



ESCOLA POLITÉCNICA DA USP
PEF-2405 – FUNDAÇÕES
Escavações Escoradas

CONTENÇÕES EM ZONAS URBANAS:

- CONDICIONANTES / CRITÉRIOS DE ESCOLHA
- DISCUSSÃO DE CÁLCULOS PARA PROJETO
- TIPOS

Jaime Domingos Marzionna

Engeos Engenharia e Geotecnia S/S Ltda.

Escola Politécnica da USP

Introdução

O que é uma obra de contenção?

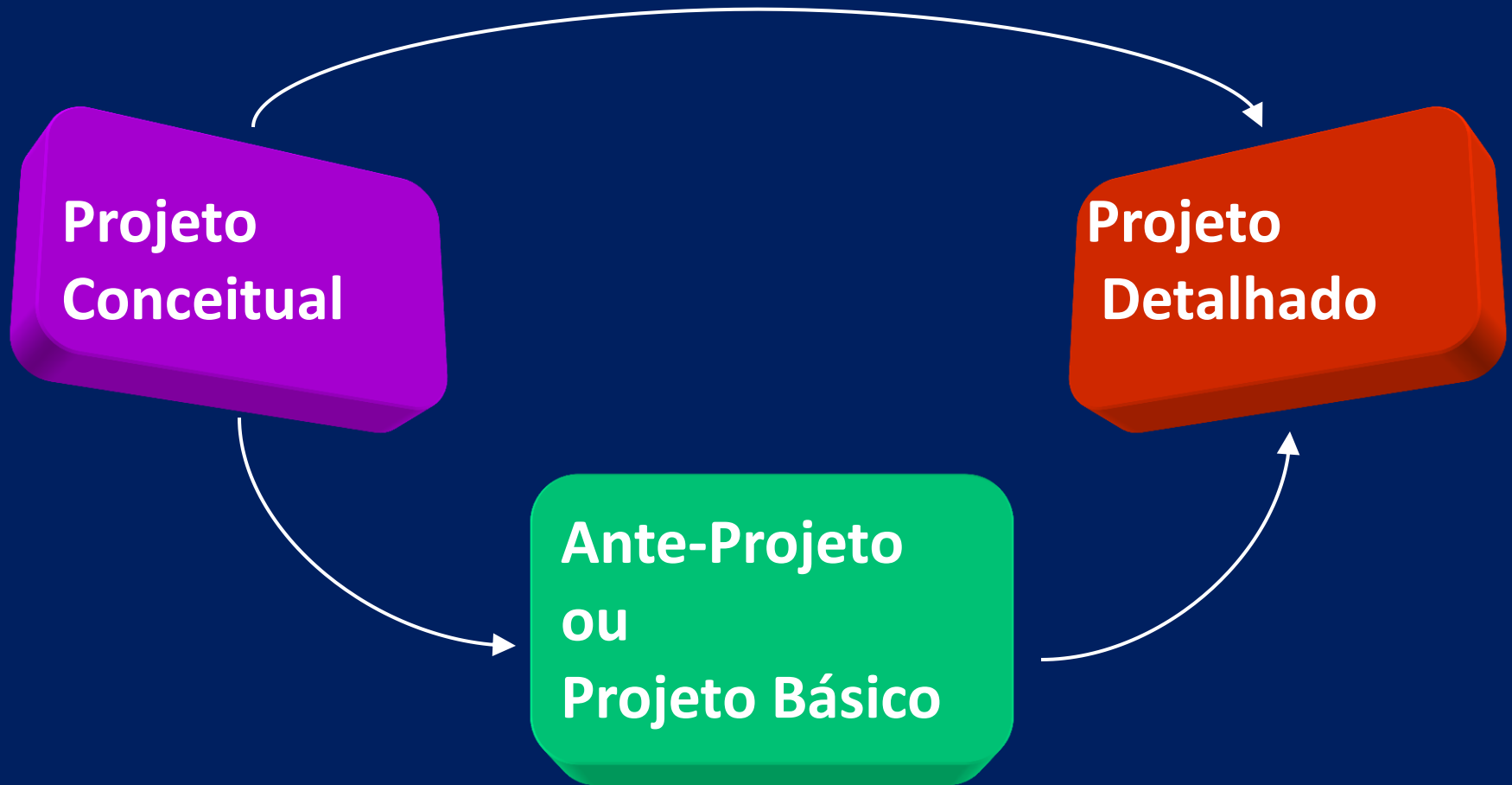
“Contenção é todo elemento ou estrutura destinado a contrapor-se a empuxos ou tensões geradas em maciço cuja condição de equilíbrio foi alterada por algum tipo de escavação, corte ou aterro.”

(apud Ranzini, S.M.T. e Negro Jr., A. em “Fundações : Teoria e Prática” – ABMS/ABEF – nov/96)

Tipos mais comuns de estruturas de contenção

- Muros (obras definitivas, corridas, vários materiais e fundações)
- Escoramentos (estruturas provisórias utilizadas para permitir a construção de outras obras)
- Cortinas (contenções ancoradas ou apoiadas em outras estruturas, com “baixa” deslocabilidade)
- Reforços do Terreno (introdução de elementos no terreno para melhorar suas características e resistir a desníveis)

Fases de Projeto



Projeto Conceitual

- **Análise de Alternativas**
- **Método Construtivo**
- **Análise Econômica Preliminar (grosseira)**
- **Escolha da(s) Alternativa(s) mais Indicada(s)**

Projeto Básico

- **Pré-dimensionamento (diagramas “padrões”, comparação com obras semelhantes, resultados de instrumentações em obras similares, etc.)**
- **Desenhos e documentos de projeto básico (possibilitar a quantificação, licitação e contratação → precisão)**
- **Especificações técnicas de atividades e serviços especiais**

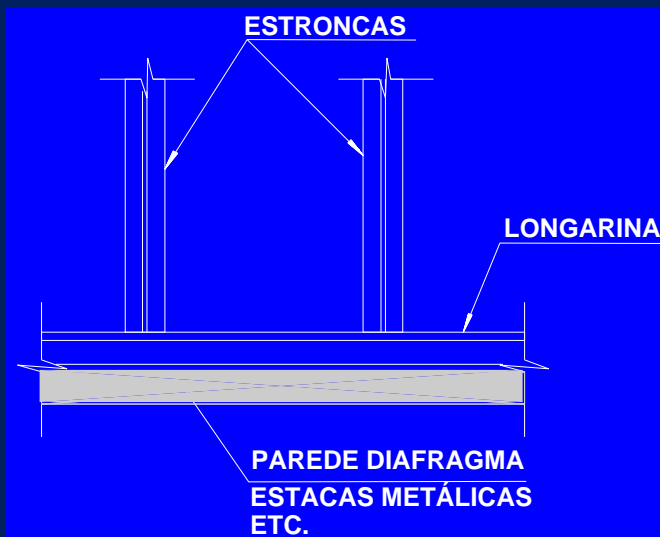
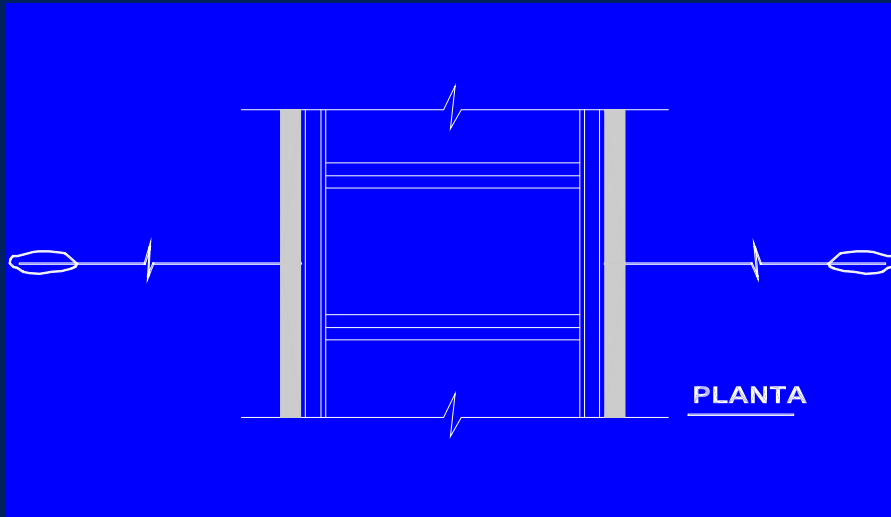
Projeto Executivo

- **Detalhamento do projeto básico**
- **Memorial de cálculo → importante**
- **Especificações técnicas de atividades e serviços**
- **Desenhos de projeto → completos**

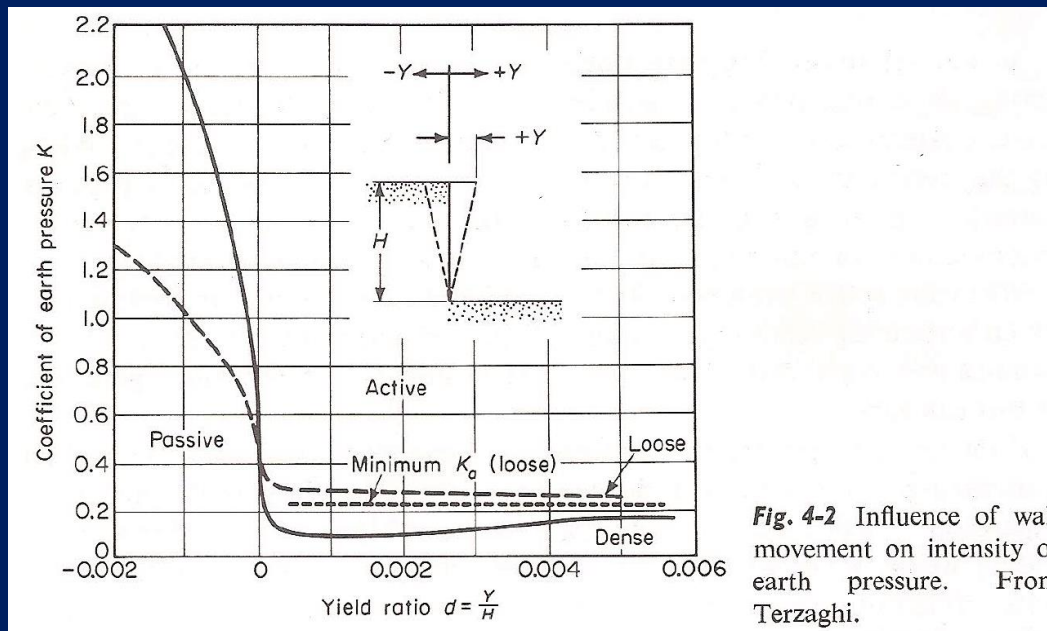
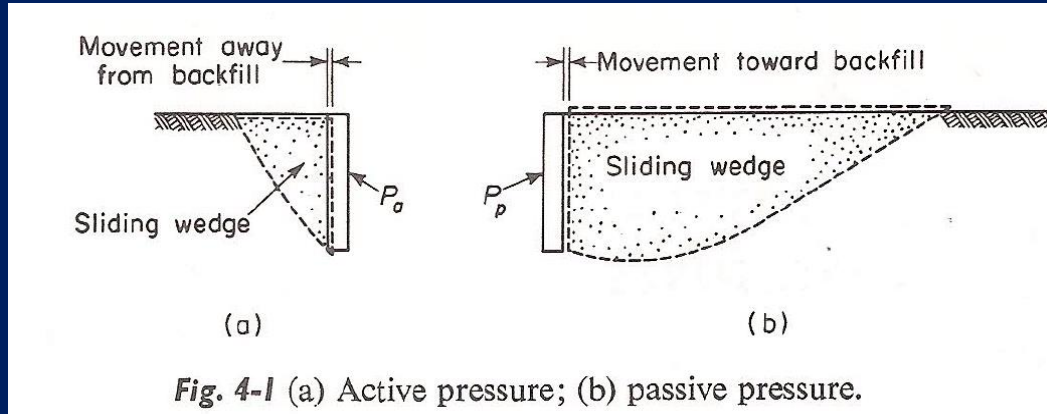
Escavações Escoradas

- O que compõem um Sistema de Escoramento?
- Tipos de Escoramento: materiais, tipo de sustentação, processo executivo, etc.
- Métodos Construtivos: direto ou invertido? Como será feita a retirada da terra escavada?
- Processos de Cálculo: empíricos, semi-empíricos, evolutivos uni ou bi-dimensionais, etc.

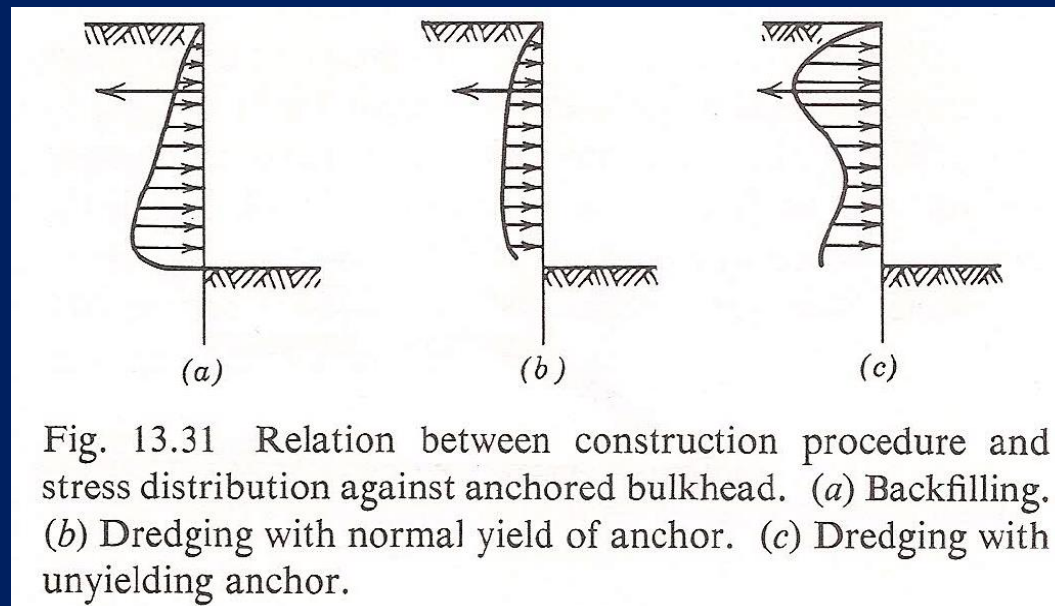
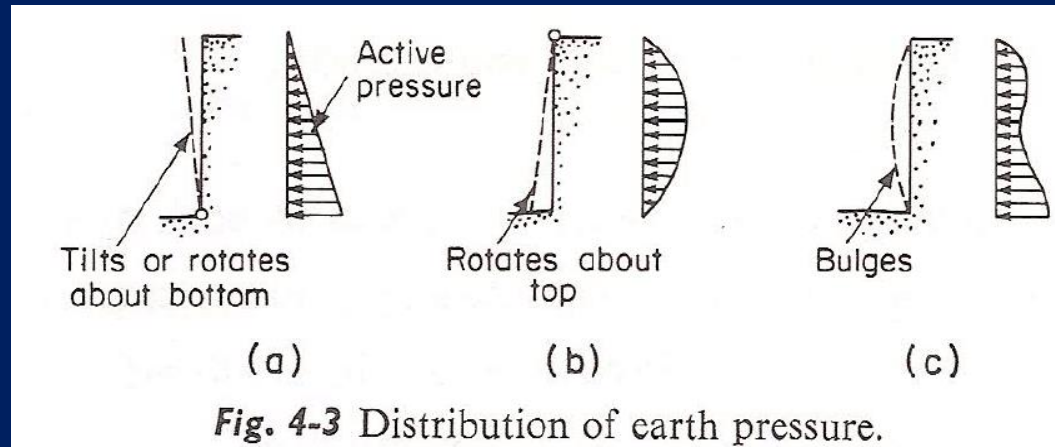
DEFINIÇÕES / NOMENCLATURA



Conceitos de Empuxos Ativo, Passivo e Repouso



Distribuição das tensões em função do movimento do anteparo



CÁLCULOS E VERIFICAÇÕES DE ESCAVAÇÕES ESCORADAS

- CÁLCULOS
 - **Mecanismos de Ruptura**
 - **Dimensionamento**
 - **Verificações**

Mecanismos de Ruptura

- Equilíbrio / Segurança da Ficha
- Estabilidade Geral
- Estabilidade de Fundo
- “Ruptura Hidráulica”
- Levantamento de Fundo (“Blow”)



Empuxos das camadas de solo

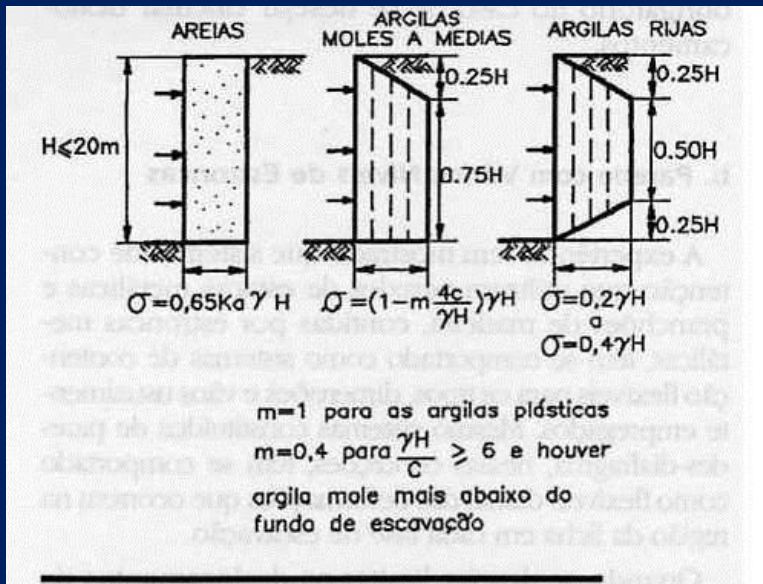
- **Tipo de empuxo: f (como o solo se comporta) \rightarrow atua como carga ou reage à solicitação?**
- **Do lado do carregamento, qual é o tipo de empuxo: ativo / repouso-ativo / repouso ? $\rightarrow f$ (deslocamentos / rigidez do sistema de contenção)**
- **Obras provisórias \rightarrow Empuxo Ativo**
- **Obras Permanentes \rightarrow Empuxo Repouso**

MÉTODOS DE CÁLCULO DOS ELEMENTOS DE CONTENÇÃO

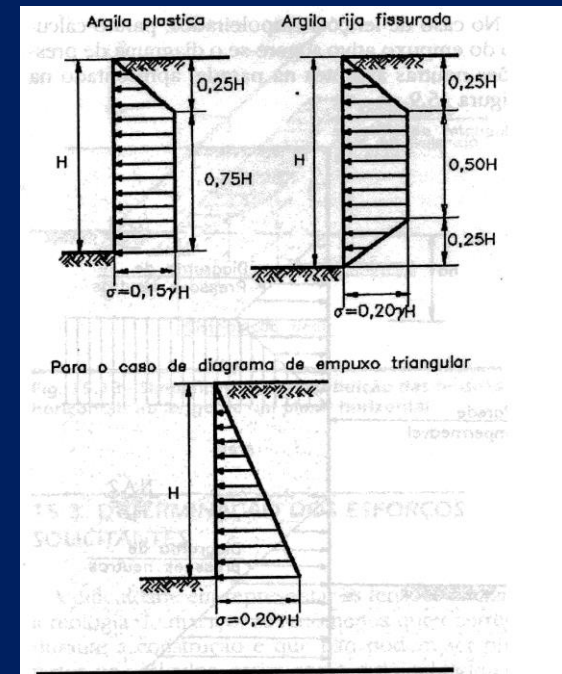
- **Métodos Empíricos**
- **Métodos Semi-empíricos**
- **Métodos Evolutivos: unidimensionais /
bidimensionais /
tridimensionais**

MÉTODOS EMPÍRICOS

- Envoltórias de Empuxos Aparentes



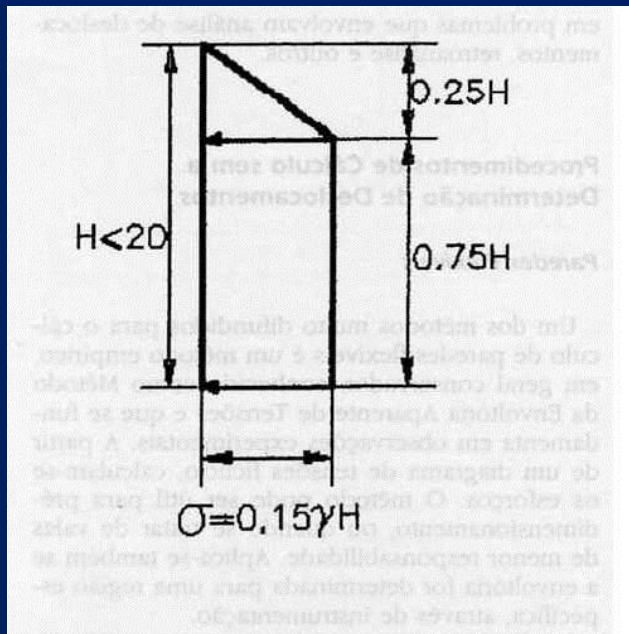
Envoltórias Aparentes propostas por Terzaghi-Peck



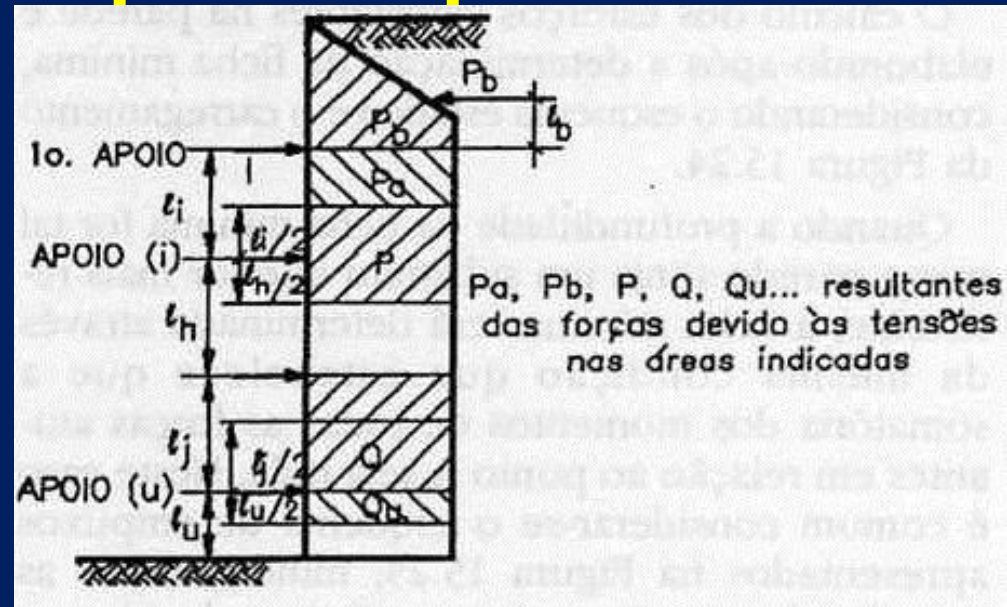
Envoltórias de Empuxos Mínimos

MÉTODOS EMPÍRICOS

- Envoltórias de Empuxos Aparentes



Envoltórias Aparentes de tensões sugeridas por Guerra (1982) para as argilas vermelhas de São Paulo

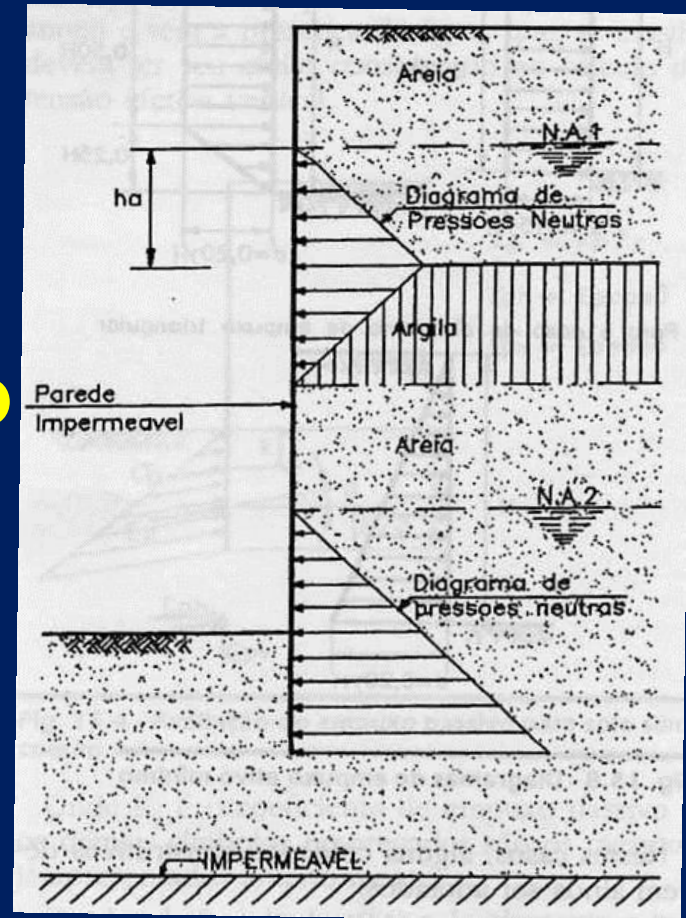


Esquema de Cálculo das reações com Envoltória Aparente de Tensões

EMPUXO D'ÁGUA

- Lençol Freático Único

- Lençol Empoleirado



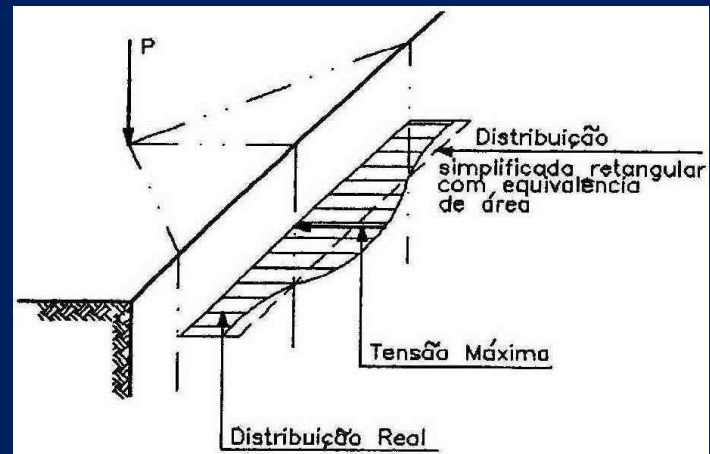
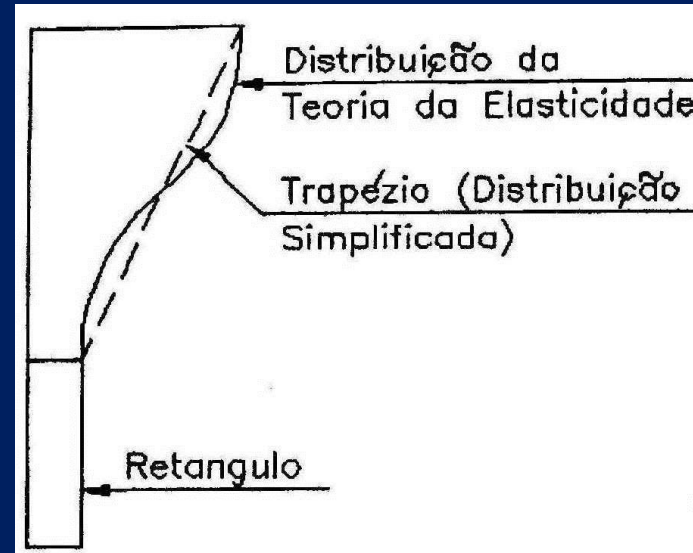
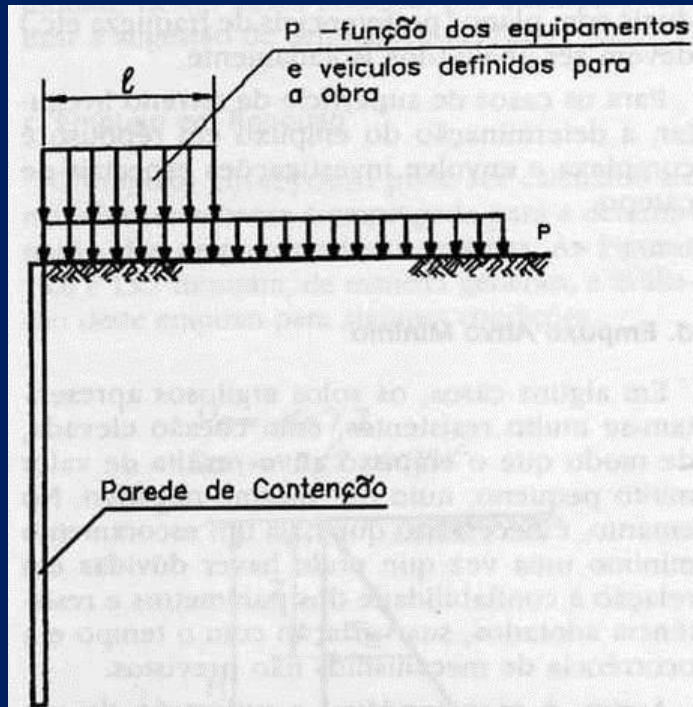
EMPUXO DEVIDO A SOBRECARGAS

- Origem: Edifícios vizinhos, Veículos, Equipamentos, Cargas Externas de qualquer espécie, etc.



TEORIA DA ELASTICIDADE

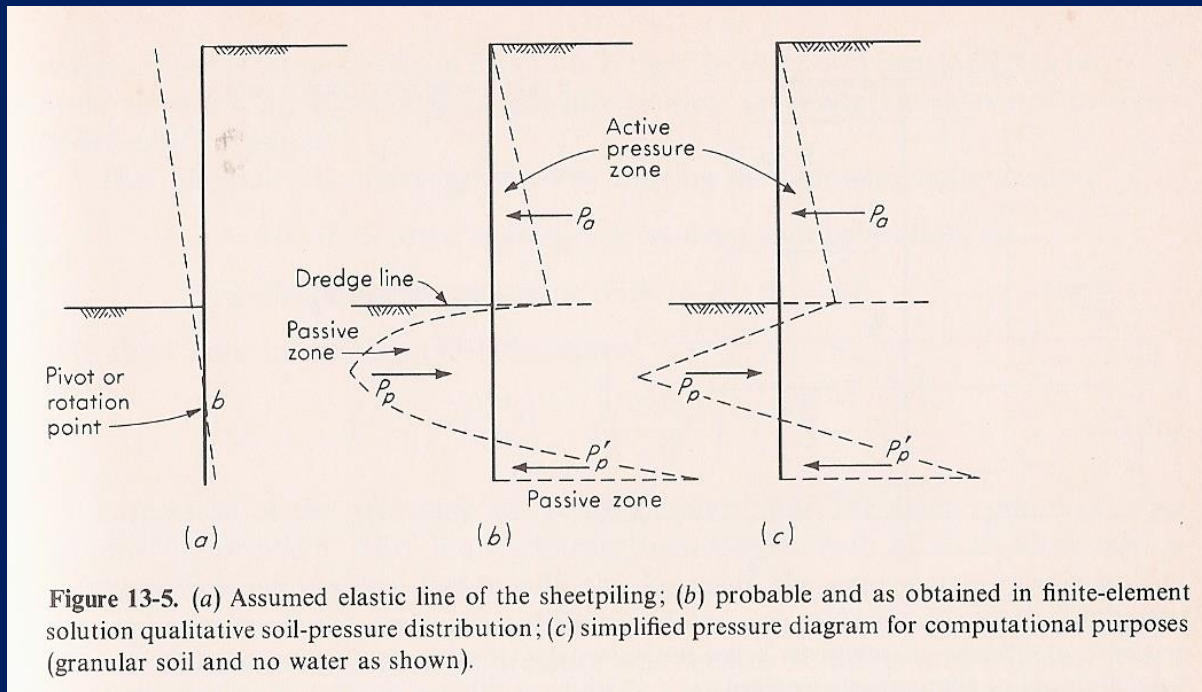
EMPUXO DEVIDO A SOBRECARGAS



MÉTODOS SEMI-EMPÍRICOS

- Simulam cada fase da obra (se existirem várias fases), porém independentes entre si.

Parede em balanço → Método de Blum



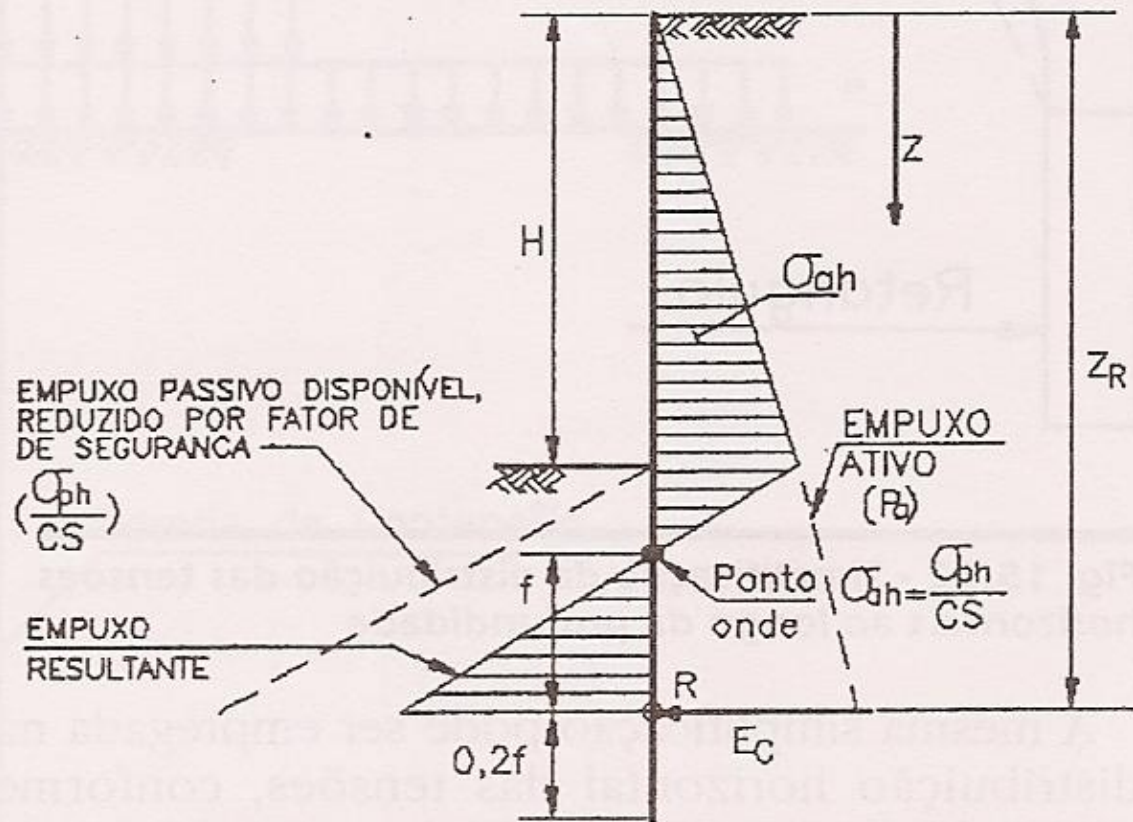


Fig. 15.15 - Método de Blum para paredes em balanço com ficha mínima

Parede com um nível de escoramento

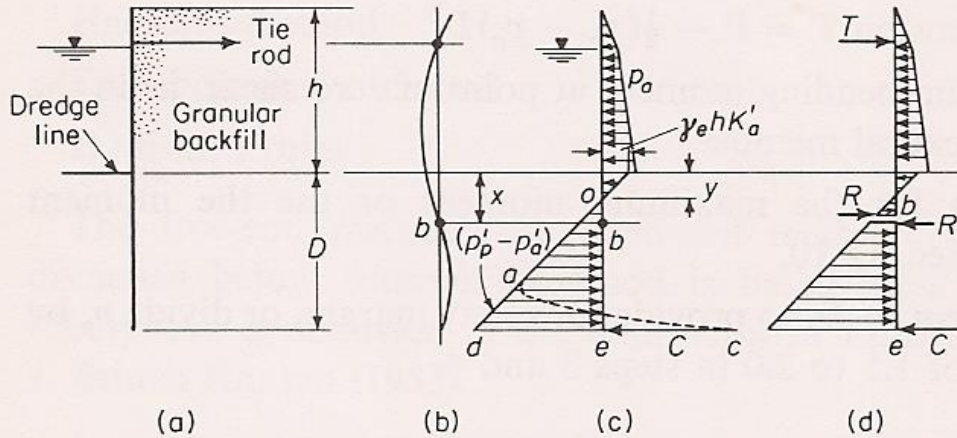


Fig. 12-14 Equivalent beam method.

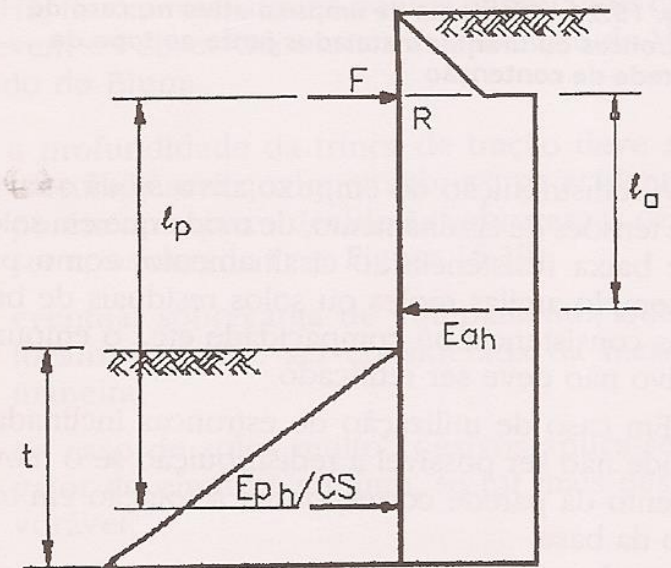


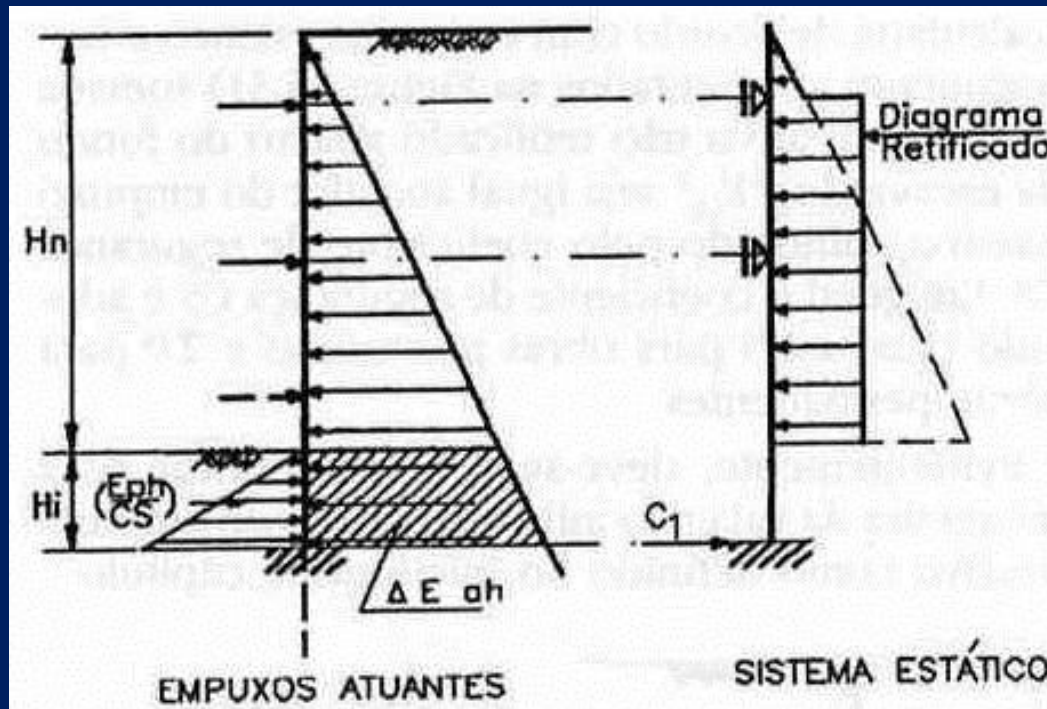
Fig. 15.23 - Diagramas de empuxos para parede de contenção com um nível de estoncas

PERGUNTA IMPORTANTÍSSIMA

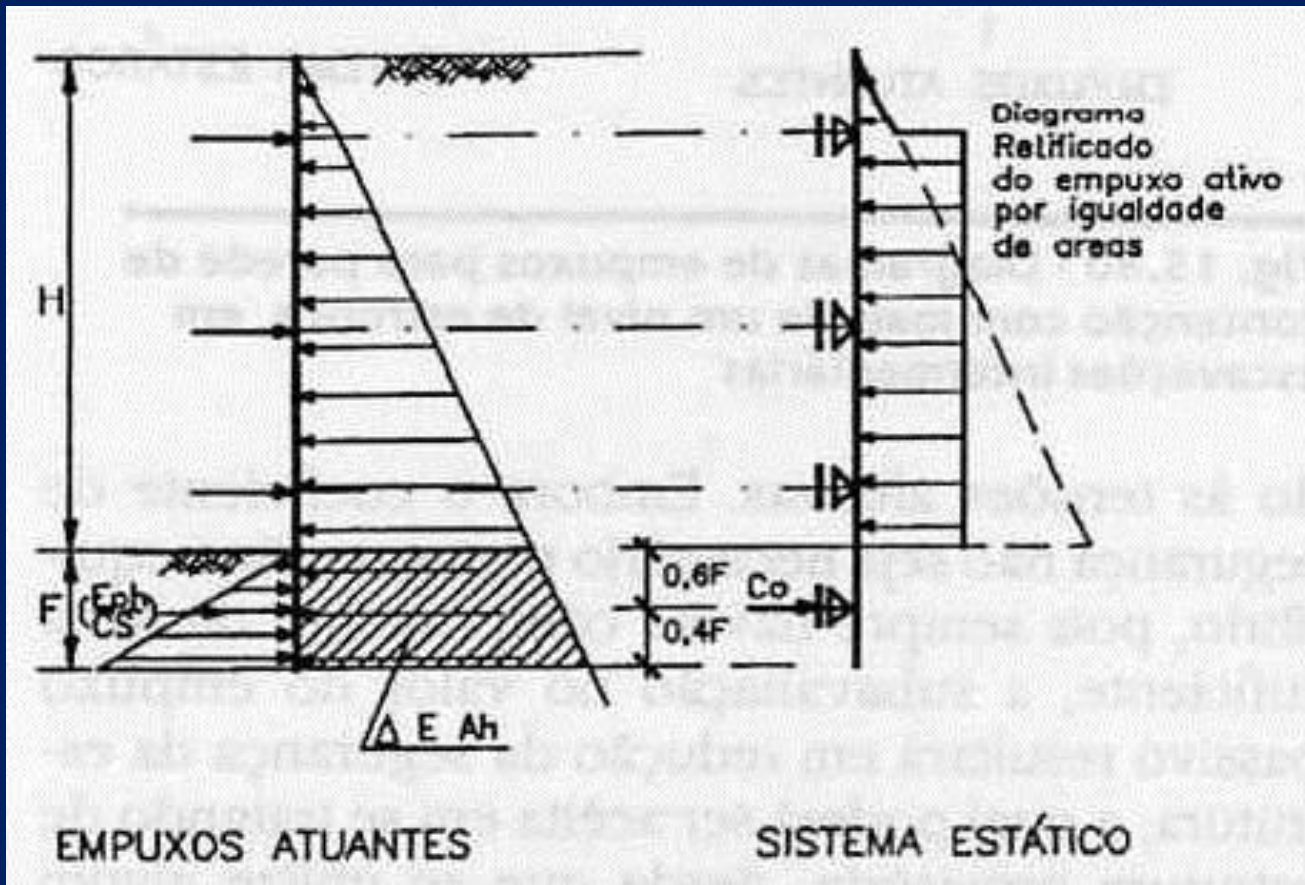
**ONDE ESTÁ O COEFICIENTE DE
SEGURANÇA DAS SITUAÇÕES
ANTERIORES?**

MÉTODOS SEMI-EMPÍRICOS

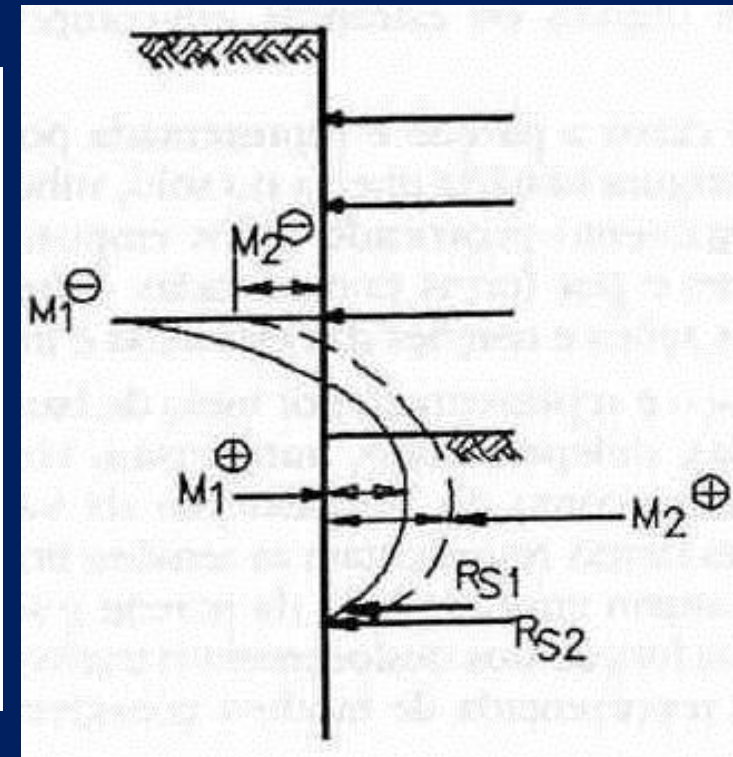
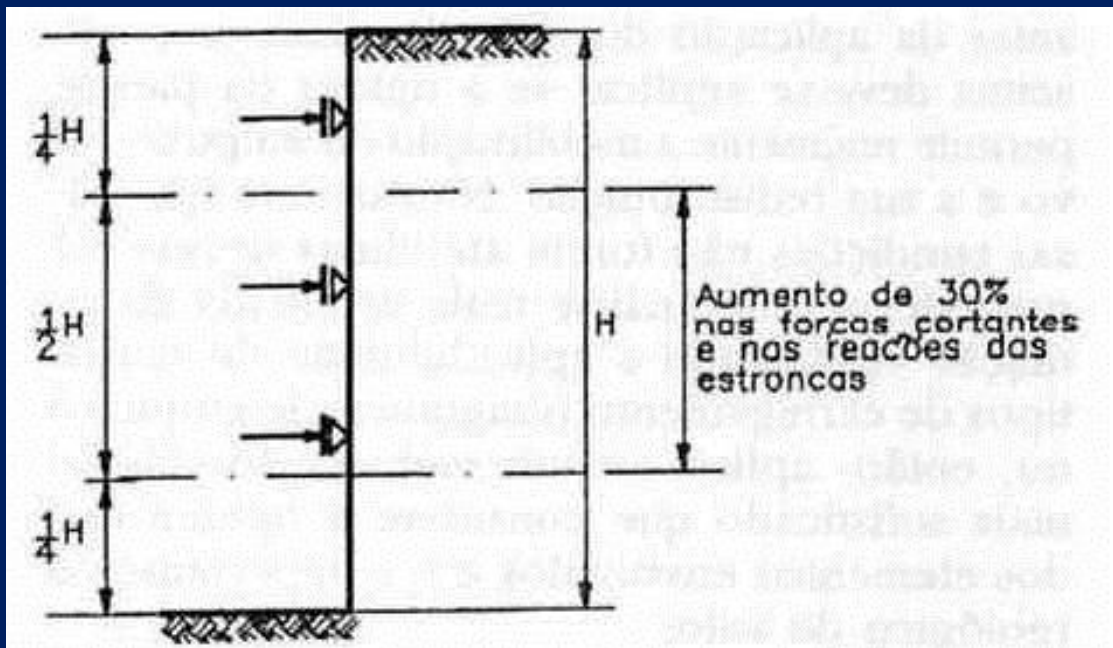
- Simulam cada fase da obra, porém independentes entre si.



MÉTODOS SEMI-EMPÍRICOS



MÉTODOS SEMI-EMPÍRICOS



MÉTODOS EVOLUTIVOS UNIDIMENSIONAIS

VIGA SOBRE APOIO ELÁSTO-PLÁSTICO

- solo considerado como apoio contínuo, elástico (coeficiente de reação – analogia com mola) – Modelo de Winkler
- sobrecargas antes ou depois da execução da parede de contenção
- modelo evolutivo
- dimensionamento – envoltória de esforços de todas as fases
- cargas de trabalho nos tirantes e/ou estroncas não devem ser superadas durante as fases de escavação

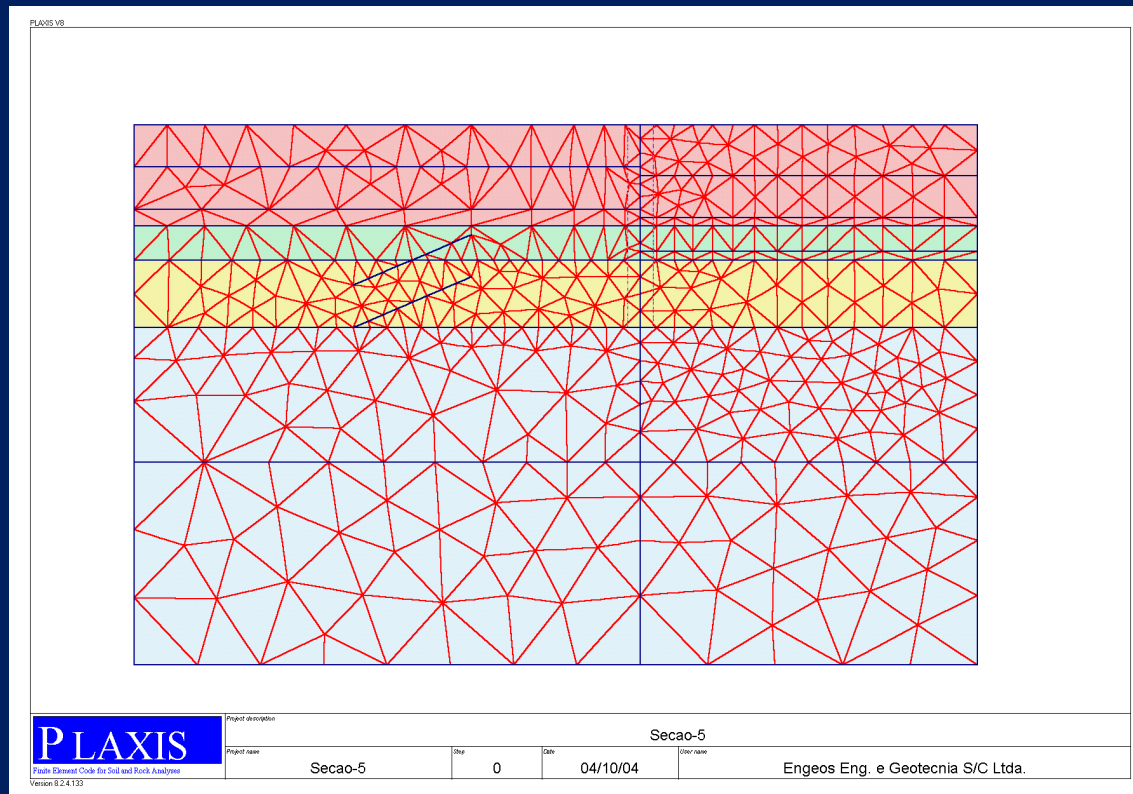
MÉTODOS EVOLUTIVOS BI E TRIDIMENSIONAIS

Modelo diferenças finitas ou elementos finitos

- modelo evolutivo, considerando cada etapa de escavação e de instalação de tirante ou estronca
- sobrecargas antes ou depois da execução da parede de contenção
- dimensionamento – envoltória de esforços de todas as fases
- cargas de trabalho nos tirantes e/ou estroncas não devem ser superadas durante as fases de escavação
- verificação de plastificações no maciço
- evolução do estado de tensões no maciço

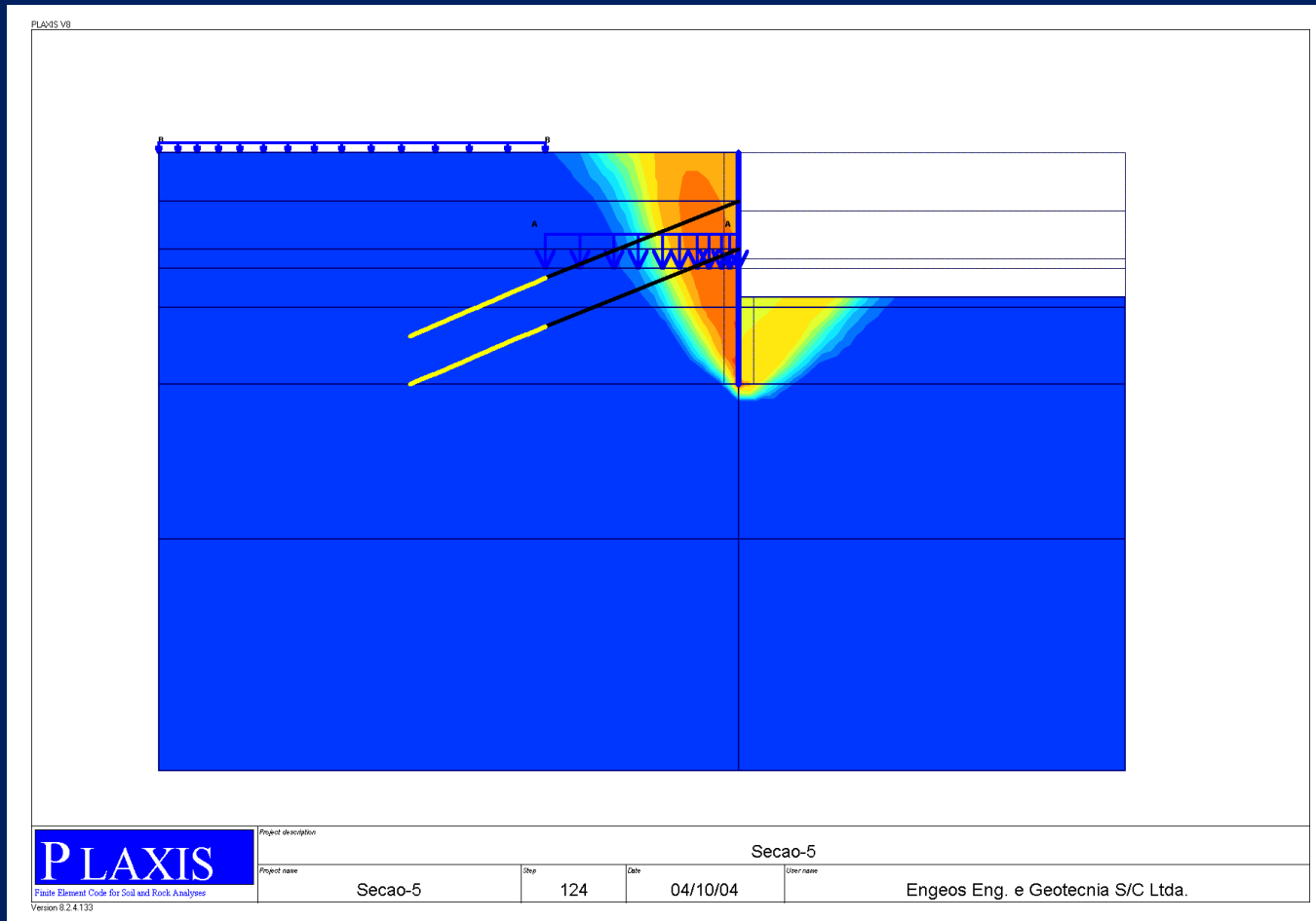
MÉTODOS EVOLUTIVOS BI-DIMENSIONAIS

Malha de Elementos Finitos empregada no cálculo:



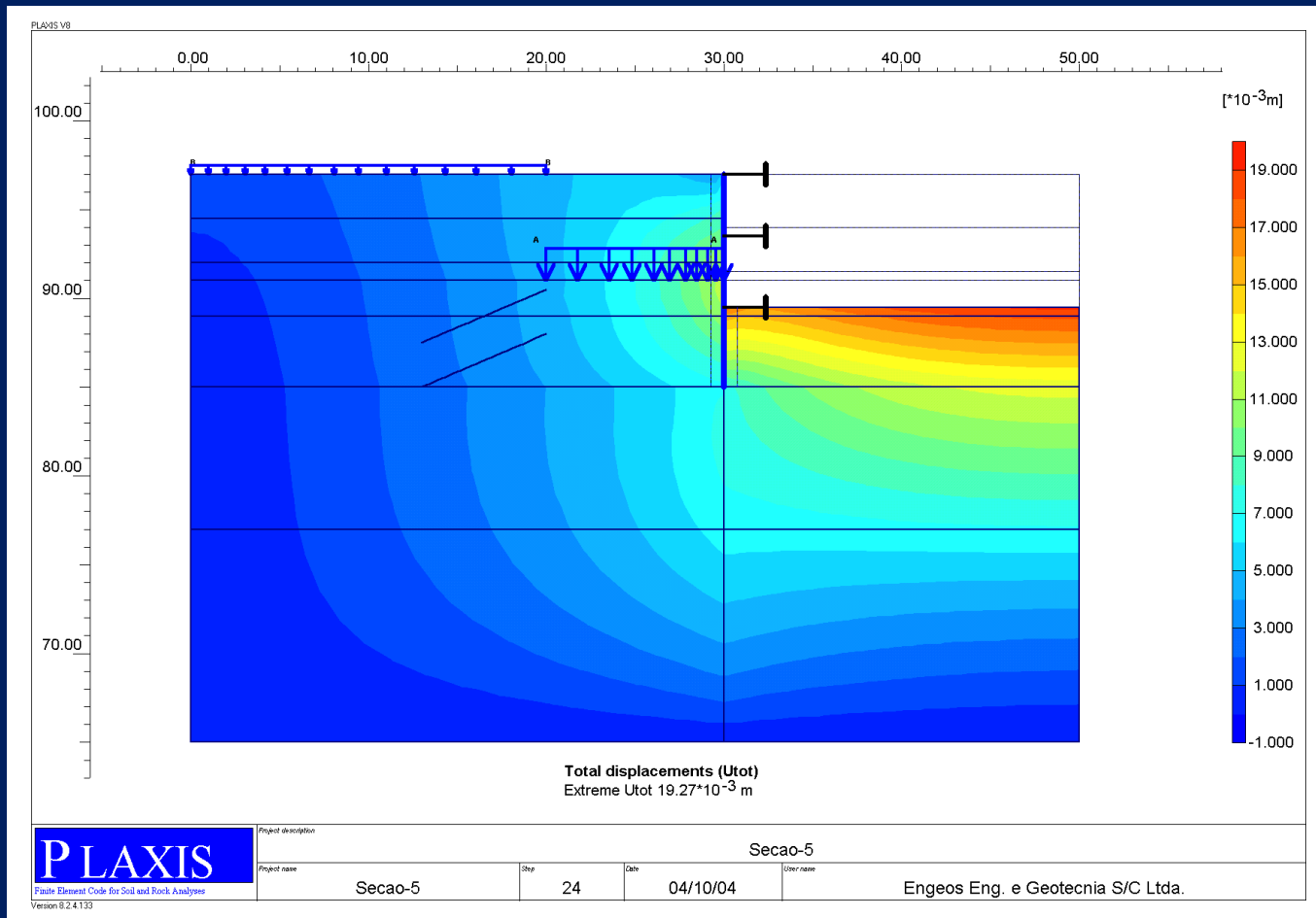
MÉTODOS EVOLUTIVOS BI-DIMENSIONAIS

Fator de Segurança na fase final de escavação e mecanismo de ruptura – FS = 2,1

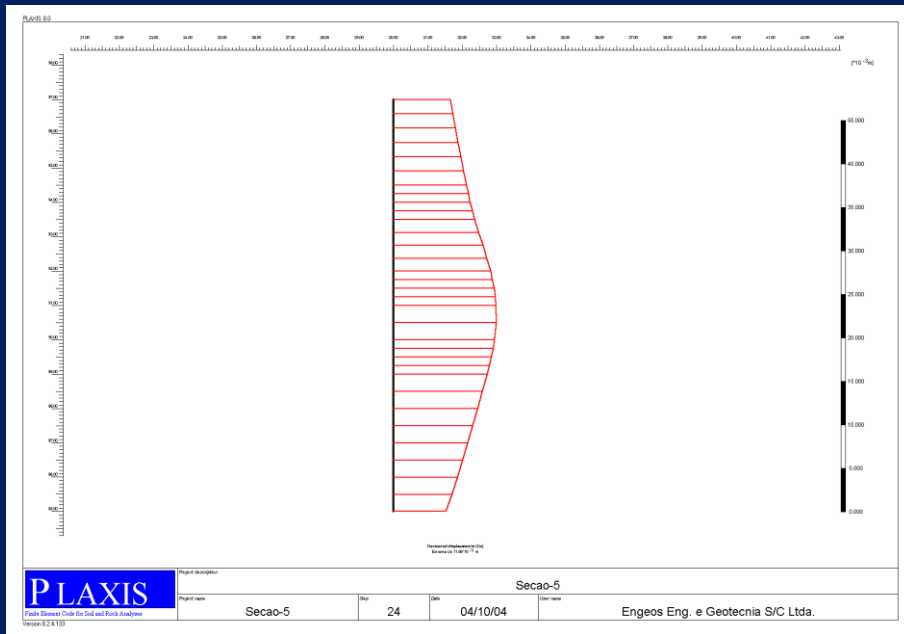


MÉTODOS EVOLUTIVOS BI-DIMENSIONAIS

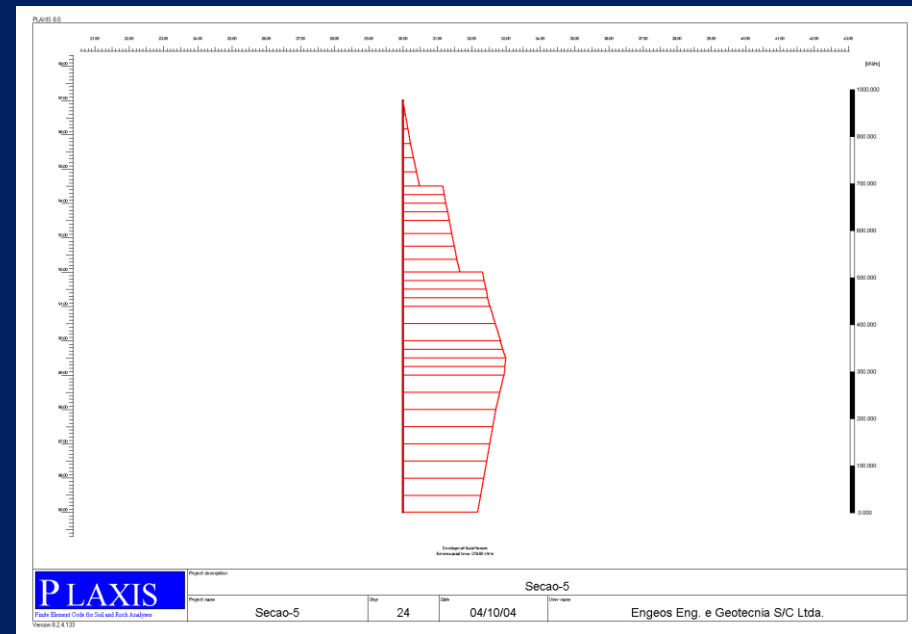
deslocamentos previstos – $\delta_{\text{máx}} = 1,9 \text{ cm}$ – Fase Final da Obra



MÉTODOS EVOLUTIVOS BI-DIMENSIONAIS

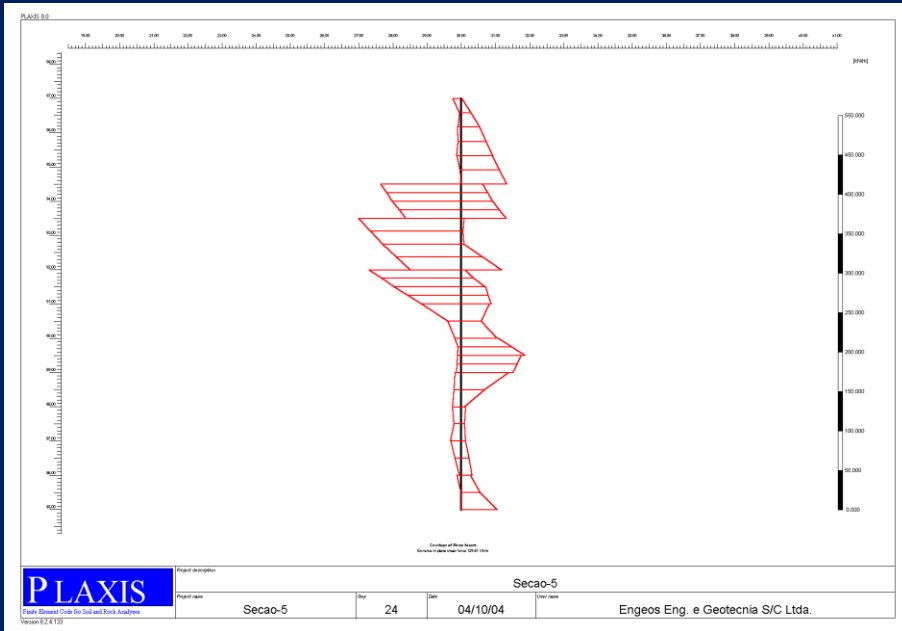


Deslocamentos na Parede de Contenção

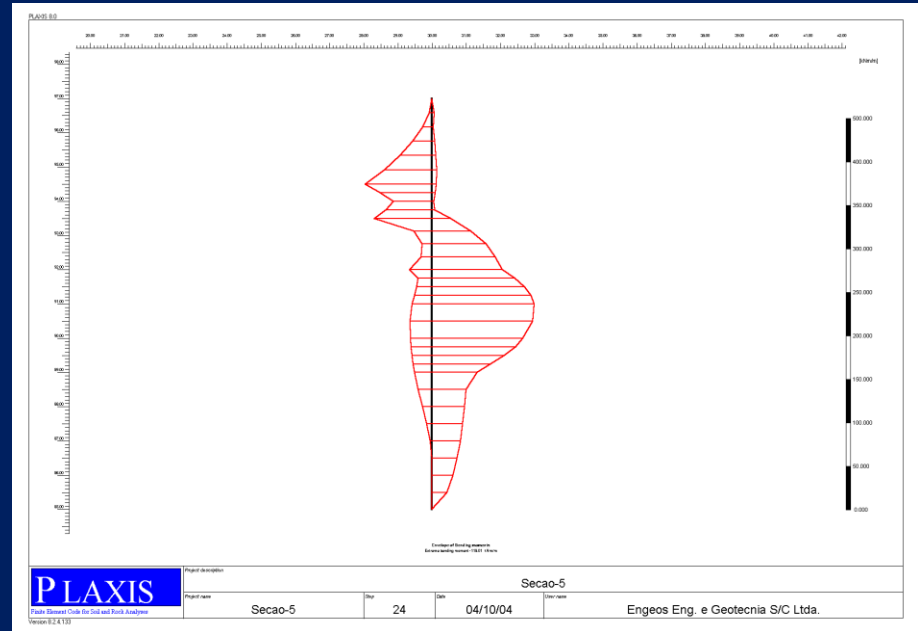


Envoltória de Força Normal

MÉTODOS EVOLUTIVOS BI-DIMENSIONAIS

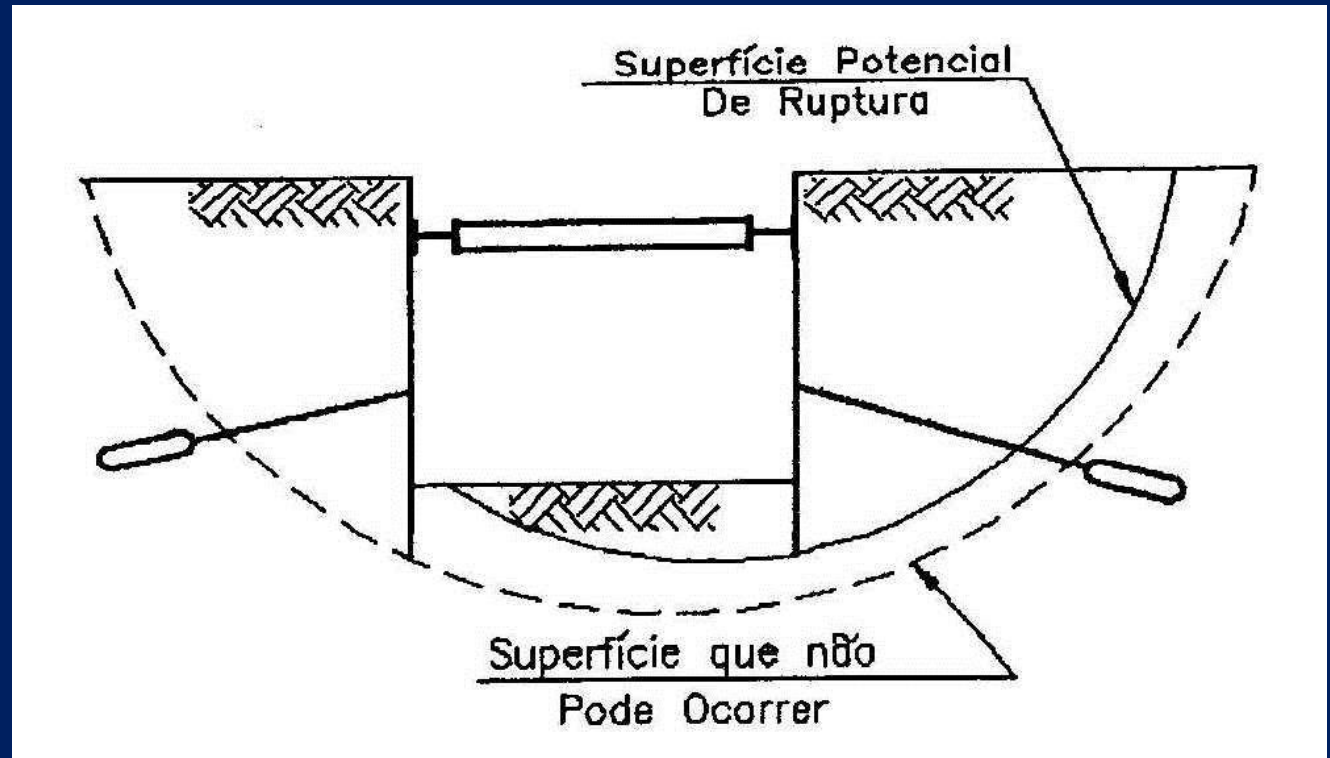


Envoltória de Forças Cortantes



Envoltória de Momentos Fletores

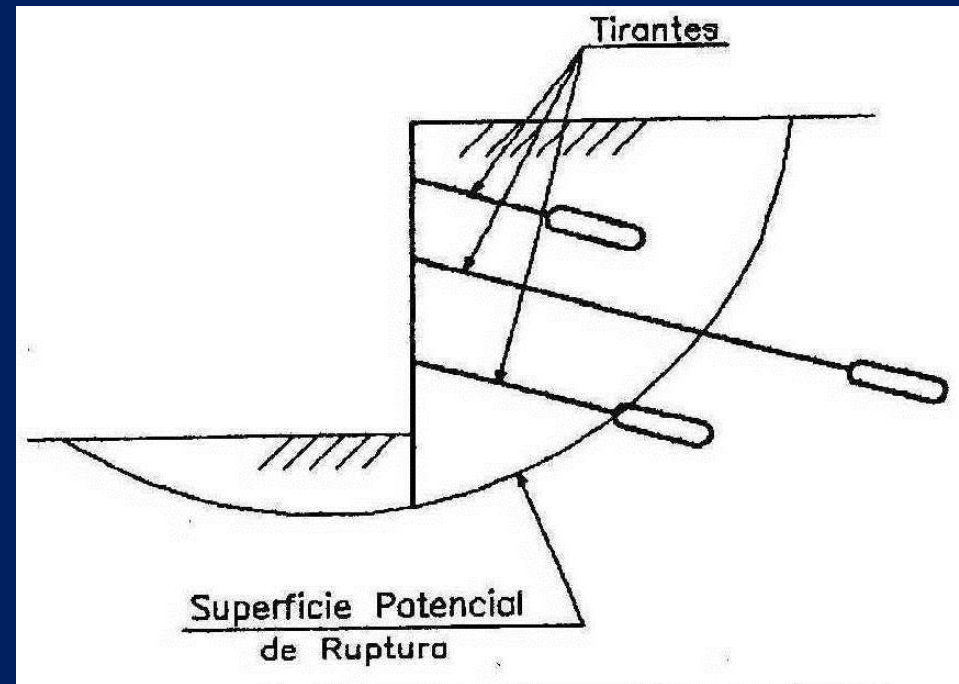
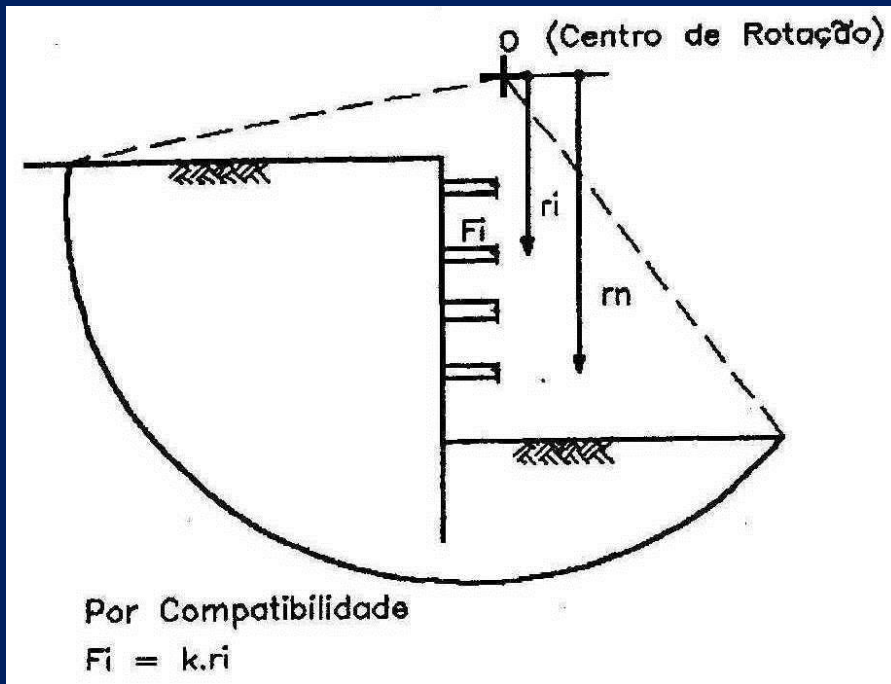
VERIFICAÇÕES ADICIONAIS



Estabilidade
Geral

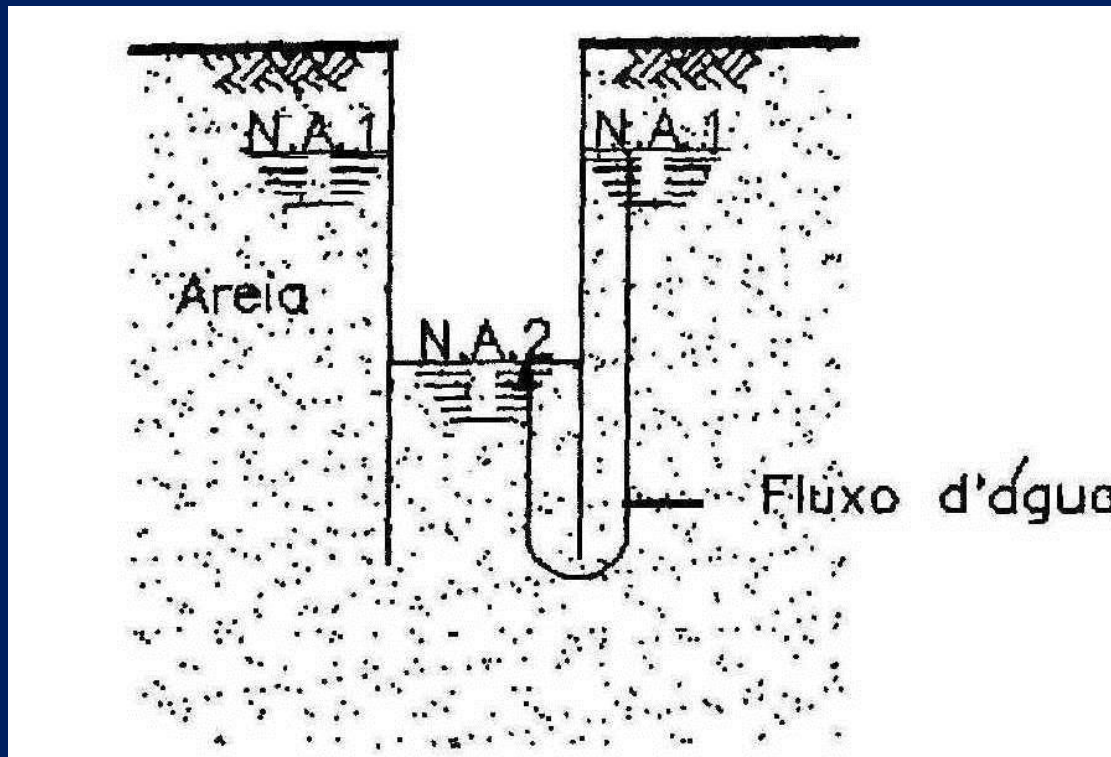
VERIFICAÇÕES ADICIONAIS

Estabilidade Geral



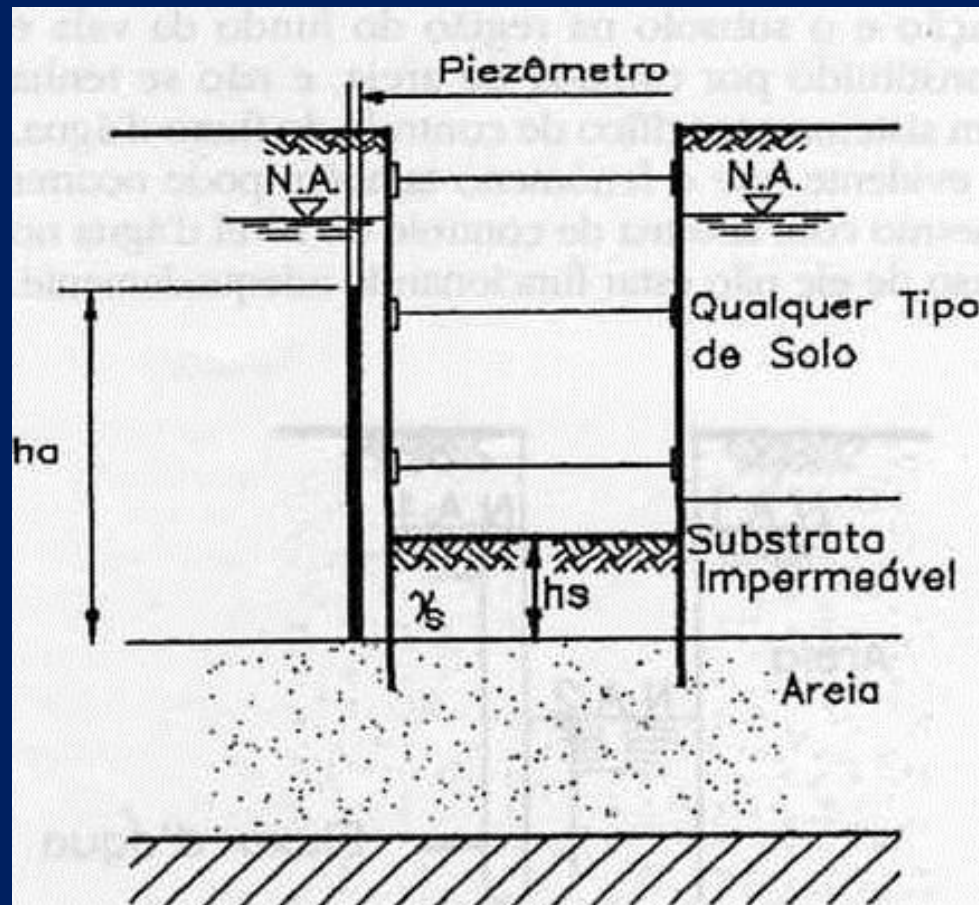
VERIFICAÇÕES ADICIONAIS

Estabilidade à Ruptura Hidráulica



VERIFICAÇÕES ADICIONAIS

Estabilidade ao “Blow”



Verificações

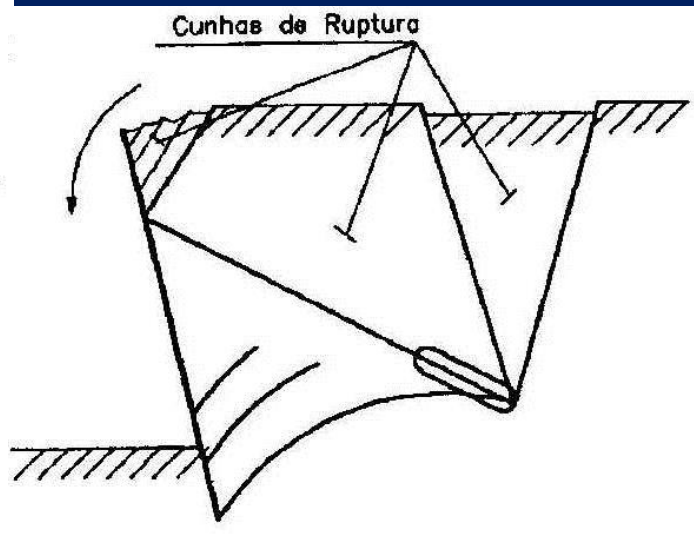
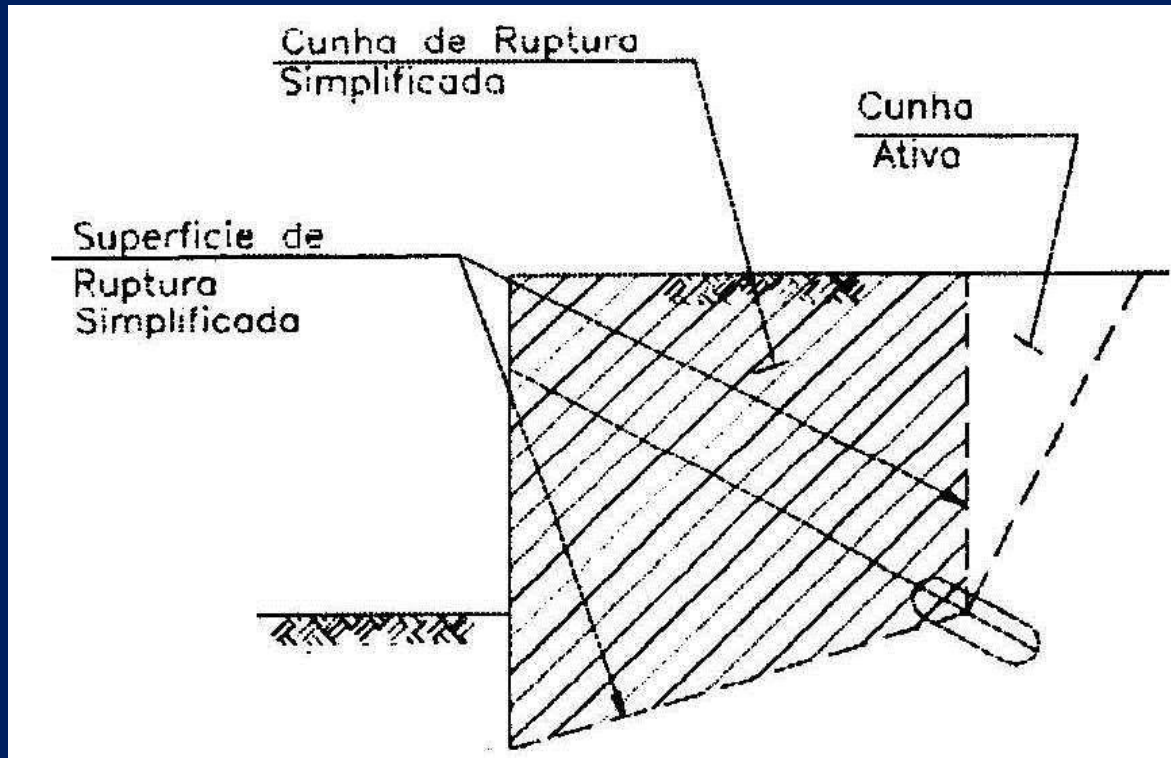
- Deslocamentos

- Efeito de “Faca” – empuxos em área de pequena largura

- Estabilidade Interna de Tirantes

VERIFICAÇÕES ADICIONAIS

Instabilidade devida à sollicitação excessiva do tirante



Dimensionamento

- **Parede de Contenção**
(Força Normal / Força Cortante / Flexão / Fundação)
- **Longarina** (Força Normal / Força Cortante / Flexão)
- **Estronca** (Flexo-compressão)
- **Tirantes** (Tração)

Tipos de Escavações e Escoramentos

Escavação sem escoramento:

a- Taludes

b- Muros de Arrimo

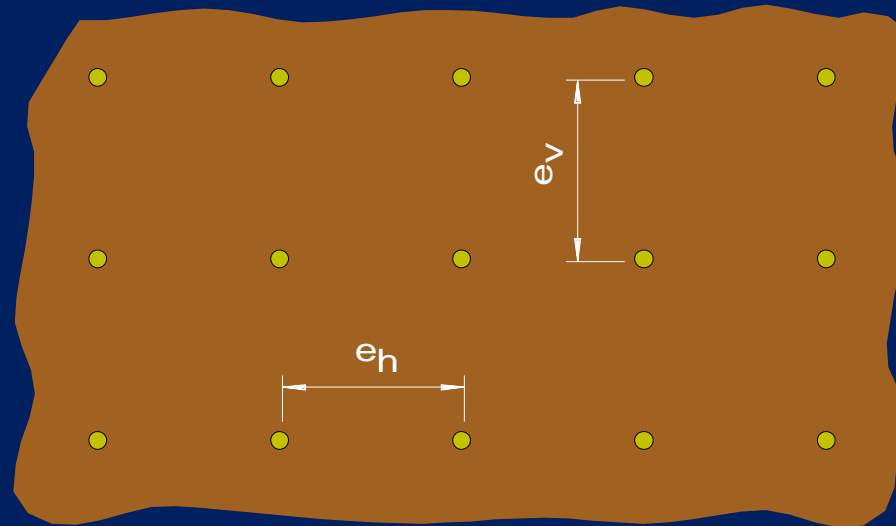
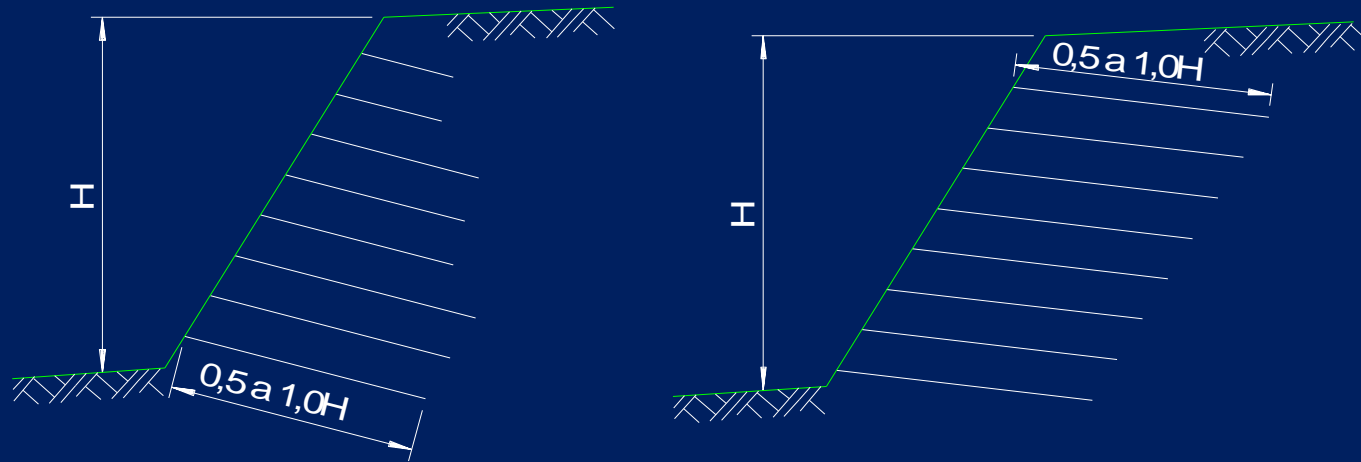
c- Paredes verticais



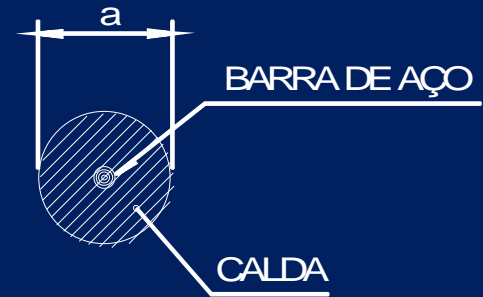
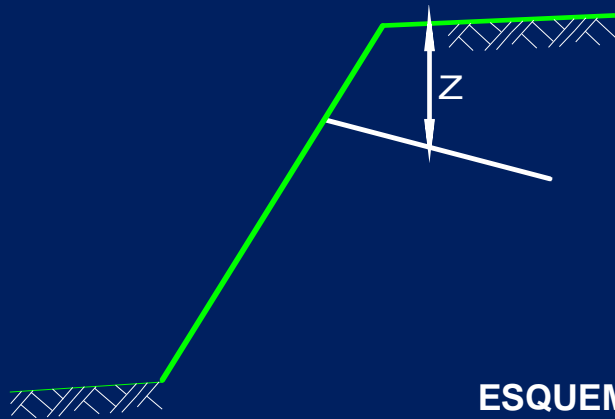




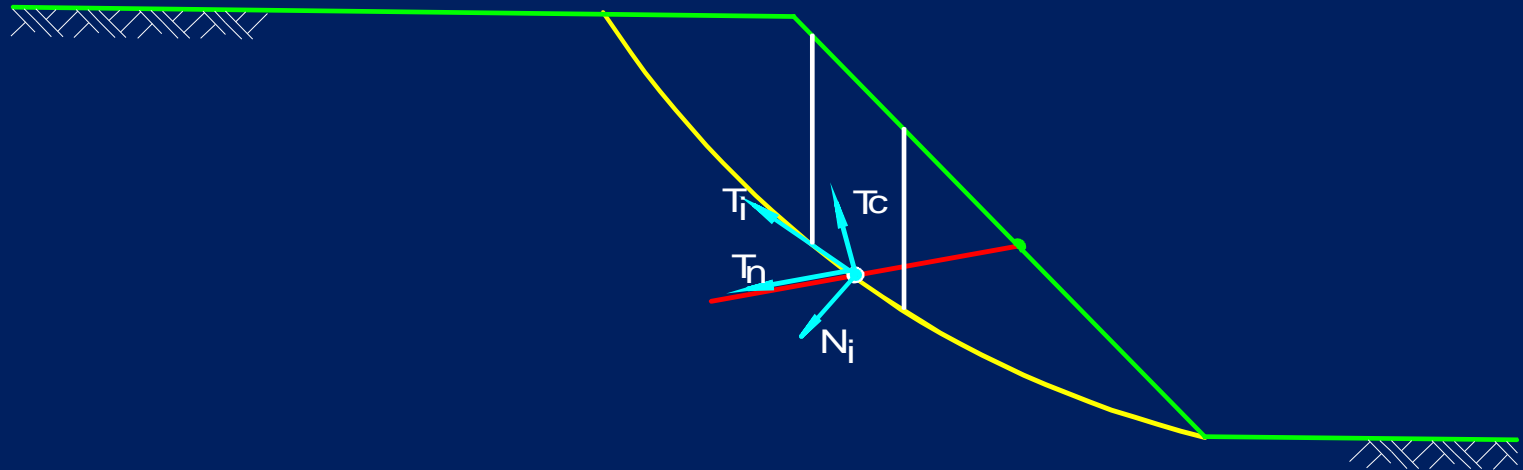




ESQUEMAS TÍPICOS DE TALUDES ESTABILIZADOS COM SOLO GRAMPEADO

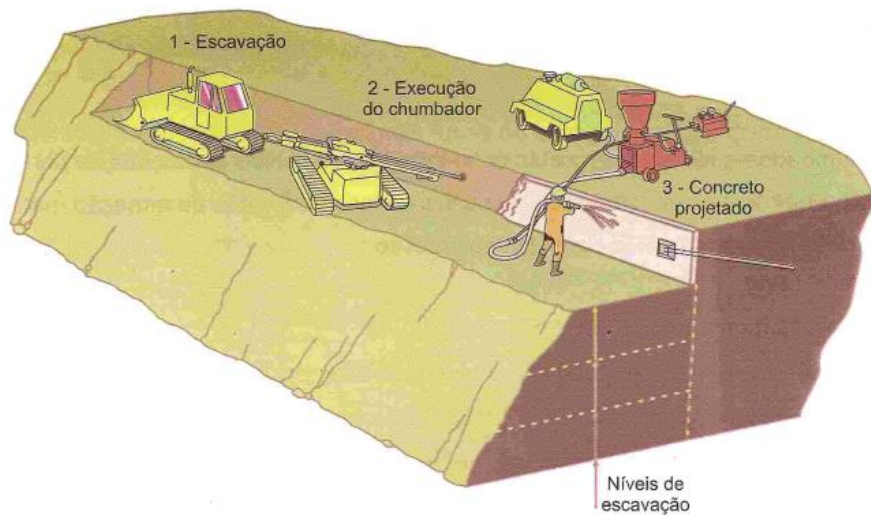


ESQUEMA DE UM GRAMPO

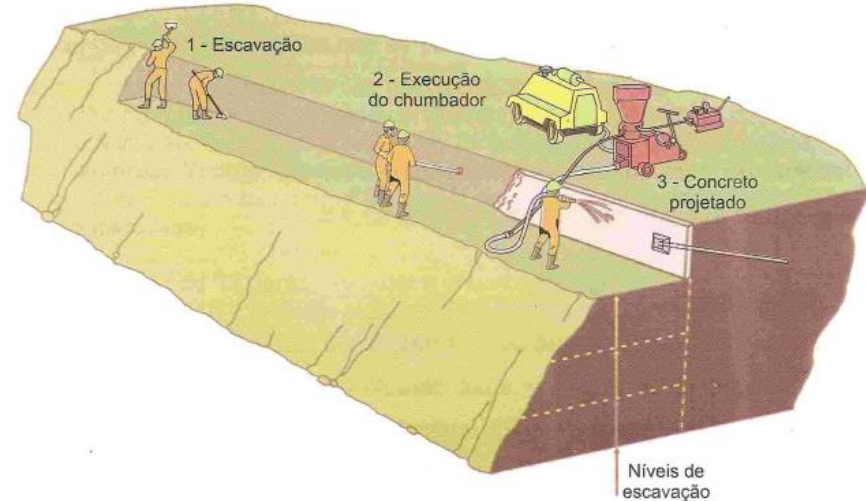


CONSIDERAÇÃO DO EFEITO DO GRAMPO NA ESTABILIDADE DO TALUDE

Sequência Executiva

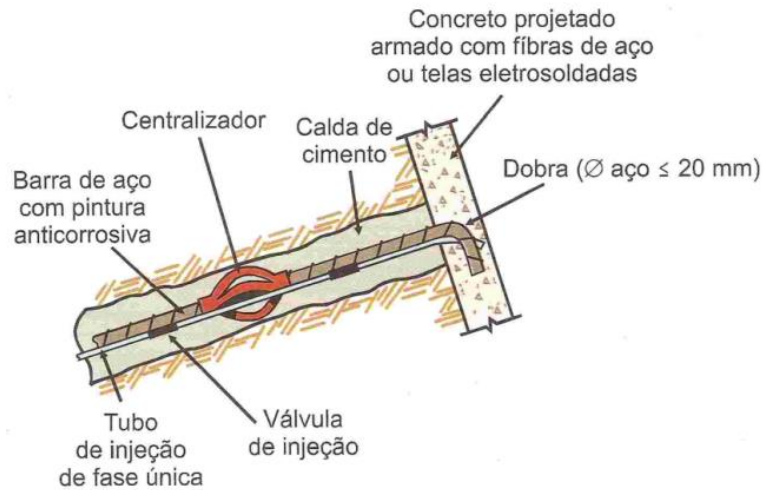


*Fases construtivas de solo grampeado em corte
com equipamentos pesados*



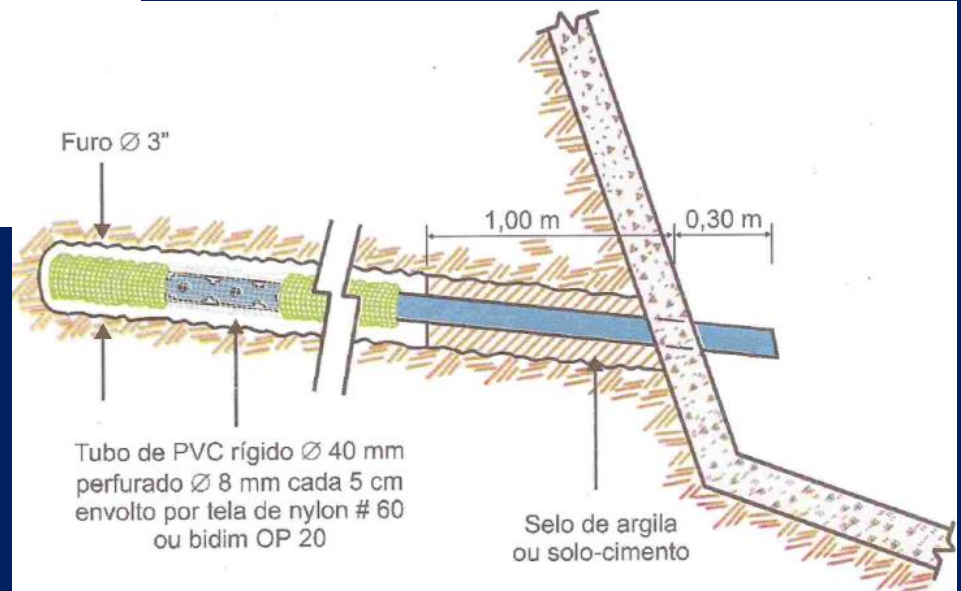
*Fases construtivas de solo grampeado em corte
com equipamentos manuais*

Fonte: SOLOTRAT

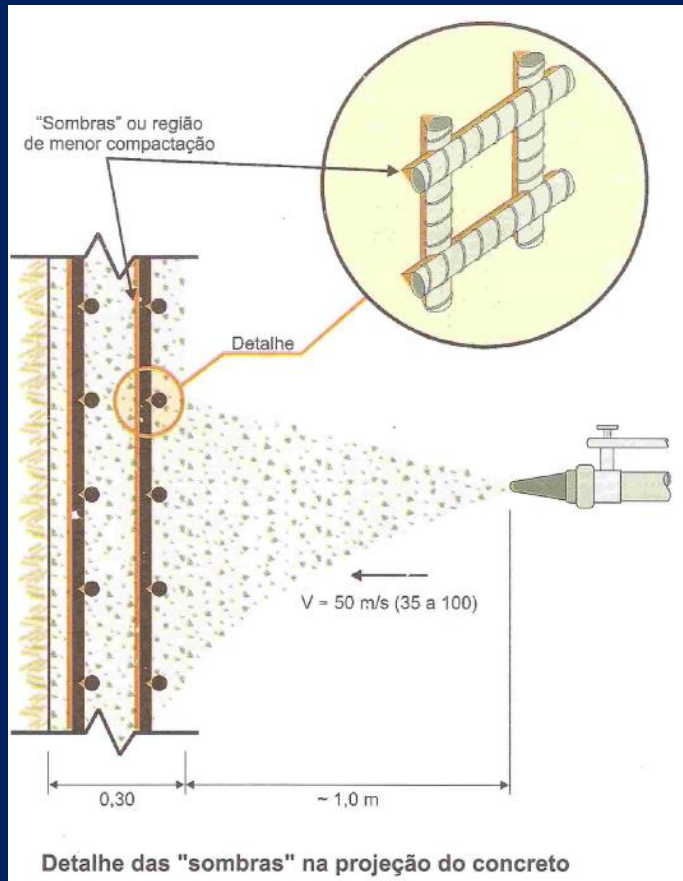


Partes constitutivas de um Chumbador

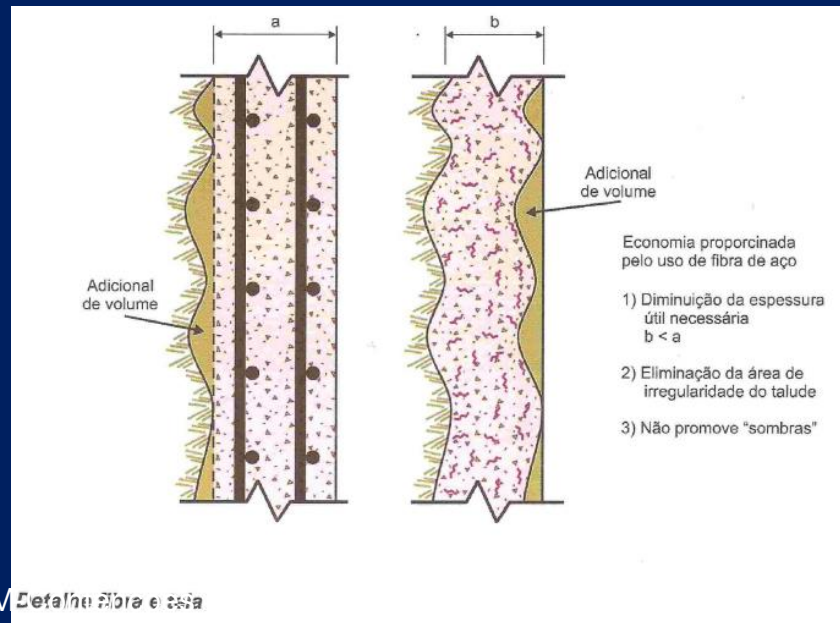
Fonte: SOLOTRAT

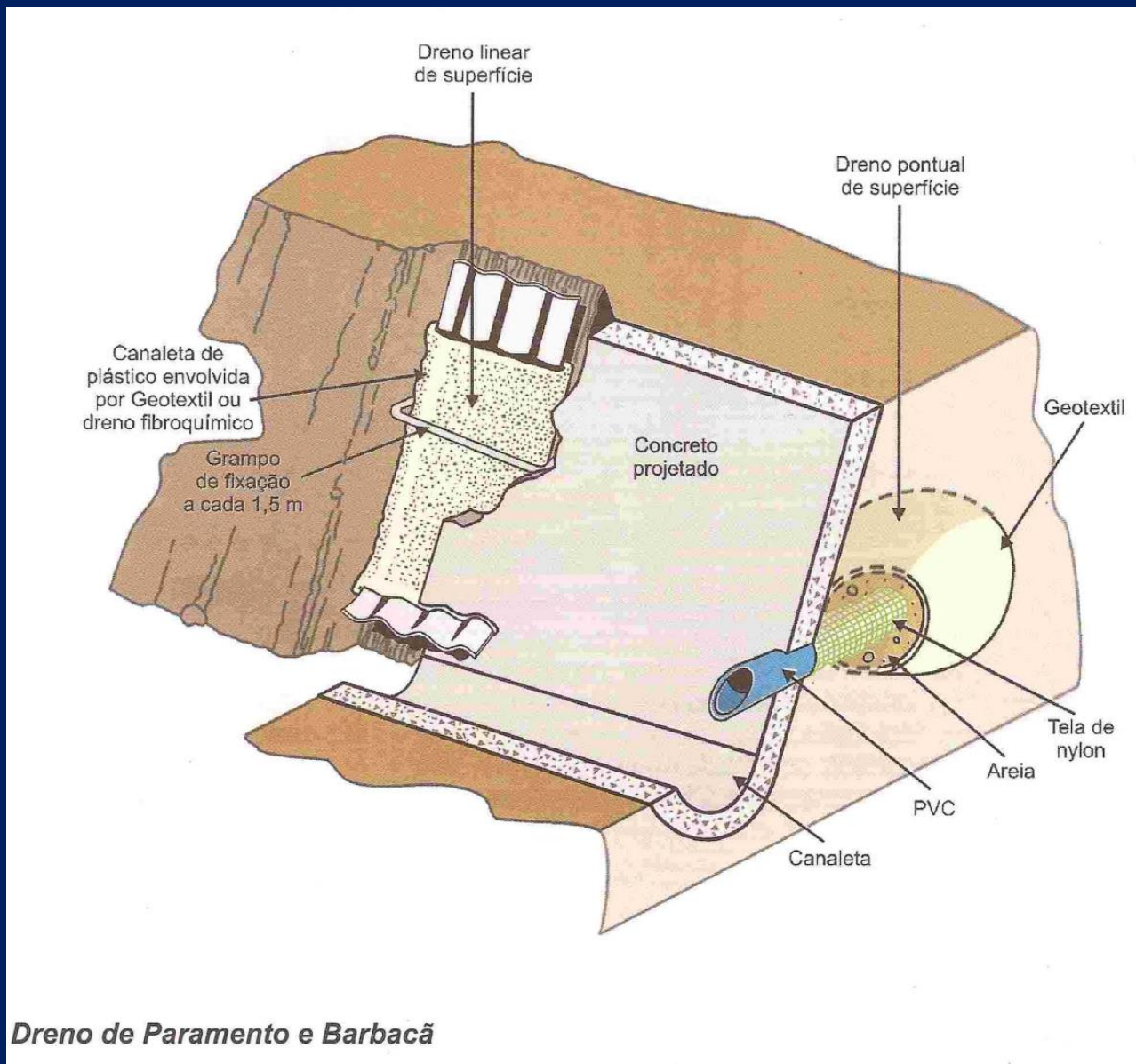


Dreno profundo - DHP



Fonte: SOLOTRAT

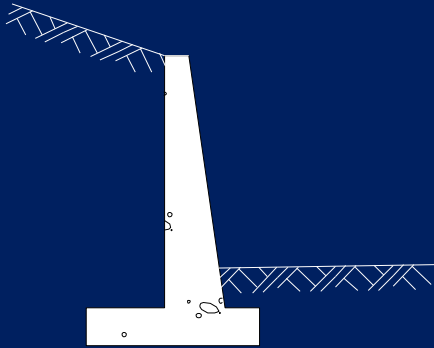




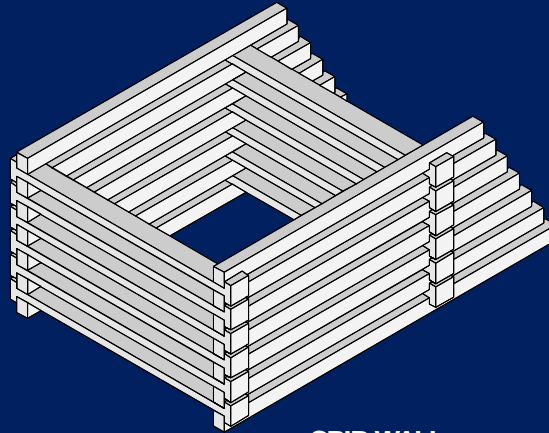
Dreno de Paramento e Barbacã

Fonte: SOLOTRAT

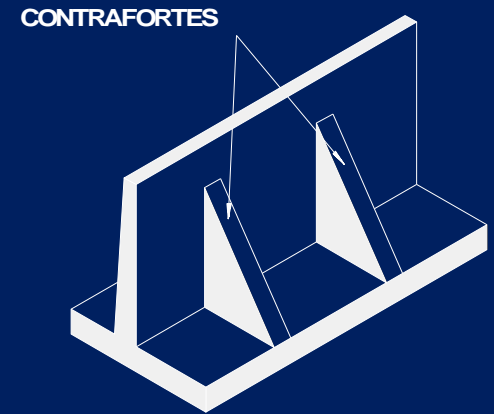
MUROS DE ARRIMO



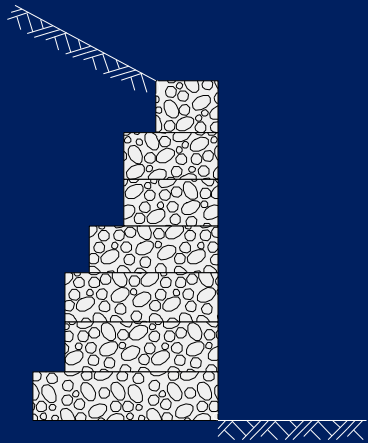
MUROS DE FLEXÃO



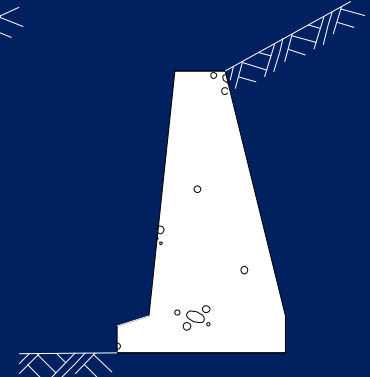
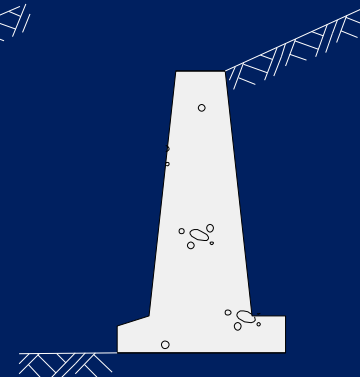
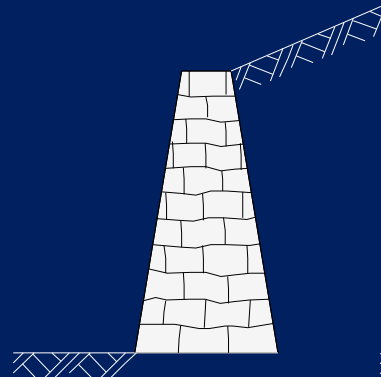
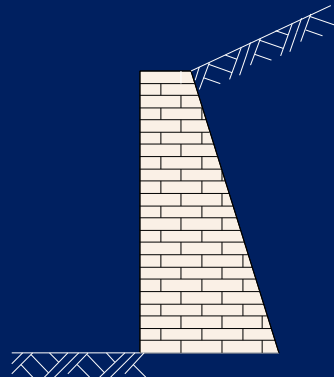
CRIB WALL



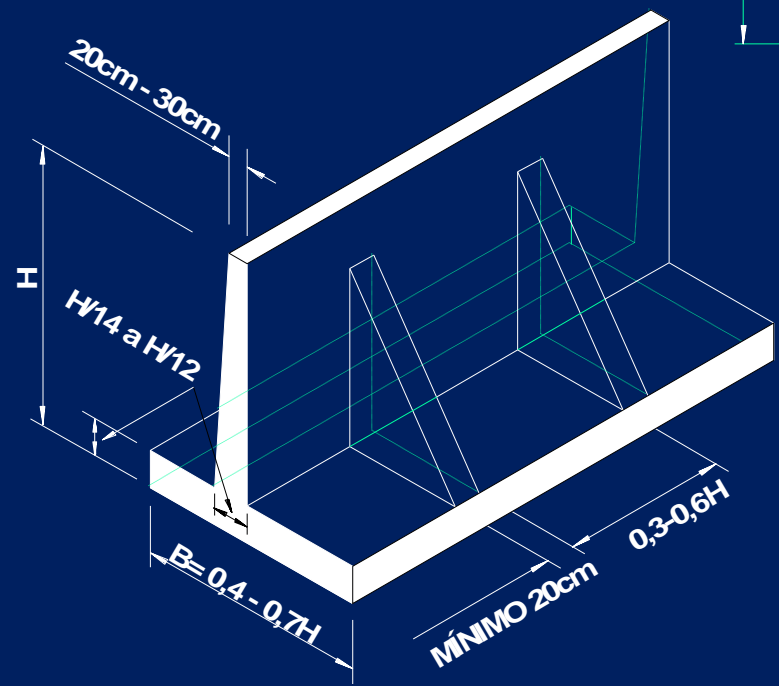
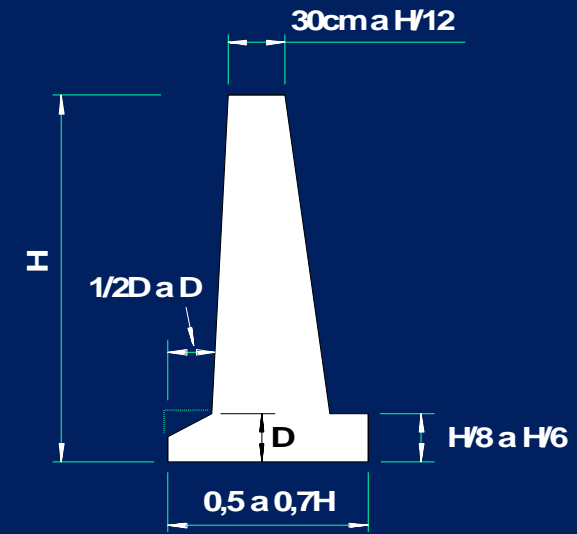
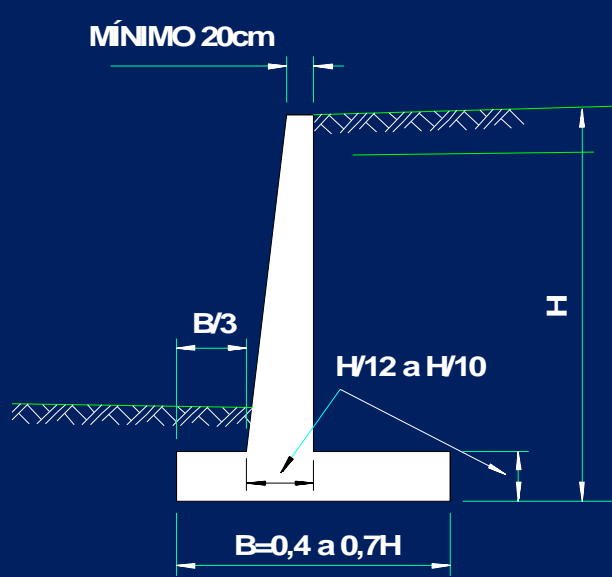
MUROS DE CONTRAFORTES



MUROS DE GABIÕES



MUROS DE GRAVIDADE



Apresentação de Vários Tipos de Escoramento

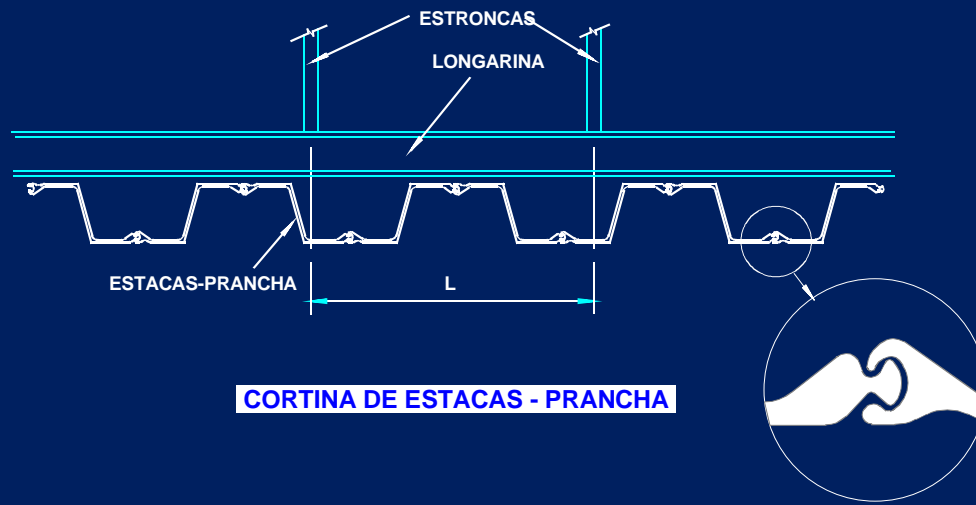
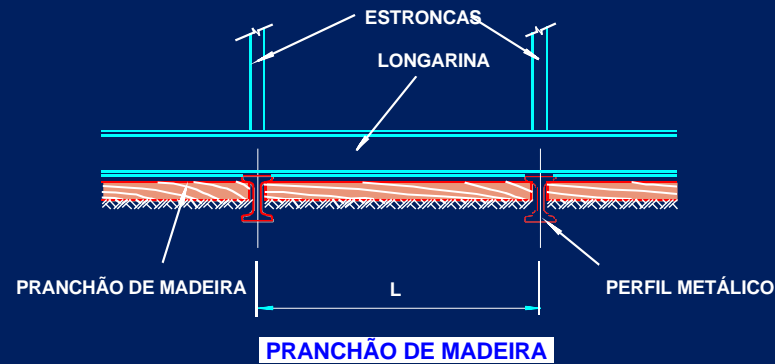
-Escoramento de Madeira



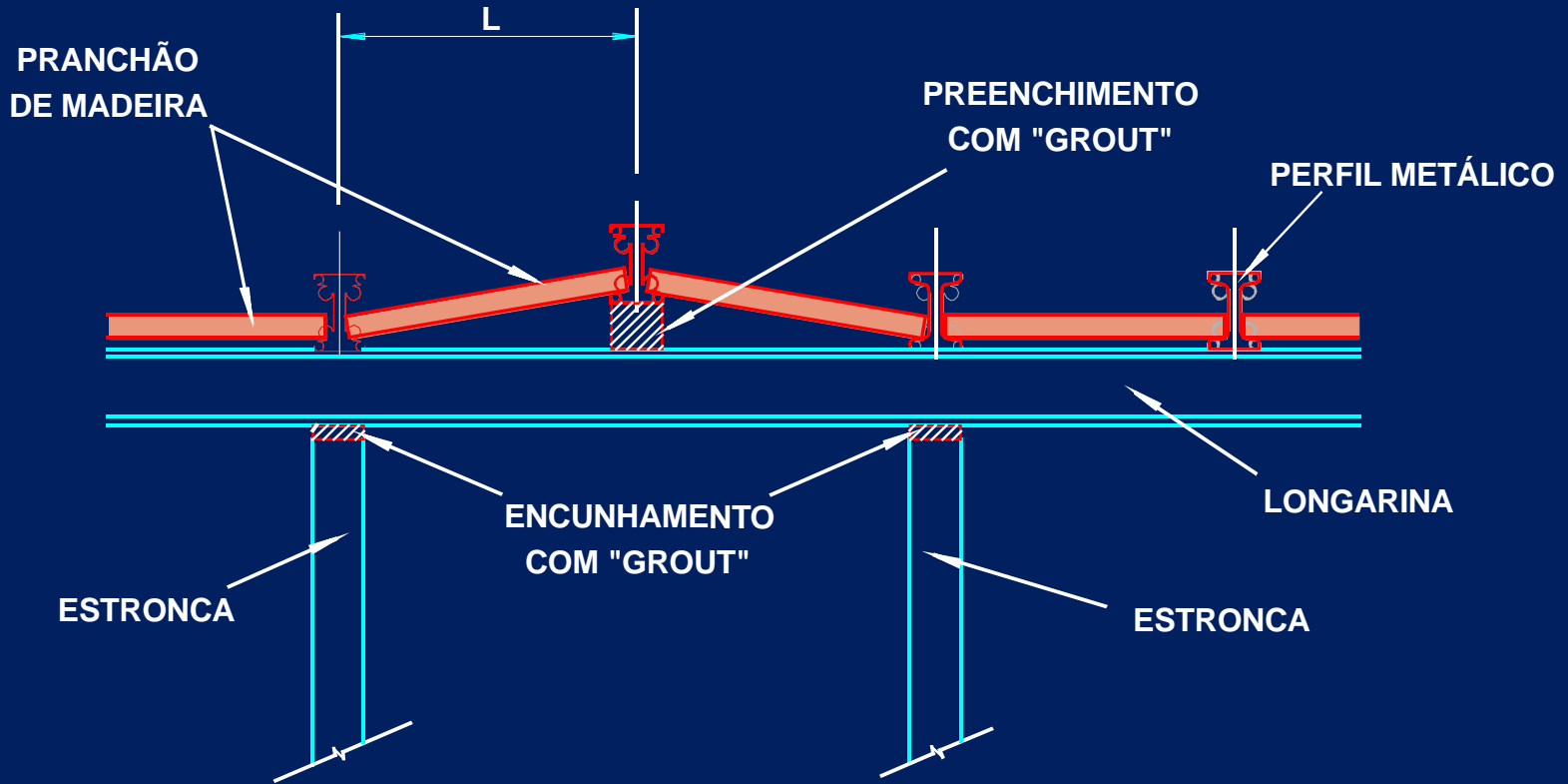
-Escoramento de Perfil Metálico e Pranchão de Madeira e Talude



-Execução de escoramento de Perfil Metálico e de estacas prancha



-Execução de escoramento de Perfil Metálico



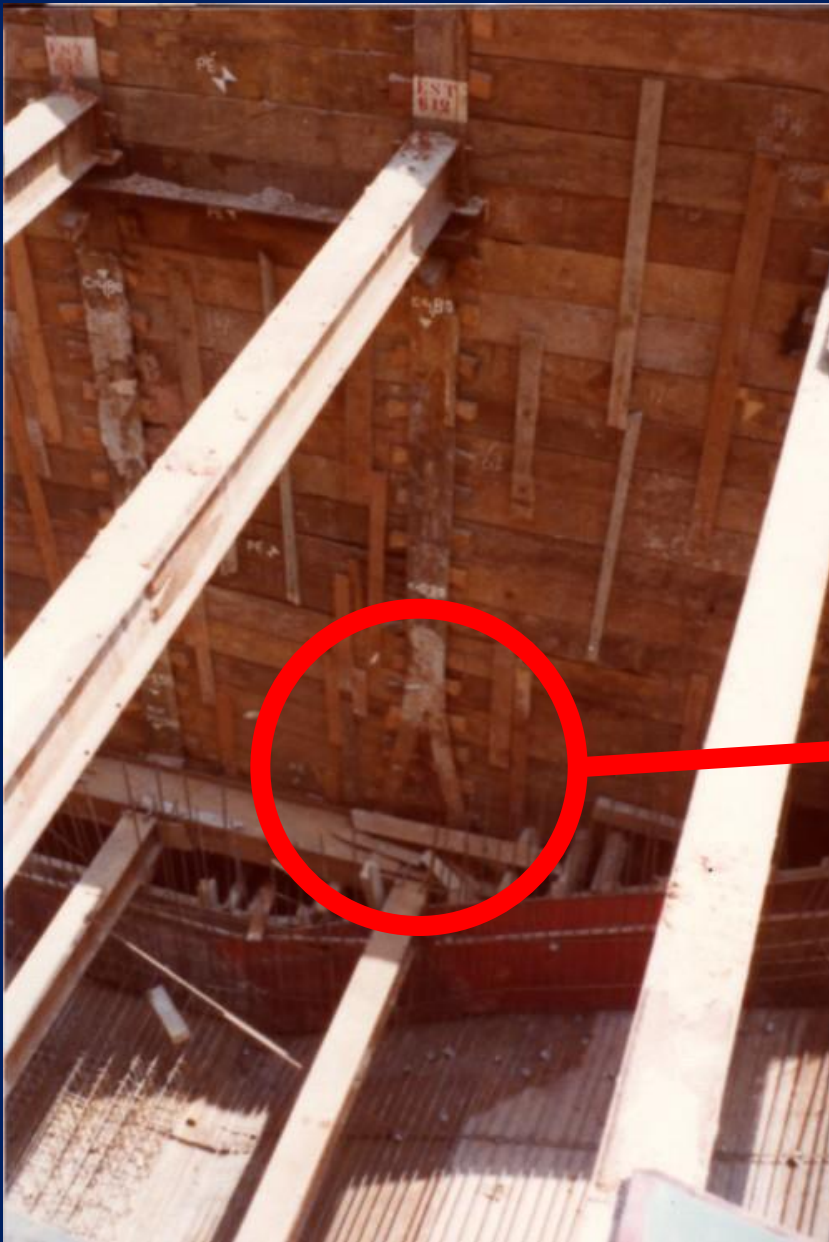
ESQUEMA DE LONGARINAS E ESTRONCAS

-Escoramento de Perfil Metálico e Pranchão de Madeira e Estroncas/Longarinas Metálicas





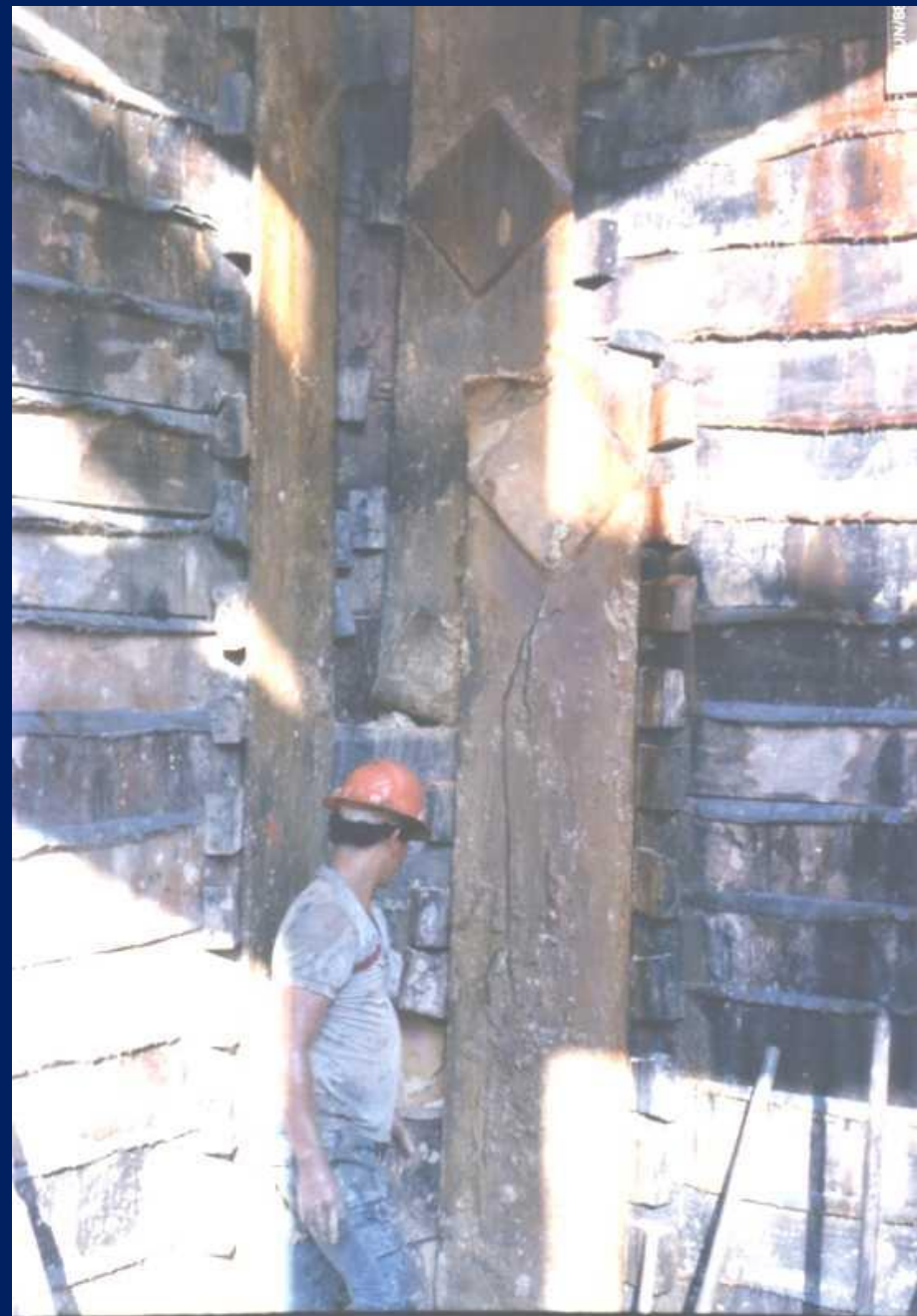


















-Escoramento de Perfil Metálico e Pranchão de Madeira e Estroncas/Longarinas Metálicas

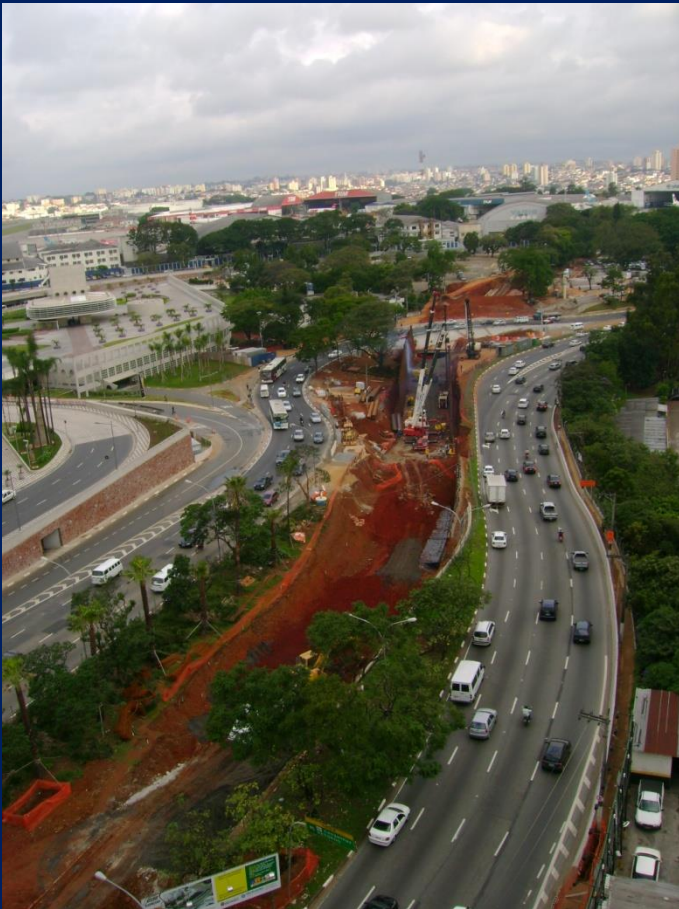




-Escoramento de Perfil Metálico e Pranchão de Madeira e Tirantes Provisórios



-Escoramento de Perfil Metálico e Pranchão de Madeira e Tirantes Provisórios



-Escoramento de Perfil Metálico e Pranchão de Madeira e Tirantes Provisórios



-Escoramento de Perfil Metálico e Pranchão de Concreto Pré-moldado e Tirantes Provisórios



- Cortina Atirantada com Tirantes Definitivos



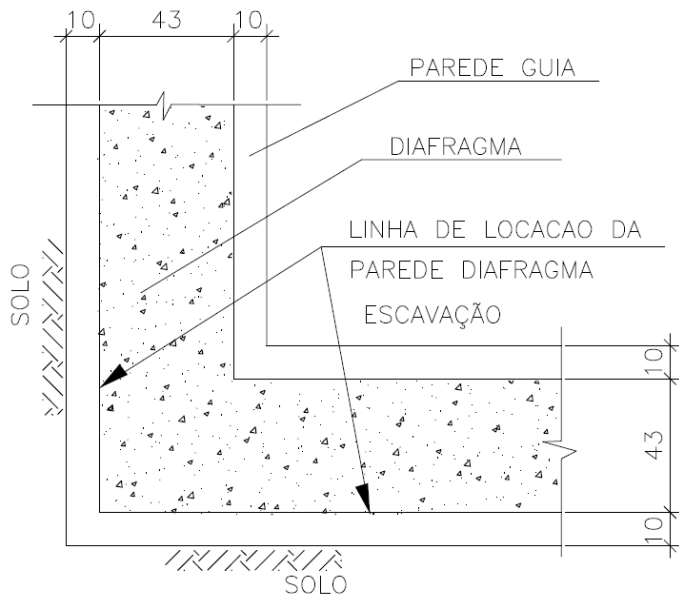
-Execução de Parede-Diafragma moldada “in loco”

DETALHE TÍPICO DE LOCAÇÃO

DA PAREDE DIAFRAGMA

ESC. 1:20

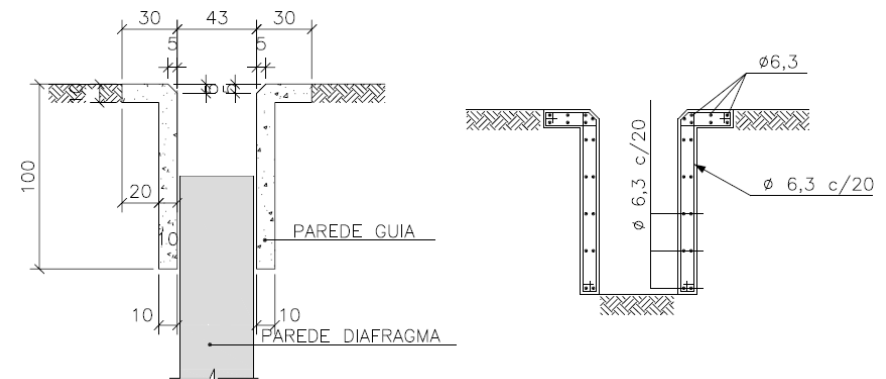
OBS: MEDIDAS EM
CENTÍMETRO



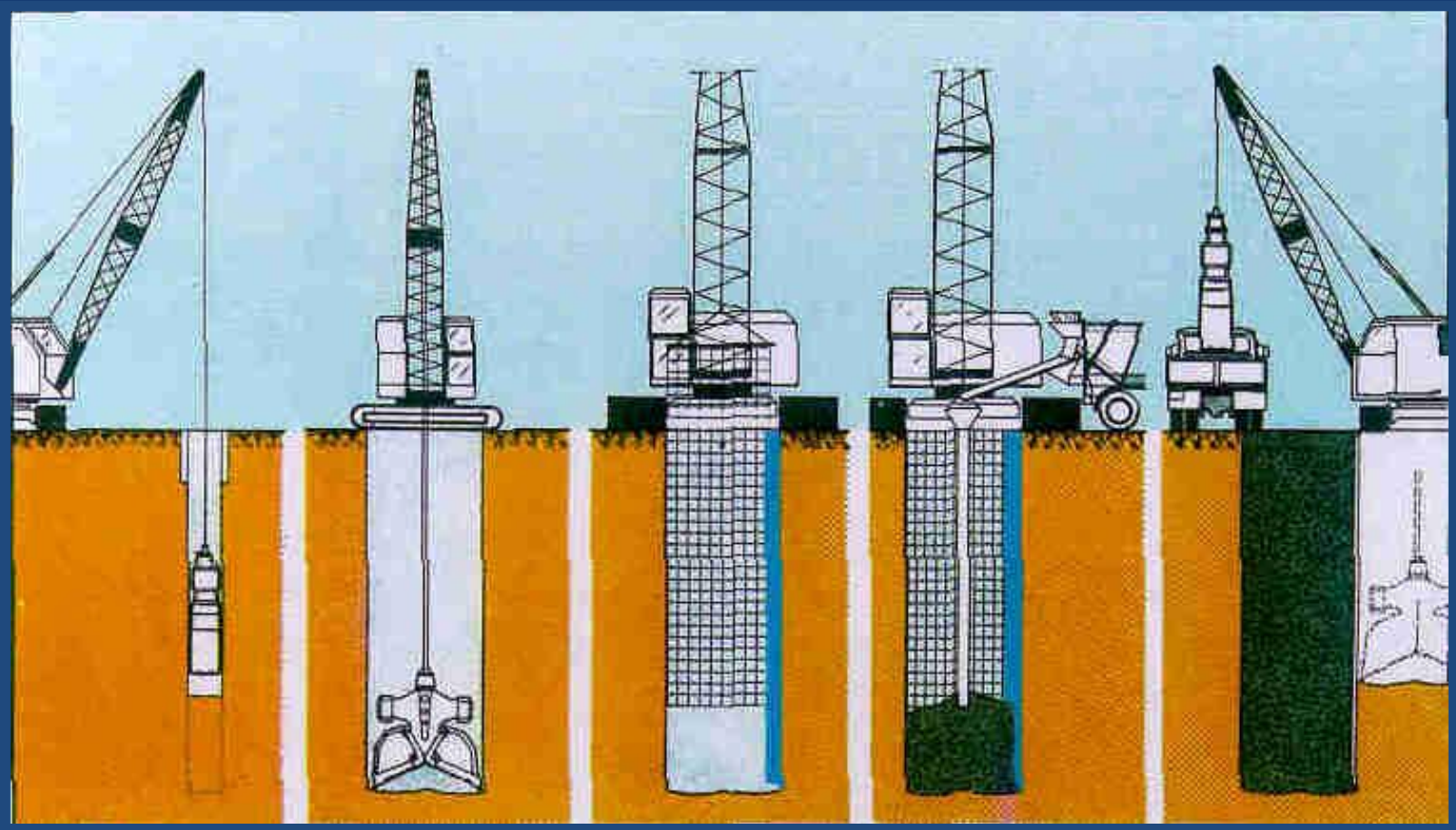
DETALHE TÍPICO DA PAREDE GUIA

S/ESC

OBS: MEDIDAS EM
CENTÍMETRO



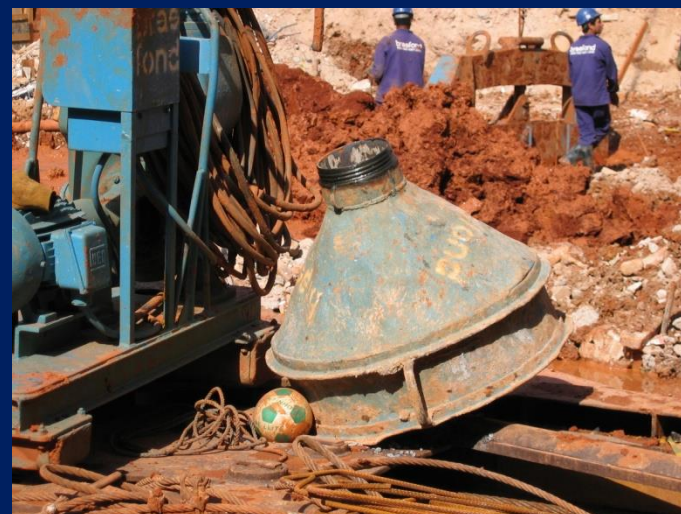
-Execução de Parede-Diafragma moldada “in loco”



-Execução de Parede-Diafragma



-Execução de Parede-Diafragma



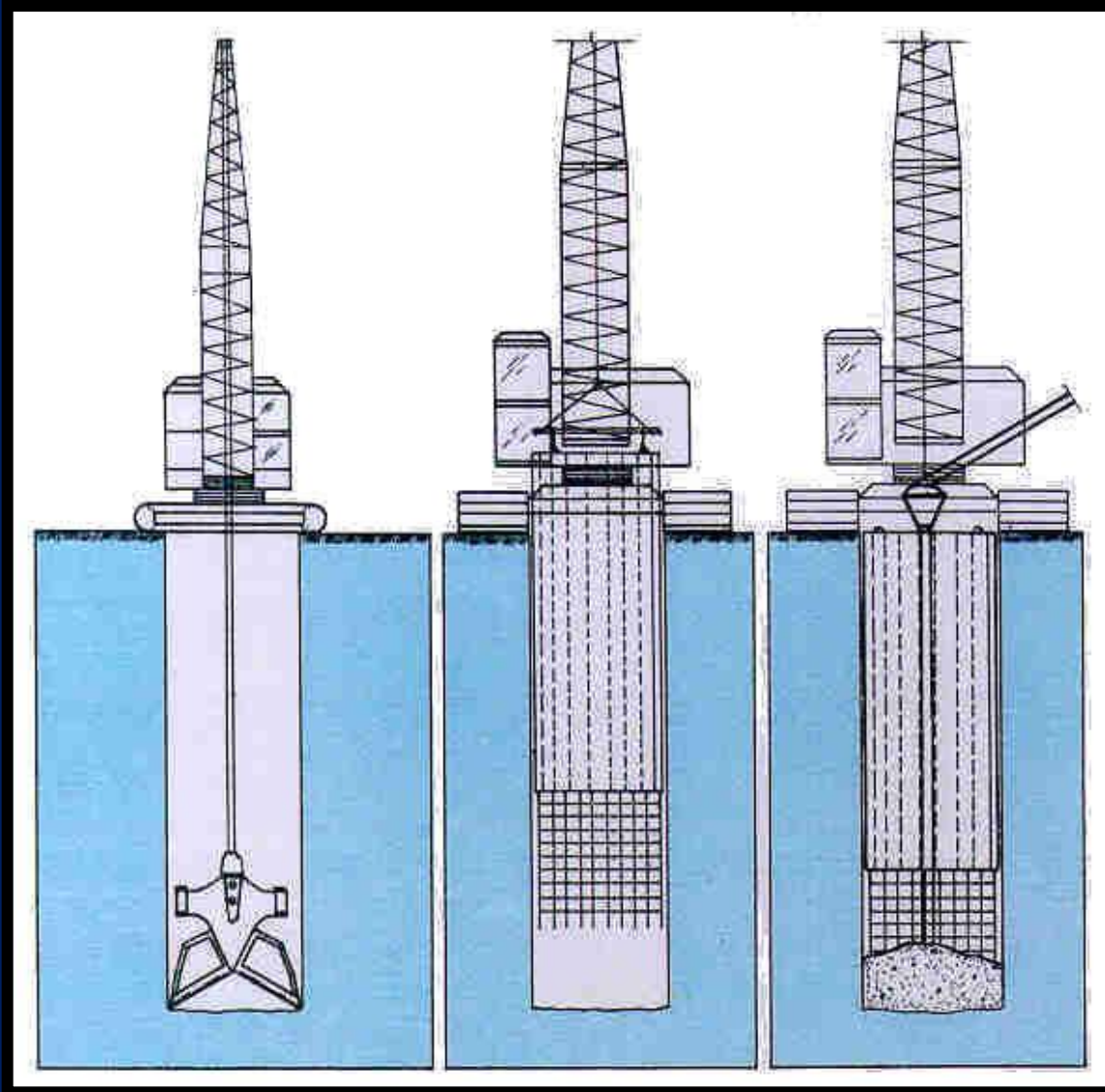
-Execução de Parede-Diafragma



-Escoramento de Parede-Diafragma moldada “in loco”



-Execução de Parede-Diafragma pré-moldada



-Execução de Parede-Diafragma pré-moldada



-Escoramento de Parede-Diafragma e Talude



-Escoramento de Parede-Diafragma e Estronca e Longarina Metálicas



-Escoramento de Parede-Diafragma e Tirantes Provisórios



-Escoramento de Tubulão e Arco de Concreto Projetado e Tirantes Definitivos



-Escoramento de Tubulão e Arco de Concreto Projetado



-Escoramento de Estação e Arco de Concreto Projetado



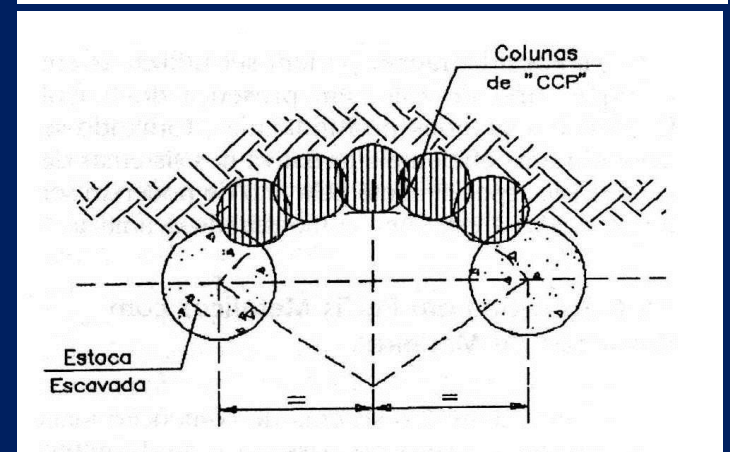
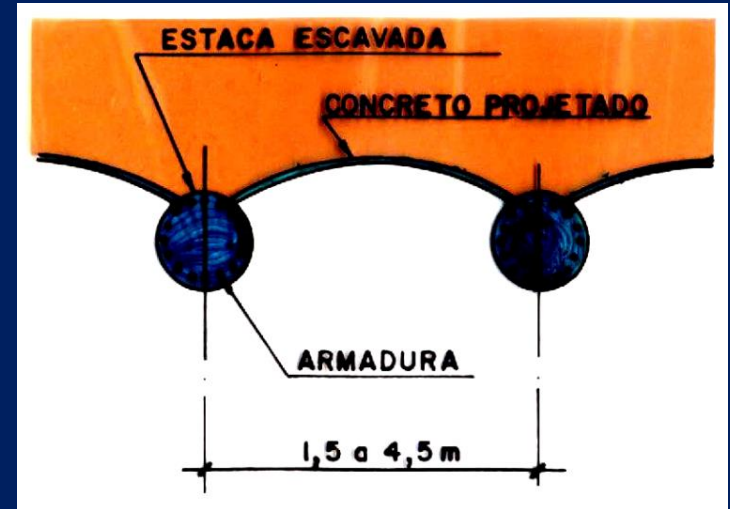
-Escoramento de Estaca Raiz e Arco de Concreto Projetado



-Escoramento de Estaca Raiz Justapostas



-Escoramento de Estaca Hélice-Contínua e Arco de Concreto Projetado



-Escoramento de Estaca Hélice-Contínua Secante com Tirante Provisório



-Escoramento de Estaca Hélice-Contínua Secante com Tirante Provisório



-Escoramento de Estaca Prancha-Metálica



-Escoramento de Estaca Prancha-Metálica



-Escoramento de Estaca Prancha-Metálica



- Poços com tela metálica e concreto projetado



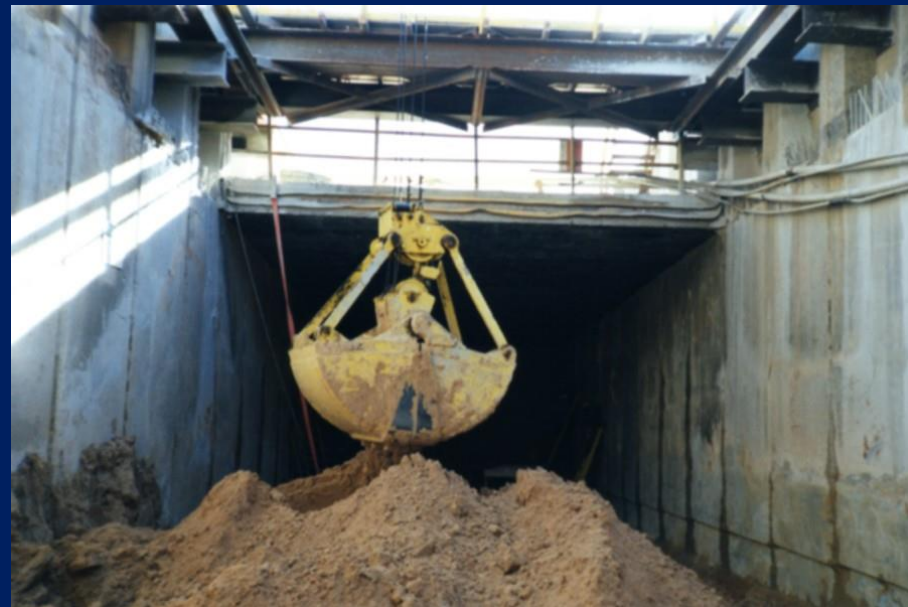
-Método Construtivo: Direto



-Método Construtivo: Invertido



-Método Construtivo: Invertido



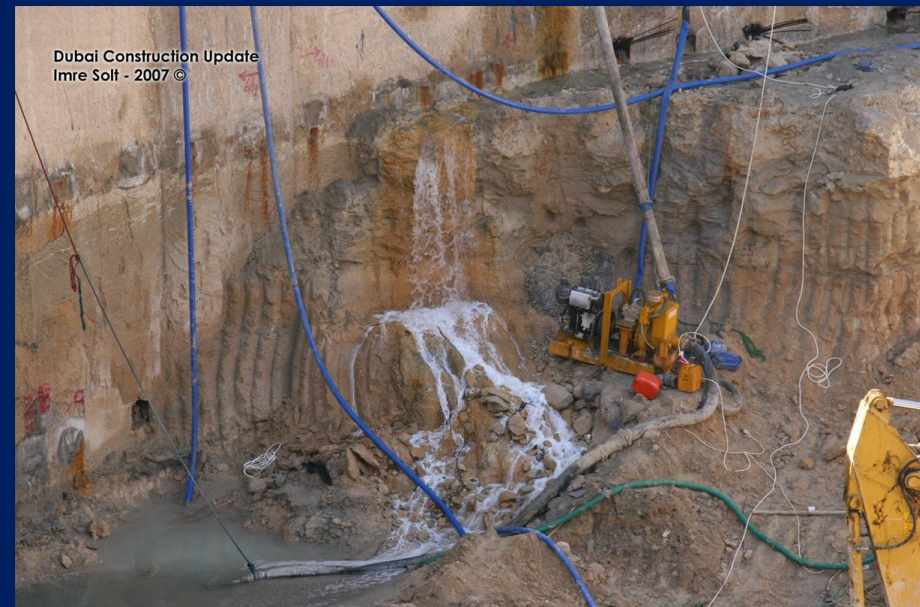
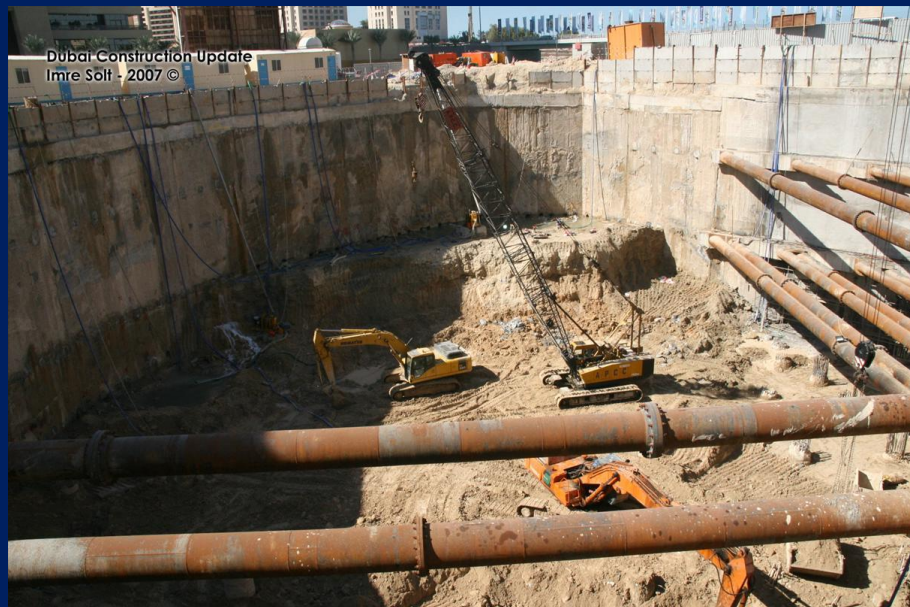
Comentários Finais



Comentários Finais



Comentários Finais



Comentários Finais

