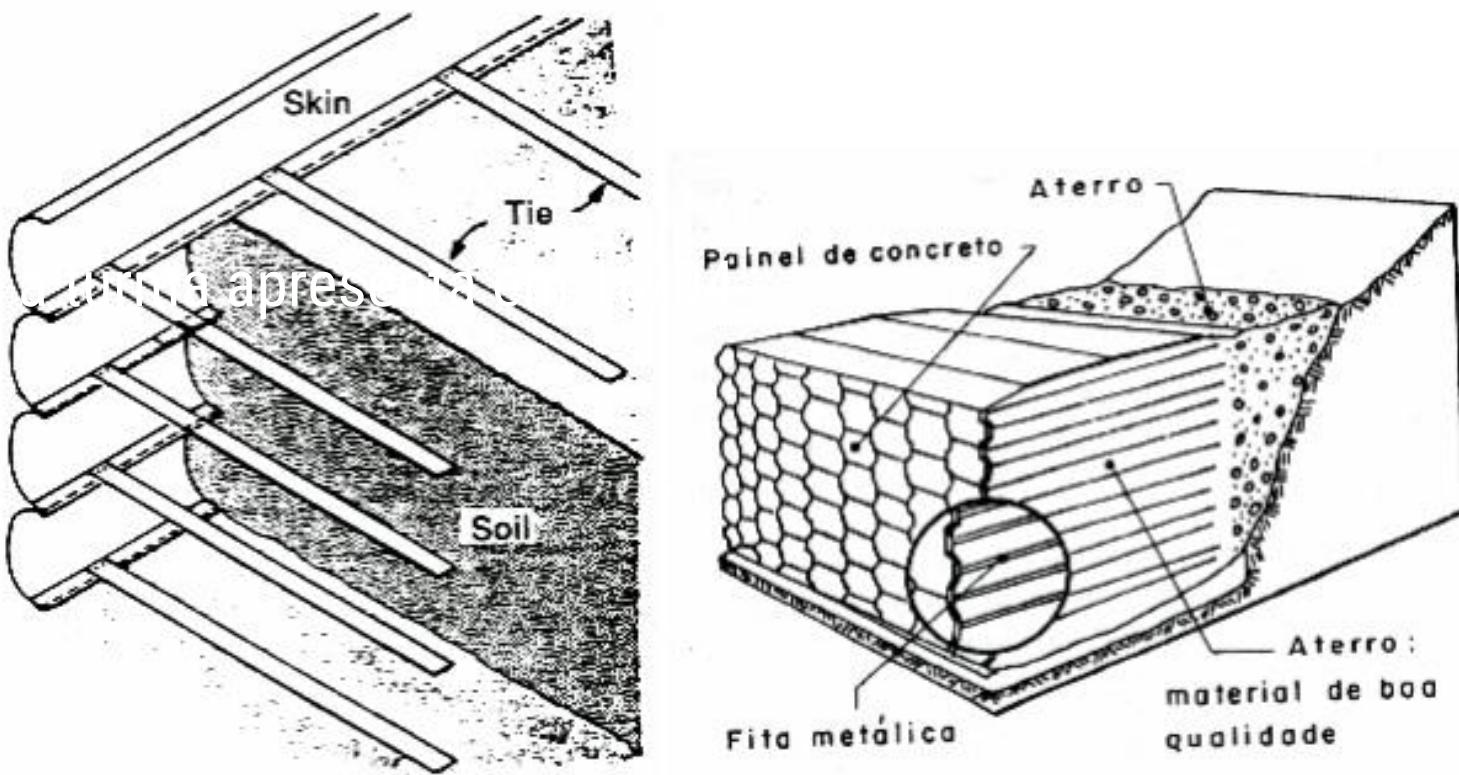
2.3.1. Terra armada

- Os elementos de reforço são tiras metálicas revestidas. A disposição das fitas entre as camadas de solo compactadas
- Os blocos de concreto protegem a face, evitando deslocamento excessivo, no entanto não tem função estrutural;

2.0. Métodos de Estabilização

3.3. Solo Reforçado

3.3.1. Terra armada



Esquema de aterro em terra armada







2.0. Métodos de Estabilização

3.3. Solo Reforçado

3.3.1. Terra Armada

- **Resistência interna:** Que, aliada à estabilidade externa do volume armado, confere ao conjunto significativa capacidade de resistir às cargas estáticas e dinâmicas.
- **Confiabilidade:** A durabilidade dos materiais está bem documentada e é monitorável, permitindo alto grau de confiabilidade.
- **Adaptabilidade:** A tecnologia provê soluções para casos complexos e, muitas vezes, demonstra ser a melhor solução para problemas como: uma faixa de domínio estreita; taludes naturais instáveis; condições limite de fundação com expectativa de recalques significativos.
- **Aspecto estético:** A variedade de possibilidades de paramentos externos pode atender a diversas exigências arquitetônicas, Dashofer (2006).

2.0. Métodos de Estabilização

2.3. Solo Reforçado

2.3.2. Geossintéticos

Os geossintéticos são inertes à umidade e às características químicas ou biológicas do solo. Podem ser utilizados com diferentes finalidades:

- separação de materiais;
- reforço de aterros;
- filtração;
- drenagem;
- barreiras impermeáveis.



2.0. Métodos de Estabilização

2.3. Solo Reforçado

2.3.3. Alternativos

- Pneus;
- Bambu etc



2.0. Métodos de Estabilização

2.4. Solo Grampeado

Consiste na introdução de barras metálicas, revestidas ou não, em maciços naturais ou em aterros.

Sua execução consiste em

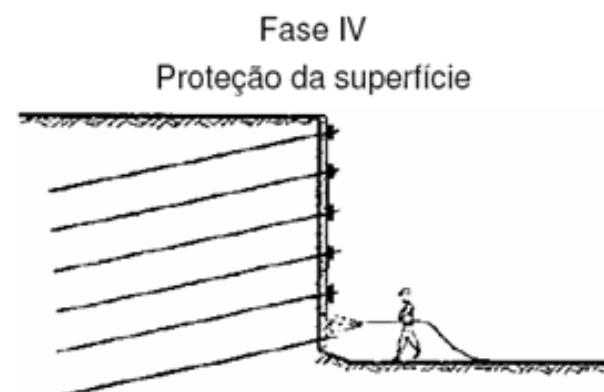
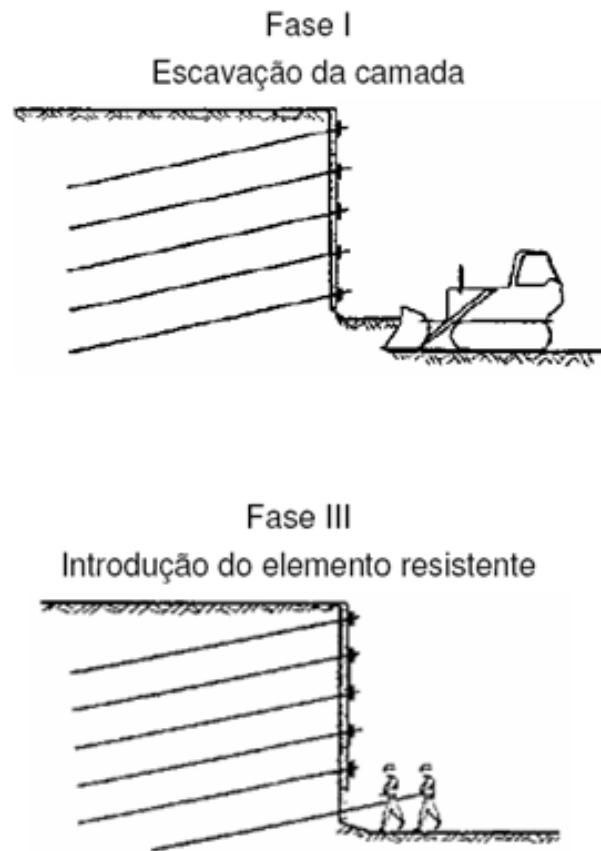
- perfuração do maciço,
- introdução da barra metálica no furo
- preenchimento do mesmo com nata de cimento.

A cabeça do prego pode ser protegida, bem como a face do talude, com argamassa de cimento ou com concreto jateado.

Os grampos não são protendidos, sendo solicitados somente quando o maciço sofre pequenos deslocamentos

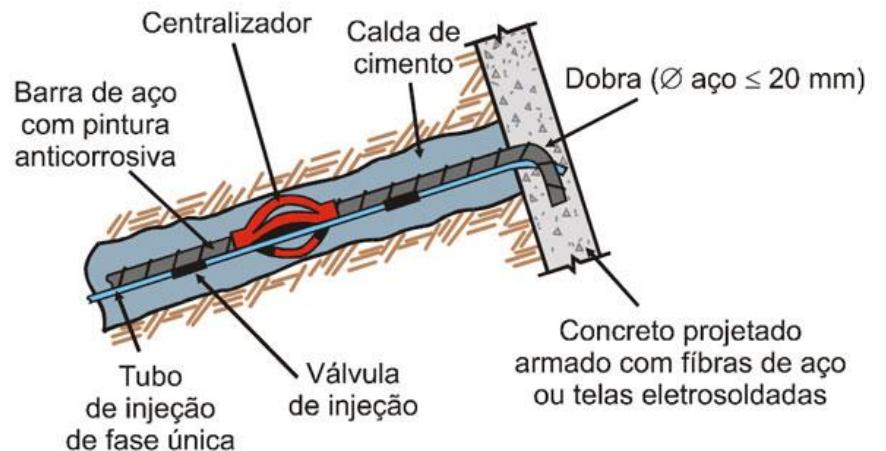
2.0. Métodos de Estabilização

2.4. Solo Grampeado



2.0. Métodos de Estabilização

2.4. Solo Grampeado







2.0. Métodos de Estabilização

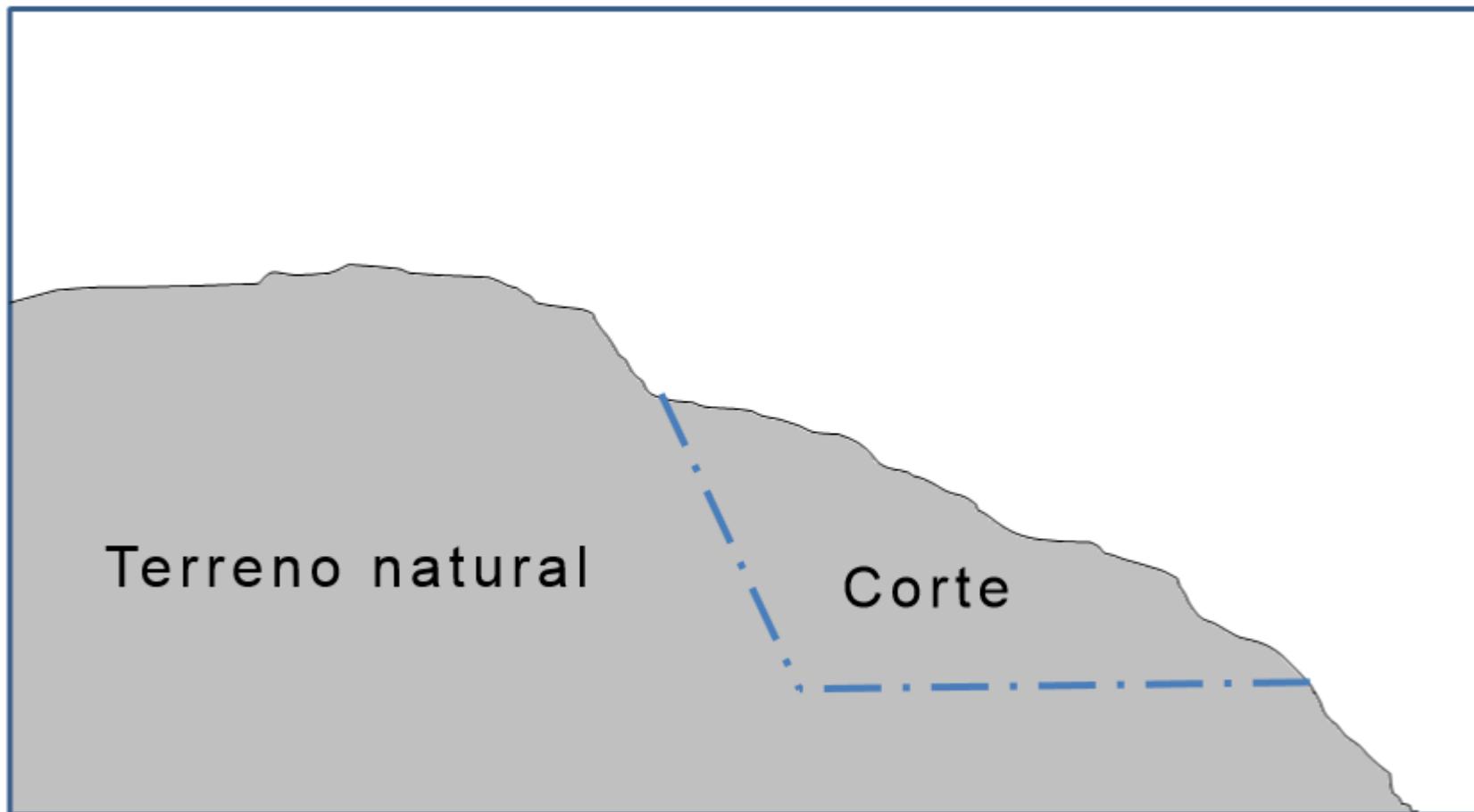
2.5. Muro de Arrimo

São paredes que servem para conter massas de terra. Podem ser de diversos tipos e funcionar de diferentes maneiras.

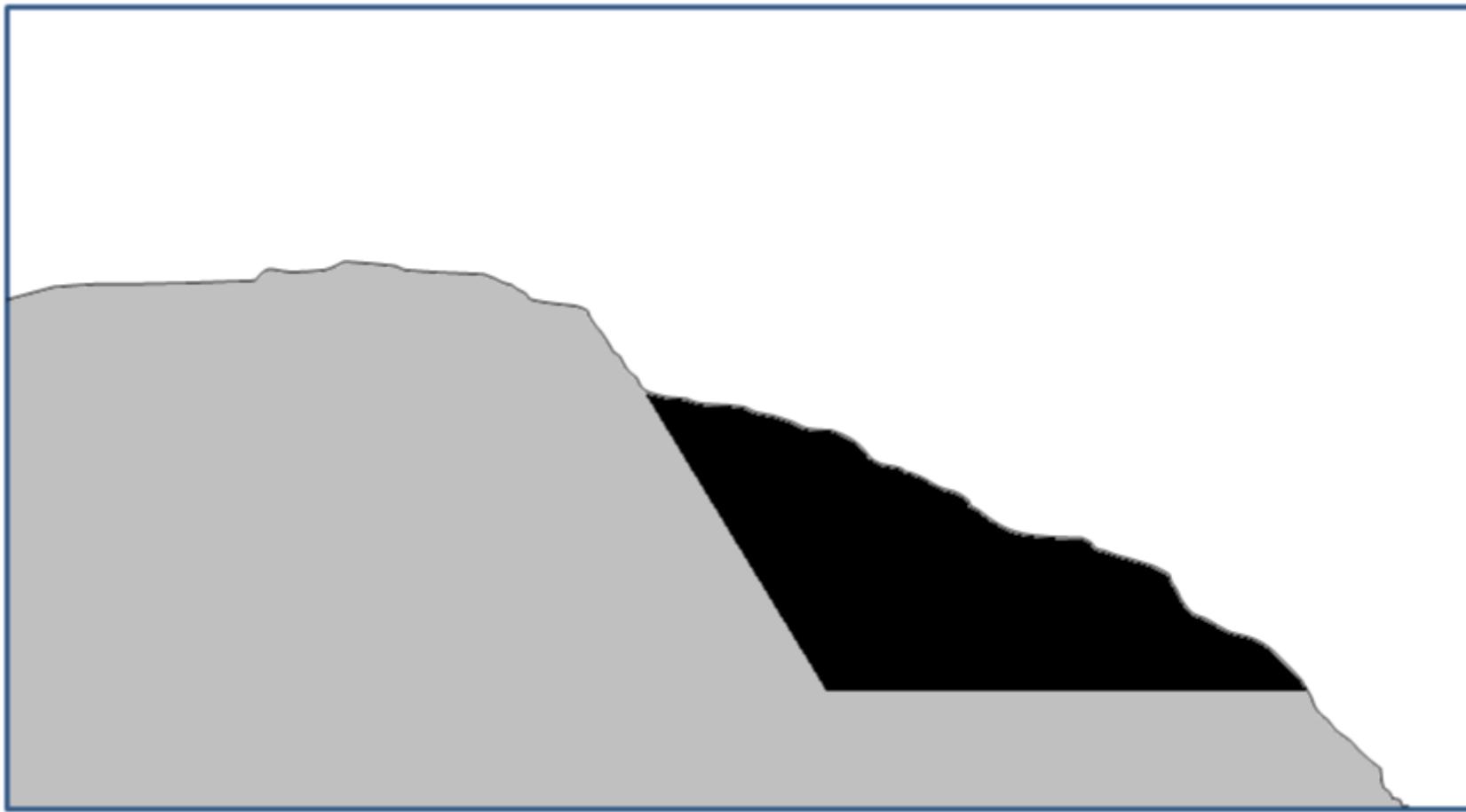
2.5.1. Muros a Gravidade

- A estabilidade deve-se ao peso próprio. Utilizados para conter desníveis inferiores a 5m.
- Em geral são executados em alvenaria ou em concreto. Nos muros de concreto devem ser previstas juntas estruturais com espaçamento máximo de 20m e vedação em Neoprene ou material similar.

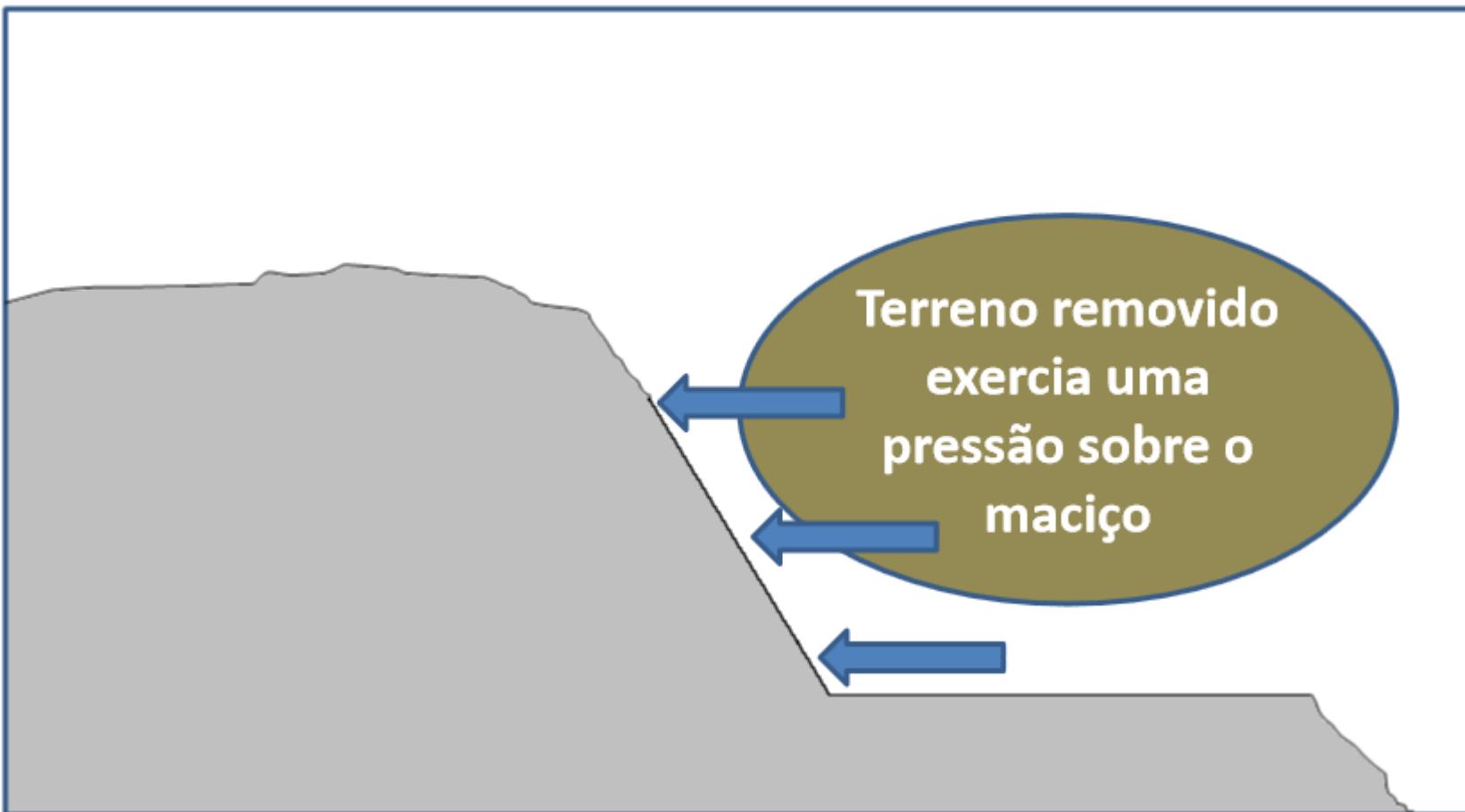
2.0. Métodos de Estabilização



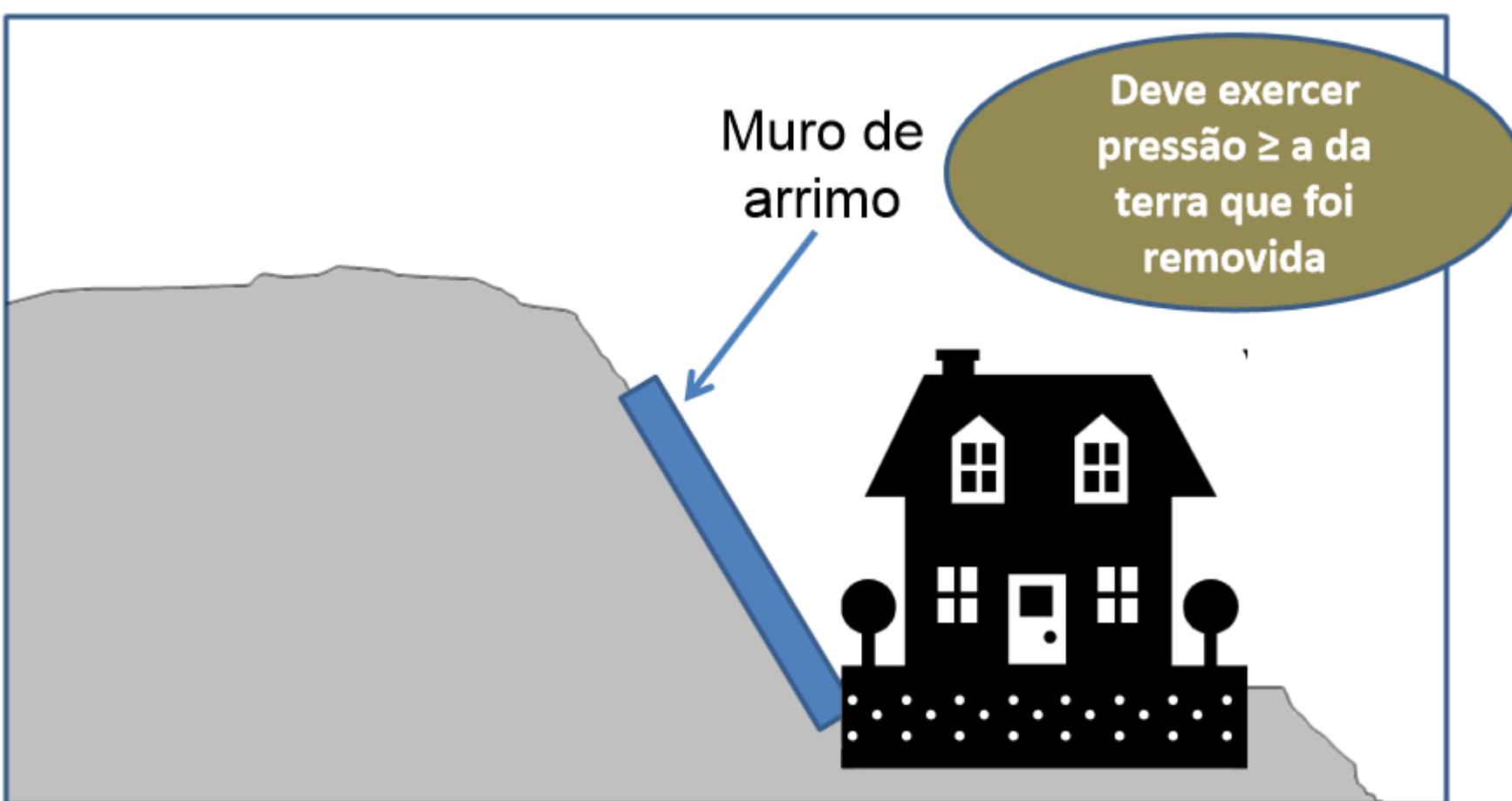
2.0. Métodos de Estabilização



2.0. Métodos de Estabilização

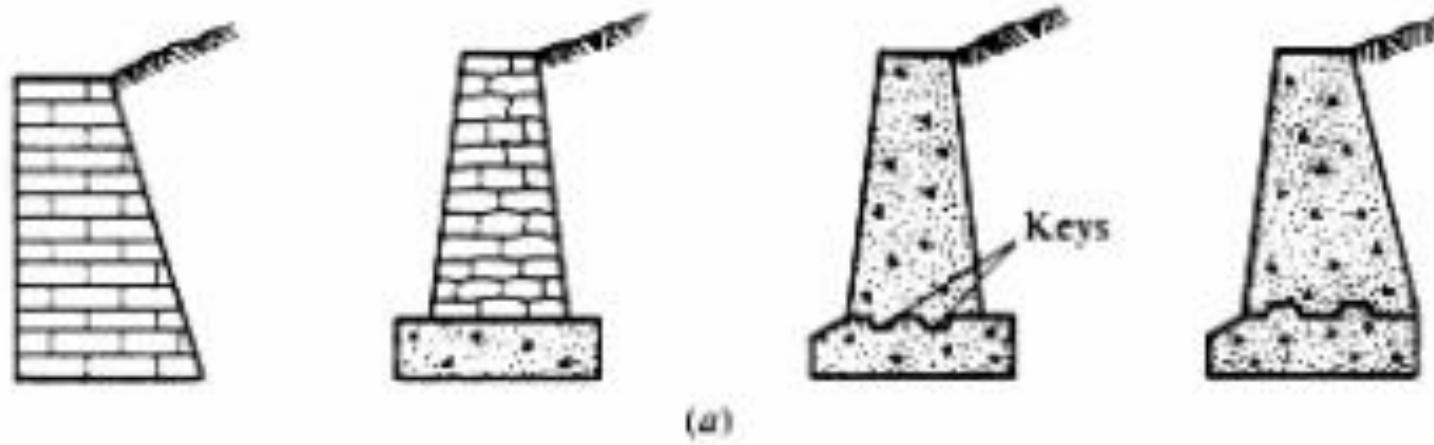


2.0. Métodos de Estabilização



2.0. Métodos de Estabilização

2.5.1. Muros a Gravidade

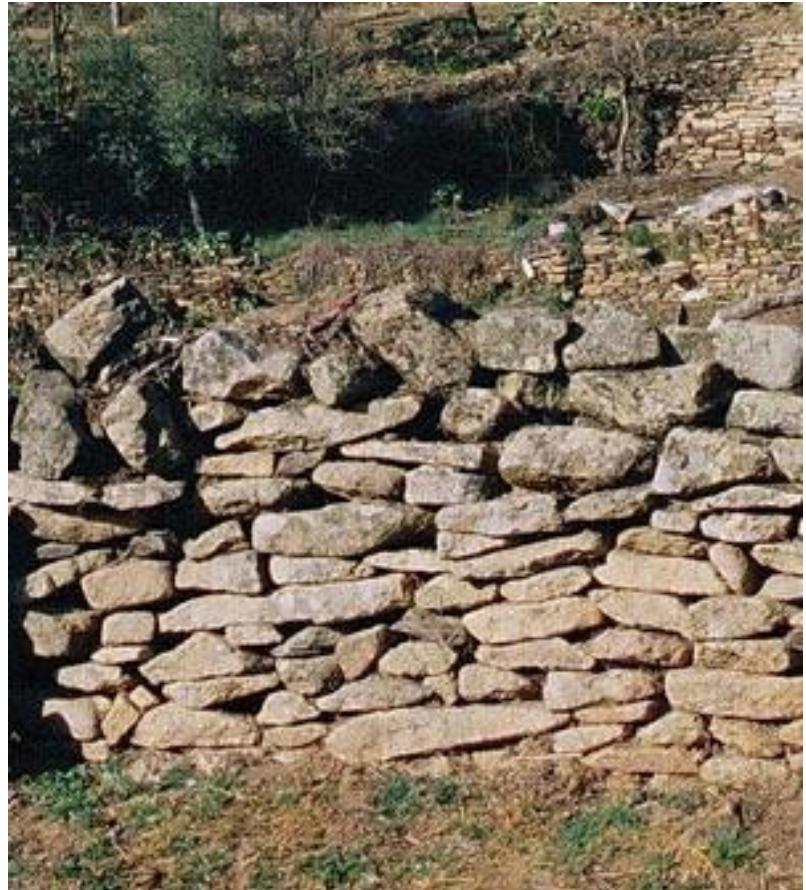


2.0. Métodos de Estabilização

2.5.1. Muros a Gravidade

a) Pedra sem argamassa

- .
- Contenção de taludes com alturas de até 2m;
- A base do muro deve ter largura de 0,5 a 1,0m e deve assentar-se sobre cota inferior à da superfície do terreno;
- Não necessita de drenos.



2.0. Métodos de Estabilização

2.5.1. Muros a Gravidade

b) Pedra argamassada

- Aplica-se a taludes de maior altura (cerca de uns 3m);
- A argamassa provoca uma maior rigidez no muro, porém elimina a sua capacidade drenante.
- É necessário então implementar os dispositivos usuais de drenagem de muros impermeáveis, tais como dreno de areia ou tubos barbacãs.



2009 2 16

2.0. Métodos de Estabilização

2.5.1. Muros a Gravidade

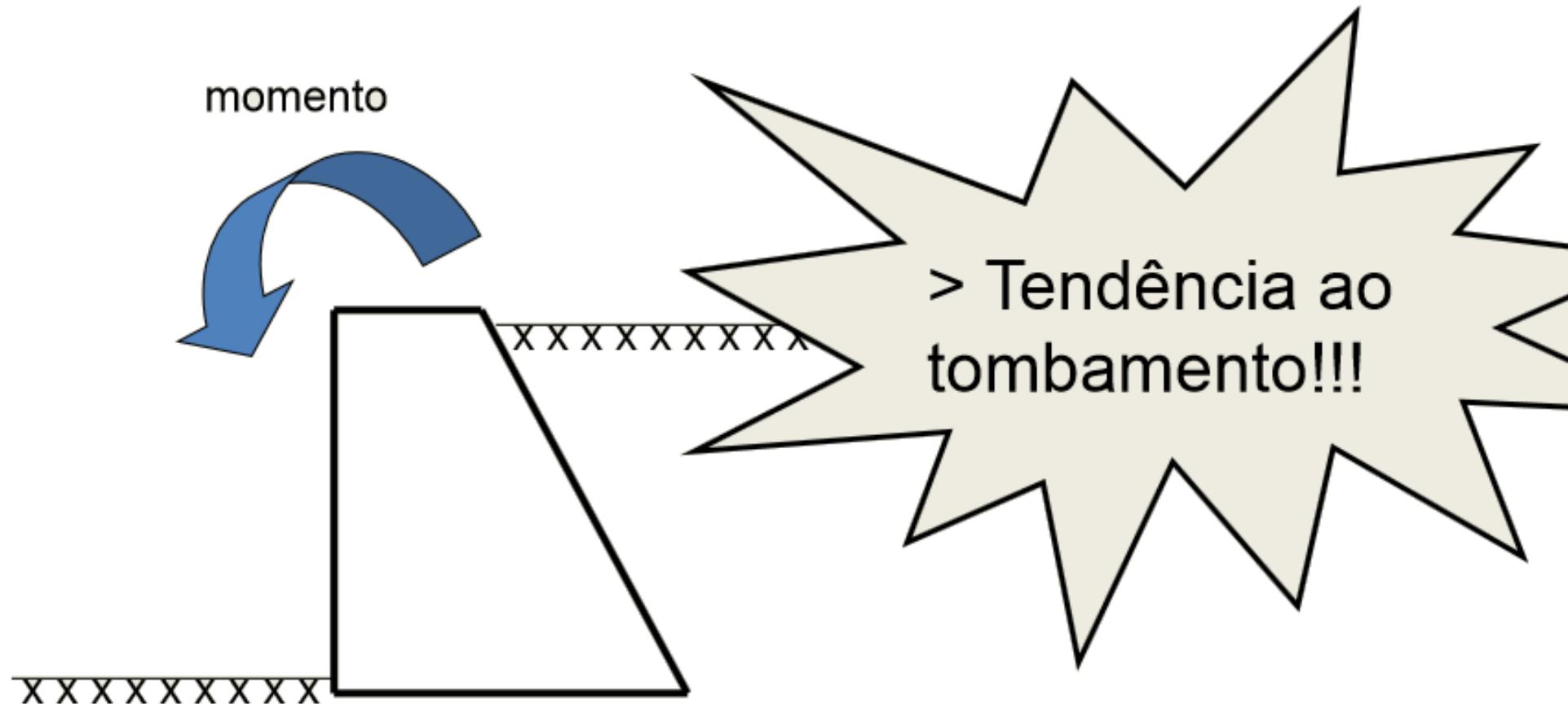
c) Muro de Concreto Ciclópico ou Concreto Gravidade

- O muro de concreto ciclópico é construído mediante o preenchimento de uma fôrma com concreto e pedra de dimensões variadas;
- Secção é usualmente trapezoidal. Caso se deseje executar a face frontal plano recomenda-se inclinação de pelo menos dois graus em direção à área aterrada.



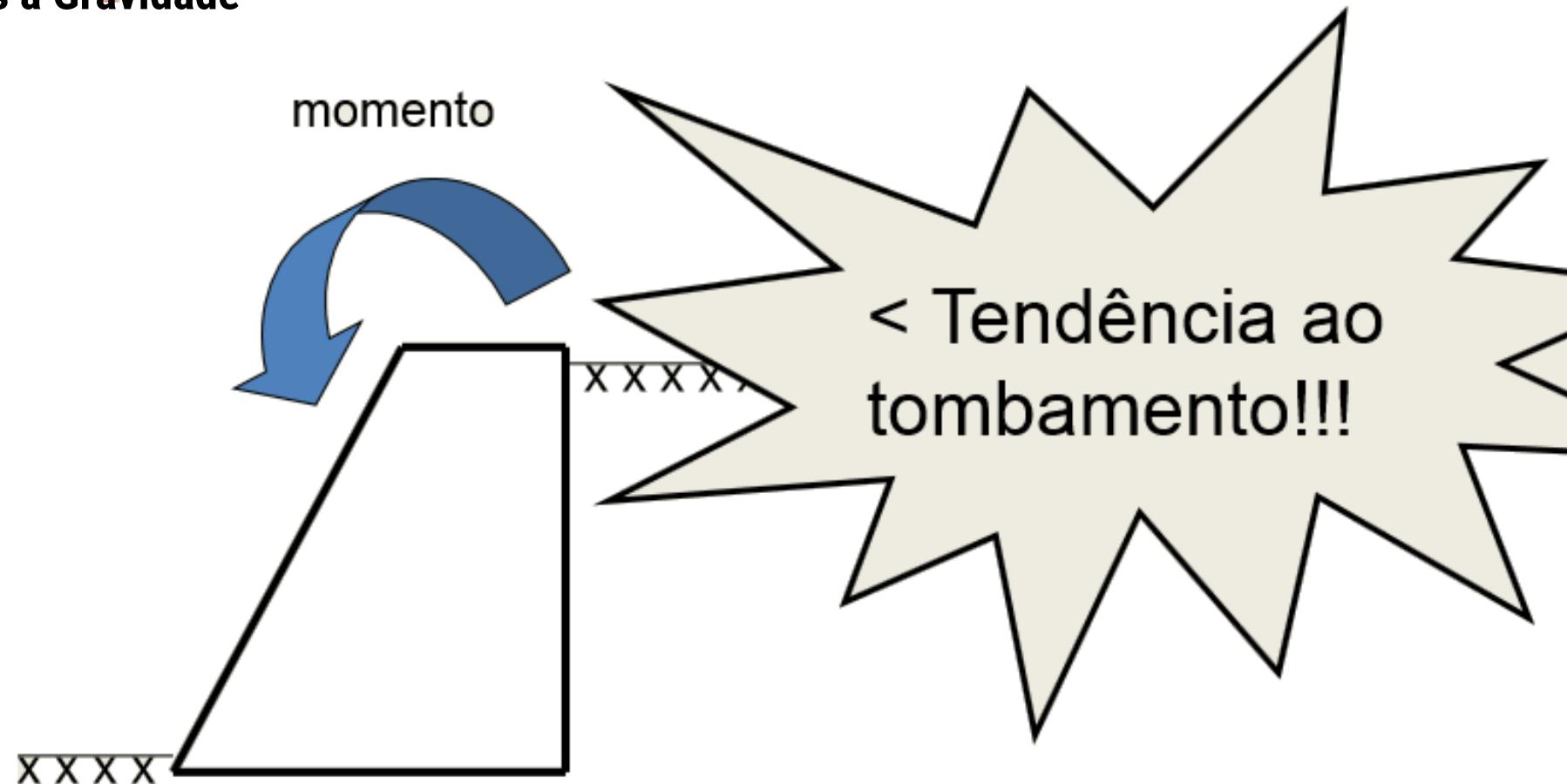
2.0. Métodos de Estabilização

2.5.1. Muros a Gravidade



2.0. Métodos de Estabilização

2.5.1. Muros a Gravidade

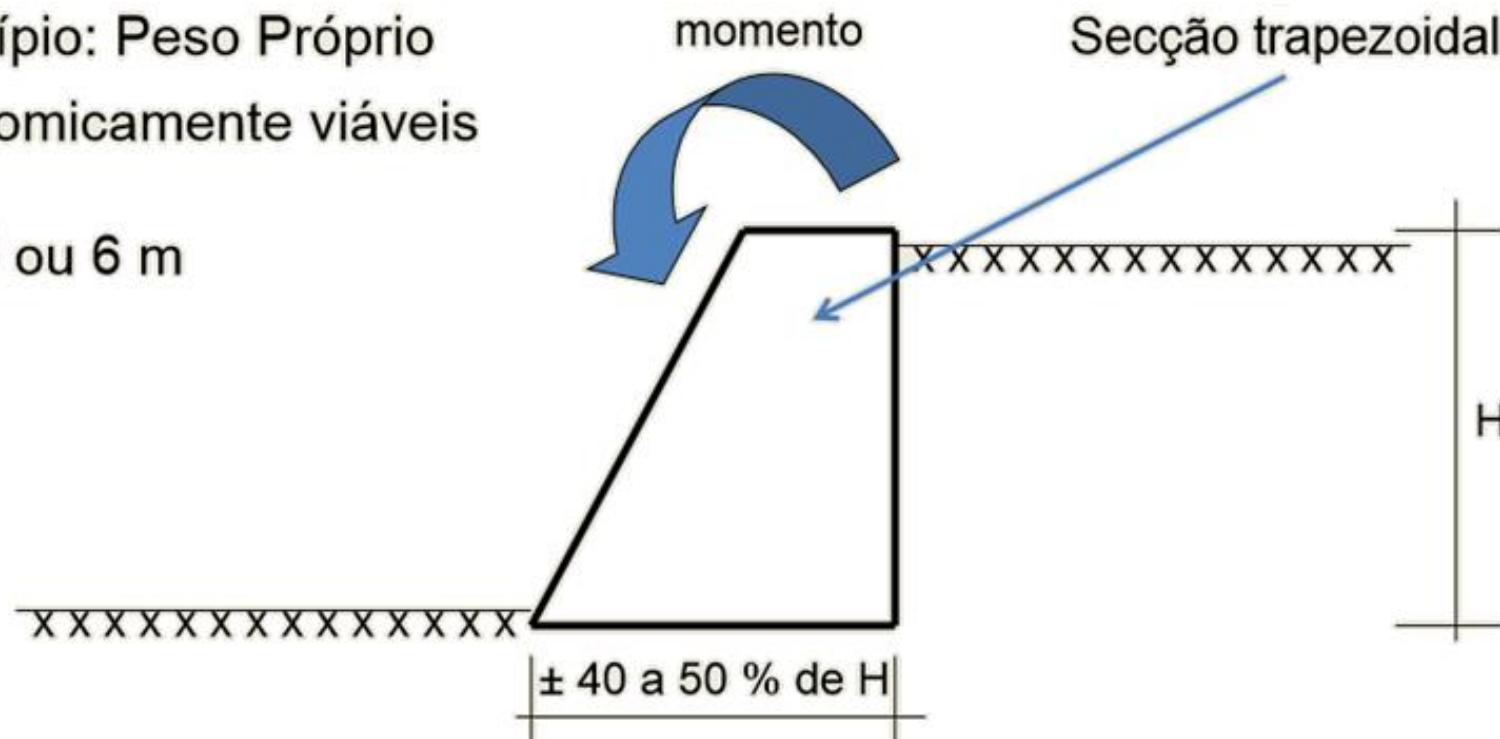


2.0. Métodos de Estabilização

2.5.1. Muros a Gravidade

Princípio: Peso Próprio

Economicamente viáveis
para:
 $H < 5$ ou 6 m



2.0. Métodos de Estabilização

2.5.1. Muros a Gravidade

d) Gabião

- São constituídos por gaiolas metálicas preenchidas com pedras arrumadas manualmente e construídas com fios de aço galvanizado em malha hexagonal com dupla torção.
- Grande flexibilidade;
- Permeabilidade;
- Tem princípio similar ao Crib Wall, que são estruturas formadas por elementos pré-moldados de concreto armado, madeira ou aço, montados no local, em forma de “fogueiras”, preenchidos com material granular graúdo.





2.0. Métodos de Estabilização

2.5.1. Muros a Gravidade

d) Muro de Solo-cimento Ensacado

- São constituídos por camadas formadas por sacos de poliéster ou similares, preenchidos por uma mistura cimento-solo da ordem de 1:10 a 1:15 (em volume);
- Solução econômica que não requer mão de obra especializada.



UMARIZAL.COM



2.0. Métodos de Estabilização

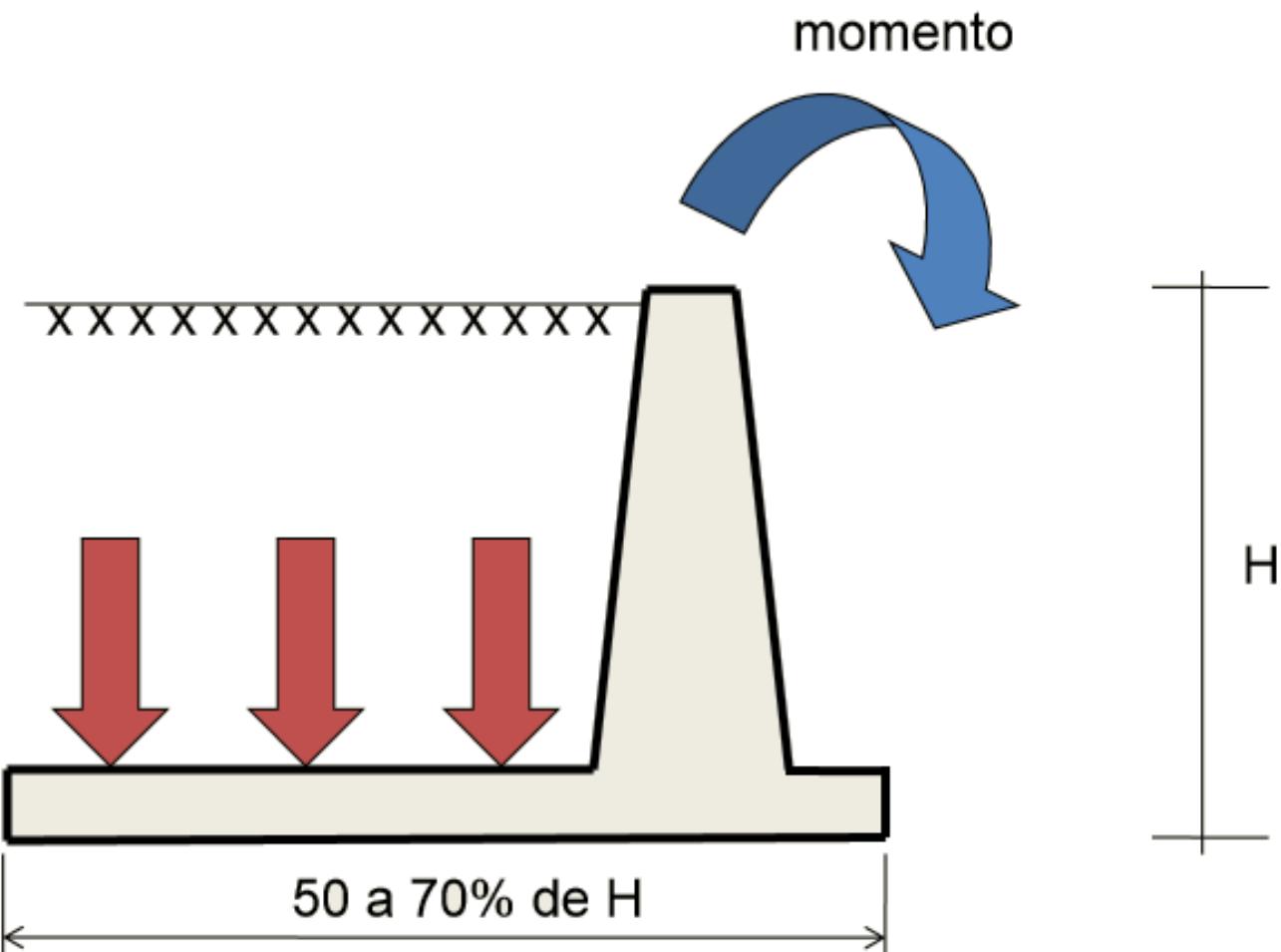
2.5.1. Muros a Gravidade

e) Muros de Flexão

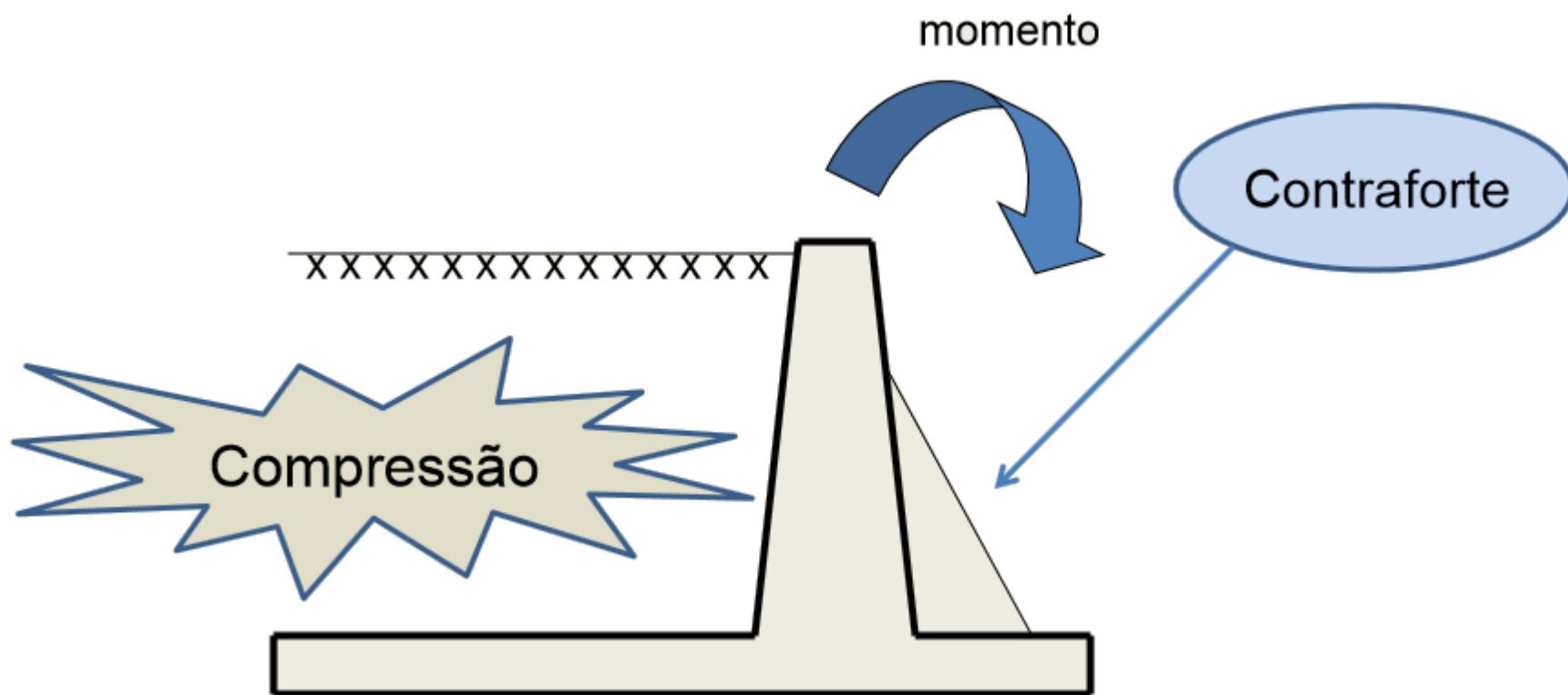
- São estruturas mais esbeltas com seção transversal em “L” que resistem aos empuxos por flexão, utilizando parte do peso próprio do maciço, que se apoia sobre a base do “L”;
- São construídos em concreto armado, tornando-se antieconômicos para alturas acima de 5 a 7m. A laje de base em geral apresenta largura entre 50 e 70% da altura do muro.
- A face trabalha à flexão e se necessário pode empregar vigas de enrijecimento, no caso alturas maiores, os contrafortes, que são em geral espaçados de cerca de 70% da altura do muro.

2.0. Métodos de Estabilização

Muros de Flexão sem Contrafortes

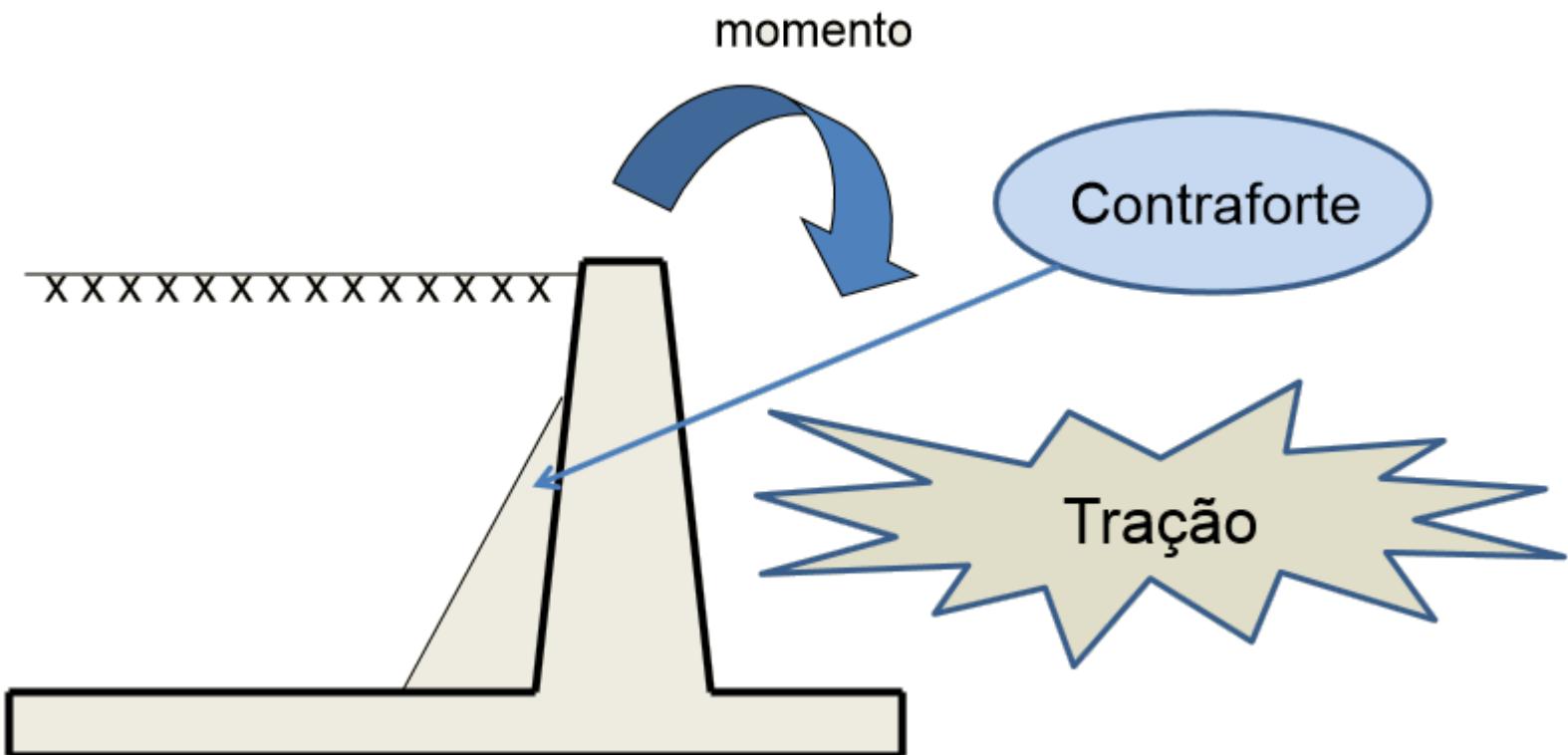


Muros de Flexão com Contrafortes



2.0. Métodos de Estabilização

Muros de Flexão com Contrafortes



2.0. Métodos de Estabilização

3.6. Cortina atirantada

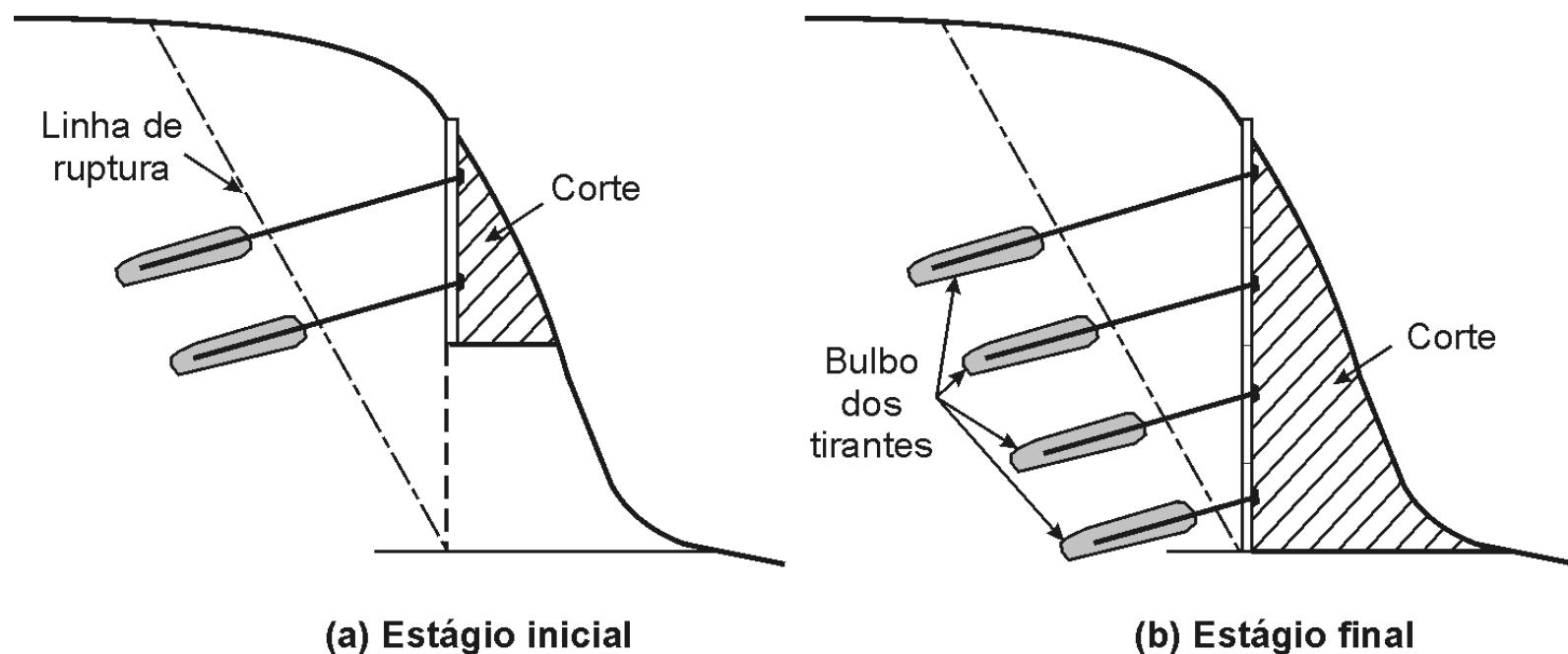
“Parede de concreto armado, através da qual o maciço é perfurado, sendo introduzidas nos furos tirantes metálicos;

Após o posicionamento destas barras, é introduzida nas perfurações nata de cimento a alta pressão, que penetra nos vazios do solo, formando um bulbo, e ancorando as barras metálicas.

Passado o tempo de cura da nata de cimento, os tirantes são protendidos e presos na parede de concreto, o que faz com que esta estrutura seja “empurrada” contra o maciço”.

2.0. Métodos de Estabilização

2.6. Cortina atirantada





2.0. Métodos de Estabilização

3.7. Muros fincados

3.7.1. Estacas Pranchas

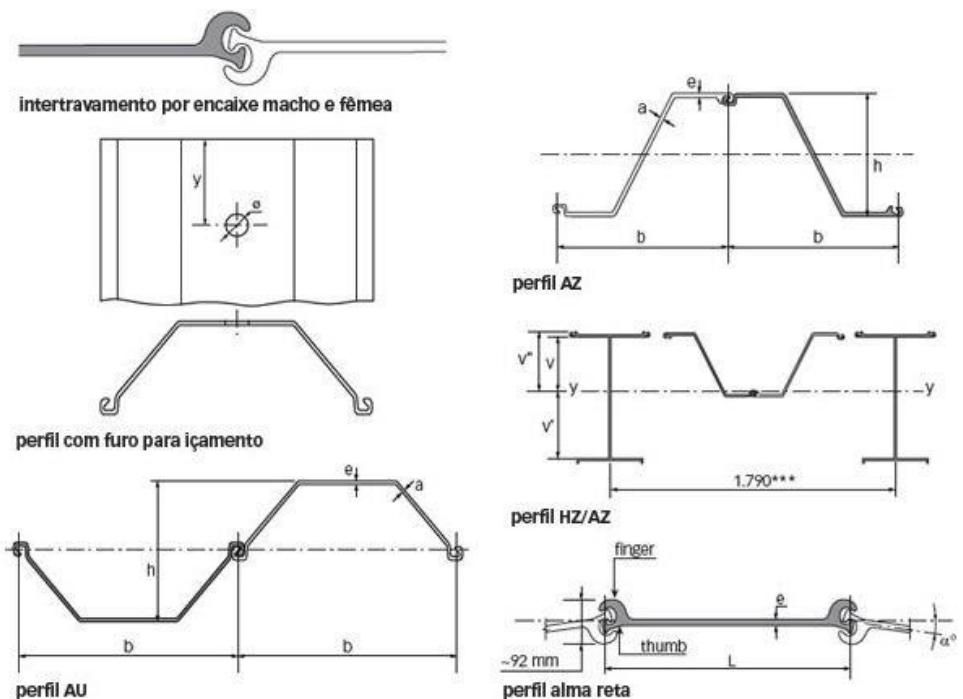
- Rápida execução
- Não se aplica a solos duros;
- Dificuldade de transporte de perfis e mobilidade do equipamento.

3.7.2. Outras Estacas Metálicas Justapostas.

3.7.3. Soluções Mistas

2.0. Métodos de Estabilização

2.7.1. Estacas Pranchas

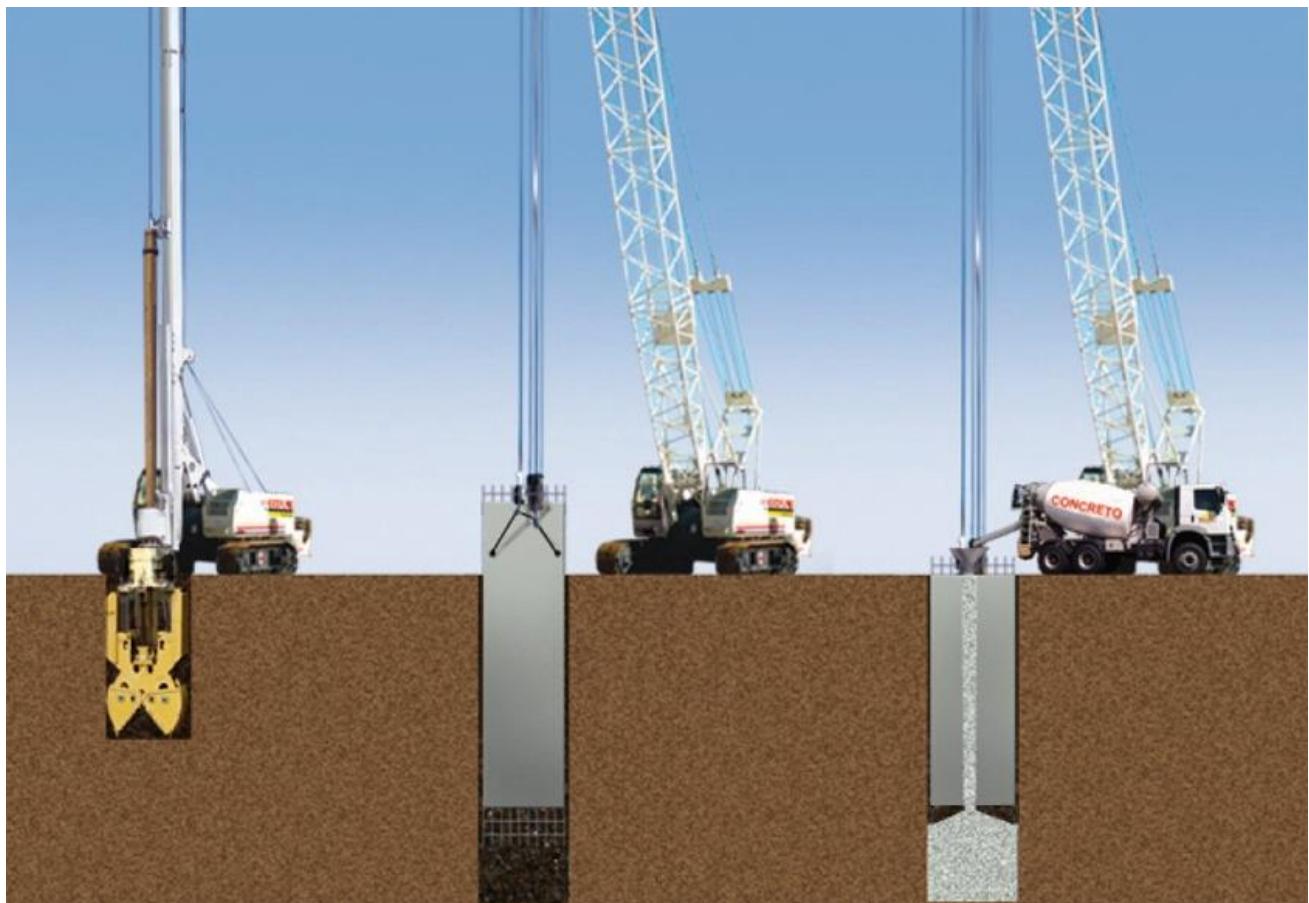




2.0. Métodos de Estabilização

2.8. Muros escavados

2.8.1. Paredes Diafragma



2.0. Métodos de Estabilização

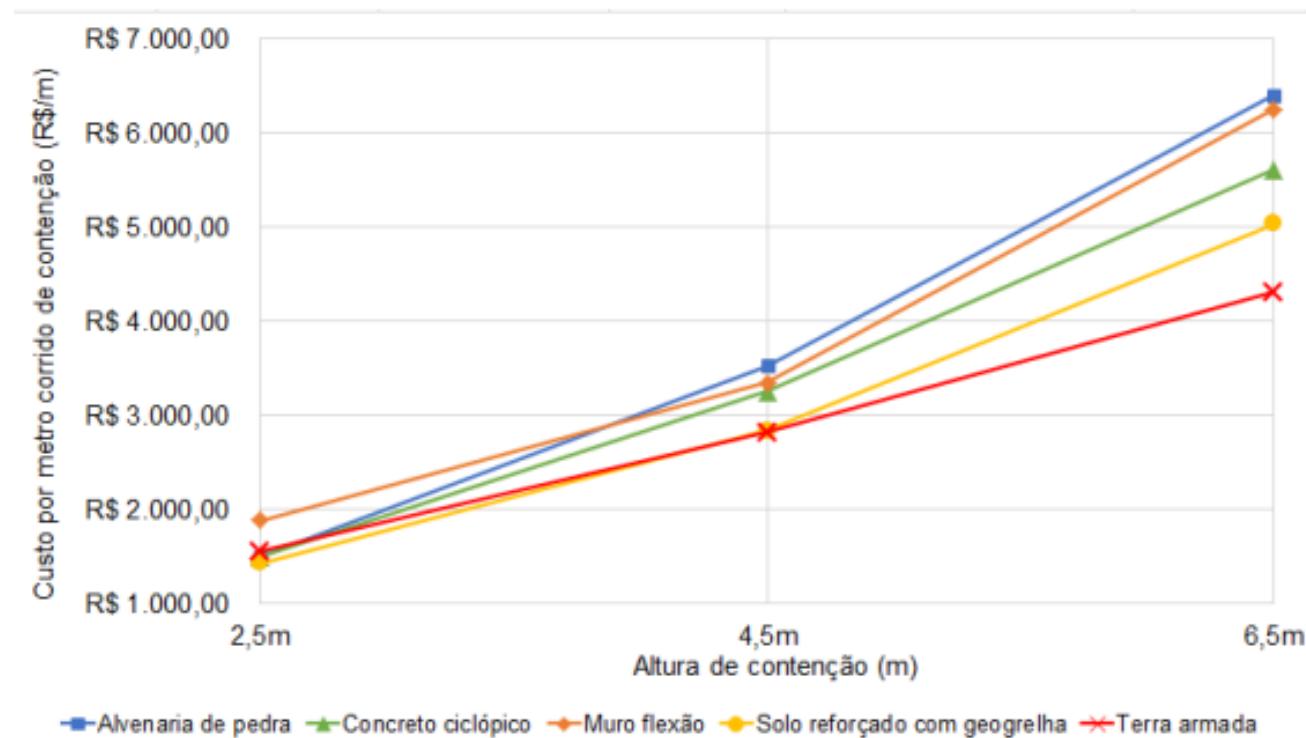
2.8.2. Estacas Moldadas Justapostas



2.0. Métodos de Estabilização

Comparativo de custos

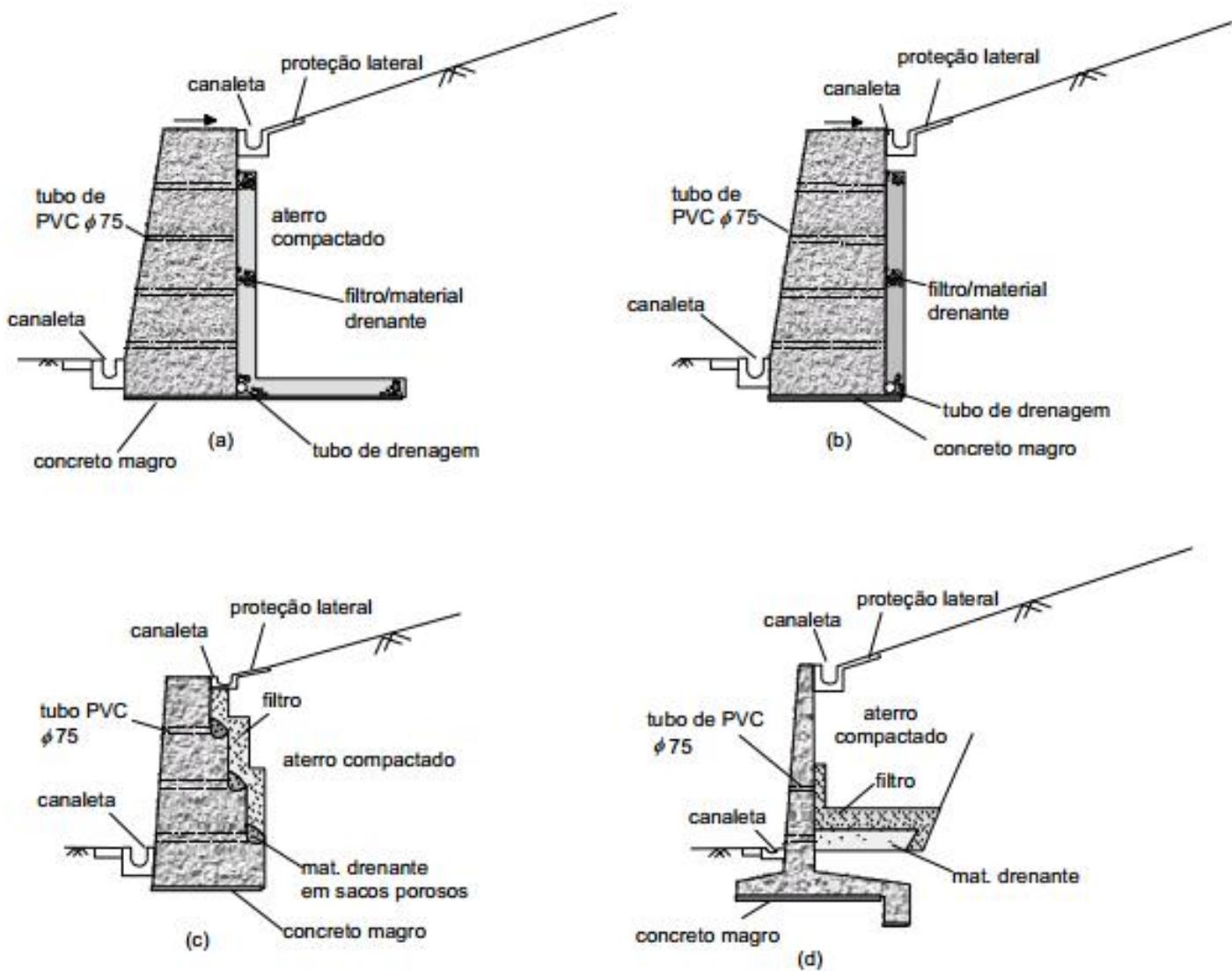
Figura 49 - Gráfico comparativo de custos entre estruturas de contenção.



Desnível	Alvenaria de pedra	Concreto ciclópico	Muro flexão	Solo reforçado com geogrelha	Terra armada
2,5m	R\$ 1.499,40	R\$ 1.494,20	R\$ 1.879,54	R\$ 1.433,31	R\$ 1.550,71
4,5m	R\$ 3.525,16	R\$ 3.248,45	R\$ 3.344,60	R\$ 2.835,01	R\$ 2.816,17
6,5m	R\$ 6.406,06	R\$ 5.611,07	R\$ 6.251,04	R\$ 5.035,34	R\$ 4.305,54

3. Drenagem

3.0. Drenagem

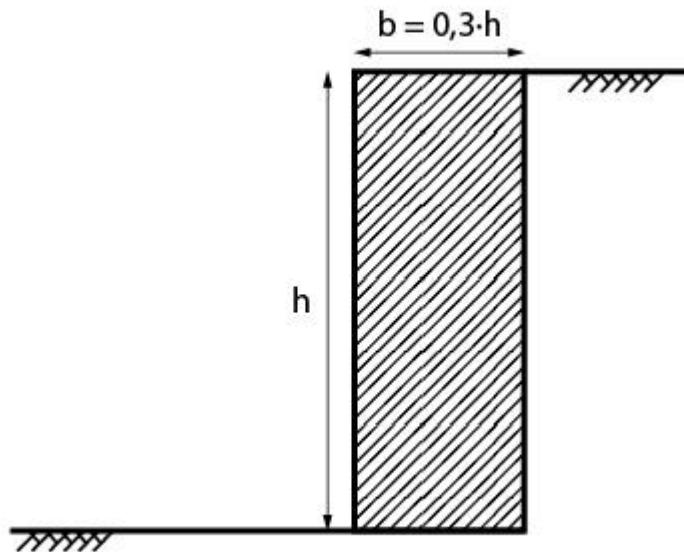


4.

Pré-dimensionamento

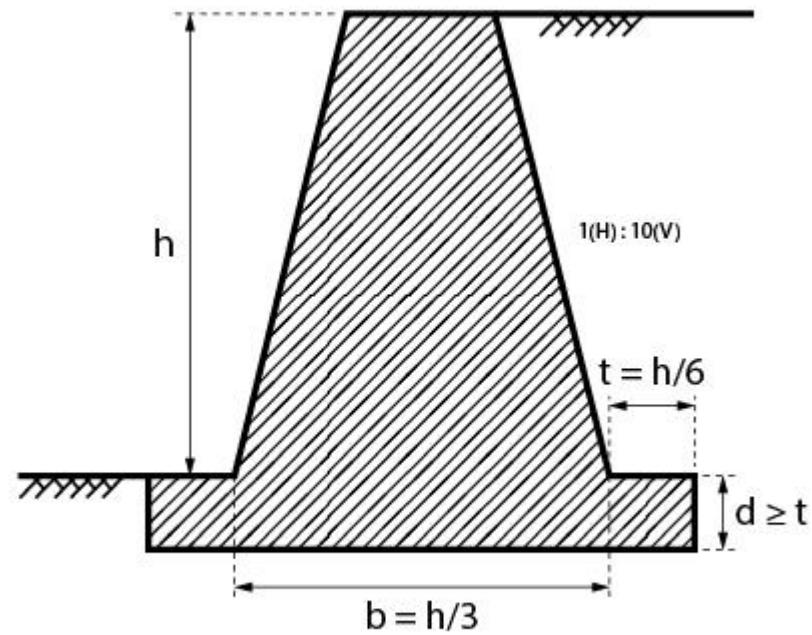
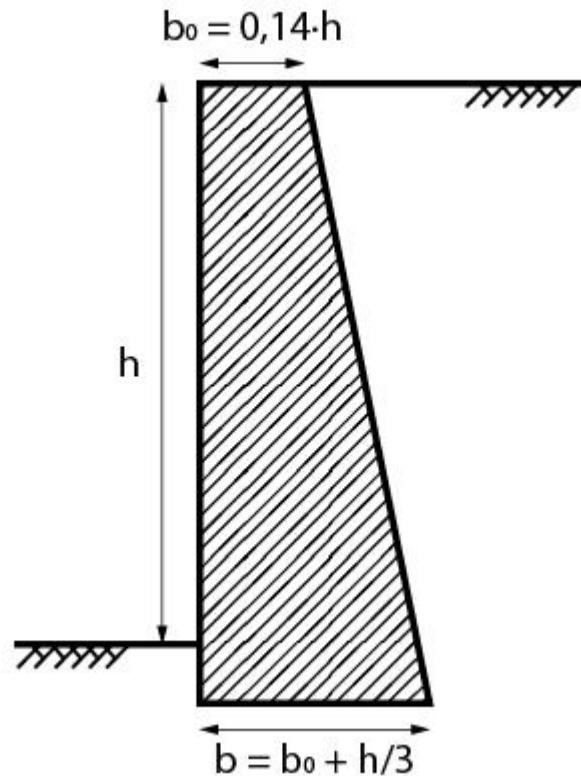
4.0. Pré-dimensionamento

Muros a gravidade de seção retangular



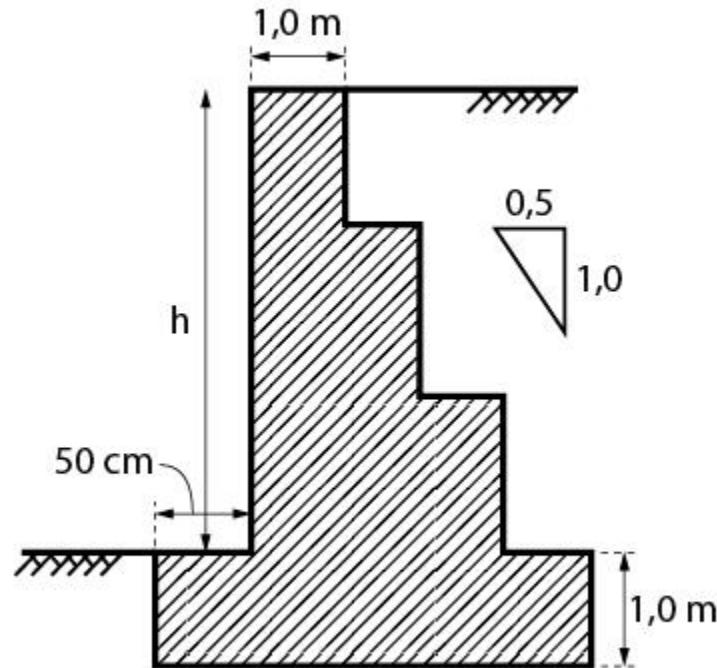
4.0. Pré-dimensionamento

Muros a gravidade de seção trapezoidal



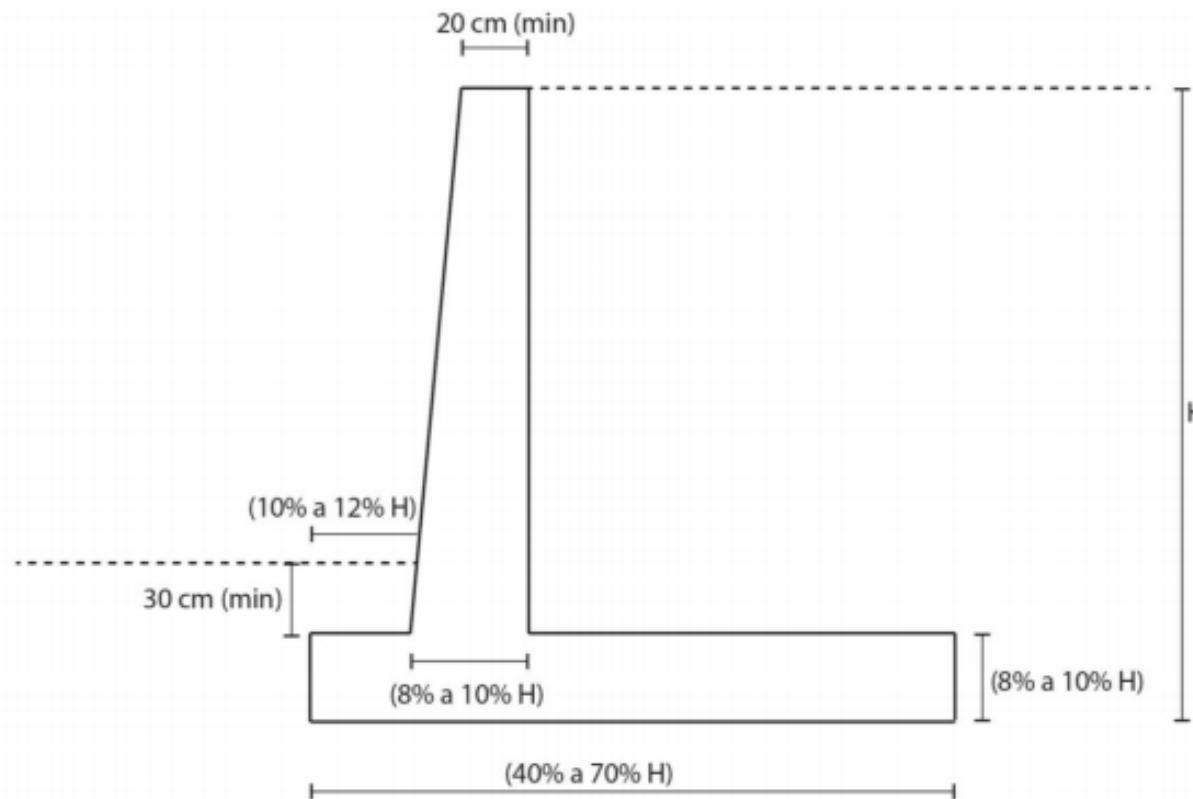
4.0. Pré-dimensionamento

Muros a gravidade com perfil escalonado



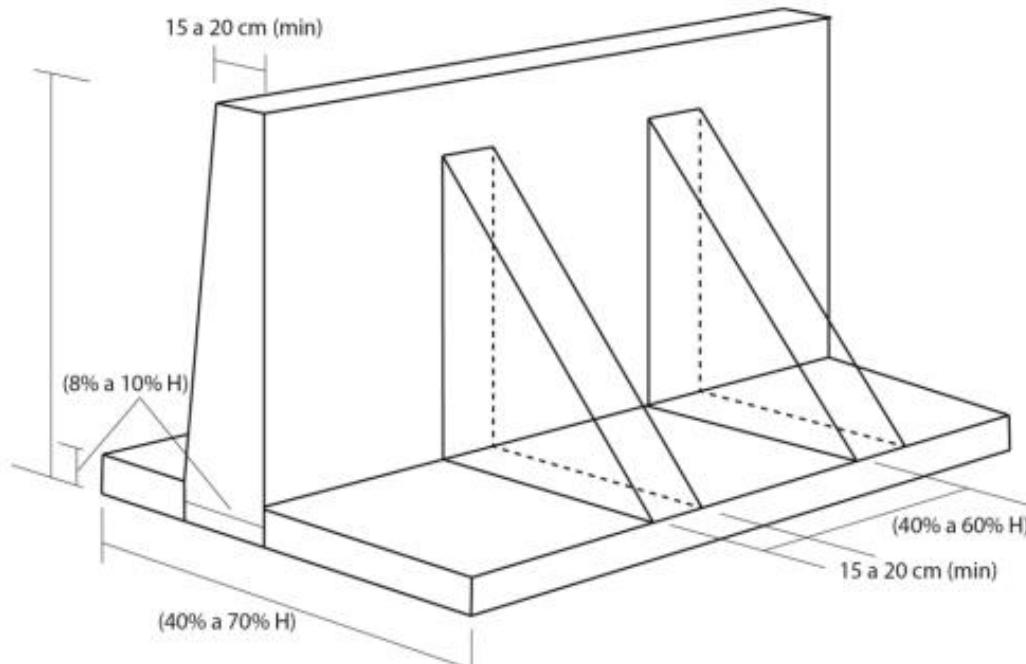
4.0. Pré-dimensionamento

Muros a flexão



4.0. Pré-dimensionamento

Muros a flexão com contrafortes



6.0. Referências

BORGES, Alberto de Campos. **Topografia Aplicada a Engenharia Civil.** São Paulo, Edgard Blucher, 1992. 2. v.

MASCARÓ, J. L. **Loteamentos Urbanos.** Porto Alegre: Editor L. Mascaró, 2005.

MASCARÓ, J. L.; YOSHINAGA, M. **Infraestrutura Urbana.** Porto Alegre: +4 Editora :L.J. Mascaró, 2005.

DA COSTA, P. S.; FIGUEIREDO, W.C. **Estradas – Estudos e Projetos.** Salvador: EDUFBA, 2007.

ROMERO, Adriana Bustos. **Princípios Bioclimáticos para o Desenho Urbano.** São Paulo: Projeto Editores Associados, 2001.

THUM, Adriane Brill; ERBA, Diego Alfonso (org.). **Topografia para estudantes de Arquitetura, Engenharia e Geologia.** São Leopoldo: Unisinos, 2003. 1. v.

ALVAREZ, Adriana; BRASILEIRO, Alice; MORGADO, Cláudio; TREVISAN, Rosina. **Topografia para Arquitetos.** Rio de Janeiro: Booklink, UFRJ, 2003.

Grohmann, C. H., 2008. Introdução ao geoprocessamento e à análise digital de terreno com software livre. Technical report, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Obrigado

Dúvidas?



mauricio.felzemburgh@ufba.br

mauricio.vidal@fieb.org.br



[@felzemburgh](https://twitter.com/felzemburgh)



[@felzemburgh](https://twitter.com/felzemburgh)