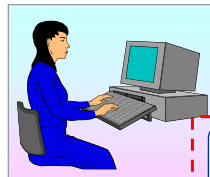
☆ Principais tipos de estruturas de contenção:

	Utilização indicada
Muros de gravidade (não armados - peso próprio anula tracções)	Materiais que não resistem a tracções
Muros de betão armado em consola (com ou sem ancoragem)	Muros com H < 6m
Muros de betão armado c/ contrafortes (em geral não ancorados)	Muros com H > 6m
Muros tipo Berlim (painéis de betão armado ou madeira, em geral ancorados ou escorados, com função resistente)	Acima do **NF** em zonas urbanas (ex: caves)
Paredes moldadas em betão armado (em geral ancoradas ou escoradas, com função resistente e impermeabilizante)	Abaixo do **NF** em zonas urbanas (ex: caves)
Cortinas de estacas tangentes ou secantes (alternativa a paredes moldadas em terrenos pedregosos)	Abaixo do **NF** em zonas urbanas (ex: caves)
Muros de gabiões (muro de gravidade constituído por cestos, em rede metálica, preenchidos com seixo ou pedra britada)	Quando o pré-esforço não seja importante
Muros de terra armada (ele. de betão armado, ancorados através de armaduras de aço galvanizado ou alumínio)	Sol. flexível e ligeira – exige bom aterro tardoz
Cortinas de estacas prancha - perfis metálicos cravados (em geral ancoradas / escoradas ou encastradas)	Obras provisórias (com reutilização de perfis)
Cortinas de colunas de jet grouting (com ou sem armaduras - perfis)	Solos arenosos

Projecto: Interfaces (i)

Fase Pré-Obra



Avaliação do cenário (condicionamentos: geologia, condições de vizinhança, etc.)

- Concepção
- Projecto

\+ Plano de Instrumentação e Observação

Fase Obra

Obra

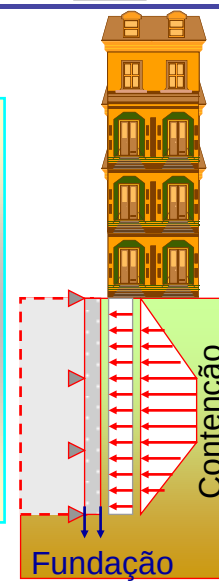
Observação do comportamento

Retroanálise do Projecto

Projecto: Interfaces (ii)

Cortinas de contenção: principais funções

- Resistência
- Deformabilidade
  - Elemento de contenção
  - Elemento de fundação e recalce
- Estanqueidade



Projecto: Interfaces (iii)

Critérios de dimensionamento

- Resistência: estados limites últimos
- Deformabilidade: estados limites de utilização

Aspectos de execução

- Gerais
- Permeabilidade
- Rendimento
- Verticalidade

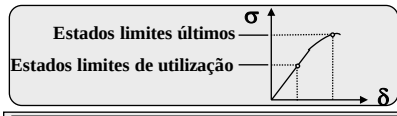
☆ Verificação da segurança:

Estados limites últimos

- Rotura da fundação (ver fundações superficiais e profundas)
- Flexão, corte e/ou punçoamento (ele. de betão armado ou metálicos)

Estados limites de utilização

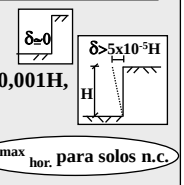
- Derrubamento ($FS=\Sigma M^{estab}/\Sigma M^{instab}$), FS (**) = 2,0 (solos coerentes) 1,5 (solos incoerentes)
- Deslizamento ($FS=[\Sigma F^{vert} x \tan\delta]/\Sigma F^{horiz}$), FS (**) = 1,5
- Deformabilidade do coroamento



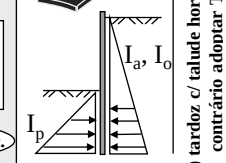
(**) - situações temporárias ou acção sísmica dividir por 1,4

Impulsos - Teoria de Rankine (despreza atrito parede-solo)

- **Impulso em repouso: $k_o = [1-\sin(\phi)]$ (*), $\delta^{max}_{horiz.} < 5x10^{-4} H$ estrutura não se deforma**
- **Impulso activo: $k_a = [1-\sin(\phi)]/[1+\sin(\phi)]$ (*), $\delta^{max}_{horizontal} > 0{,}001H$, estrutura impulsionada pelo terreno**
- **Impulso passivo: $k_p = [1+\sin(\phi)]/[1-\sin(\phi)]$ (*), estrutura impulsiona terreno**



$\delta^{max}_{hor.}$ para solos n.c.

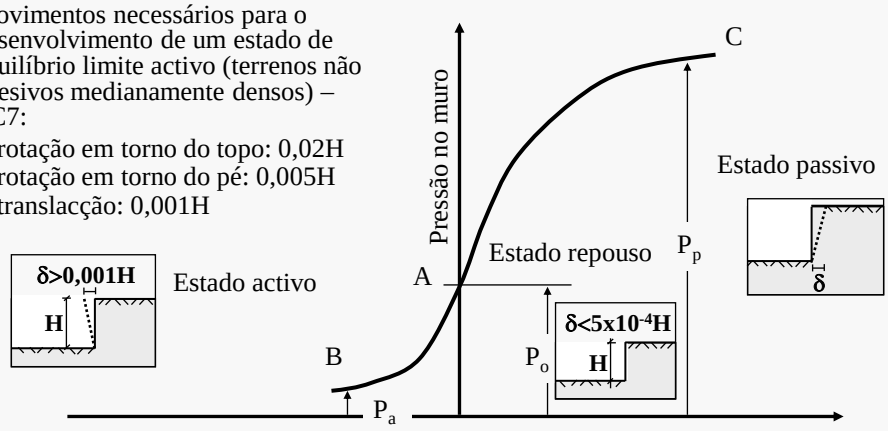


(*) tardoz *c/* talude horiz., caso contrário adoptar Teoria M-B

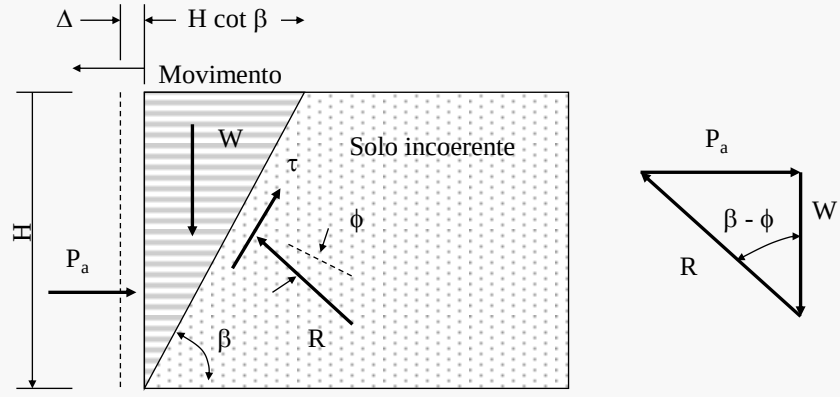
☆ Relação entre os impulsos e o movimento do muro (I)

Movimentos necessários para o desenvolvimento de um estado de equilíbrio limite activo (terrenos não coesivos medianamente densos) – EC7:

- rotação em torno do topo: 0,02H
- rotação em torno do pé: 0,005H
- translacção: 0,001H



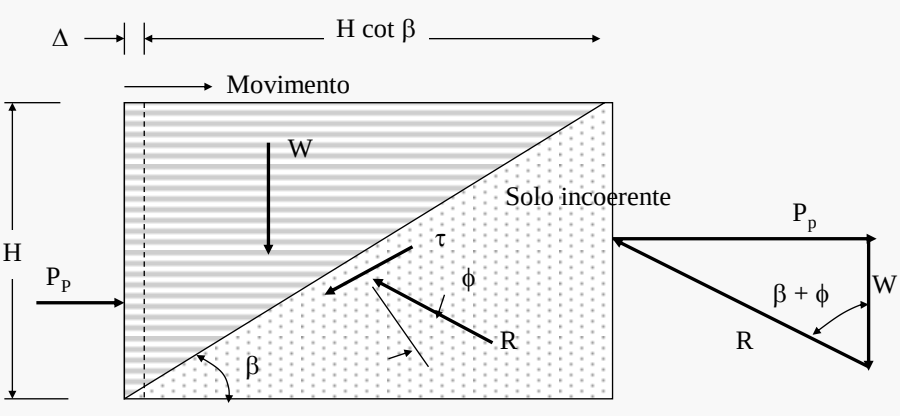
☆ Relação entre os impulsos e o movimento do muro (II)



Movimento do muro na direcção da escavação para solos incoerentes

Estado activo

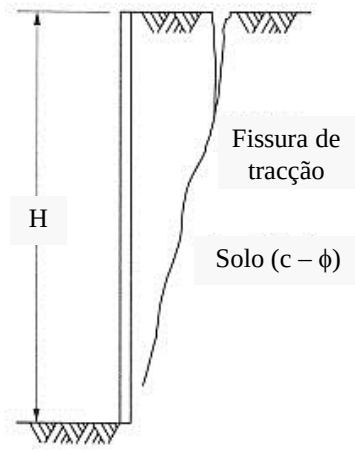
☆ Relação entre os impulsos e o movimento do muro (III)

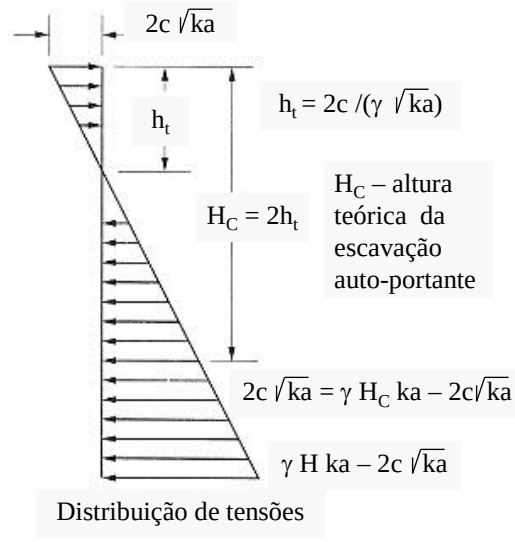


Movimento do muro na direcção do terreno para solos incoerentes

Estado passivo

☆ Impulsos em solos com coesão e atrito



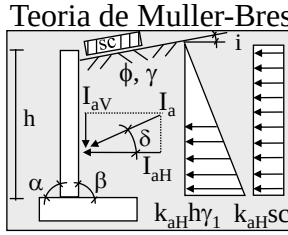


Distribuição de tensões

☆ Impulsos:

Teoria de Rankine (impulsos estáticos, despreza atrito parede-solo)

Teoria de Muller-Breslau (M-B) (impulsos estáticos, contabiliza atrito parede-solo: δ)



$$k_a = \left[\frac{\operatorname{cosec}(\beta)\,\sin(\beta-\phi)}{\sqrt{\sin(\beta+\delta)} + \sqrt{\dfrac{\sin(\phi+\delta)\,\sin(\phi-i)}{\sin(\beta-i)}}} \right]^2$$

c/: $\operatorname{cosec}(\beta) = 1/\sin(\beta)$

$k_{aH} = k_a \sin(\beta+\delta)$ $\quad I_{aH} = 0{,}5\, k_{aH}\, \gamma\, h^2$ $\quad I_{scH} = k_{aH}\, h\, sc$

$k_{aV} = k_{aH}\,[1 / \operatorname{tg}(\beta+\delta)]$ $\quad I_{aV} = 0{,}5\, k_{aV}\, \gamma\, h^2$ $\quad I_{scV} = k_{aV}\, h\, sc$

Teoria de Mononobe - Okabe **(impulsos dinâmicos - sismo, a partir da Teoria de M-B)**

$\beta^{máx} = 0{,}16\,\alpha$, coef. sísmico (Artº 31.2 REBAP)

α, coef. de sismicidade (Artº 29.2 REBAP)

Parâmetros sísmicos (c_h, c_v): $c_h = \beta$ e $c_v = [c_h/3]$

imposição da rotação θ: $k'_a = k_a$, com $\beta' = \beta+\theta$ e $i' = i+\theta$ **(diagrama de impulsos triângular invertido)**

$\theta^{sup} = \operatorname{arctg}[c_h/(1-c_v)]$ acel. baixo p/ cima: $-c_v$

$k_s^{sup} = [(1-c_v)\sin^2(\beta+\theta)/\cos(\theta)\sin^2(\beta)]\, k'_a$

$\Delta k_{sH}^{sup} = (k_{sH}^{sup} - k_{aH})$

$\Delta k_{sV}^{sup} = (k_{sV}^{sup} - k_{aV})$

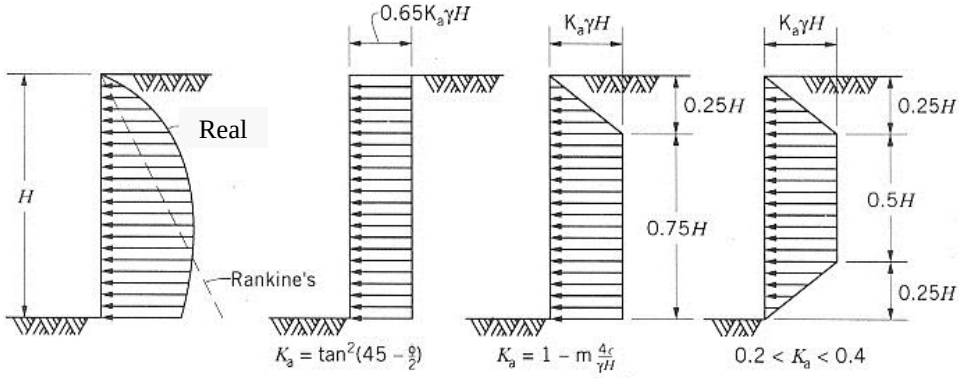
$\theta^{inf} = \operatorname{arctg}[c_h/(1+c_v)]$ acel. cima / baixo: $+c_v$

$k_s^{inf} = [(1+c_v)\sin^2(\beta+\theta)/\cos(\theta)\sin^2(\beta)]\, k'_a$

$\Delta k_{sH}^{inf} = (k_{sH}^{inf} - k_{aH})$

$\Delta k_{sV}^{inf} = (k_{sV}^{inf} + k_{aV})$

☆ Impulsos "equivalentes" em paredes escoradas (Terzaghi)



Situação real (obtida experimentalmente)	Solos incoerentes	Solos coerentes duros e moles	Solos coerentes rijos e fissurados

☆ Impulsos em função das condições de vizinhança da escavação:

Impulsos - Manual Canadiano de Fundações

Tipo de impulso em função da distância da edificação ao muro

d

h

z

$\sigma_z = k(\gamma z + sc)$

coef. de impulso k:

$k = k_a$ - se forem tolerados deslocamentos

$k = [k_a + k_o]/2$, **se 0,5h < d < h**

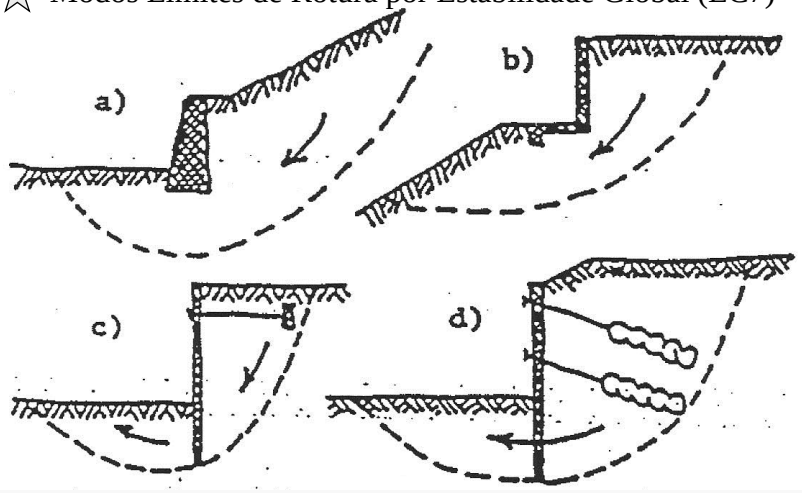
$k = k_o$ **, se d < 0,5h**

z'

FS = | **1,5 - sit. provisórias**
3,0 - sit. definitivas

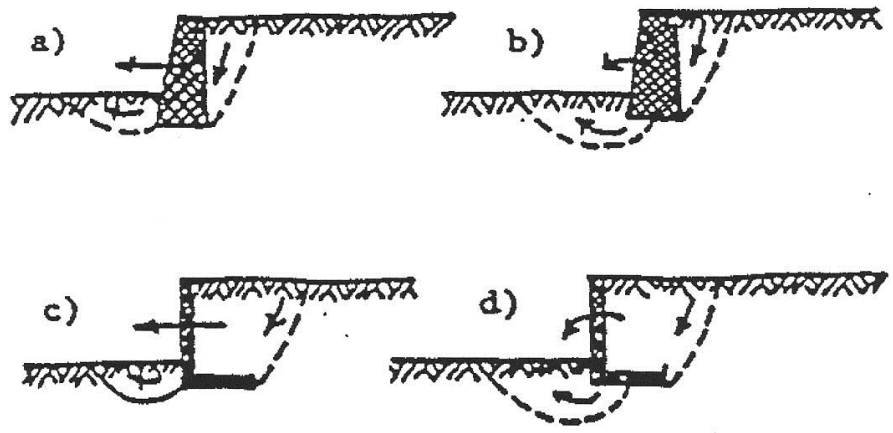
$I_p = [k_p/FS]\,\gamma\, z'$ $I = k\,\gamma\, z$

☆ Modos Limites de Rotura por Estabilidade Global (EC7)



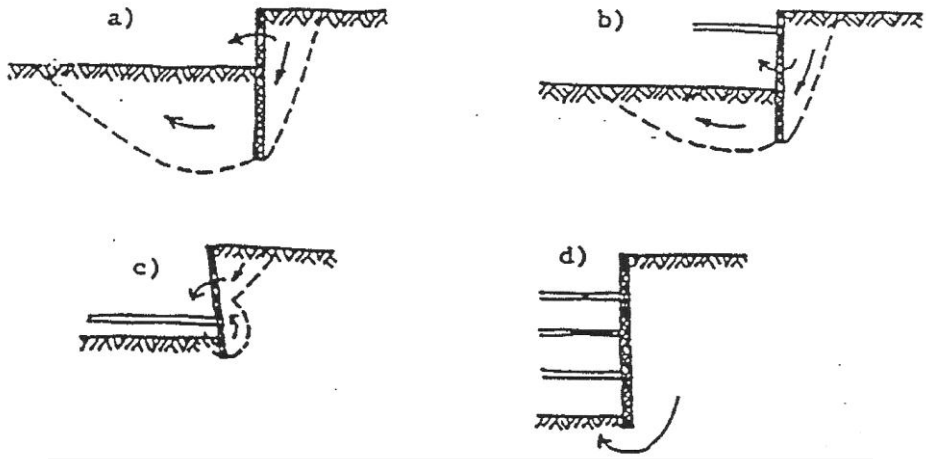
Modo de rotura que é evitado através de soluções que minimizem as deformações da contenção

☆Modos Limites de Rotura de Fundação de Muros não ancorados (EC7)



Modo de rotura que é evitado através da verificação da capacidade de carga e do deslizamento

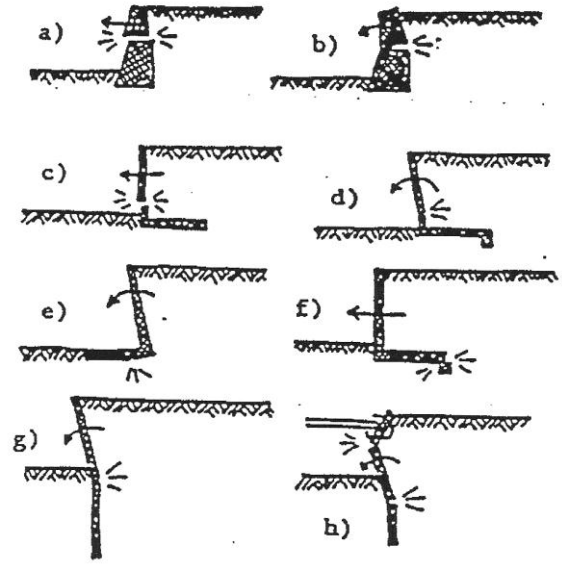
☆Modos Limites de Rotura Rotacional de Cortinas (EC7)



Modo de rotura que é evitado através do incremento da ficha da cortina no terreno

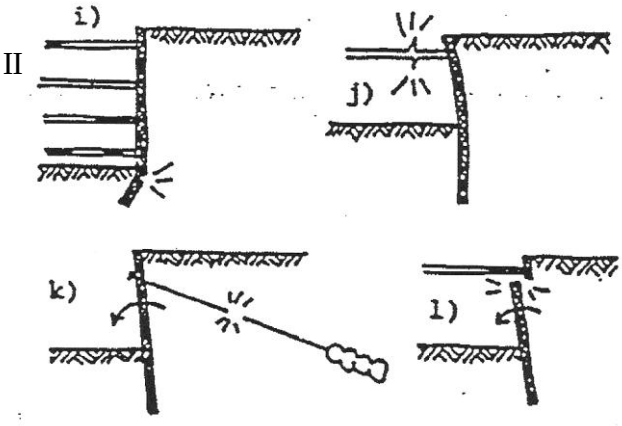
☆ Modos Limite de Rotura Estrutural de Estruturas de Contenção (EC7) - I

Para cada estado limite último deve ser demonstrado que as resistências podem ser mobilizadas no terreno e na estrutura com deformações compatíveis com a funcionalidade da estrutura

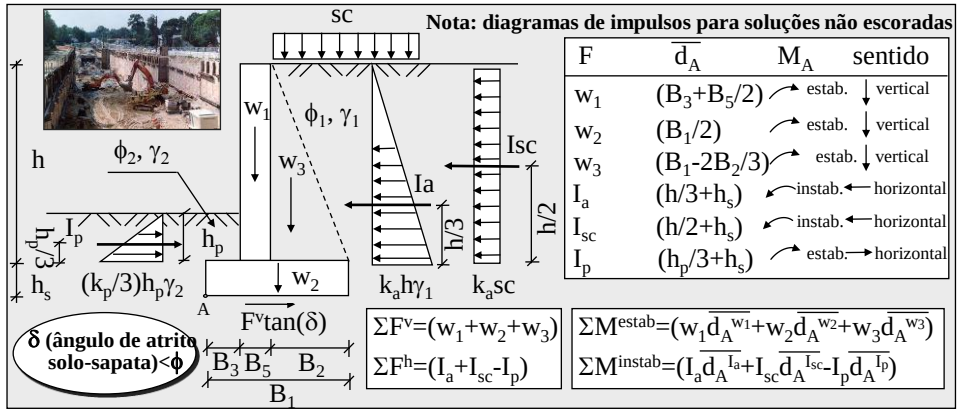


☆ Modos Limite de Rotura Estrutural de Estruturas de Contenção (EC7) - II

Para cada estado limite último deve ser demonstrado que as resistências podem ser mobilizadas no terreno e na estrutura com deformações compatíveis



☆ Estados limites de utilização - derrubamento e deslizamento:



Nota: diagramas de impulsos para soluções não escoradas

F	$\overline{d_A}$	M_A	sentido
w_1	$(B_3+B_5/2)$	estab.	vertical
w_2	$(B_1/2)$	estab.	vertical
w_3	$(B_1-2B_2/3)$	estab.	vertical
I_a	$(h/3+h_s)$	instab.	horizontal
I_{sc}	$(h/2+h_s)$	instab.	horizontal
I_p	$(h_p/3+h_s)$	estab.	horizontal

$\Sigma F^v=(w_1+w_2+w_3)$

$\Sigma F^h=(I_a+I_{sc}-I_p)$

$\Sigma M^{estab}=(w_1\overline{d_A^{w1}}+w_2\overline{d_A^{w2}}+w_3\overline{d_A^{w3}})$

$\Sigma M^{instab}=(I_a\overline{d_A^{Ia}}+I_{sc}\overline{d_A^{Isc}}-I_p\overline{d_A^{Ip}})$

- Derrubamento - rotação em torno de A:

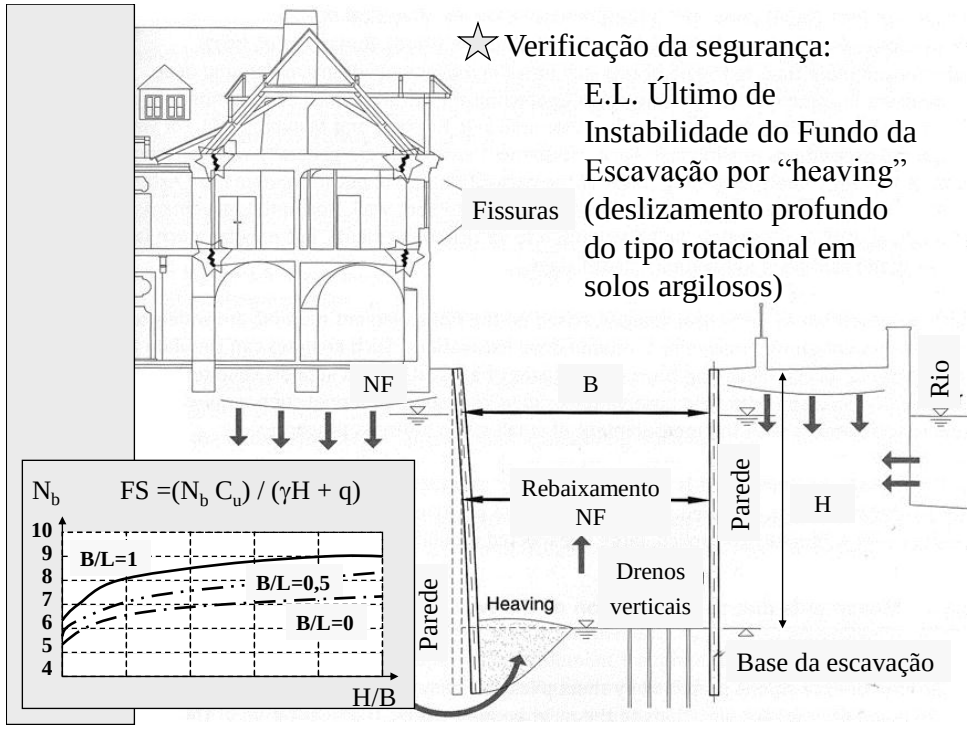
$FS = [\Sigma M^{estab}/ \Sigma M^{instab}] > 1,5$ (s. incoerentes) ou 2,0

- Deslizamento - base da sapata:

$FS = [\Sigma F^v \tan(\delta) / \Sigma F^h] > 1,5$

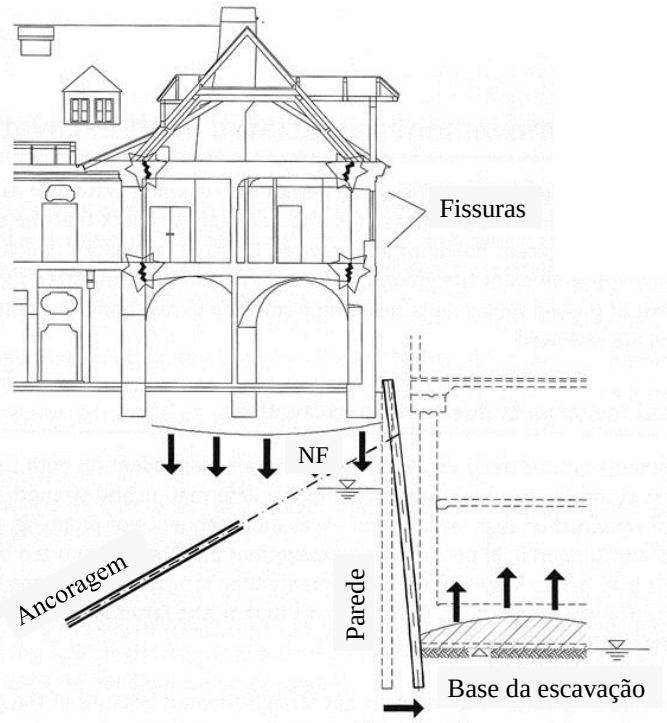
☆ Verificação da segurança:

E.L. Último de Instabilidade do Fundo da Escavação por "heaving" (deslizamento profundo do tipo rotacional em solos argilosos)



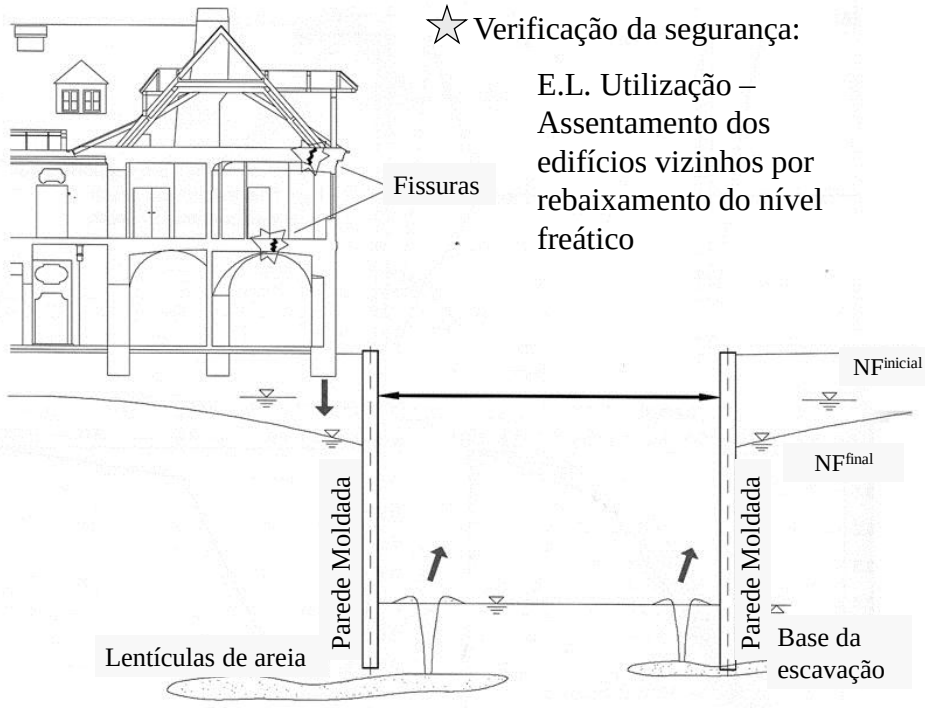
☆ Verificação da segurança:

E.L. Último de Instabilidade do Fundo da Escavação por erosão interna "piping" (associado a processos de fluxo de água em solos arenosos)



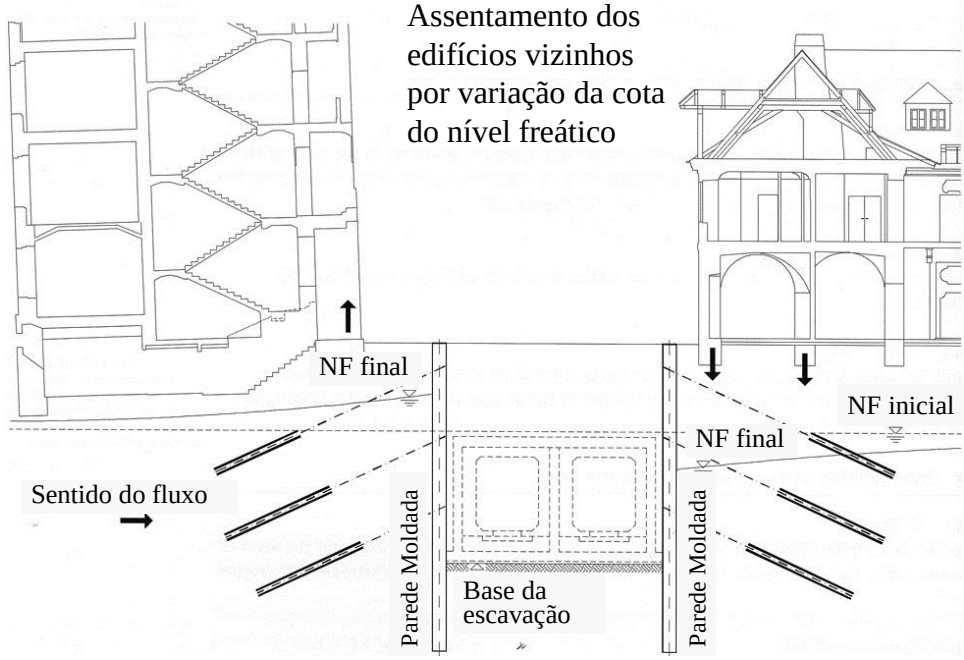
☆ Verificação da segurança:

E.L. Utilização – Assentamento dos edifícios vizinhos por rebaixamento do nível freático

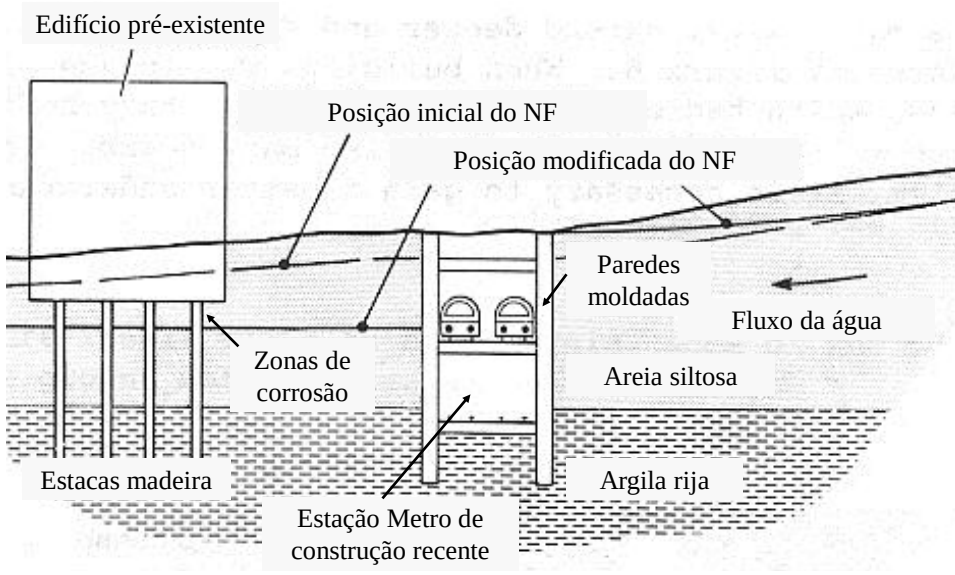


☆ Verificação da segurança:

E.L. Utilização – Assentamento dos edifícios vizinhos por variação da cota do nível freático

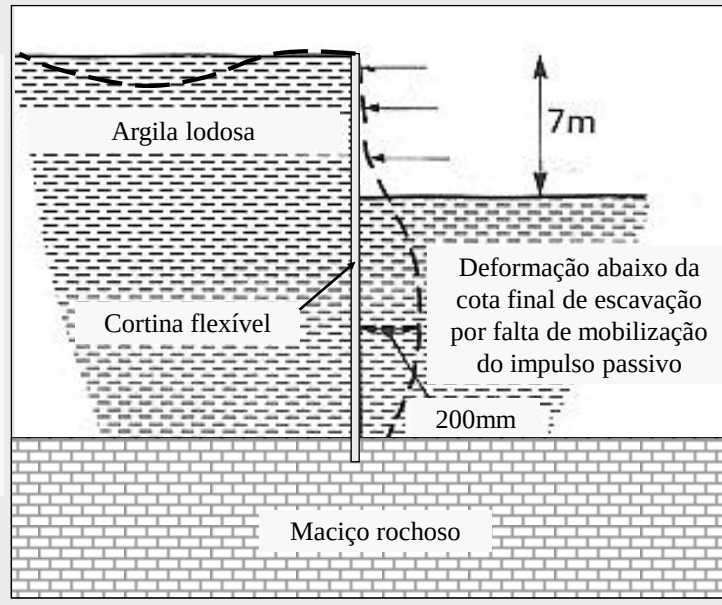


☆Verificação da segurança: E.L. Ultimo – Perda de resistência das fundações dos edifícios vizinhos por variação da cota do nível freático

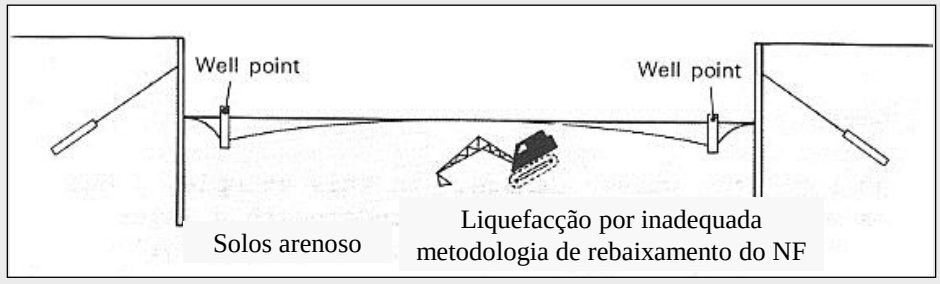


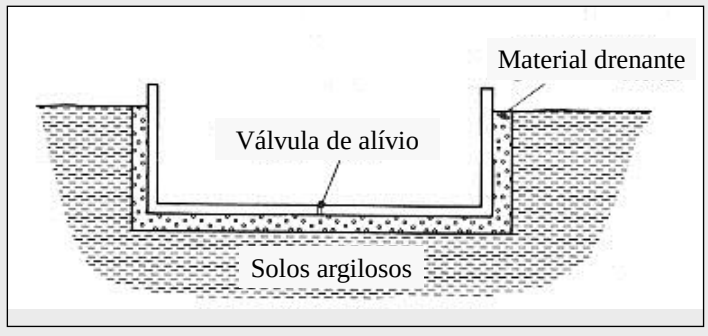
☆Verificação da segurança: E.L. Ultimo – Deformação da parede abaixo da cota de escavação

- Situação que provoca assentamentos à superfície
- Situação que só pode ser corrigida incrementando a rigidez da cortina ou tratando o solo abaixo da cota de escavação

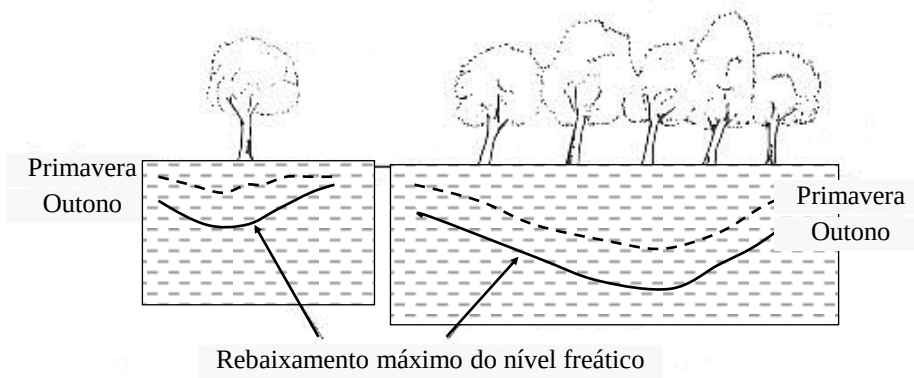


☆Verificação da segurança: E.L. Ultimo – Rebaixamento do nível freático

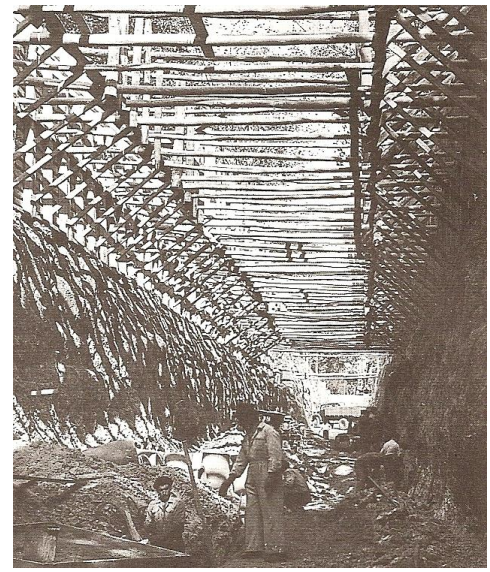




☆ Efeitos da vegetação na variação da cota do nível freático



☆ Evolução tecnológica nos processos construtivos

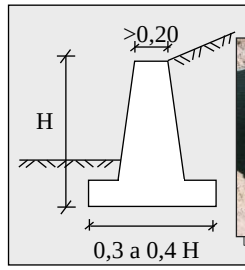


☆ Muros de gravidade:

Dimensões correntes (a confirmar em cada situação particular):

Muros não ancorados

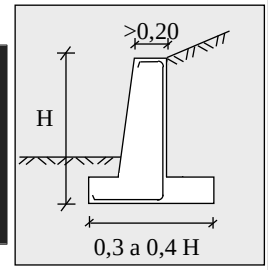
Em geral com secção transversal trapezoidal, com base alargada de forma a permitir a redução de tensões transmitidas ao terreno.



Muro de blocos de cimento

Utilização

Materiais que não resistem a tracções: betão simples ou pedra



Muro de semi-gravidade

Incorporação de algumas armaduras de forma a reduzir as dimensões

Processo construtivo

1) Escavação

2) Execução da sapata de fundação

3) Execução da parede, com as duas faces cofradas (solução em betão armado)

4) Aterro do tardoz, com drenagem do mesmo (solução drenada)

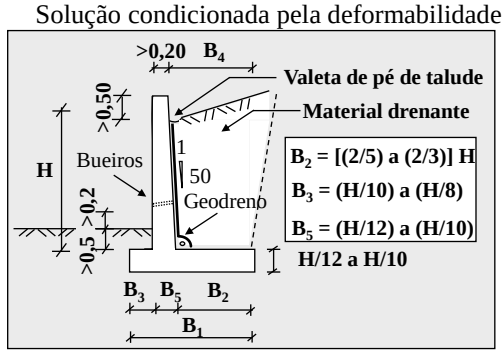
Muro de pedra

☆ Muros de betão armado em consola:

Dimensões correntes (a confirmar em cada situação particular):

Muros em geral não ancorados

Solução condicionada pela deformabilidade do coroamento



Montagem de um muro em consola pré-fabricado

Processo construtivo

1) Escavação
2) Execução da sapata de fundação
3) Execução da parede, com as 2 faces cofradas. Se possível a parede deverá ter espessura constante
4) Aterro do tardoz com material drenante e drenagen do mesmo (através de geodreno ou bueiros)

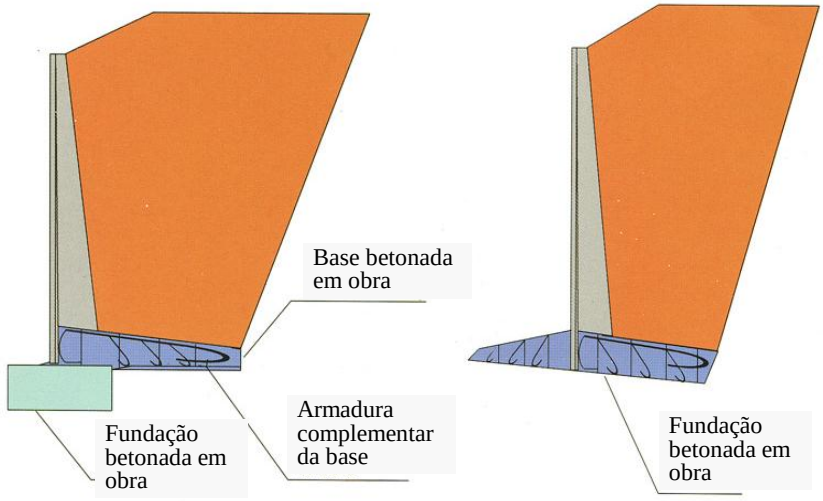
Utilização

Muros com altura inferior a 6 a 7m

☆ Muros de betão armado em consola :

Muro em consola com sapata em "degrau", antes da realização do aterro a tardoz

☆ Muros de betão armado em consola - pré-fabricados:

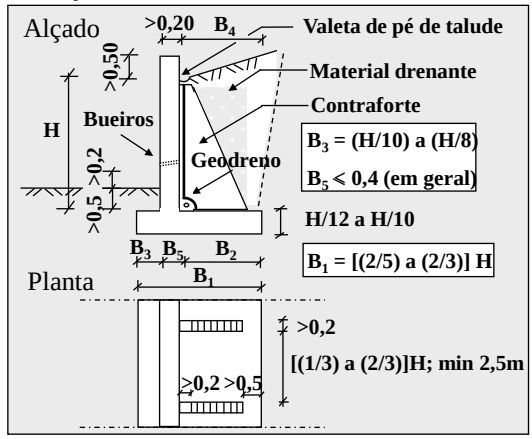


☆ Muros de betão armado com contrafortes:

Dimensões correntes (a confirmar em cada situação particular):

Muros em geral não ancorados

Solução a considerar como alternativa ao muro em consola



Processo construtivo

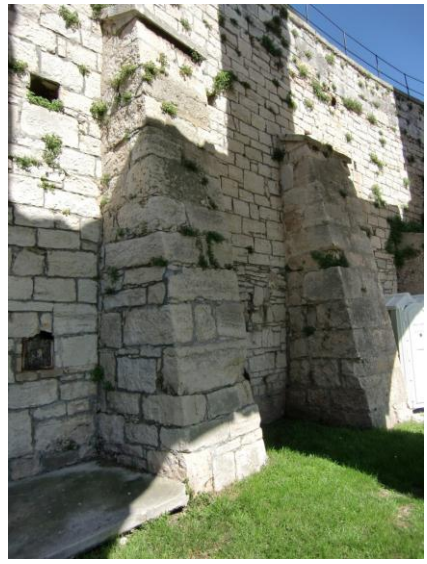
1) Escavação
2) Execução da sapata de fundação
3) Execução da parede e contrafortes, com as 2 faces da parede cofradas. Se possível, a parede deverá ter espessura constante
4) Aterro do tardoz com material drenante e drenagen do mesmo (através de geodreno ou bueiros)

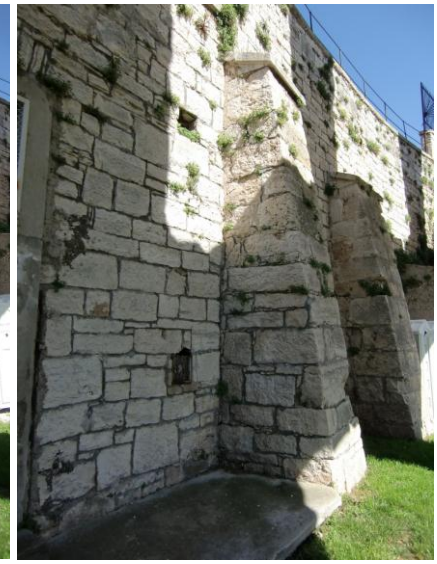
Os contrafortes podem ser interiores (situação geral) ou exteriores

Utilização

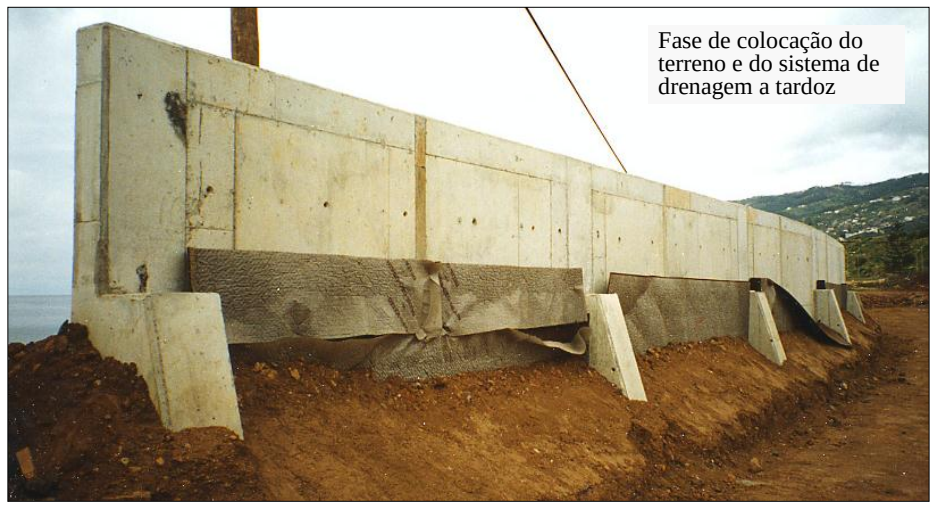
Muros com altura superior a 6 a 7m

☆ Muros de alvenaria com contrafortes





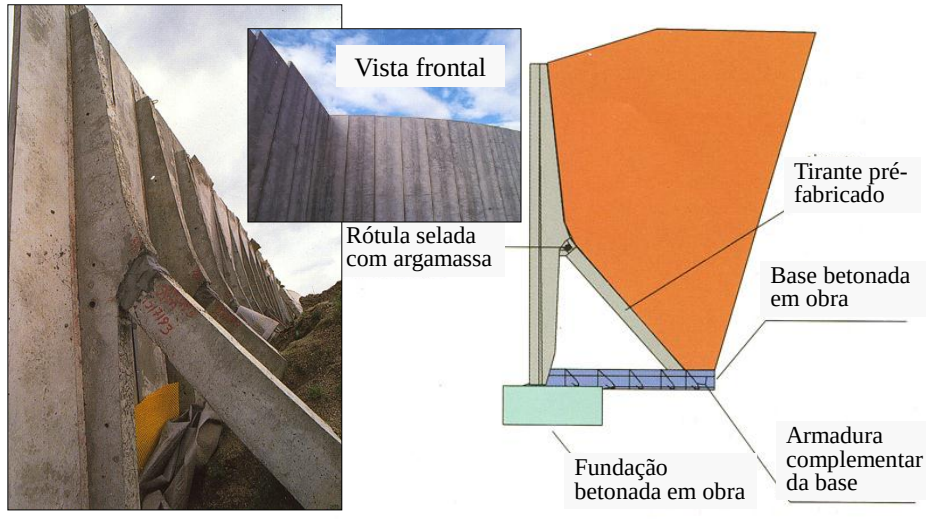
☆ Muros de betão armado com contrafortes :



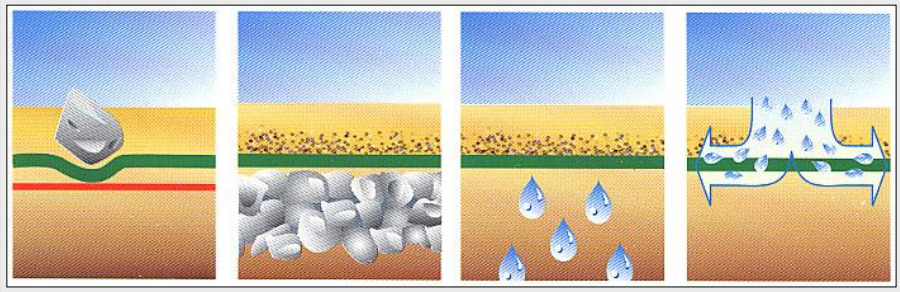
☆ Muros de betão armado com contrafortes

☆ Muros de betão armado com contrafortes

☆ Muros de betão armado com contrafortes - pré-fabricados:



☆ Estruturas de contenção – soluções com recurso a geotêxteis



Função de reforço	Função de separação	Função de filtragem	Função de drenagem
Devido à sua resistência à tracção e à sua ductilidade, reforçam os solos brandos	Pelas suas características geométricas e porosas permite a separação de materiais com diferentes granulometrias	Devido às suas características de porosidade, permite a passagem de água sem arrastamento de finos	Devido às suas características drenantes permite a absorção e a drenagem de água

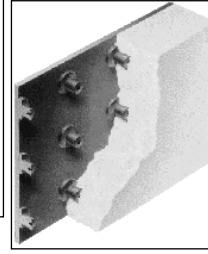
☆ Estruturas de contenção – soluções com recurso a geotêxteis

Sacos de geotêxteis preenchidos com material arenoso para prevenção de assoreamento de areias em zonas costeiras

☆ Estruturas de contenção – soluções de drenagem

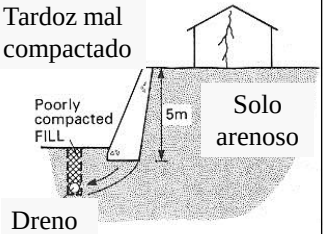
Junta tipo "water-stop" – impermeabilização de juntas estruturais e construtivas

Tubo geodreno – drenagem do terreno em profundidade



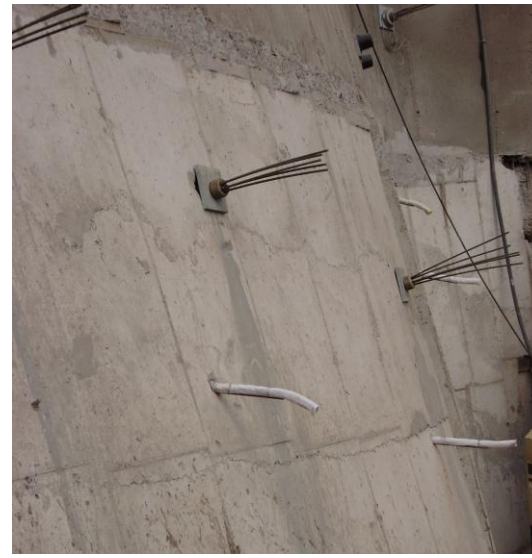
Tela drenante: drenagem no paramento do tardoz

Tardoz mal compactado



Dreno

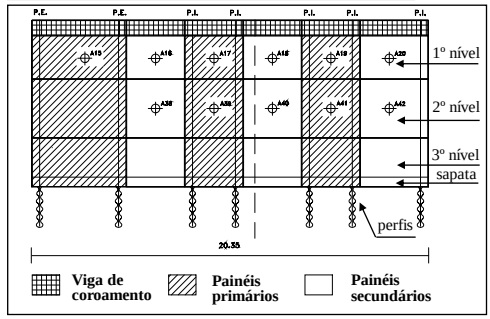
☆ Estruturas de contenção – soluções de drenagem através de geodrenos



☆ Muros tipo Berlim (est. flexíveis em betão armado (def.) ou madeira (prov.)):

Painéis em betão armado ou madeira, apoiados lateralmente em perfis metálicos ou microestacas e, em geral, ancorados ou escorados, com função resistente de:
- ✓ fundação (transmissão de cargas verticais)
- ✓ suporte (acomodação de impulsos horizontais)

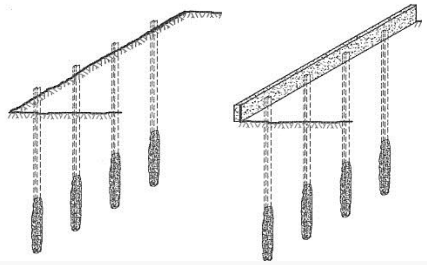
Utilização:
Acima do NF em zonas urbanas em terrenos com características médias/boas



Processo construtivo

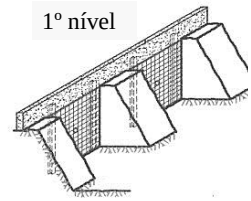
1) Execução de furos e colocação e selagem de perfis metálicos ou microestacas
2) Execução da viga de coroamento
3) Escavação, betonagem e eventual ancoragem ou escoramento dos painéis primários do 1º nível, deixando banquetas nas zonas dos painéis secundários
4) Remoção das banquetas e execução dos painéis secundários do 1º nível, de forma idêntica aos painéis primários
5) Execução da parede até à cota de fundação, adoptando, em cada nível, os procedimentos descritos em 3 e 4
6) Escavação e execução das sapatas dos painéis correspondentes ao último nível

☆ Muros tipo Berlim Definitivo (est. flexíveis definitivas em betão armado) – Faseamento Construtivo I/II

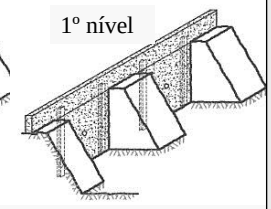


Fase I: colocação dos perfis verticais

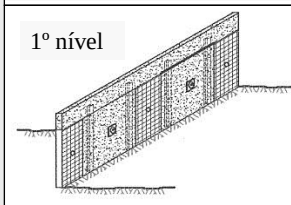
Fase II: execução da viga de coroamento



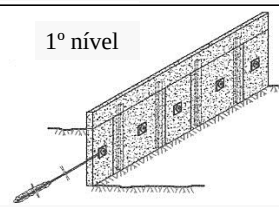
Fase III: escavação e montagem das armaduras dos painéis primários



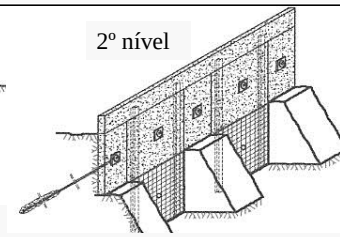
Fase IV: betonagem e tensionamento das ancoragens dos painéis primários



Fase V: escavação e montagem das armaduras dos painéis secundários

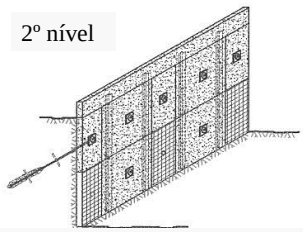


Fase VI: betonagem e tensionamento das ancoragens dos painéis secundários

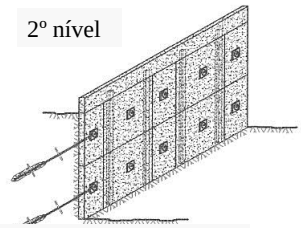


Fase VII: escavação e montagem das armaduras dos painéis primários

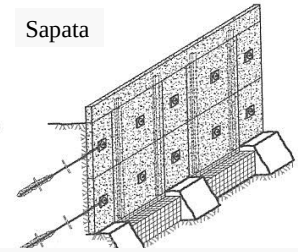
☆ Muros tipo Berlim Definitivo (est. flexíveis definitivas em betão armado) – Faseamento Construtivo II/II



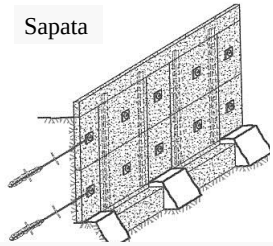
Fase VIII: escavação e montagem das armaduras dos painéis secundários



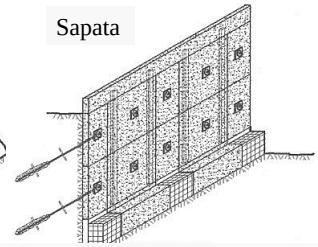
Fase IX: betonagem e tensionamento das ancoragens dos painéis primários



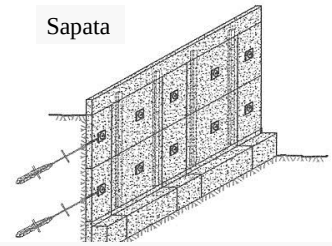
Fase X: escavação e montagem das armaduras dos painéis primários



Fase XI: betonagem dos painéis primários



Fase X: escavação e montagem das armaduras dos painéis secundários



Fase XI: betonagem dos painéis secundários da sapata

☆ Muros tipo Berlim Definitivo (estruturas flexíveis definitivas em betão armado):

Rotura por incumprimento do faseamento construtivo

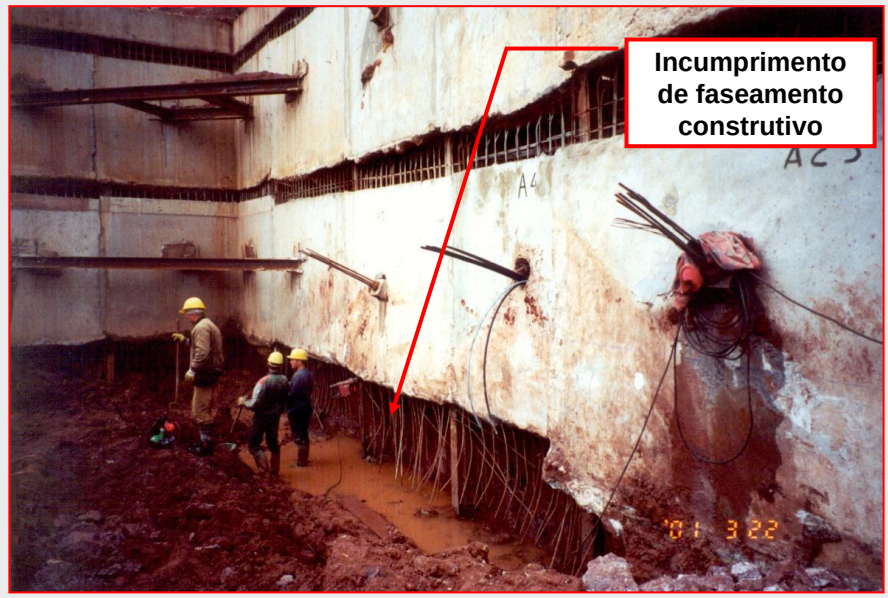
☆ Muros tipo Berlim Definitivo (estruturas flexíveis definitivas em betão armado):

Rotura por incumprimento do faseamento construtivo

☆ Muros tipo Berlim Definitivo (estruturas flexíveis definitivas em betão armado):

☆ Muros tipo Berlim Definitivo (estruturas flexíveis definitivas em betão armado):

☆ Muros tipo Berlim Definitivo (estruturas flexíveis definitivas em betão armado):



☆ Muros tipo Berlim Definitivo (estruturas flexíveis definitivas em betão armado):

Troços do mesmo perfil não soldados, sem qualquer evidência de rotura por corte

☆ Muros tipo Berlim Definitivo (estruturas flexíveis definitivas em betão armado):

Paredes inclinadas e verticais

☆ Muros tipo Berlim Definitivo (estruturas flexíveis definitivas em betão armado):

Soluções com perfis exteriores à parede: maior deformabilidade vertical

Contenções "Berlim Def." - critérios de dimensionamento

Resistência: estados limites últimos

- Painéis em betão armado:
  - fases construtivas e definitiva
  - flexão
  - punçoamento ou corte
- Perfis verticais:
  - capacidade carga
  - encurvadura
- Viga de coroamento em betão armado:
  - flexão
  - corte
  - torção
- Ancoragens e tirantes:
  - capacidade carga
  - tracção
- Escoras:
  - encurvadura por varejamento

Deformabilidade: estados limites de utilização

- Deformação:
  - horizontal - coroamento
  - vertical - assentamento
- Fissuração:
  - elementos em betão armado

Contenções "Berlim Def." - aspectos construtivos (i)

Resistência: estados limites últimos

- Painéis em betão armado:
  - esp. usual: 0,25 e 0,30m
  - painéis: ≅3x3m^2 (geral); primários e secundários
  - juntas: empalmes (ϕ^{min})
  - ligação às lajes horizontais
- Perfis verticais:
  - ϕ furação (tipo e secção do perfil)
  - selagem (atrito lateral)
  - posição em relação ao plano da parede
  - exigência de cap. carga: microestacas

Deformabilidade: estados limites de utilização

- Deformação:
  - afastamento dos apoios
  - faseamento construtivo
  - perdas de PE
- Fissuração:
  - tempo de aplicação do PE
  - pormenorização das armaduras
- Viga de coroamento em betão armado:
  - largura = esp. parede
  - altura ^{min}=0,60m

Importância do cumprimento do faseamento construtivo

Contenções "Berlim Def." - aspectos construtivos (ii)

Faseamento construtivo - tipo de terreno

- painelização (área de escavação)
- betonagem contra o terreno - sobreconsumo de betão e atrito
- intervalo entre escavação e betonagem: máximo 24 horas

Betões

- trabalhabilidade: slump > 15cm e inertes < 25mm
- dosagem de cimento > 350 kg/m^3

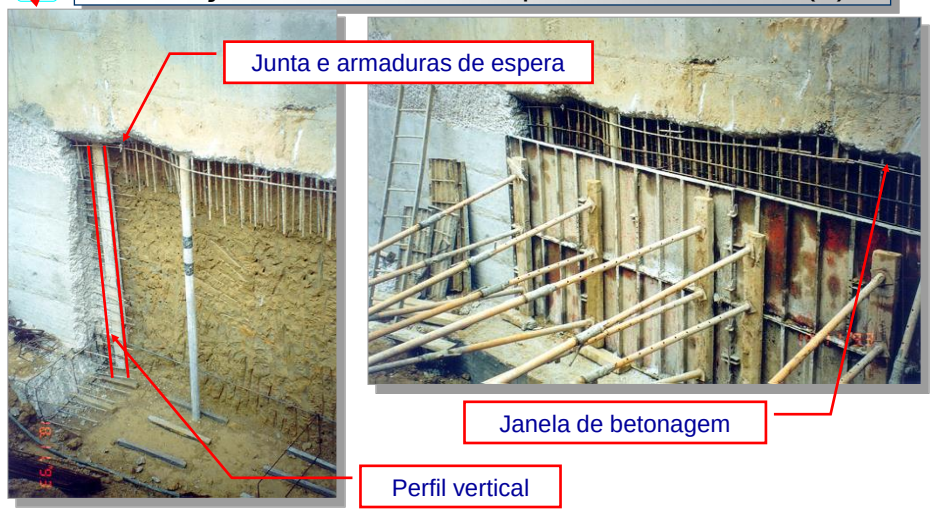
Armaduras

- armadura longitudinal: pormenorização idêntica à das lajes fungiformes maciças (REBAP, EC2)
- juntas de betonagem
- armadura a repescar: aço macio - A235 NL
- recobrimento mínimo: 4cm

Permeabilidade

- média: depende da escavação e juntas de betonagem

Contenções "Berlim Def." - aspectos construtivos (iii)



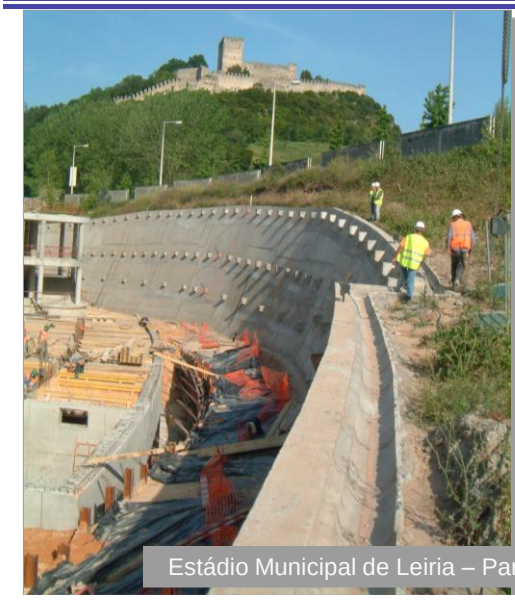
Contenções “Berlim Def.” - aspectos construtivos (iv)

Contenções “Berlim Def.” - aspectos construtivos (v)

Contenções “Berlim Def.” - aspectos construtivos (vi)

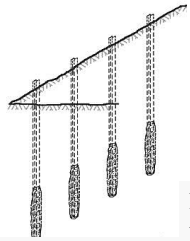
Contenções “Berlim Def.” - aspectos construtivos (vii)

Parque de Estacionamento Subterrâneo do Largo Luís de Camões - Lisboa

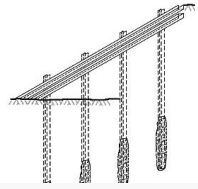


Estádio Municipal de Leiria – Parede de Contenção inclinada

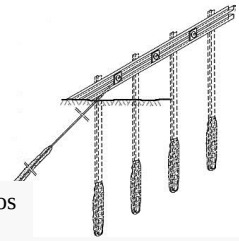
☆ Muros tipo Berlim (est. flexíveis provisórias com perfis metálicos e pranchas de madeira) – Faseamento Construtivo



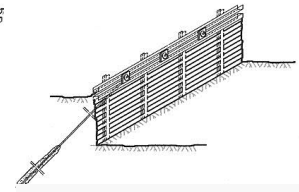
Fase I: colocação de perfis verticais



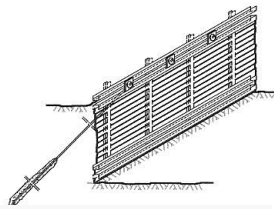
Fase II: colocação dos perfis horizontais da viga de distribuição do 1º nível



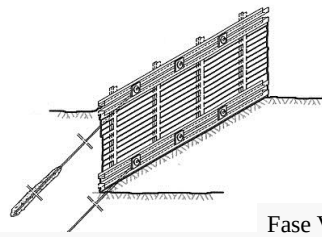
Fase III: execução das ancoragens do 1º nível



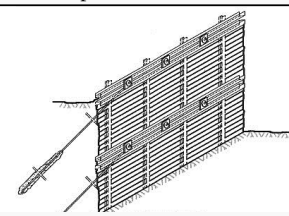
Fase IV: escavação sintonizada com colocação de pranchas de madeira entre perfis verticais



Fase V: colocação dos perfis horizontais da viga de distribuição do 2º nível



Fase VI: execução das ancoragens do 2º nível



Fase VII: escavação sintonizada com colocação de pranchas de madeira entre perfis verticais

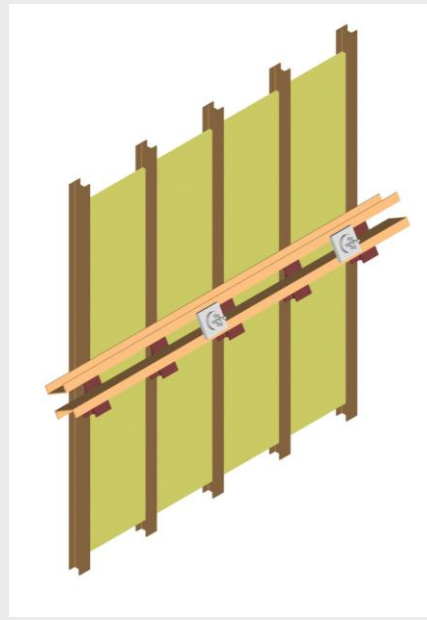
Solução escorada

Solução ancorada junto à linha férrea

☆ Muros tipo Berlim (estruturas flexíveis e provisórias com perfis metálicos e pranchas de madeira):

Solução ancorada

☆ Muros tipo Berlim (estruturas flexíveis e provisórias com perfis metálicos e pranchas de madeira):



☆ Muros tipo Berlim (estruturas flexíveis em betão armado):

Soluções mistas: madeira (zona superior) e betão

Contenções “Berlim” - critérios de dimensionamento

- Resistência: estados limites últimos
  - Parede em barrotes de madeira:
    - flexão
    - corte
  - Perfis verticais:
    - capacidade carga
    - flexão composta
    - encurvadura
  - Perfis horizontais:
    - flexão
    - corte
    - encurvadura por bambeamento
  - Ancoragens e tirantes:
    - capacidade carga
    - tracção
  - Escoras:
    - encurvadura por varejamento
- Deformabilidade: estados limites de utilização
  - Deformação:
    - horizontal - coroamento
    - vertical - assentamento

Contenções "Berlim" - aspectos construtivos (i)

Resistência: estados limites últimos

- Parede em barrotes de madeira:
  - esp. usual: 0,06 a 0,10m
  - vão^{máx}: 1,5m (afastamento entre perfis verticais)
- Perfis verticais:
  - ϕ furação (tipo e secção do perfil)
  - selagem (atrito lateral)
  - afastamento ^{max} $\cong$1,5m
- Perfis horizontais:
  - tipo e secção do perfil (em geral 2xUNP)
  - mesa para apoio da ancoragem

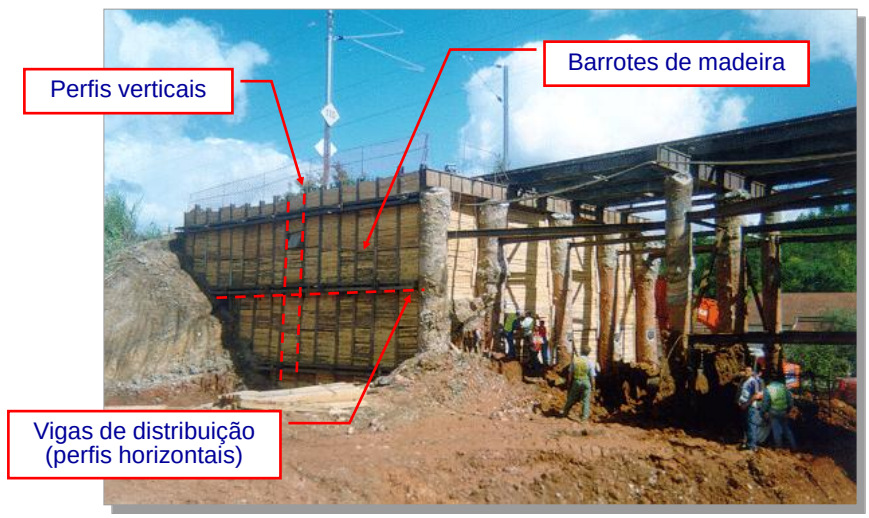
Deformabilidade: estados limites de utilização

- Deformação:
  - afastamento dos apoios (quincôncio)
  - faseamento construtivo (escavação)
  - perdas de PE

Permeabilidade

- alta - solução drenada

Contenções "Berlim" - aspectos construtivos (ii)



Parque Estacionamento Covilhã

Estação da Damaia

☆Paredes moldadas ou barretas em betão armado:

Dimensões correntes dos painéis
- **0,4; 0,6; 0,8 e 1,0m (espessura)**
- **2,5 a 6,0 m (largura)**

Painéis, sem continuidade horizontal, executados a partir da superfície, com recurso a lamas que evitam o desmoronamento das valas e, em geral, ancorados ou escorados, com funções:

- resistente: ✓ fundação (transmissão de cargas verticais); ✓ suporte (acomodação de impulsos horizontais)
- impermeabilizante: ✓ corta ou diminui a percolação

Equipamento de escavação

Utilização:

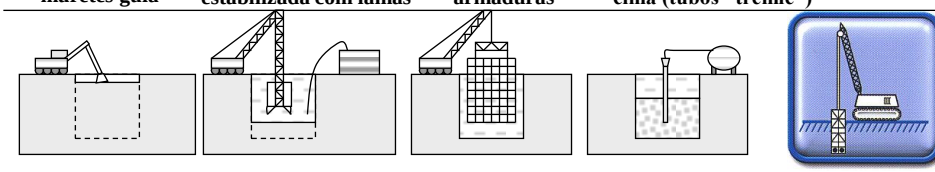
Os painéis de parede podem ser pré-fabricados

Abaixo do NF em zonas urbanas, em terrenos escaváveis com o equipamento disponível

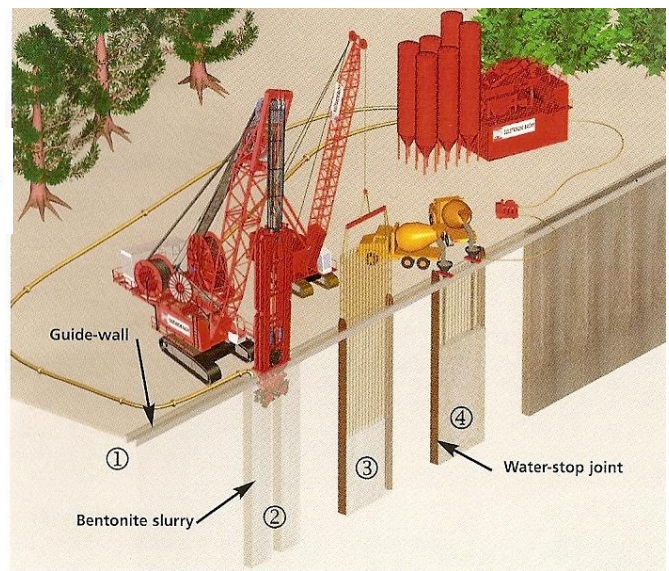
Barretas

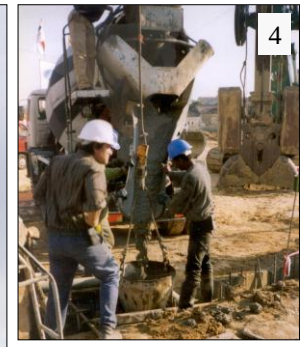
Processo construtivo

1-Execução dos muretes guia | **2-Escavação, sendo a vala estabilizada com lamas** | **3-Colocação das armaduras** | **4-Betonagem, de baixo para cima (tubos "tremie")**



1 - Guide-wall construction
2 - Panel excavation in progress
3 - Installing stop ends
4 - Panel concreting





Paredes Moldadas:

1 - Escavação com "grab" hidráulico

2 - Tubos junta

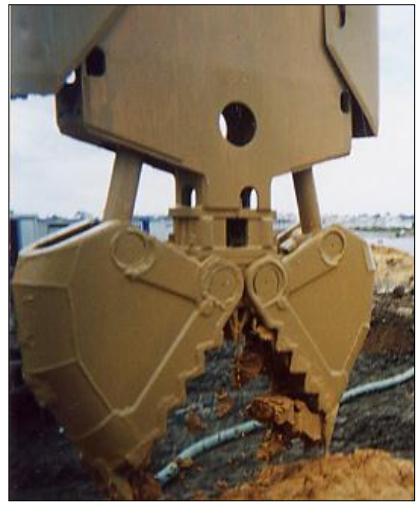
3 - Colocação de armaduras

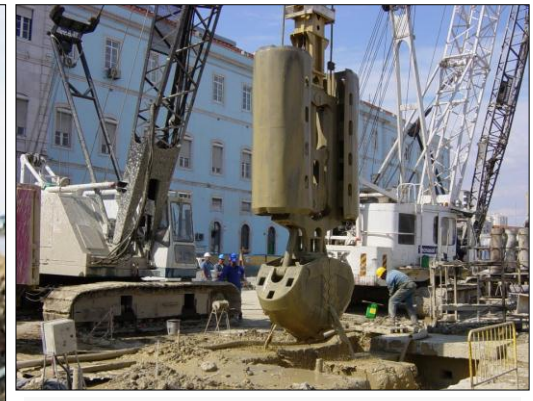
4 - Betonagem com tubo "tremie"

☆ Paredes Moldadas – Faseamento (I)

Fase inicial da escavação com "grab" hidráulico (aplicável a solos brandos e isentos de material pedregoso) junto aos muretes guia

☆ Paredes Moldadas – Faseamento (II)





Escavação com "grab" hidráulico: aplicável a solos brandos, isentos de materiais pedregosos

☆ Paredes Moldadas – Faseamento (III)

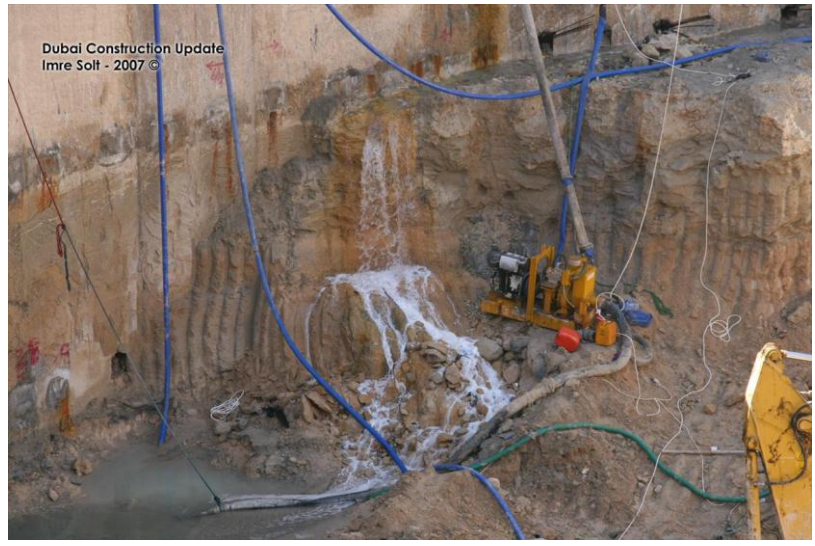
Betonagem através de tubo tremie com vista do funil no respectivo coroamento

Preparação das armaduras

☆ Paredes Moldadas – Faseamento (IV): colocação de armaduras

☆Paredes Moldadas – Barretas em "T"

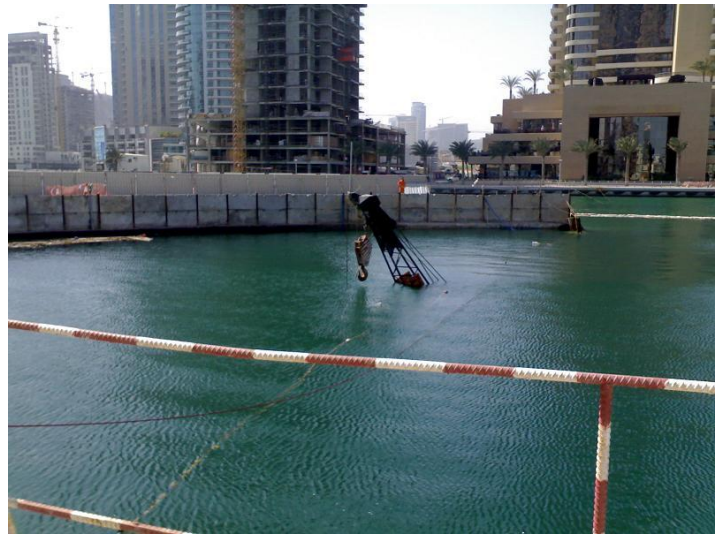
☆Paredes Moldadas – Rotura pelas juntas



☆Paredes Moldadas – Rotura pelas juntas

☆Paredes Moldadas – Rotura pelas juntas

☆Paredes Moldadas – Rotura pelas juntas



☆Paredes Moldadas – Faseamento (IV): vistas da parede após escavação

Paredes moldadas - critérios de dimensionamento

Resistência: estados limites últimos

- Painéis em betão armado:
  - fases provisórias e definitiva
  - flexão unidireccional
  - punçoamento ou corte
  - capacidade de carga
- Viga de coroamento:
  - flexão
  - corte
  - torção
- Ancoragens e tirantes:
  - capacidade carga
  - tracção
- Escoras:
  - encurvadura por varejamento

Deformabilidade: estados limites de utilização

- Deformação:
  - horizontal - coroamento
  - vertical - assentamento
- Fissuração:
  - painéis e viga de coroamento

Paredes moldadas - aspectos construtivos (i)

- Resistência: estados limites últimos
  - Painéis em betão armado:
    - espessura: resistência, deformabilidade e profundidade - 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2m
    - paineis - comprimento: 2,5 a 6m
    - paineis - juntas: arranque, continuidade e fecho
    - ligação às lajes horizontais
  - Muretes guia em betão armado:
    - afast. = esp. parede + 0,05m
    - altura ^{min}= altura da viga de coroamento (min 0,80)
    - betonados contra o terreno, interiormente travados e aterrados
  - Viga de coroamento em b.a.:
    - em geral ancorada ou escorada
- Deformabilidade: estados limites de utilização
  - Deformação:
    - afastamento dos apoios
    - faseamento construtivo
    - perdas de PE
  - Fissuração:
    - tempo de aplicação do PE
    - pormenorização das armaduras
    - betonagem dos painéis de baixo para cima

Paredes moldadas - aspectos construtivos (ii)

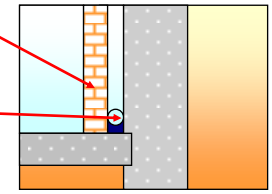
- Saneamento da cabeça dos paineis
  - limpeza do betão contaminado
  - empalme das armaduras na viga de coroamento
- Betões
  - trabalhabilidade: slump > 18cm e inertes < 25mm
  - relação a/c < 0,6
  - dosagem de cimento > 350 kg/m^3
- Armaduras
  - armadura longitudinal: pormenorização idêntica à das lajes fungiformes maciças (REBAP, EC2)
  - armadura transversal: compatível com a colocação de tubos tremie e com a operação de levantamento
  - armadura de ligação a repescar: aço macio - A235 NL
  - recobrimento mínimo: 7cm
- Permeabilidade
  - baixa: 1x10^{-8} m/s - porosidade do betão, verticalidade

Paredes moldadas - aspectos construtivos (iii)

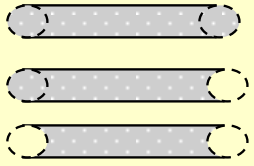
- Parede abaixo da cota do N.F. - caleira interior para drenagem e ventilação

Pano de alvenaria travado por cintas e pilares de b.a.

Caleira interior



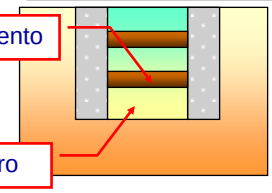
- Geometria dos painéis (ex: com tubos junta)



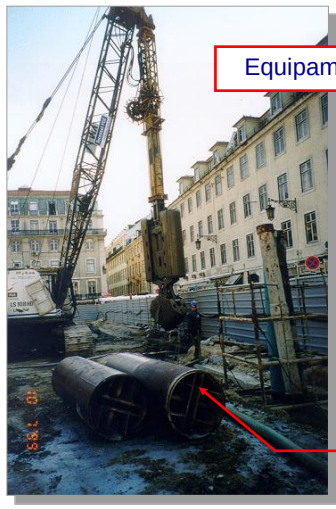
- Muretes guia

Travamento

Reaterro



Paredes moldadas - aspectos construtivos (iv)



Equipamento de furação

Tubos junta

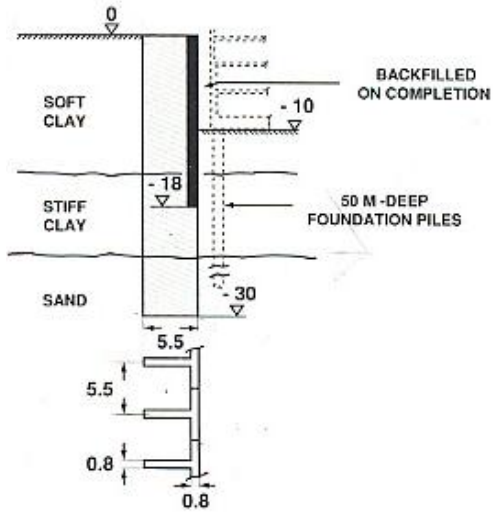
Paredes moldadas - aspectos construtivos (v)

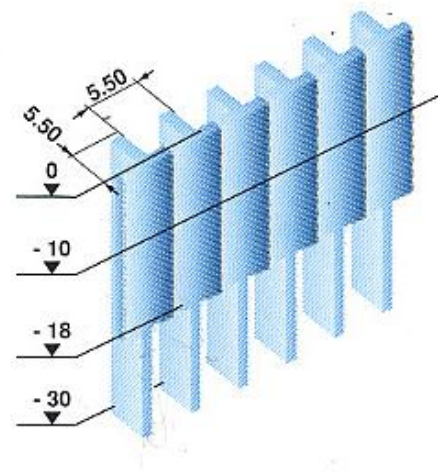
Paredes moldadas - aspectos construtivos (vi)

Paredes moldadas - aspectos construtivos (vii)

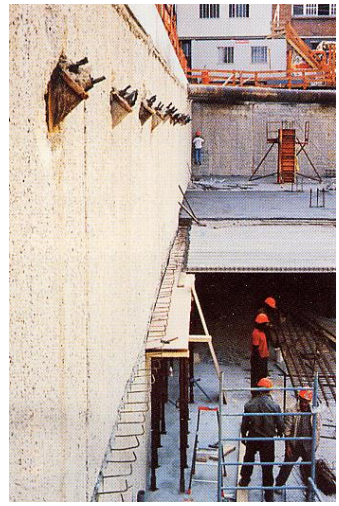
Levantamento das armaduras

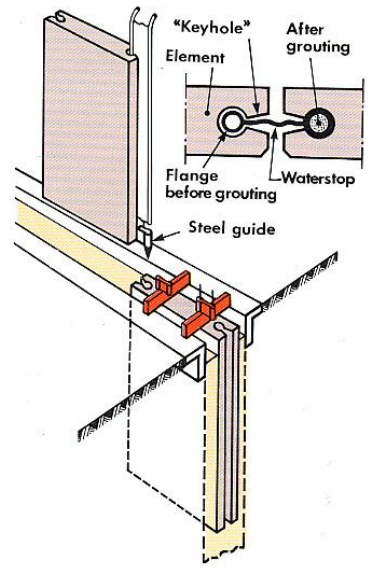
☆Paredes Moldadas Pré Fabricadas





☆Paredes Moldadas Pré Fabricadas

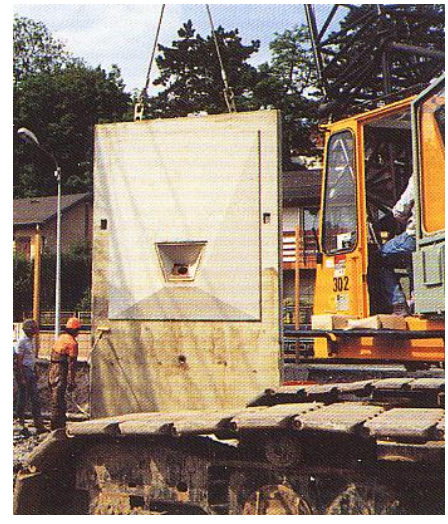




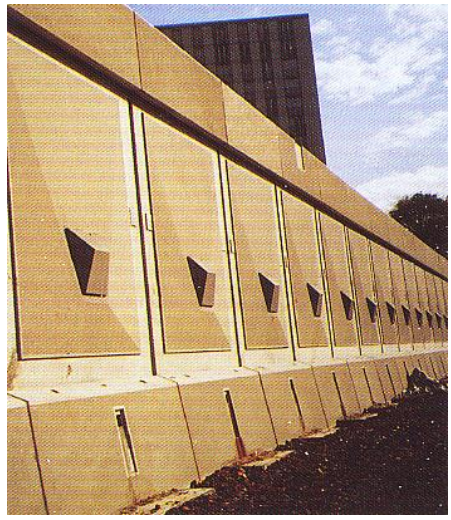
☆Paredes Moldadas Pré Fabricadas

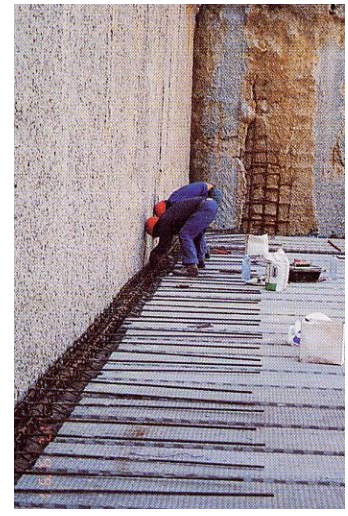
☆Paredes Moldadas Pré Fabricadas

☆Paredes Moldadas Pré Fabricadas

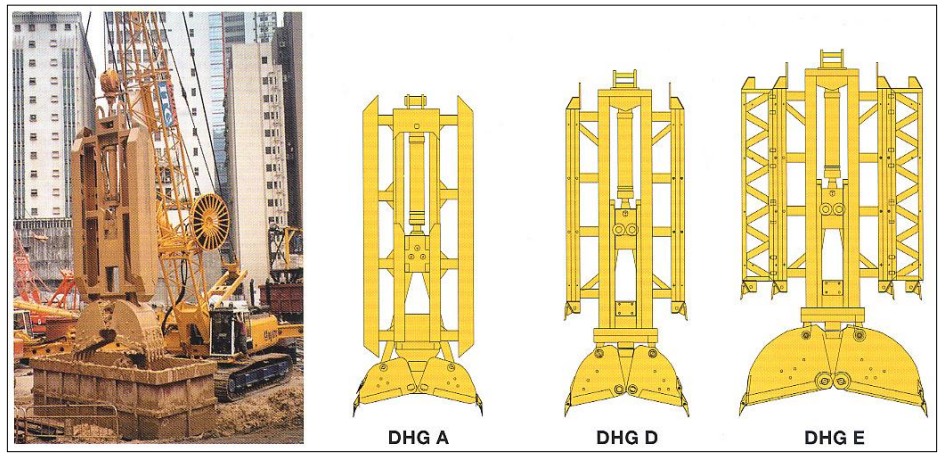


☆Paredes Moldadas Pré Fabricadas

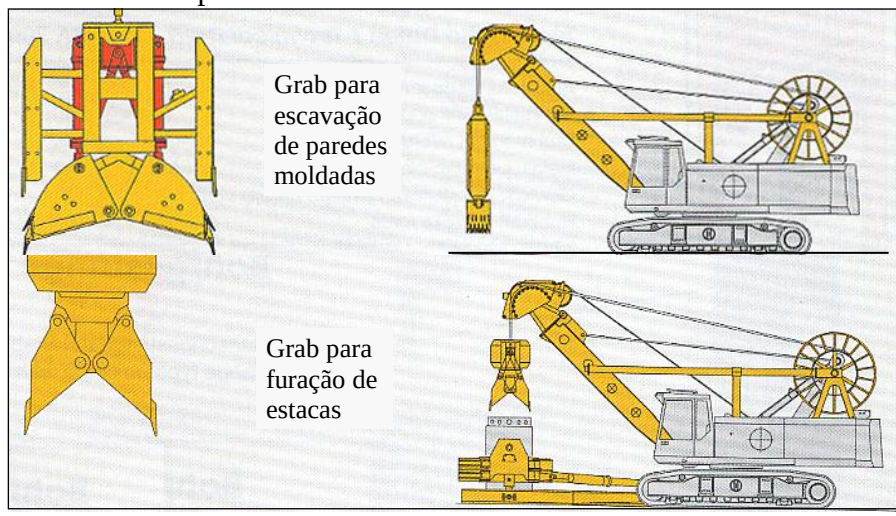




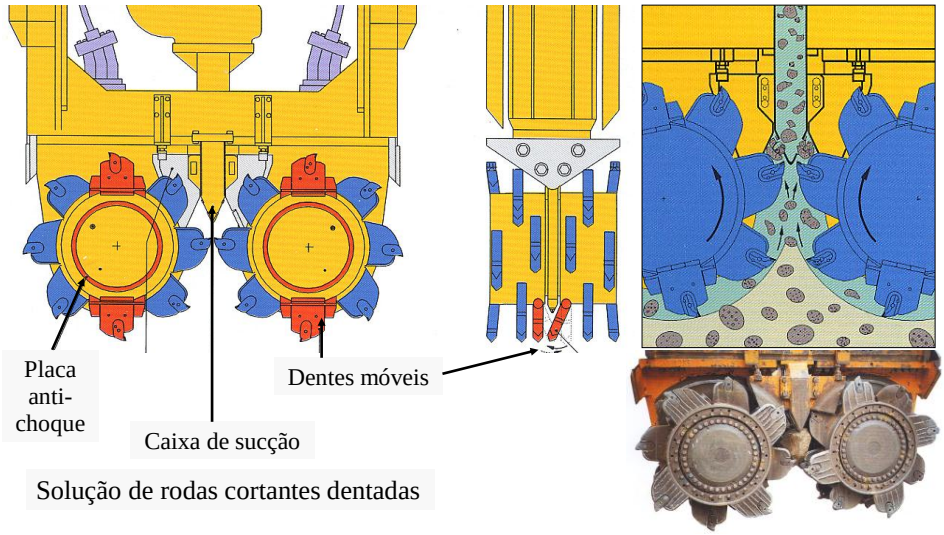
☆ Paredes Moldadas – Escavação com grab hidráulico – solos brandos



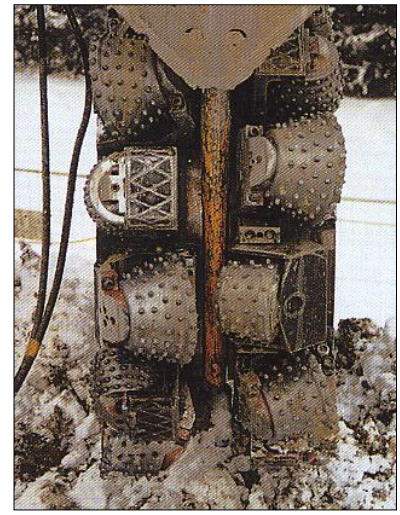
☆Paredes Moldadas – Escavação com grab hidráulico em recintos cobertos com pé direito mínimo de 6m – solos brandos



☆Paredes Moldadas – Escavação com fresa hidráulica - maciços rochosos

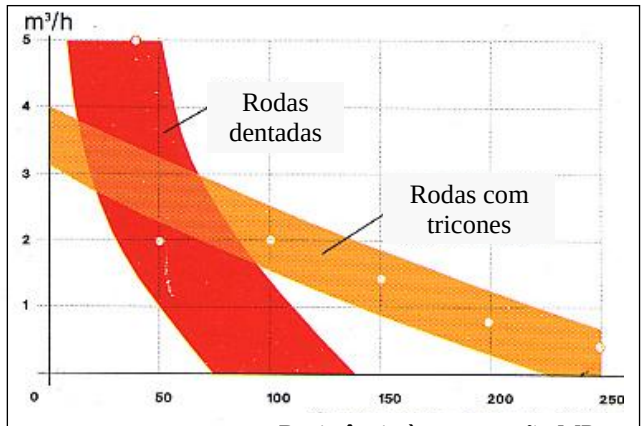


☆Paredes Moldadas – Escavação com fresa hidráulica - maciços rochosos

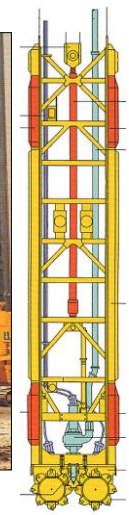


Solução de rodas cortantes com tricones

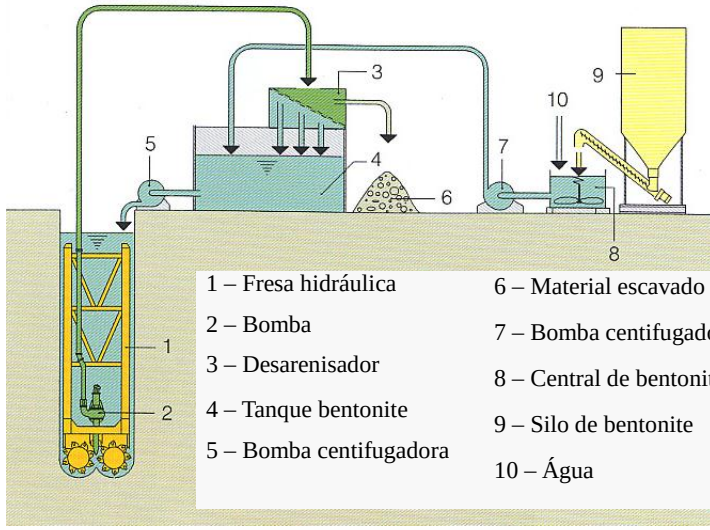
☆Paredes Moldadas – Escavação com fresa hidráulica - maciços rochosos



Rendimentos de escavação em rocha

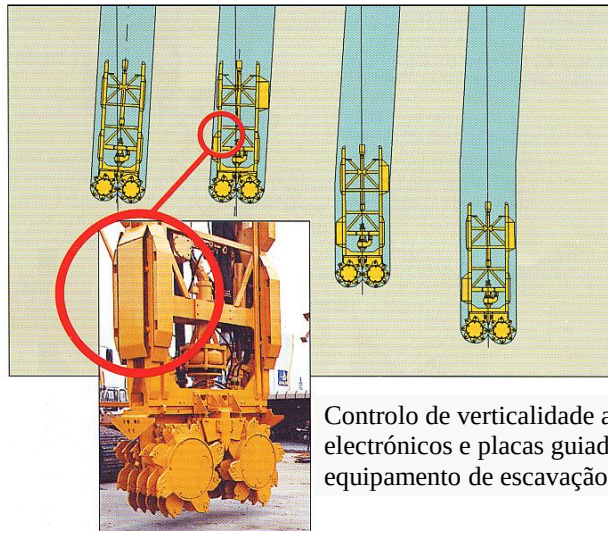


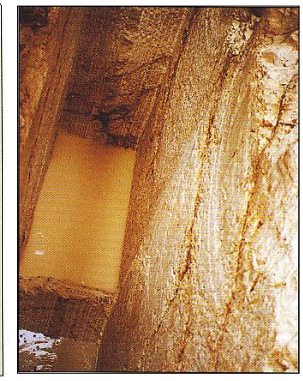
☆Paredes Moldadas – Escavação com fresa hidráulica - maciços rochosos



1 – Fresa hidráulica
2 – Bomba
3 – Desarenisador
4 – Tanque bentonite
5 – Bomba centifugadora
6 – Material escavado
7 – Bomba centifugadora
8 – Central de bentonite
9 – Silo de bentonite
10 – Água

☆Paredes Moldadas – Escavação com fresa hidráulica - maciços rochosos





Controlo de verticalidade através de inclinómetros electrónicos e placas guiadoras, incorporados no equipamento de escavação

☆ Cortinas de estacas tangentes ou secantes:

Estacas em betão armado, executadas a partir da superfície, com eventual recurso a lamas que evitam o desmoronamento dos furos e, em geral, ancoradas ou escoradas, com funções:

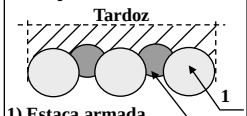
- resistente
  - ✓ fundação (transmissão de cargas verticais)
  - ✓ suporte (acomodação de impulsos horizontais)
- impermeabilizante: ✓ corta ou diminui a percolação (estacas secantes)

Utilização:

Processo construtivo: ver capítulo relativo a fundações profundas

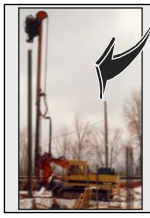
Abaixo do NF em zonas urbanas (ex: caves), em terrenos difíceis de escavar, ou onde o equipamento se revela mais indicado

Exemplo de estacas secantes

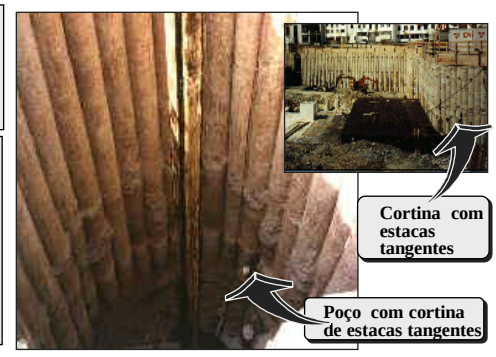


1) Estaca armada

2) Estaca não armada (ou coluna de jet-grouting)



Equipamento para execução de estacas



Cortina com estacas tangentes

Poço com cortina de estacas tangentes

☆ Soluções de cortinas de estacas tangentes:

☆ Cortinas de estacas tangentes revestidas com betão projectado

☆ Cortinas de estacas tangentes revestidas com betão projectado

☆ Cortinas de estacas tangentes com vigas de distribuição ancoradas:

Maior capacidade de redistribuição de esforços

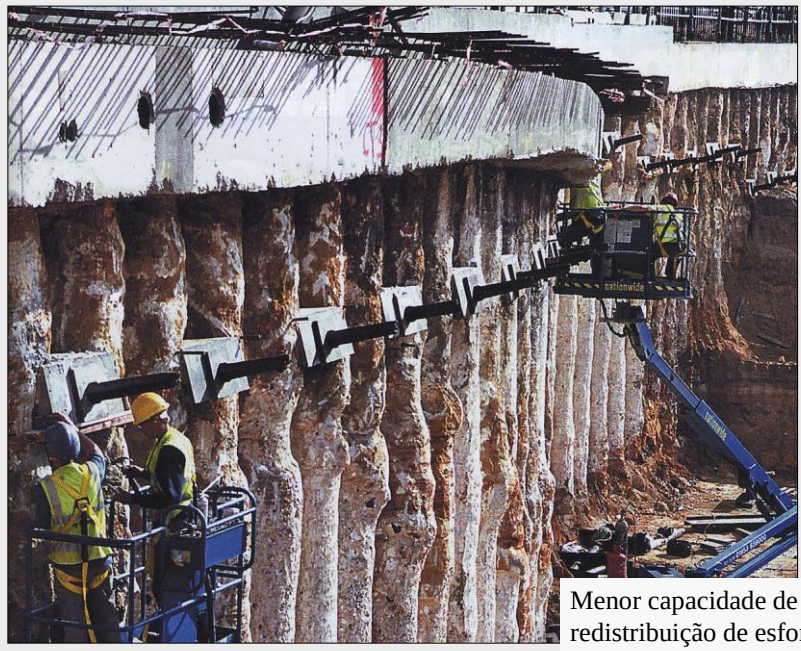
☆ Cortinas de estacas tangentes com vigas de distribuição:

Maior capacidade de redistribuição de esforços

☆ Cortinas de estacas tangentes com vigas de distribuição:

Maior capacidade de redistribuição de esforços

☆ Cortinas de estacas tangentes com estacas ancoradas:



Menor capacidade de redistribuição de esforços

Cortina de Estacas

Estação Aliados

Cortinas de estacas - critérios de dimensionamento

Resistência: estados limites últimos

- Estacas em betão armado:
  - fases provisórias e definitivas
  - flexão unidireccional
  - punçoamento ou corte
  - capacidade de carga
- Viga de coroamento:
  - flexão
  - corte
  - torção
- Ancoragens e tirantes:
  - capacidade carga
  - tracção
- Escoras:
  - encurvadura por varejamento
- Viga de distribuição de ancoragens, tirantes e escoras:
  - flexão
  - corte

Betão armado ou perfis metálicos

Deformabilidade: estados limites de utilização

- Deformação:
  - horizontal - coroamento
  - vertical - assentamento
- Fissuração:
  - estacas, vigas de coroamento e de distribuição (b.a.)

Cortinas de estacas - aspectos construtivos (i)

Resistência: estados limites últimos

- Estacas em betão armado:
  - diâmetro: resistência, deformabilidade e profundidade - 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2m
  - tecnologia: geotecnia, comprimento e ϕ
  - afastamento: min 0,10m (geral)
  - ligação às lajes e espaço entre estacas
- Muretes guia em b.a.:
  - afast. = ϕ estacas +0,05m
  - altura ^{min}= altura da viga de coroamento (min 0,80)
  - betonados contra o terreno, interiormente travados e aterrados
- Viga de coroamento em b.a.:
  - em geral ancorada ou escorada

Deformabilidade: estados limites de utilização

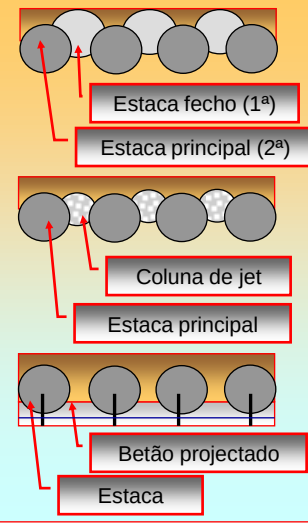
- Deformação:
  - afastamento dos apoios
  - faseamento construtivo
  - perdas de PE
- Fissuração:
  - tempo de aplicação do PE
  - pormenorização das armaduras
  - betonagem das estacas de baixo para cima

Cortinas de estacas - aspectos construtivos (ii)

- **Excentricidades construtivas**
  - excentricidade máxima admissível: 10cm
- **Saneamento da cabeça das estacas**
  - limpeza do betão contaminado
  - empalme das armaduras na viga de coroamento
- **Betões**
  - trabalhabilidade: slump > 18cm e inertes < 25mm; 15mm (TC)
  - relação a/c < 0,6
  - dosagem de cimento > 350 kg/m^3
- **Armaduras**
  - armadura longitudinal: pormenorização idêntica à dos pilares (REBAP, EC2)
  - armadura transversal: cintas helicoidais em aço macio, A235 NL, passo < 20cm
  - recobrimento mínimo: 7cm (estacas TC, entubadas), 4cm (restantes tecnologias)

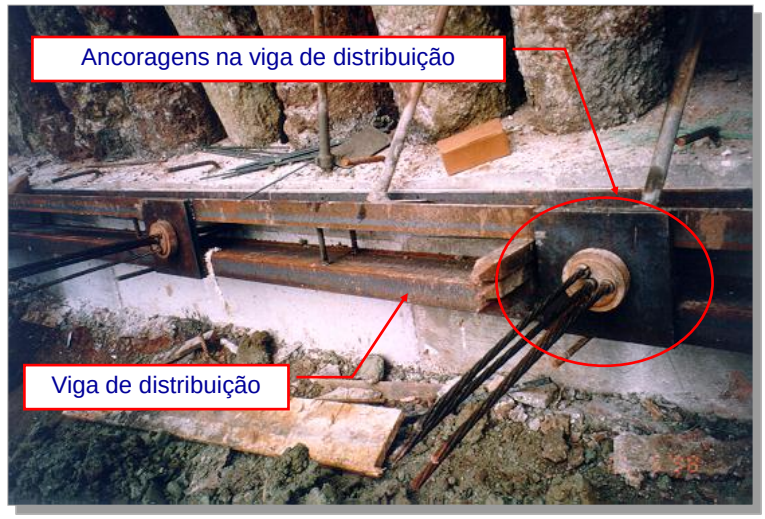
Cortinas de estacas - aspectos construtivos (iii)

- **Cortinas impermeáveis - estacas secantes**
  - Cortinas tipo "hard/hard":
    - todas as estacas apresentam função resistente
    - tempos de betonagem e armaduras compatíveis
  - Cortinas tipo "hard/soft":
    - estacas com função resistente e de selagem
    - geometria e aderência dos elementos de selagem (ex: colunas de jet grouting)
- **Cortinas permeáveis estacas - afastadas**
  - todas as estacas apresentam função resistente
  - afastamento entre estacas: geotecnia, min 0,10
  - revestimento com betão projectado ou cofrado



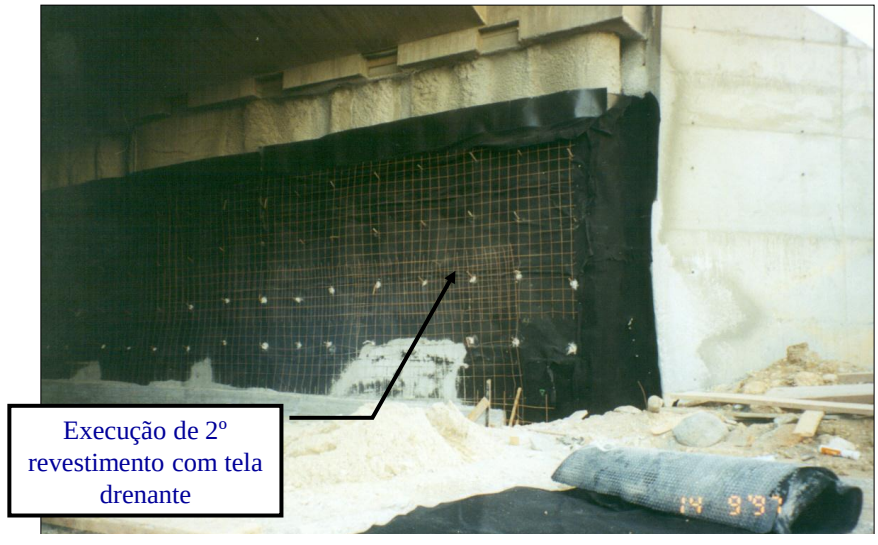
Cortinas de estacas - aspectos construtivos (iv)

Cortinas de estacas - aspectos construtivos (v)

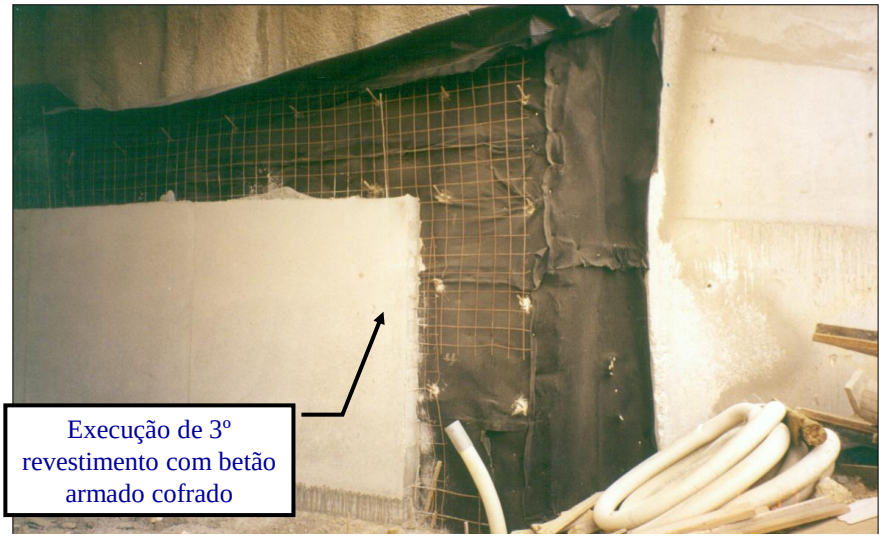


☆ Cortinas de estacas tangentes – soluções de revestimento (I):

☆ Cortinas de estacas tangentes – soluções de revestimento (II):

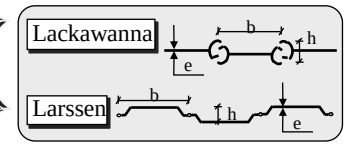


☆ Cortinas de estacas tangentes – soluções de revestimento (III):



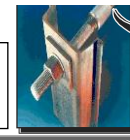
☆ Cortinas de estacas prancha:

Cortina que resulta da cravação de perfis metálicos, em geral:



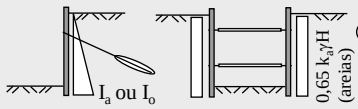
Processo construtivo

1) Cravação dos perfis a partir da superfície
2) Escavação da frente da cortina, com eventual ancoragem ou escoramento

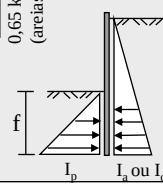


Funcionamento

a) Cortina ancorada ou escorada



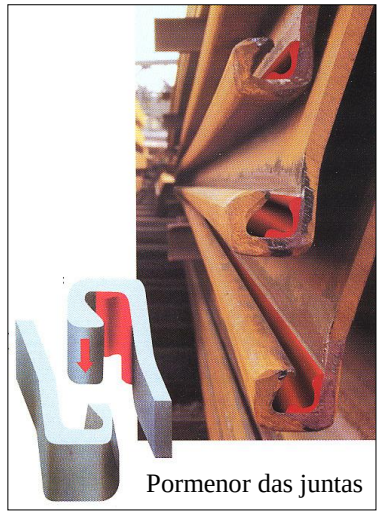
b) Cortina encastrada, estabilidade garantida pelo comprimento de encastramento (ficha - f)



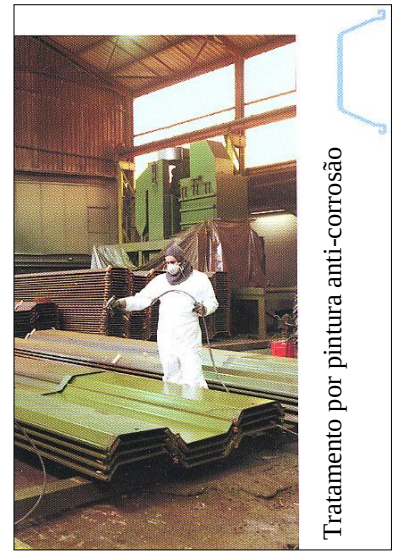
Utilização

- Em Portugal, é uma solução adoptada, em geral, apenas em obras provisórias, onde é possível a reutilização dos perfis
- Obras marítimas (ex: ensecadeiras e cais), onde a versatilidade do equipamento e da solução constitui uma vantagem

☆ Cortinas de estacas prancha :

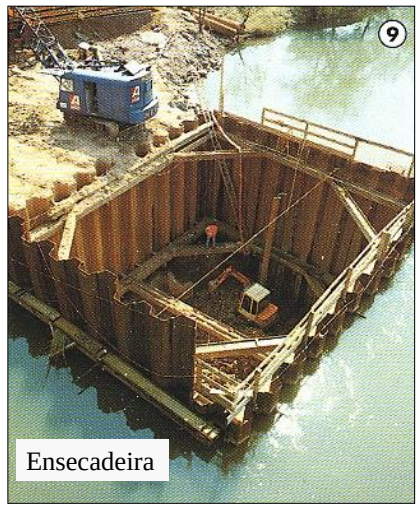


Pormenor das juntas



Tratamento por pintura anti-corrosão

☆ Cortinas de estacas prancha – exemplos de aplicação:

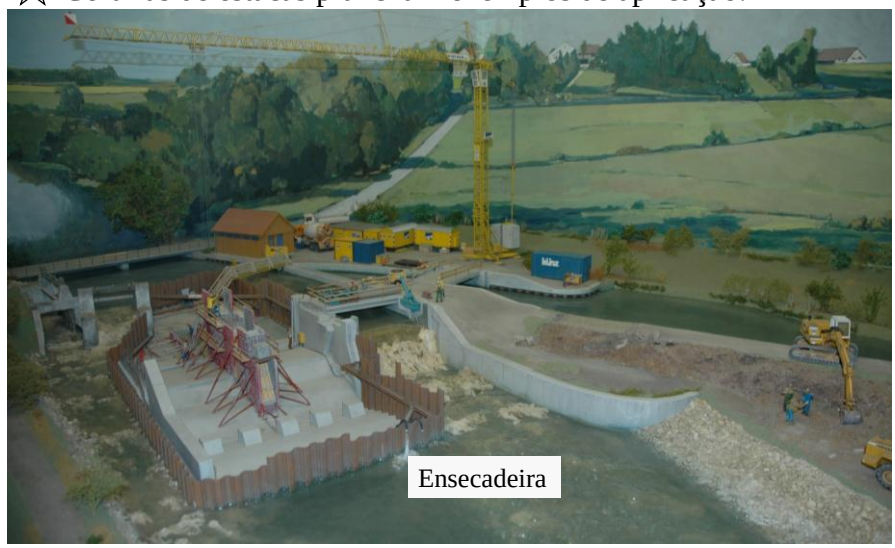


Ensecadeira

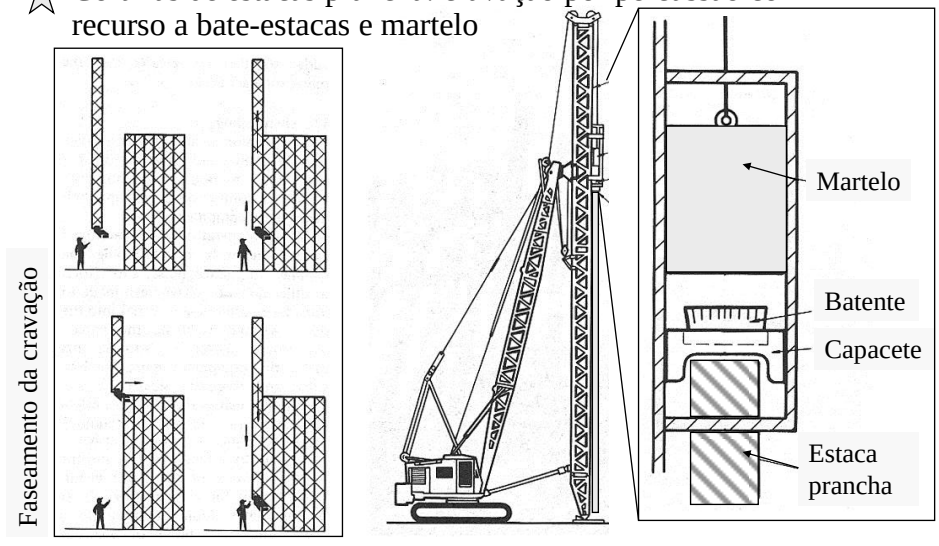
Muro ala no acesso a um viaduto

☆ Cortinas de estacas prancha – exemplos de aplicação:

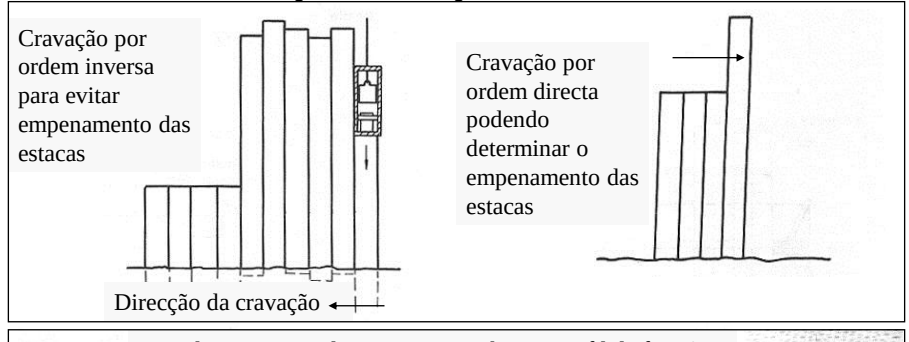
☆ Cortinas de estacas prancha – exemplos de aplicação:

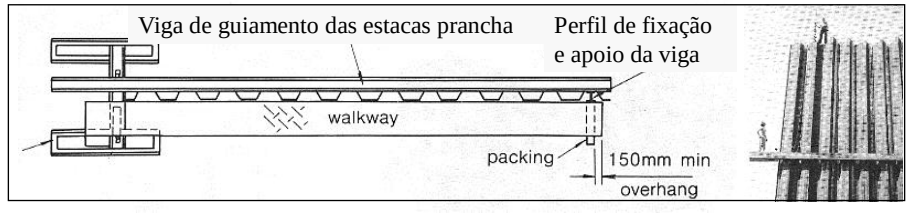


☆ Cortinas de estacas prancha: cravação por percussão com recurso a bate-estacas e martelo



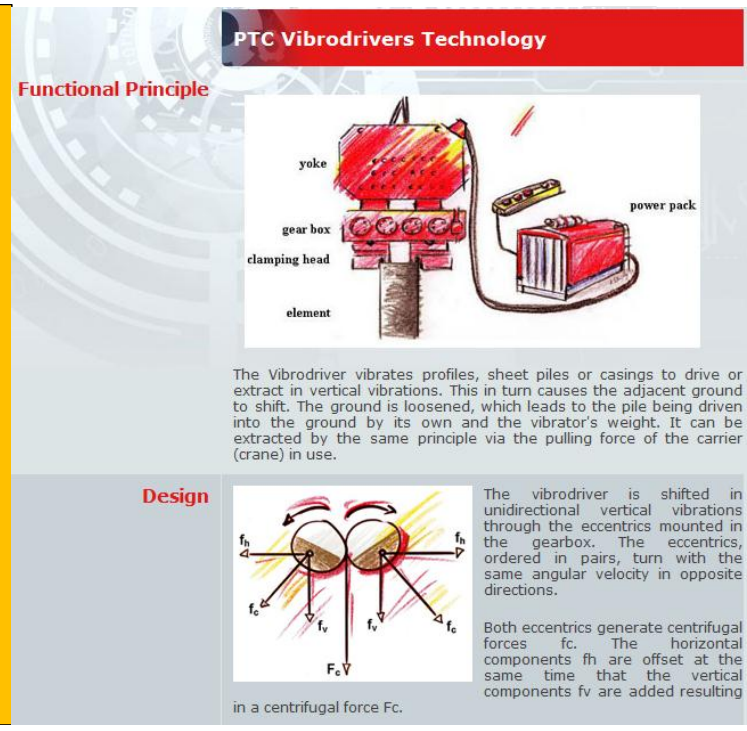
☆ Cortinas de estacas prancha – aspectos construtivos:





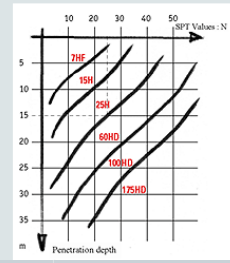
☆ Cortinas de estacas prancha: cravação por vibração com recurso a "vibro-fonceur":

☆ "Vibro-fonceur":



☆ "Vibro-fonceur":

Selection



The selection of a vibrodriver is based on:

- cross section of pile
- ram profile weight
- penetration
- soil layer consistency
- soil porosity

The diagram, which has been derived from experience, can be used to preselect the vibrodriver.

Moreover, driving efficiency can be improved by air or water jetting.

Parameters

Eccentric Moment: M^t (Nm) is the product of the mass (m) of the eccentric and the distance (r) between its centre of gravity and its rotational axis. The eccentric moment of the vibrodriver is equal to the sum of the moments of the eccentrics:

$$M^t = \sum (m \times r)$$

Centrifugal Force: F_c (kN)

Each eccentric generates a centrifugal force:

$$f_c = m \times r \times \omega^2$$

(ω is the angular velocity in radians/s)

$$F_c \text{ max} = 1{,}118 \times M^t \times n^2 \times 10^{-6}$$

(F_c in kN, M^t in Nm, **n** = v.p.m or r.p.m)

Amplitude: A (mm) is the total vertical displacement of the vibrating elements during one complete revolution of the eccentrics. The maximum amplitude is achieved using the formula:

$$A = \frac{2 \times M^t}{10 \times m_v}$$

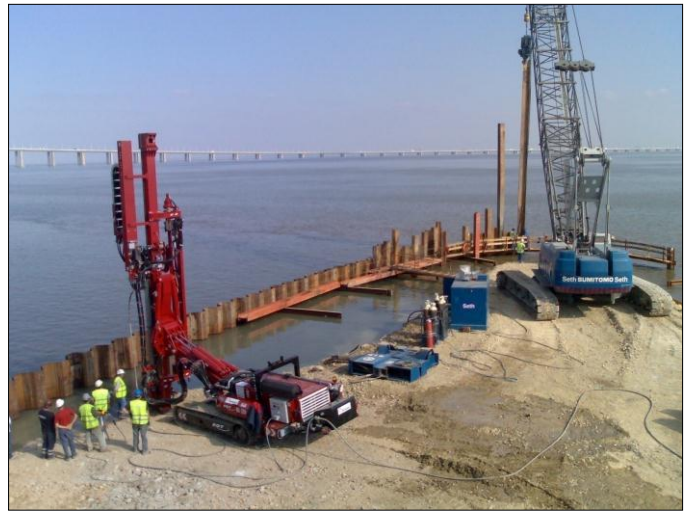
(A in mm, M^t in Nm, m_v in ton)

Dynamic Weight: m_v (t) This is the sum of the weights of the vibrating gearbox, the clamping head and the element to be driver or extracted.

☆ Cortinas de estacas prancha – cravação com viga de guiamento

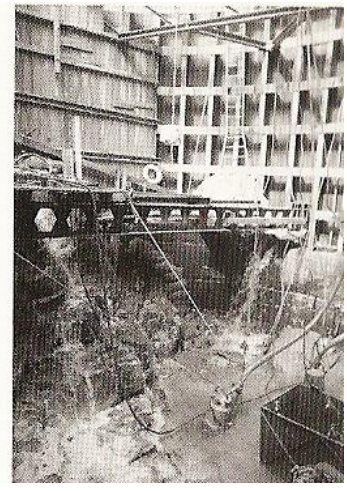
☆ Cortinas de estacas prancha – cravação com viga de guiamento

☆ Cortinas de estacas prancha – cravação com viga de guiamento

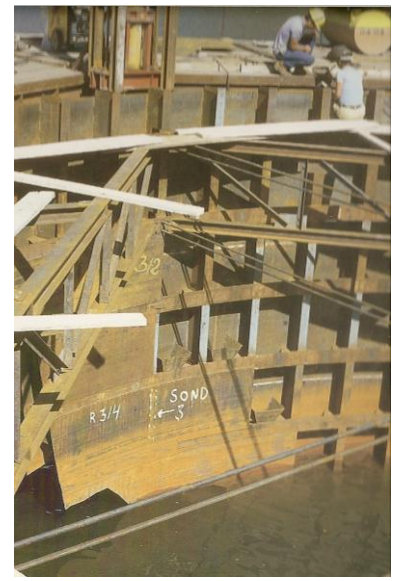


☆ Cortinas de estacas prancha

☆ Cortinas em ensecadeiras – Ponte S. João: Porto



☆ Cortinas em ensecadeiras
– Ponte S. João: Porto



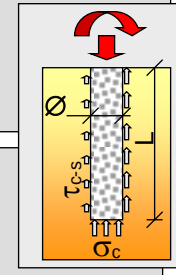
☆ **Corpos de Jet Grouting como ele. de contenção - Projecto**

Quantificação de impulsos: Teoria de Coulomb com δ' = ∅'

E.L. Último Resistência estrutural - flexão composta: $\sigma = N/A + -M/w$

Compressão: $\sigma c < 2MPa$ (comb. rara de acções)

Tracção: $\sigma t < 0,3MPa$ (comb. rara de acções)



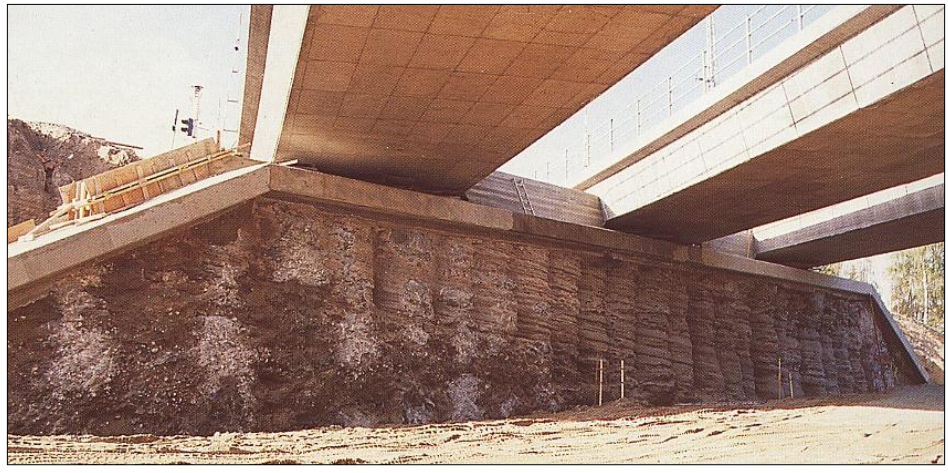
E.L.Ultimo de Capacidade de carga do terreno:

Ponta: $\sigma c < 2MPa$ (comb. rara de acções)

Atrito lateral: $L > NxF.S. / (\pi x \varnothing x \tau_{c-s})$, método Bustamante

E.L.Utilização: deformação horizontal (igual a estacas)

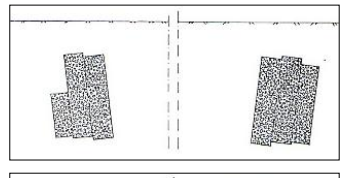
☆ Corpos de Jet Grouting como estrutura de contenção



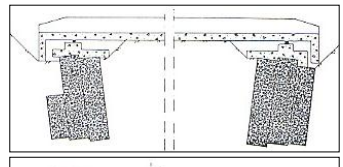
P.I. ao Caminho de Ferro, Telemark, Noruega – Solução de encontros em cortina de colunas

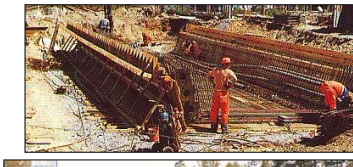
☆ Corpos de Jet Grouting como estrutura de contenção

Fase I – Execução das colunas, a partir da superfície

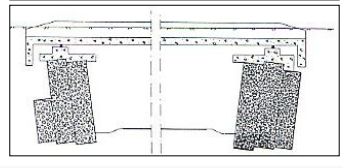


Fase II – Execução do tabuleiro, betonado contra o terreno



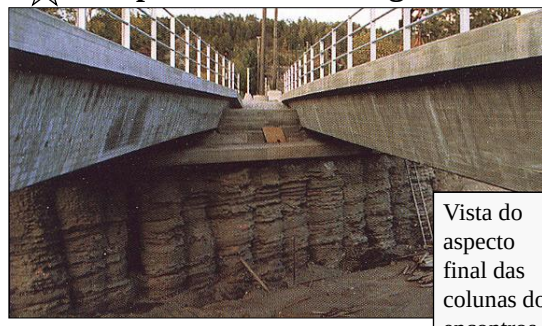


Fase III – Escavação até à cota final

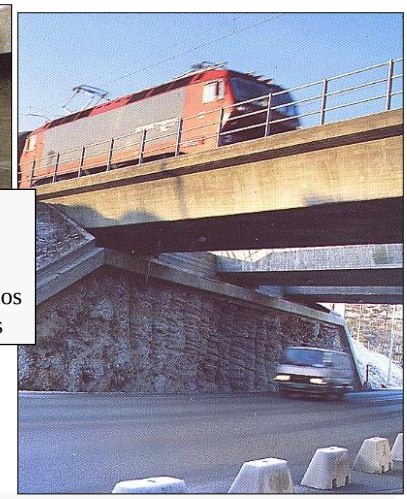


P.I. ao Caminho de Ferro, Telemark, Noruega – Solução de encontros em cortina de colunas

Corpos de Jet Grouting como estrutura de contenção

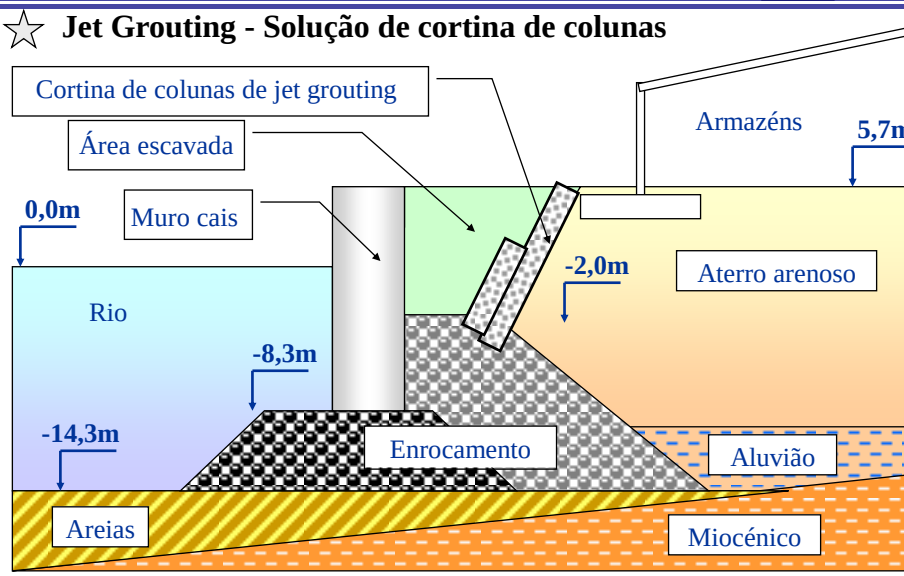


Vista do aspecto final das colunas dos encontros



P.I. ao Caminho de Ferro, Telemark, Noruega – Solução de encontros em cortina de colunas

Jet Grouting - Solução de cortina de colunas



Jet Grouting - Solução de cortina de colunas

Cortinas de jet grouting - critérios de dimensionamento

Resistência: estados limites últimos

- Colunas e painéis:
  - fases construtivas e definitiva
  - flexão composta
  - corte
  - capacidade de carga
- Viga de coroamento:
  - flexão
  - corte
  - torção
- Ancoragens e tirantes:
  - capacidade carga
  - tracção
- Escoras:
  - encurvadura por varejamento
- Viga de distribuição de ancoragens, tirantes e escoras:
  - flexão
  - corte

Betão armado ou perfis metálicos

Deformabilidade: estados limites de utilização

- Deformação:
  - horizontal - coroamento
  - vertical - assentamento
- Fissuração:
  - resistência à tracção na flexão

Cortinas de jet grouting - aspectos construtivos (i)

Resistência: estados limites últimos

Colunas e painéis:
- geometria: resistência e deformabilidade (dosagem de cimento e geotecnia)
- tecnologia: geometria (jet grouting tipo 1, 2 ou 3)
- continuidade: sobreposição de elementos adjacentes
- encastramento: ficha ou colunas armadas com tubo de microestaca
- ligação às lajes horizontais: estrutura interior

Deformabilidade: estados limites de utilização

Deformação:
- aumento do atrito coluna-solo: diminuição dos impulsos
- inércia: limitar tracção na flexão
- modulo de deformabilidade : tecnologia e cimento

Fissuração:
- limitar tracção na flexão: dosagem de cimento (sup. a 200 kg/m)

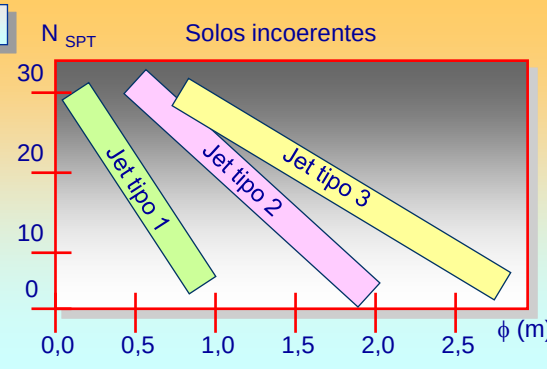
Cortinas de jet grouting - aspectos construtivos (ii)

Tipo de jet grouting: 1, 2 ou 3

Tipo 1 - simples:
- injecção de cimento

Tipo 2 - duplo:
- injecção de ar e cimento

Tipo 3 - triplo:
- injecção de ar, água e cimento

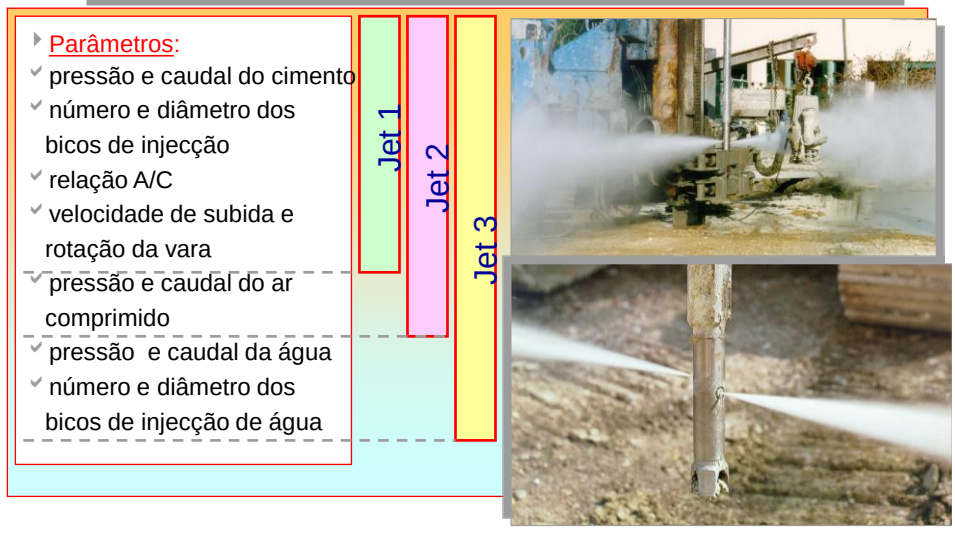


Permeabilidade

- Baixa: $1x10^{-8}$ a $1x10^{-11}$ m/s - condicionada pela geometria das colunas

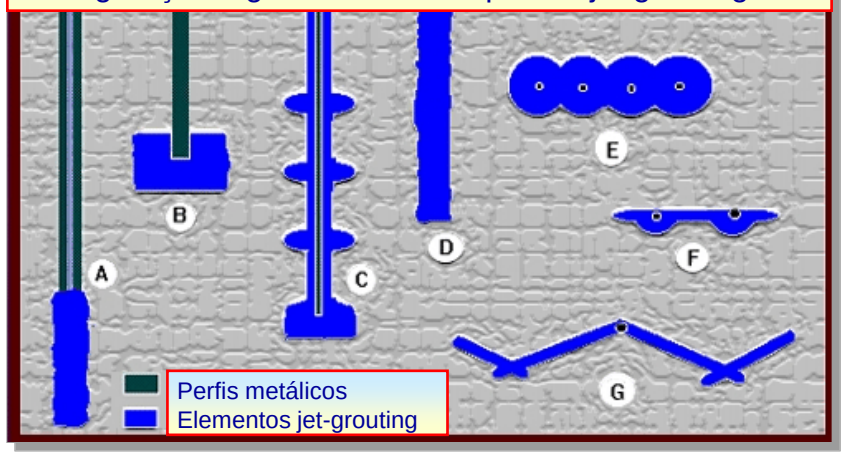
Cortinas de jet grouting - aspectos construtivos (iii)

Parâmetros:
- pressão e caudal do cimento
- número e diâmetro dos bicos de injecção
- relação A/C
- velocidade de subida e rotação da vara
- pressão e caudal do ar comprimido
- pressão e caudal da água
- número e diâmetro dos bicos de injecção de água



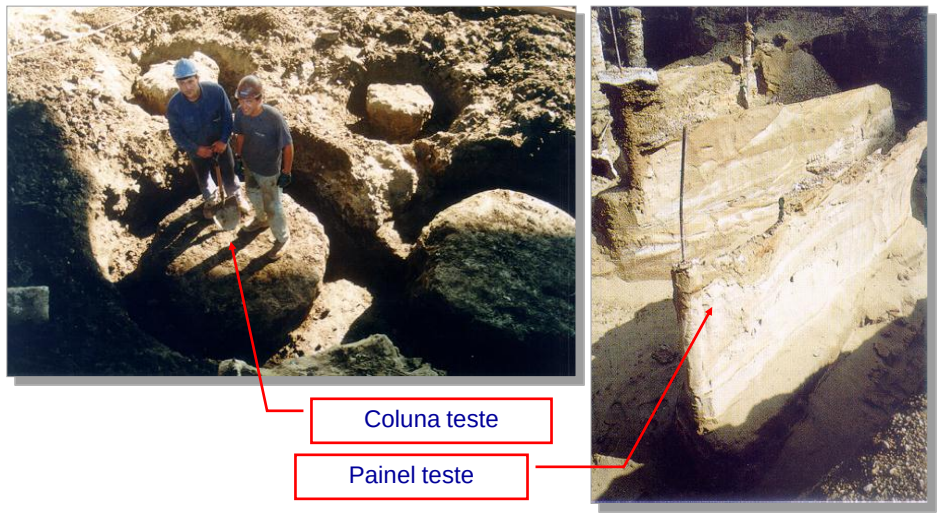
Cortinas de jet grouting - aspectos construtivos (iv)

Configuração e geometria de corpos de jet grouting



Cortinas de jet grouting - aspectos construtivos (v)

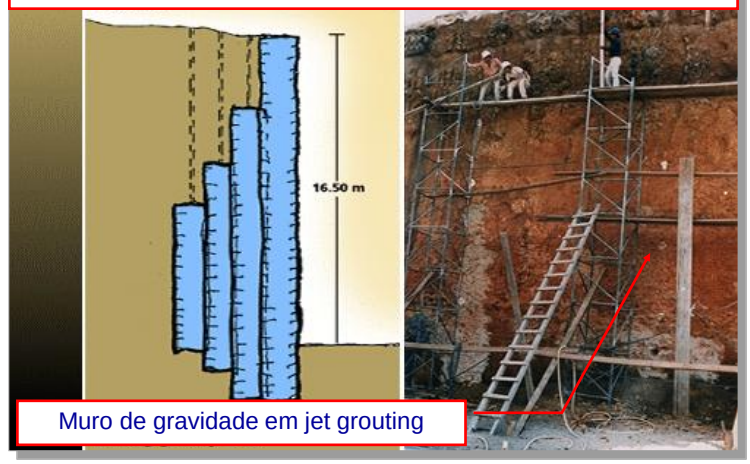
Cortinas de jet grouting - aspectos construtivos (vi)



Cortinas de jet grouting - aspectos construtivos (vii)

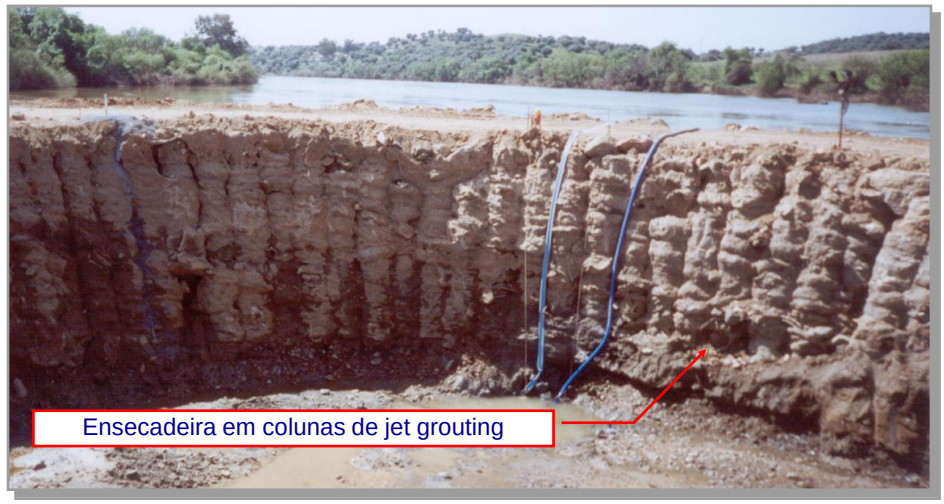
Cortina de colunas de jet grouting ϕ1600mm

Cortinas de jet grouting - aspectos construtivos (viii)



Muro de gravidade em jet grouting

Cortinas de jet grouting - aspectos construtivos (ix)



Jet Grouting como contenção - comparação com soluções tradicionais

Jet grouting como contenção - comparação com solução de estacas prancha

Vantagens

- Maior facilidade de furação e maior rendimento
- Diminuição do impulso horizontal

Limitações

- Reduzida resistência para esforços de tracção
- Não reutilizável

Jet grouting como contenção - comparação com soluções de betão armado

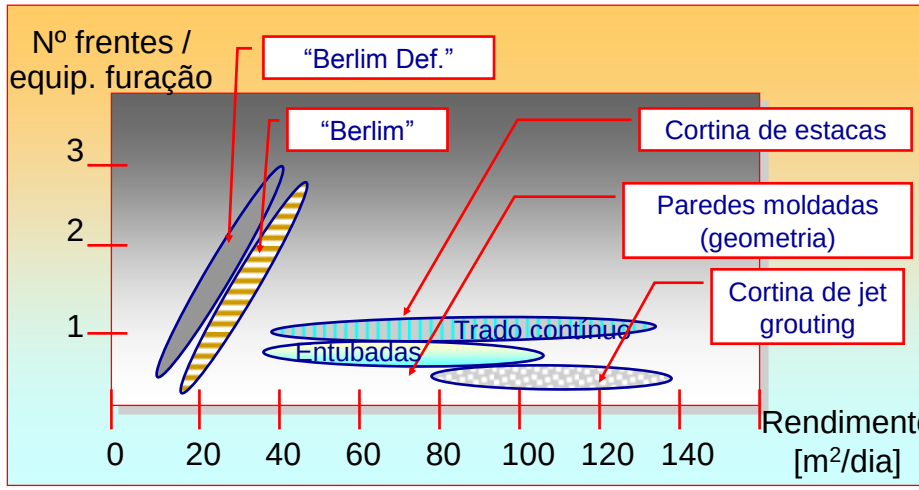
Vantagens

- Maior facilidade de furação e maior rendimento
- Diminuição do impulso horizontal
- Maior estanqueidade

Limitações

- Reduzida resistência para esforços de tracção
- Menor esbelteza
- Menor capacidade de carga

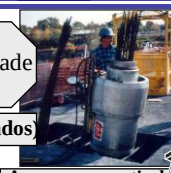
Rendimentos



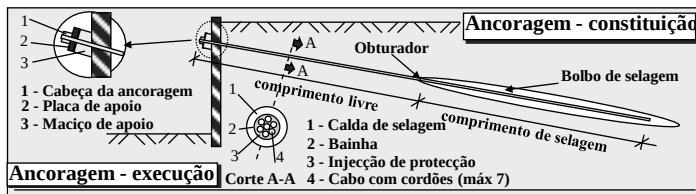
Ancoragens e escoramentos:

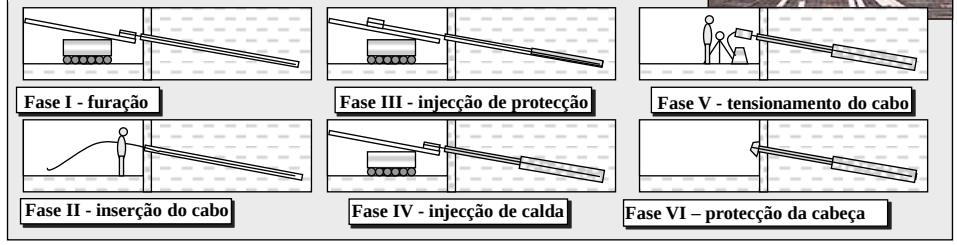
Soluções provisórias ou definitivas:

Objectivos: Estabilização: deformabilidade, esforços



Escoramentos - processo construtivo: ajustamento e aperto (podem ser pré-esforçados)



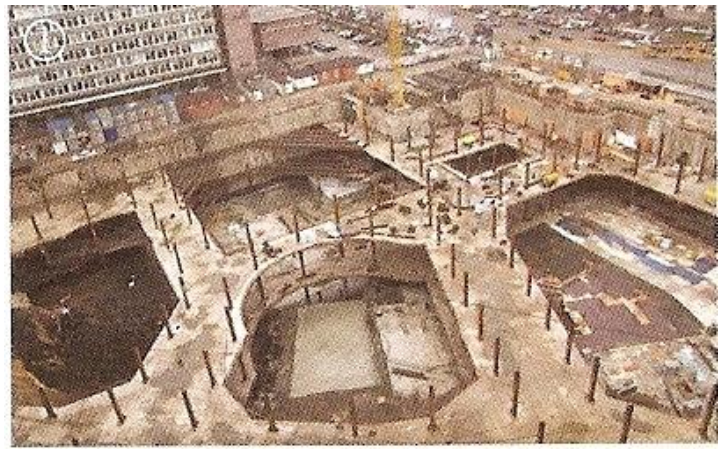


Ancoragens e escoras - aspectos construtivos

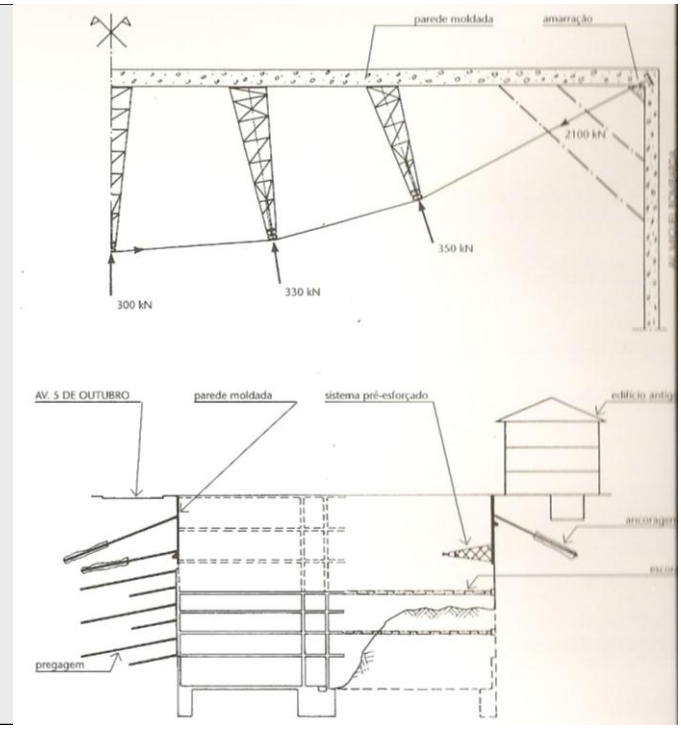
Escoras metálicas (menor eficácia na resistência à encurvadura)

Escoras em betão armado (maior eficácia encurvadura)

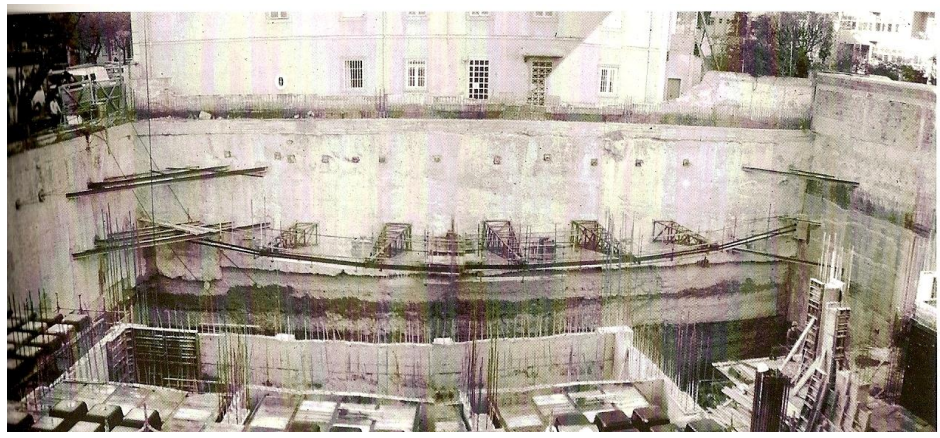
Escoras em lajes de betão armado (estrutura definitiva)



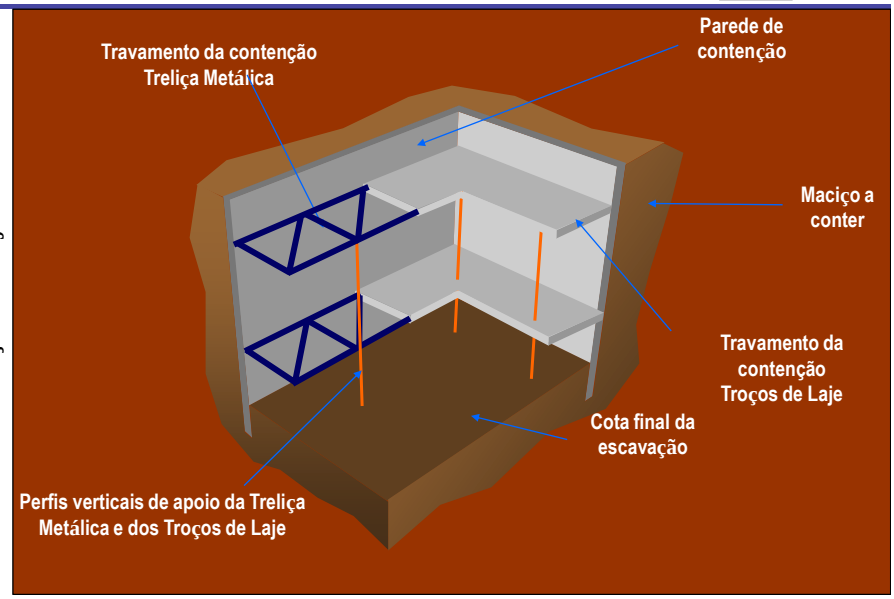
Escoramento com estrutura metálica ao longo do alçado



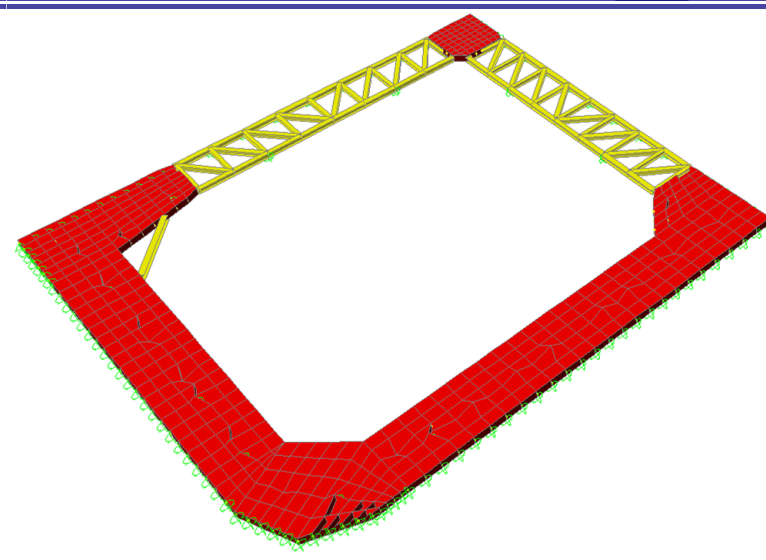
Escoramento com estrutura metálica ao longo do alçado



Soluções de Escoramentos por bandas / troços de laje

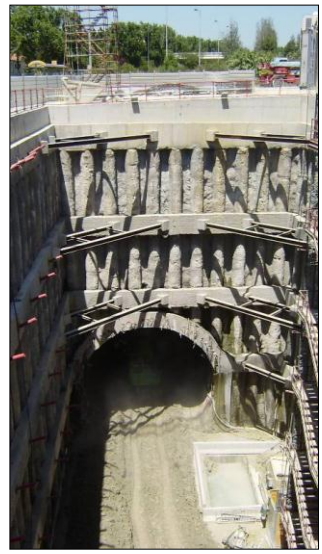


Soluções de Escoramentos por bandas / troços de laje

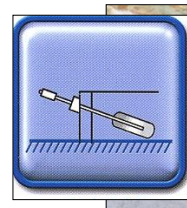


☆ Soluções de Escoramentos por bandas / troços de laje

☆ Soluções de Escoramentos de canto ao segundo menor vão da escavação



☆ Tipos de Ancoragens – vida útil

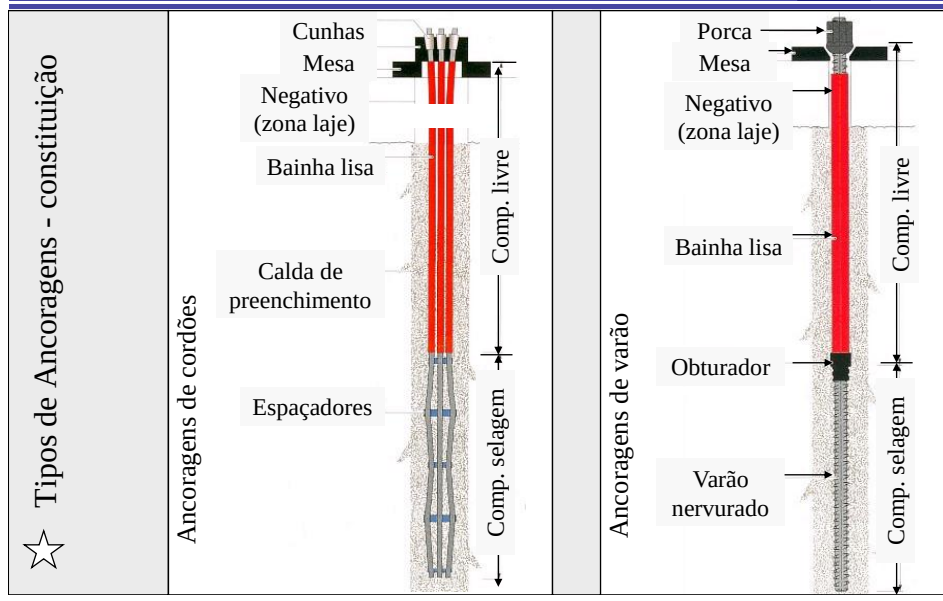


- Ancoragens provisórias: vida útil máxima de 2 anos
- Ancoragens "definitivas": vida útil mínima de 2 anos

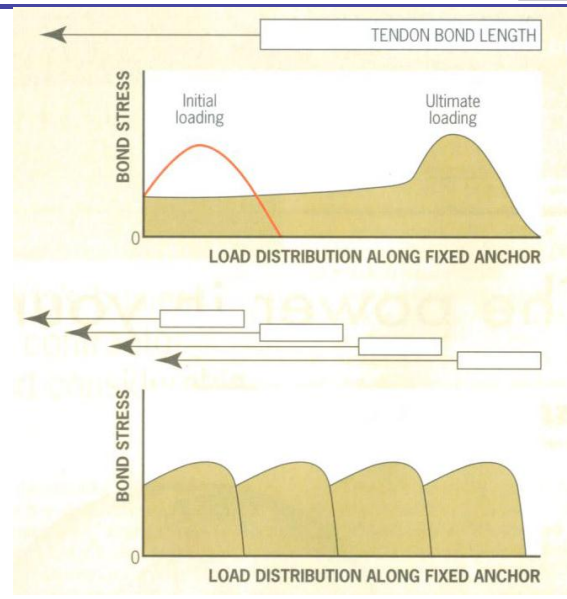
As ancoragens definitivas apresentam maiores exigências de:

- Protecção contra a corrosão
- Instrumentação
- Acessibilidade para retensionamento e/ou substituição

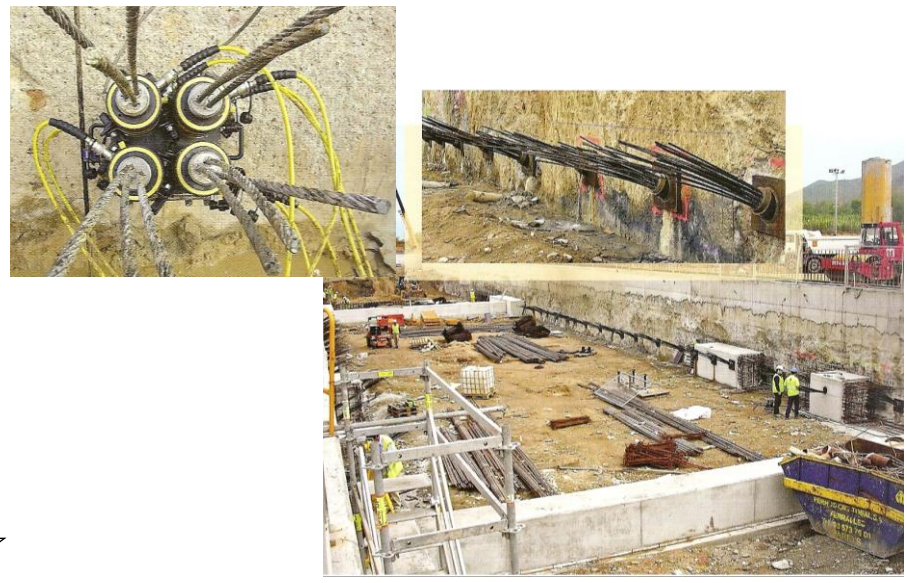
☆ Tipos de Ancoragens - constituição



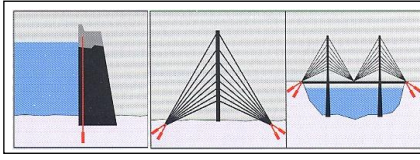
☆ Tipos de Ancoragens – sistema SBMA



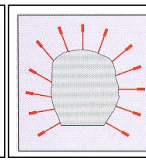
☆ Tipos de Ancoragens – sistema SBMA



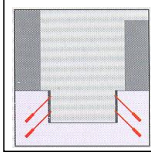
☆Tirantes ao solo: ancoragens e pregagens – aplicações em geotecnia



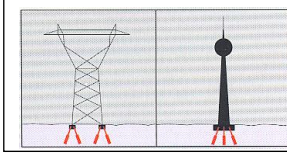
Ancoragens para equilíbrio de sistemas estruturais



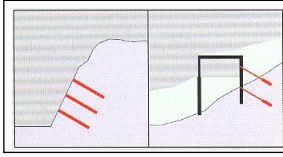
Pregagens para estabilização de escavações em túnel



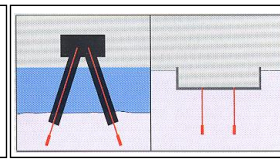
Ancoragens para travamento de estruturas de contenção



Ancoragens e microestacas / pregagens para transmissão ao terreno de forças de tracção e de compressão



Ancoragens e pregagens para estabilização de taludes

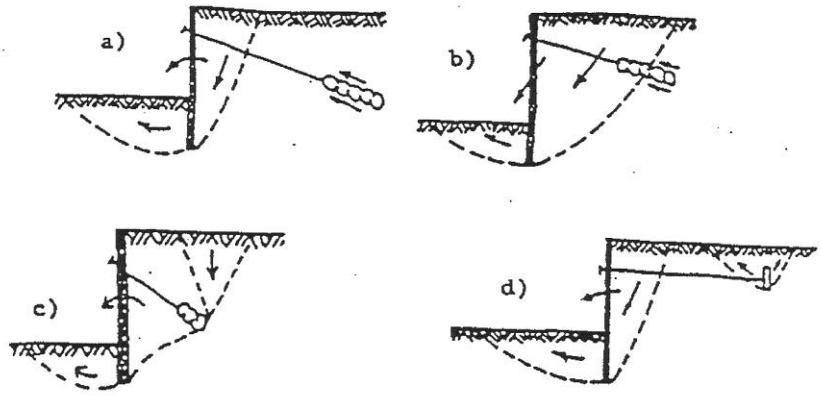


Ancoragens e microestacas / pregagens para resistência a subpressões

☆Ancoragens: aspectos a considerar no seu dimensionamento

- Condições geológicas - geotécnicas existentes na área de intervenção
- Durabilidade da ancoragem, incluindo a agressividade química do terreno e do meio envolvente
- Plataforma de trabalho para o equipamento
- Nível de tensão permitido
- Condições de transporte e de manuseamento
- Factores económicos

☆ Modos Limites de Rotura por Arranque de Ancorgens (EC7)

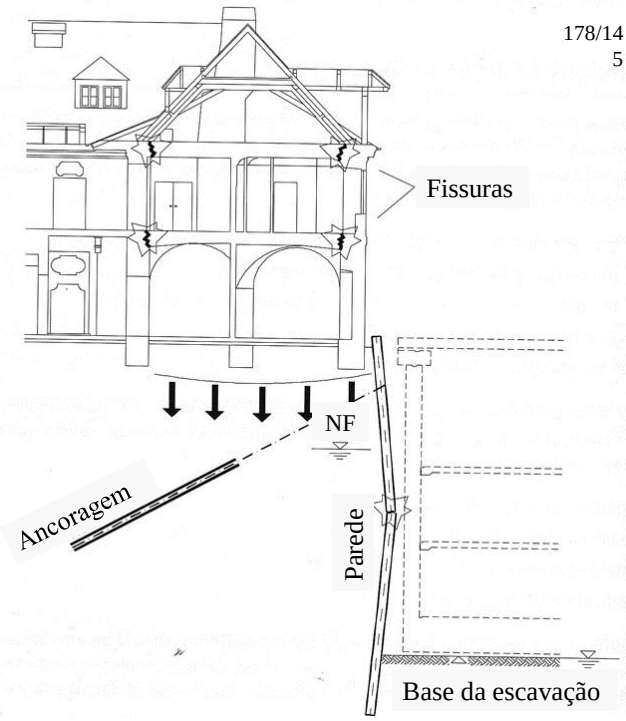


- a), b) e c): ancoragens activas
- d): ancoragens passivas (tipo placa)

☆ Verificação da segurança:

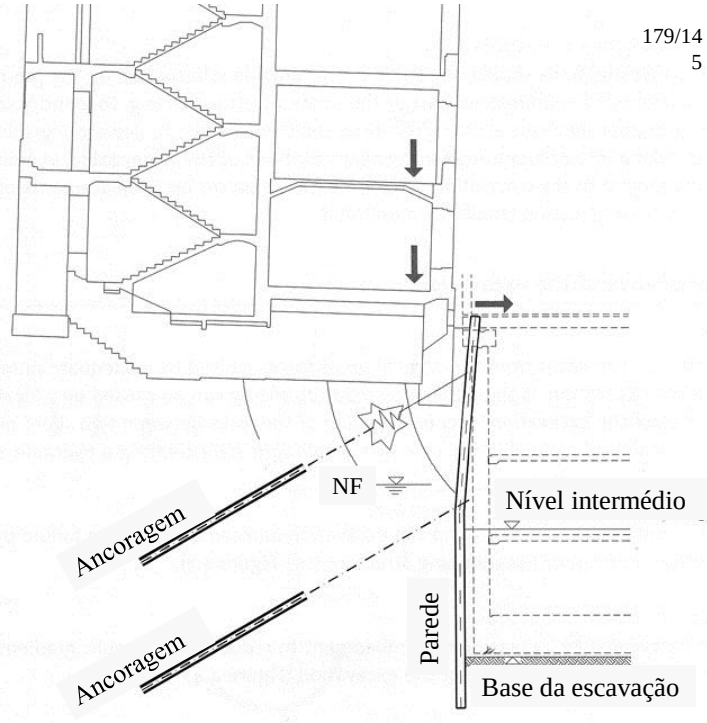
E.L. Último de Resistência à Flexão e/ou Corte da parede da contenção

178/145

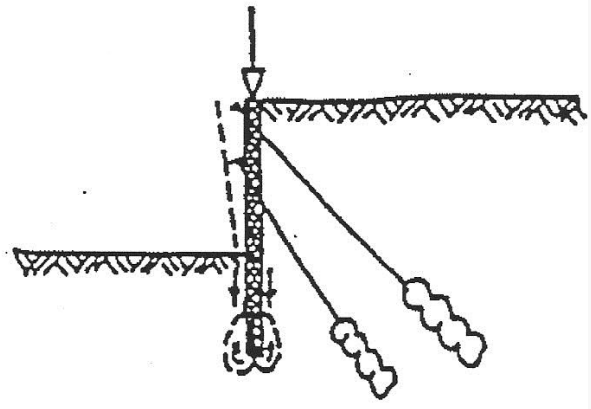


☆ Verificação da segurança:

E.L. Último de Resistência à Tracção das Ancoragens



☆ Modos Limite de Rotura Vertical de Cortinas (EC7)



- Devem ser contabilizados valores de cálculo máximos das forças verticais, em particular as componentes verticais das ancoragens
- Este fenómeno pode ser controlado através do incremento do comprimento de selagem dos perfis verticais (contenção "Berlim") ou da ficha no terreno (paredes moldadas, cortina de estacas, estacas prancha)
- Necessário verificar se a cortina também irá desempenhar a função de fundação da estrutura

Rotura por incumprimento do faseamento construtivo e insuficiente capacidade de carga vertical

☆ Verificação da segurança de Ancoragens – EC7, EN1537 – Anexo D:

Resistência à tracção da armadura

- $P < 0{,}65\ P_{tk}$, ao longo da vida útil da ancoragem, com P_{tk} = valor característico da carga de rotura do cordão (ex: aço 1670/1860 – Grade 270k c/ 0,60", P_{tk} = 260 kN)
- $P_o < 0{,}60\ P_{tk}$, condição a aplicar à força de tracção de blocagem (P_o)
- $[E_d = \gamma_q\ P_o] < [R_{id} = R_{ik} / \gamma_R]$, com $0{,}8 < \gamma_d < 1{,}1$; $R_k = P_{tk}$ e $\gamma_R > 1{,}35$ – Resist. interna

Fluência da ancoragem – interface terreno / calda

- $[R_{ad} = R_{ak} / \gamma_m] > R_{id}$, com $[R_{ak} = R_{am} / \zeta]$; ζ (função nº ensaios prévios) e $\gamma_m = 1{,}25$ (ancoragens provisórias) ou 1,50 (ancoragens definitivas) – Resistência externa

Capacidade de carga do terreno – Método de Bustamante

- $Ls > N \times FS / (\pi \times \alpha \times d \times \tau_{calda\text{-}solo})$

N – carga de dimensionamento

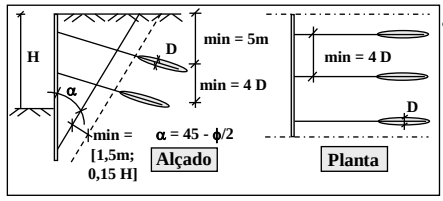
FS – Factor de segurança

α – coeficiente expansibilidade

d – diâmetro da furação

$\tau_{calda-solo}$ – tensão de atrito calda-solo

☆ Verificação da segurança de Ancoragens:



- $L_{livre\ final} = L_{livre\ das\ cargas\ estáticas} \times (1 + 1{,}5 \times \alpha)$, incremento de L em zonas sísmicas

Corrosão de cunhas e cordões

- Fluência do solo e da calda de cimento
- Blocagem da ancoragem – dispositivos de amarração
- Deformação da cabeça da ancoragem
- Relaxação do aço da armadura.
- Atrito desenvolvido pelas armaduras da ancoragem dentro da bainha.
- Deformações provocadas pela componente vertical da ancoragem.
- Efeito de grupo.
- Fenómenos de corrosão a médio e longo prazo.

Perdas de carga em ancoragens

☆ Ancoragens – aspectos construtivos

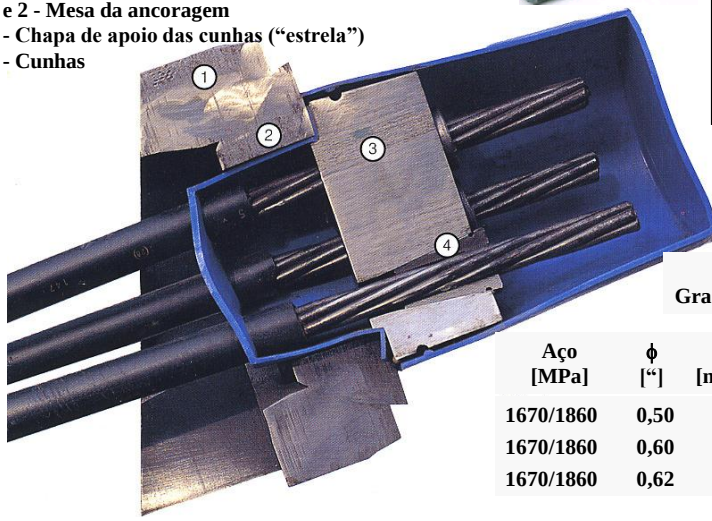
Preparação das ancoragens

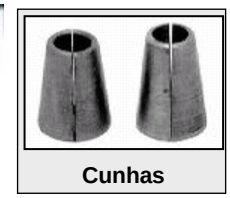
Tensionamento das ancoragens

Equipamento de furação sobre plataforma suspensa em grua

☆ Cabeças das ancoragens de cordões

1 e 2 - Mesa da ancoragem
3 - Chapa de apoio das cunhas ("estrela")
4 - Cunhas





Cunhas

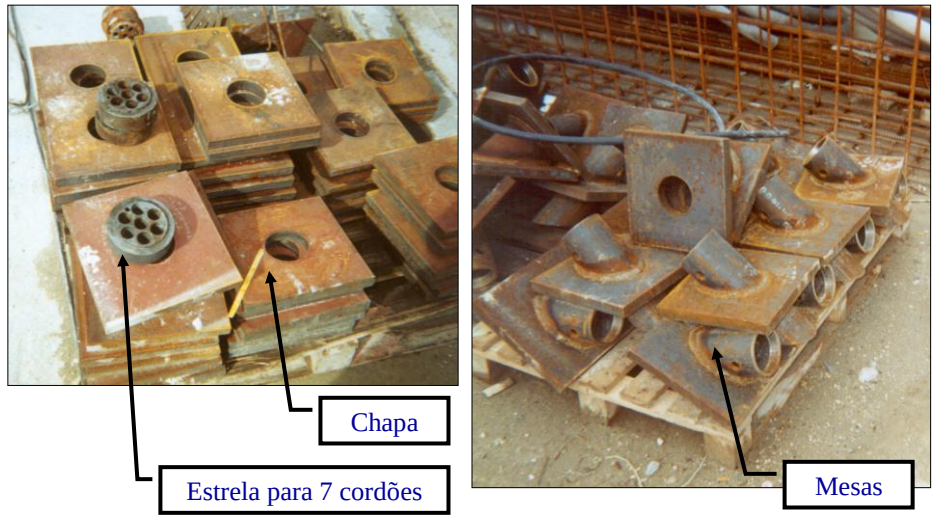
Aço 1670/1860 = Grade 270k (ASTM 416)

Aço [MPa]	ϕ ["]	A [mm²]	F_{yd} [kN]	F_{tk} [kN]
1670/1860	0,50	100	167	186
1670/1860	0,60	140	234	260
1670/1860	0,62	150	251	269

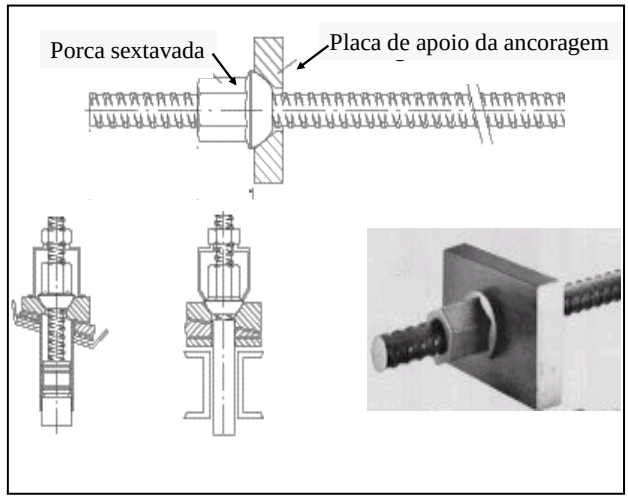
☆ Ancoragens – Cabeças de Protecção

☆ Ancoragens – Cabeças de Protecção

☆ Cabeças das ancoragens de cordões: chapas, mesas e estrelas



☆ Cabeças das ancoragens de varão



Aço [MPa]	ϕ [mm]	F_{yd} [kN]	F_{tk} [kN]
835/1030	26,5	460	568
835/1030	32,0	671	828
835/1030	36,0	850	1048
900/1030	26,5	496	568
900/1030	32,0	724	828
900/1030	36,0	916	1048
1080/1230	26,5	595	678
1080/1230	32,0	868	989
1080/1230	36,0	1099	1252
500/550	40,0	628	691
500/550	50,0	982	1080
500/550	63,5	1758	2217

☆ Injecção de ancoragens – funções (EN1537):

- A formação do bolbo de selagem da ancoragem de forma a que a força aplicada na armadura possa ser transmitida ao terreno
- A garantia de protecção da armadura da ancoragem contra a corrosão
- O alargamento das paredes do furo na zona do comprimento de selagem da ancoragem, de forma a aumentar a sua capacidade de carga
- O tratamento do terreno nas imediações na zona de selagem da ancoragem, de forma a limitar a perda de calda

☆ Ancoragens – Injecção IRS com tubo manchete (TM) e obturador duplo

1 – Furo

2 – Tubo TM com válvulas manchete

3 – Válvula manchete

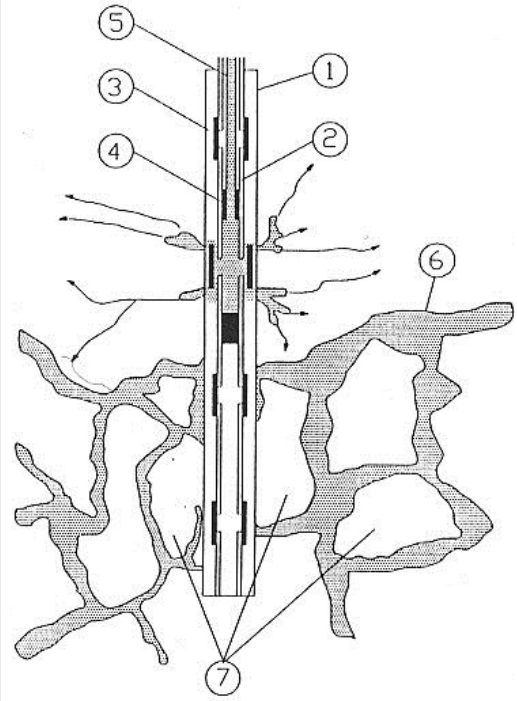
4 – Obturador (zona superior)

5 – Tubo injector

6 – Calda de cimento com presa já ganha, pois a injecção é realizada das válvulas inferiores para as superiores

7 – Terreno tratado pela injecção

O sistema de injecção IRS é o que permite a realização de injecções mais controladas e mais eficazes



☆ Ancoragens – obturadores

• Injecção IGU

Obturador simples – a colocar na transição da zona do comprimento livre para o comprimento de selagem

• Injecção IRS

Obturador superior →

Tubo injector com obturador duplo – permite injecção tipo IRS

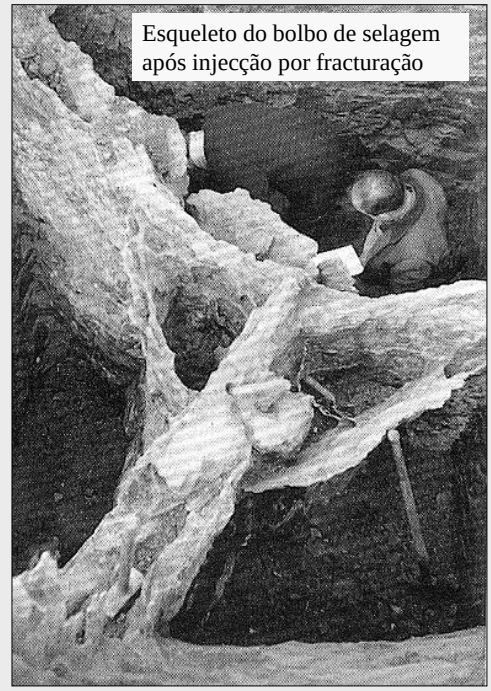
Obturador inferior →

☆ Tipos de injecção

a) Injecção de permeação: tratamento do terreno por preenchimento dos vazios com calda de cimento a pressão moderada a alta (adoptada em geral em ancoragens e microestacas)

b) Injecção de fracturação: melhora as características do terreno por injecção de calda de cimento a alta a muito alta pressão que induz primeiro a fracturação do terreno, e determina depois o preenchimento das mesmas fissuras pela calda de cimento

c) Injecção de compensação: permite compensar assentamentos através do empolamento do terreno por aumento de volume, provocado por injecção tipo permeação



Esqueleto do bolbo de selagem após injecção por fracturação

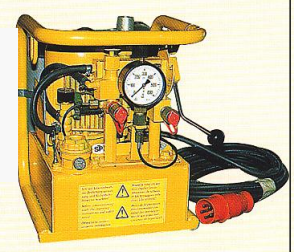
☆ Ancoragens – Sistema de reinjecção multi tubo

☆ Ancoragens – acessórios

Macaco para tensionamento das ancoragens

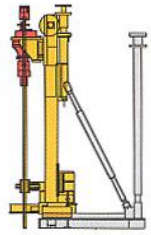
Central de mistura de calda de cimento

Bombas hidráulicas para accionamento dos macacos

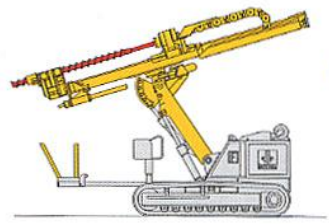


☆ Ancoragens – Aplicação de Pré Esforço

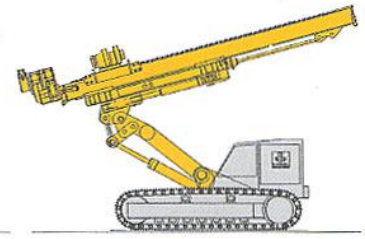
☆ Ancoragens – acessórios



Furação à rotação sem vibrações: carotagem



Furação à rotação com trado



Furação à rotopercussão com martelo

Equipamento de furação de pequeno diâmetro (inf. a 300mm)

☆ Ancoragens – Ensaios de Carga

Ensaio prévio de uma ancoragem

Todas as ancoragens executadas numa obra devem ser ensaiadas

Tipos de ensaios (EN1537):

- Ensaios prévios (EP): em ancoragens experimentais
- Ensaios de verificação - recepção detalhados (ERD): em ancoragens a incorporar na obra, em geral as instrumentadas com células de carga
- Ensaios de recepção simplificados (ERS): em ancoragens a incorporar na obra

Ancoragens – Ensaio Prévio

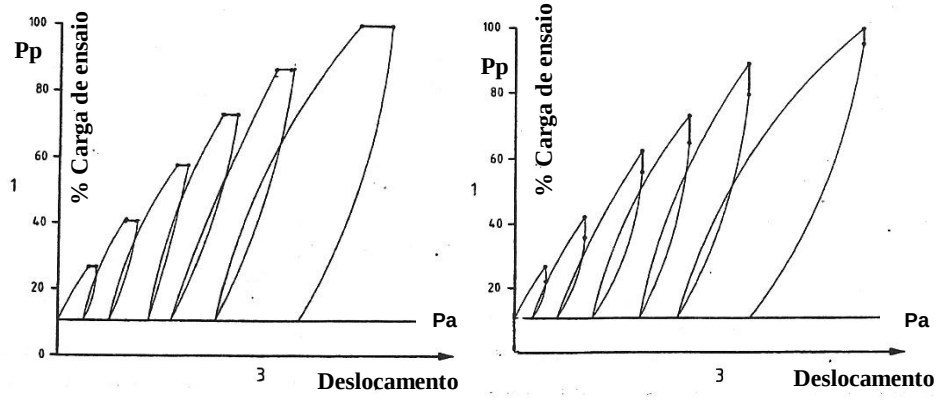
Ancoragens – Ensaio Prévio

Ancoragens – Ensaio Prévio

Ancoragens – Ensaio Prévio

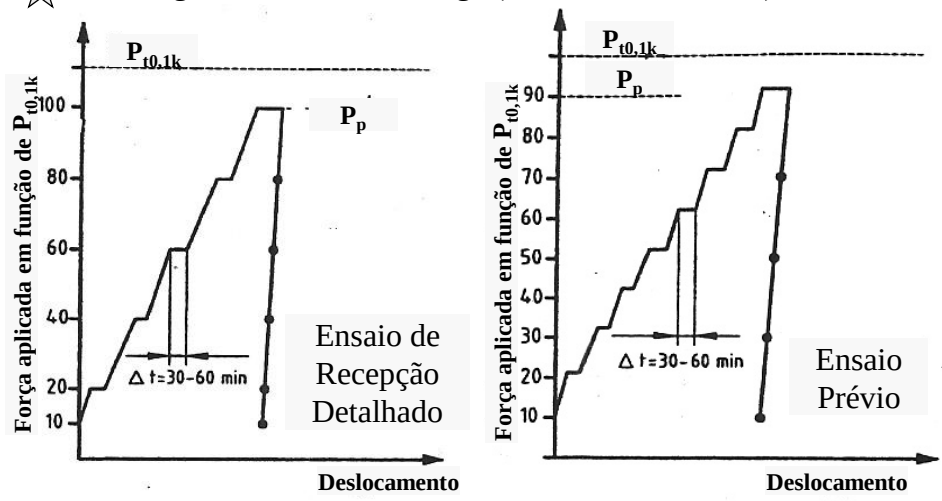
☆ Ancoragens – Ensaio Prévio

☆ Ancoragens – Ensaios de Carga (EN 1537)



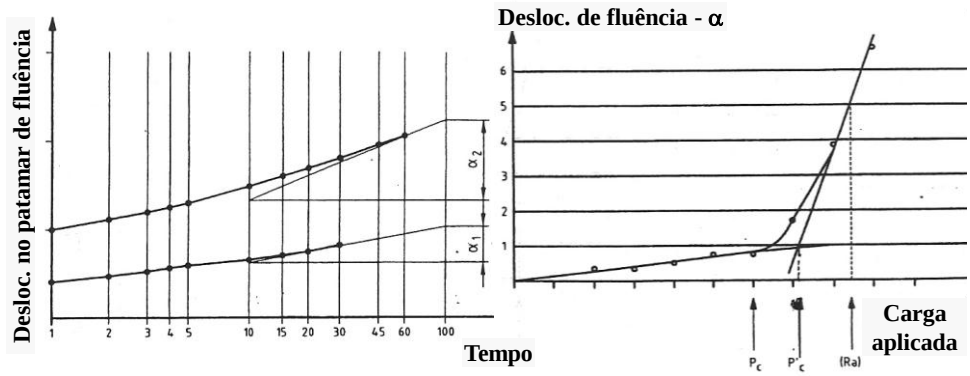
Método 1 | Método 2

☆ Ancoragens – Ensaios de Carga (EN 1537 – Anexo E)



Método 3

☆ Ancoragens – Ensaios de Carga (EN 1537 – Anexo E)

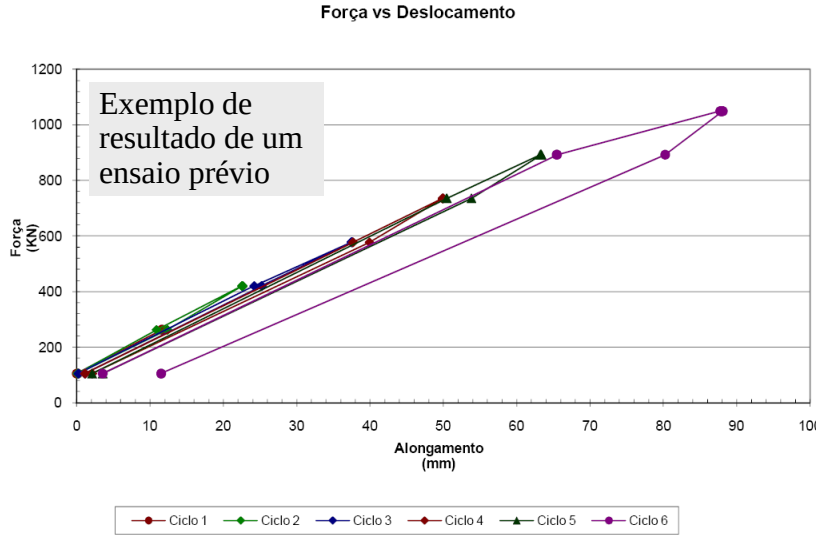


Determinação do deslocamento de fluência, α, a partir dos dados de um ensaio de ancoragens, realizado segundo o método 3

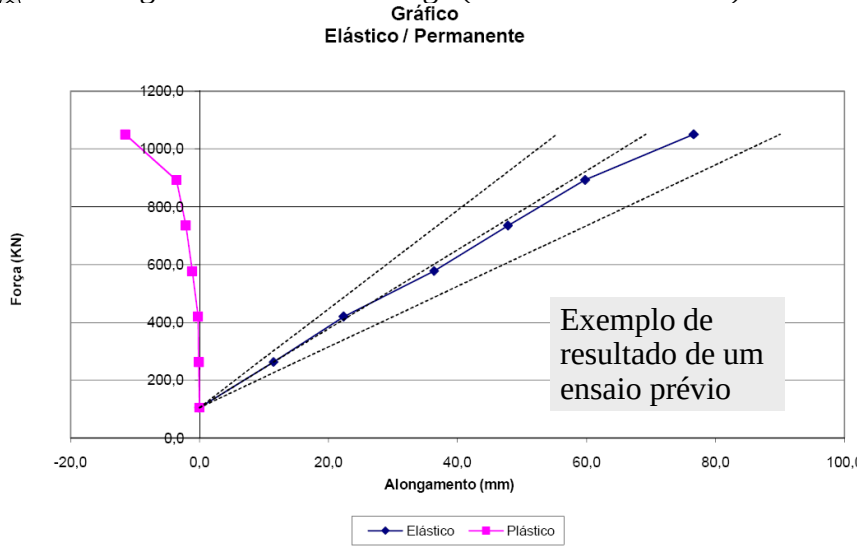
Determinação da carga crítica, P_c e da carga limite de fluência, R_a, a partir dos dados obtidos num ensaio realizado segundo o método 3

Método 3

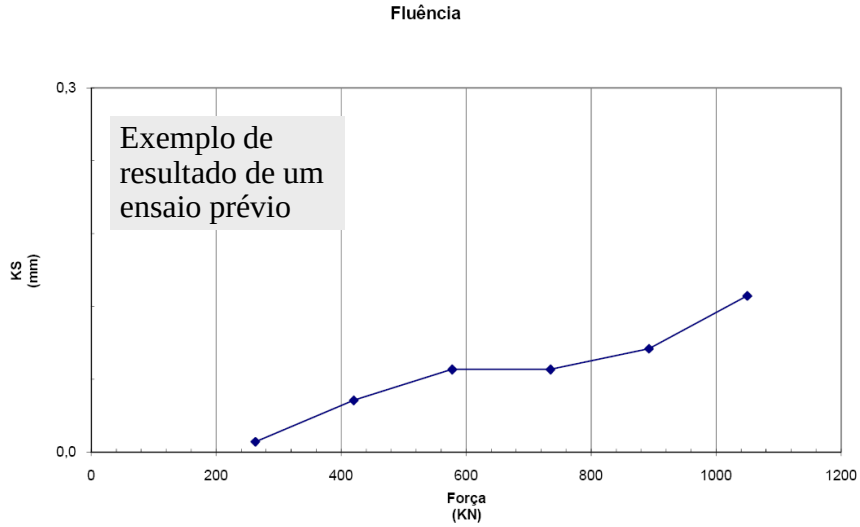
☆ Ancoragens – Ensaios de Carga (EN 1537 – Anexo E)



☆ Ancoragens – Ensaios de Carga (EN 1537 – Anexo E)

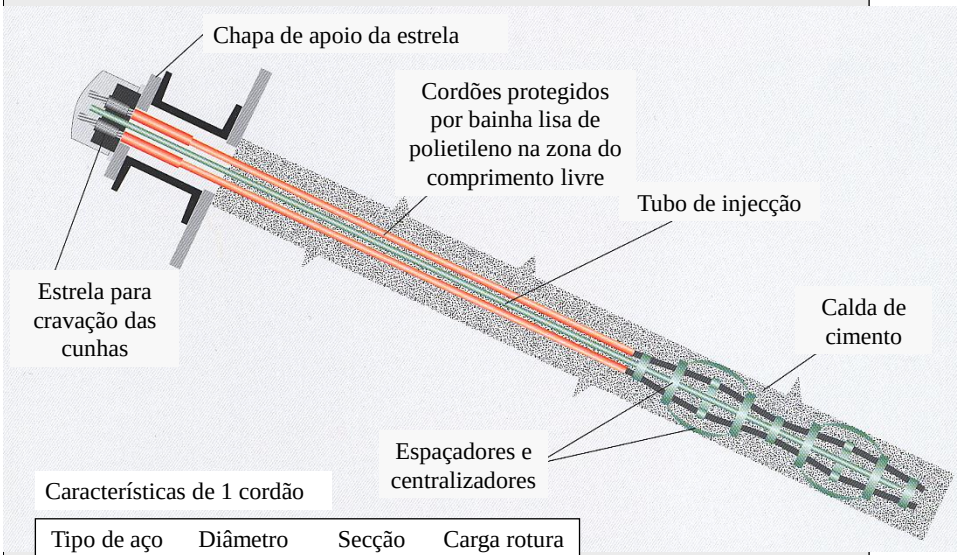


☆ Ancoragens – Ensaios de Carga (EN 1537 – Anexo E)



☆ Ancoragens provisórias de cordões

210/248

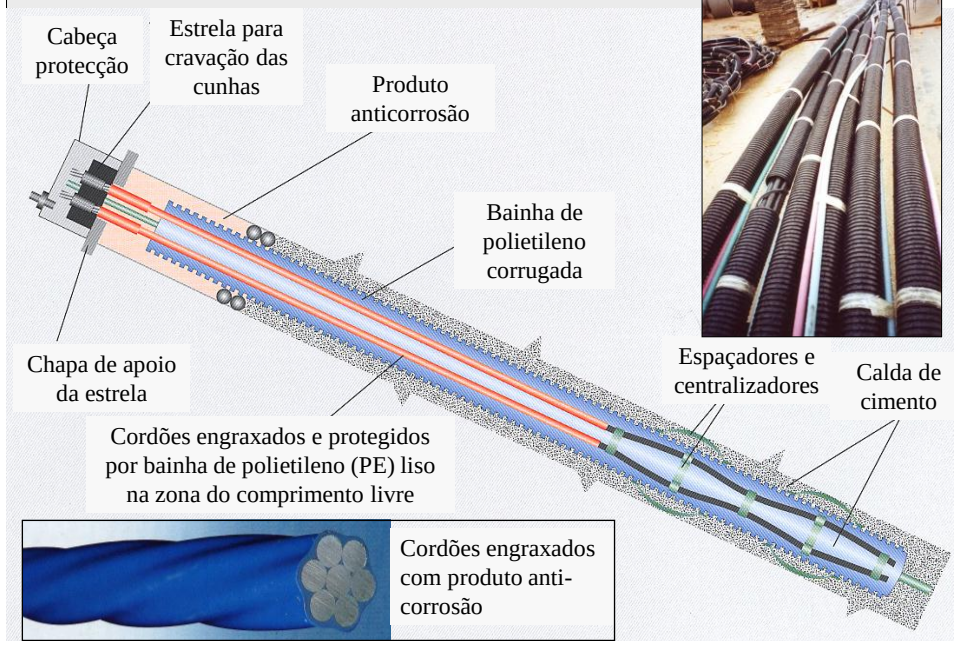


Características de 1 cordão

Tipo de aço	Diâmetro	Secção	Carga rotura
1670/1860	0,60”	140mm^2	260 kN
1670/1860	0,62”	150mm^2	279 kN

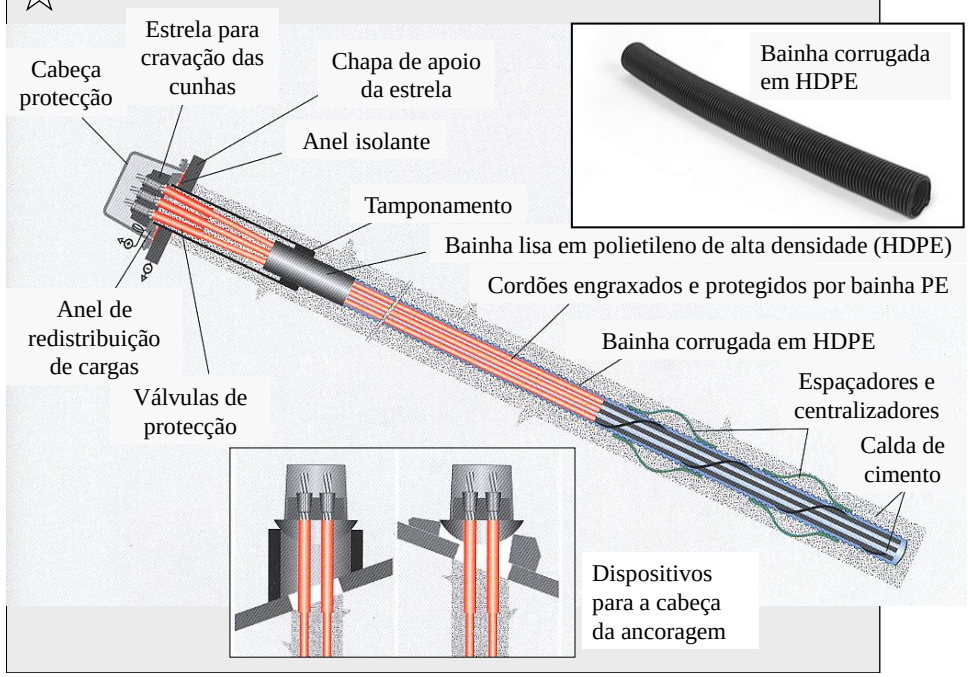
☆ Ancoragens definitivas de cordões com dupla protecção

211/248

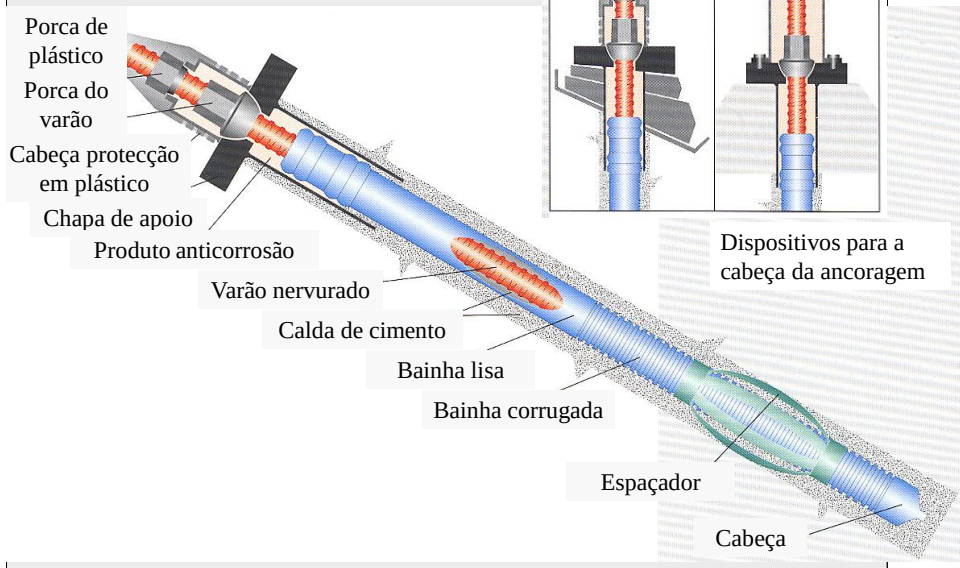


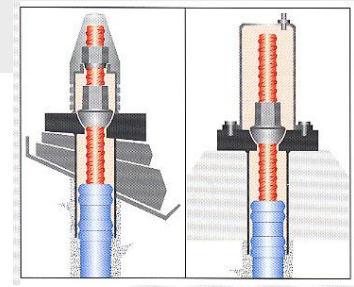
☆ Ancoragens definitivas de cordões com isolamento eléctrico

212/248



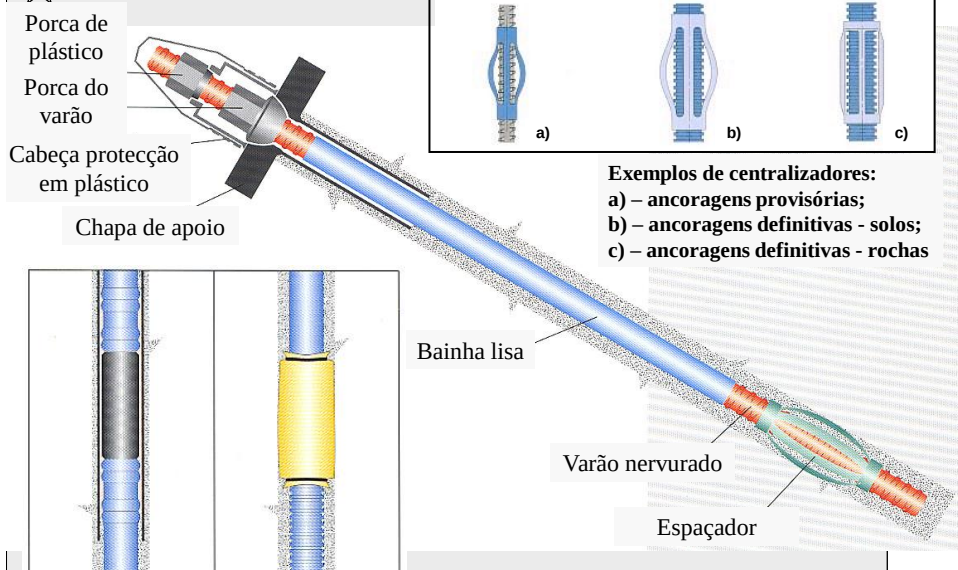
☆ Ancoragens definitivas de varão





Dispositivos para a cabeça da ancoragem

☆ Ancoragens provisórias de varão



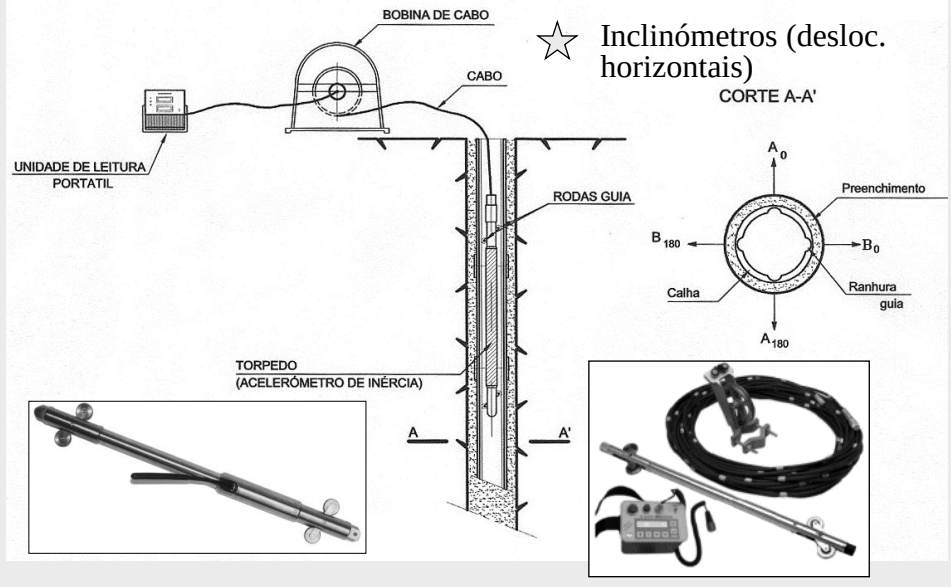
Exemplos de centralizadores:
a) – ancoragens provisórias;
b) – ancoragens definitivas - solos;
c) – ancoragens definitivas - rochas

Conector de troços de varão

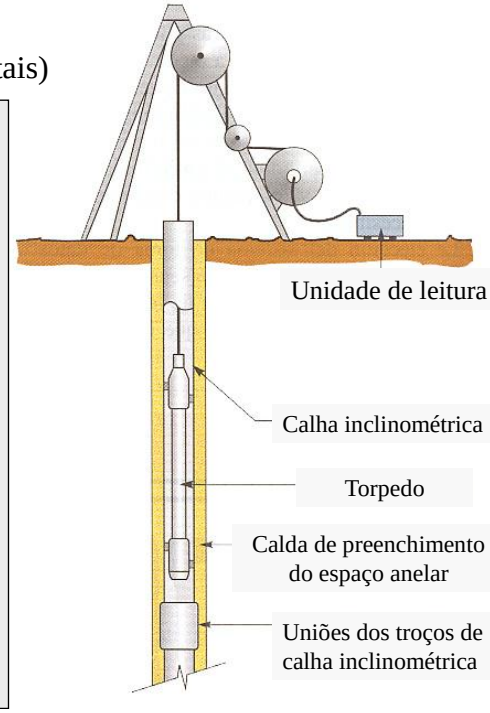
Obturador na transição para o comprimento de selagem

☆ Instrumentação e Observação de Estruturas de Contenção

☆ Inclinómetros (desloc. horizontais)

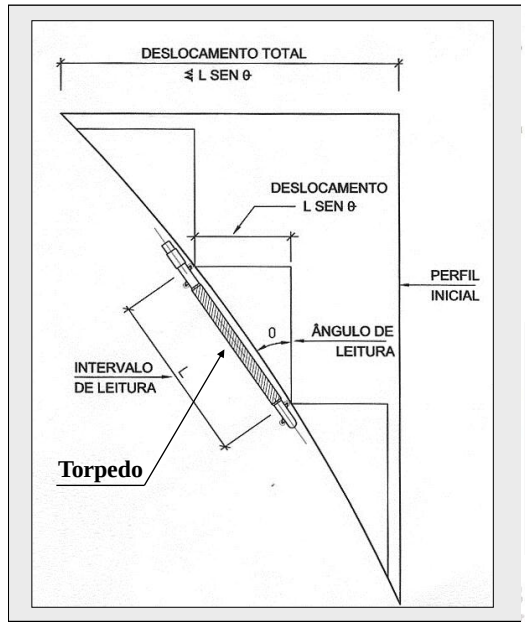


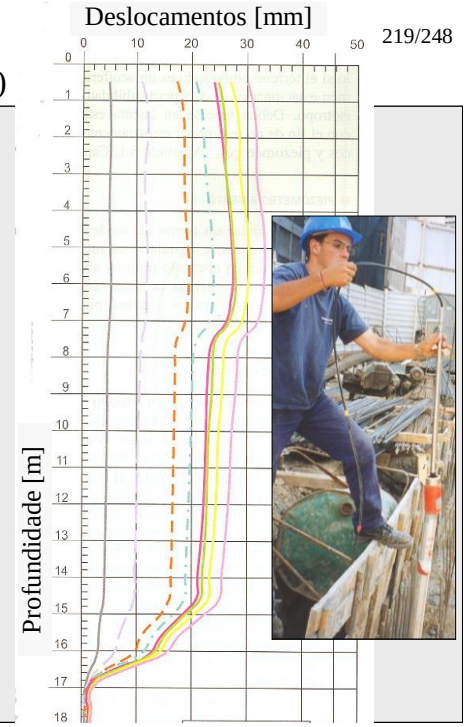
☆ Instrumentação e Observação:
Inclinómetros (desloc. horizontais)



☆ Instrumentação e Observação: Inclinómetros (desloc. horizontais)

☆ Instrumentação e Observação: Inclinómetros (desloc. horizontais)





☆ Instrumentação e Observação: Inclinómetros

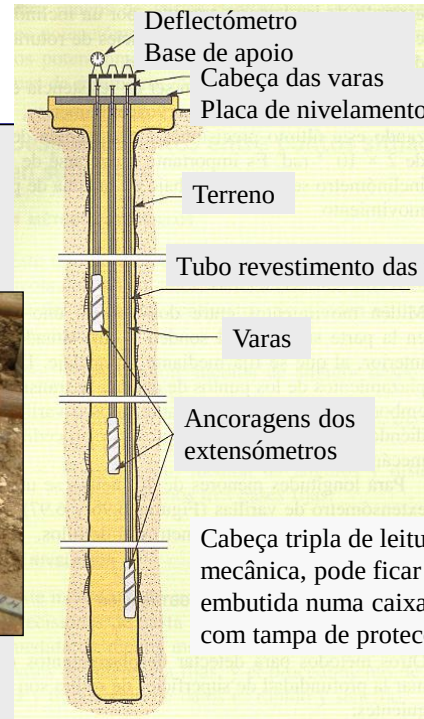
Inclinómetros sub verticais

Calha inclinométrica flexível em ABS

☆ Instrumentação e Observação: Extensómetros de varas com ancoragem cimentada

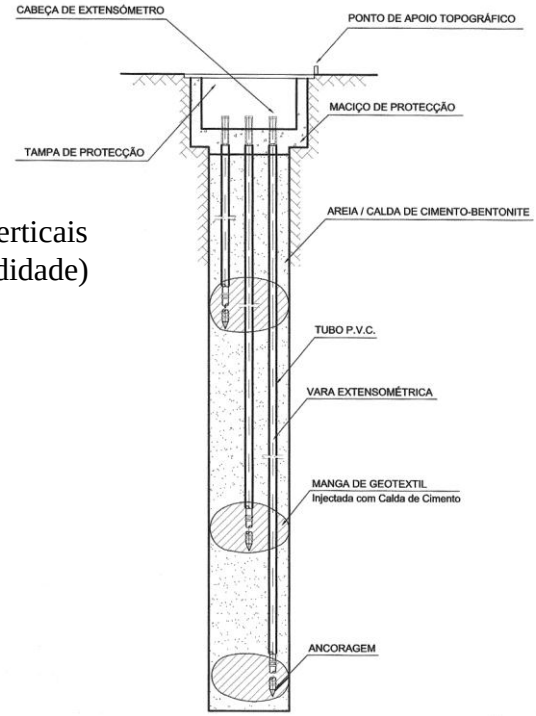
(medição deslocamentos verticais a uma determinada profundidade)

Cabeça de 5 varas e deflectómetros



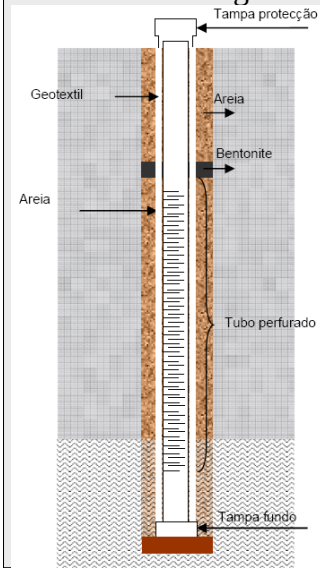
☆ Instrumentação e Observação:

Extensómetros de varas com ancoragem cimentada
(medição deslocamentos verticais a uma determinada profundidade)

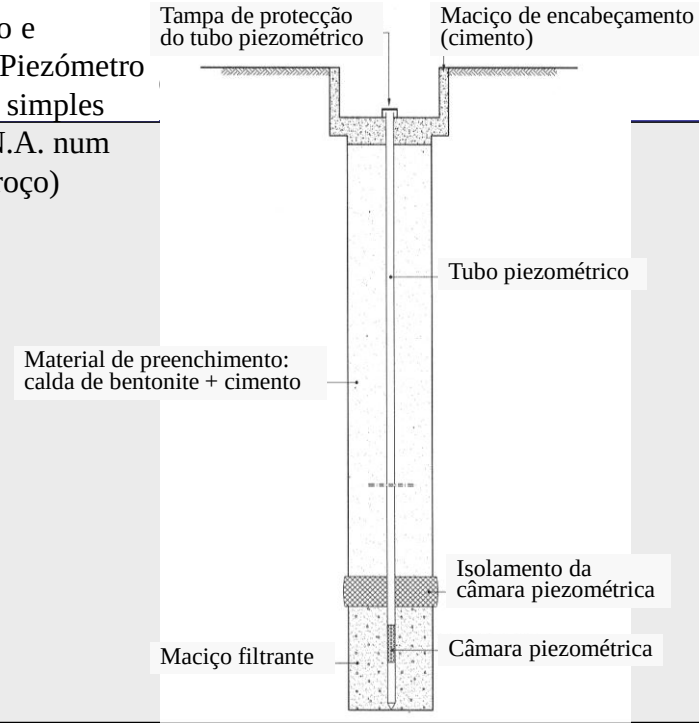


☆ Instrumentação e Observação:

Piezómetros (medição do nível de água – N.A.)

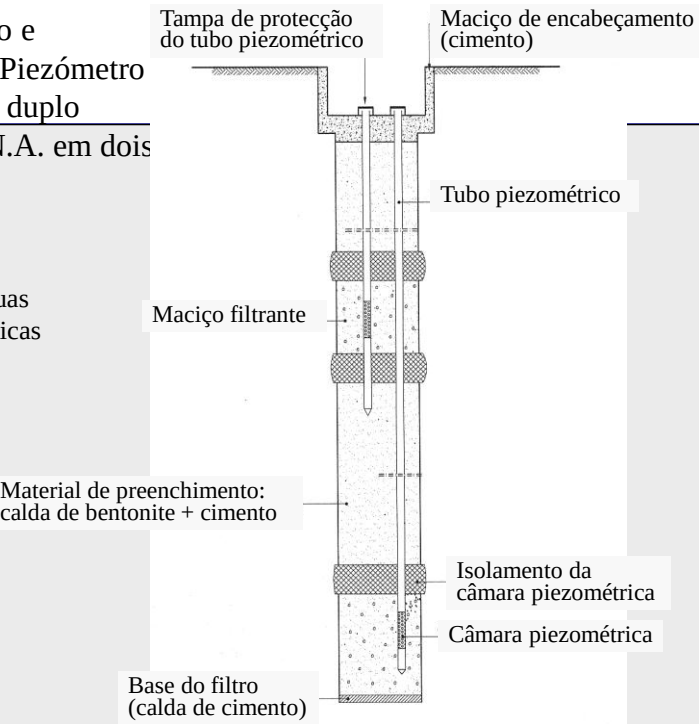


☆ Instrumentação e Observação – Piezómetro de tubo aberto simples (medição do N.A. num determinado troço)

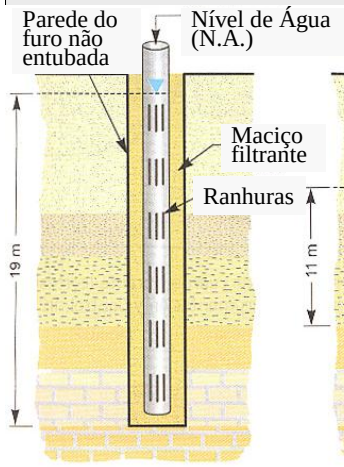
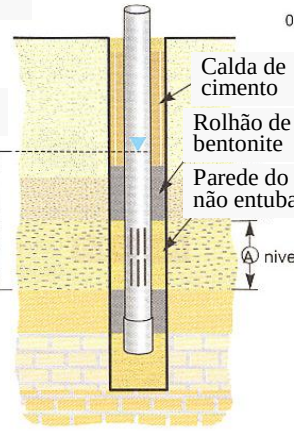
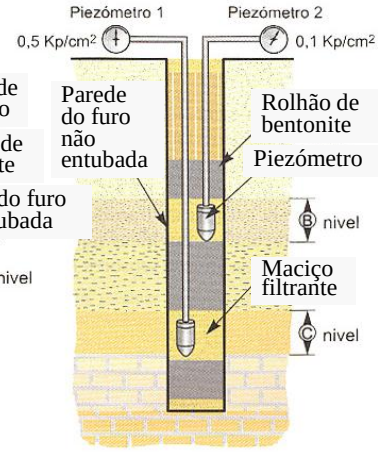


☆ Instrumentação e Observação – Piezómetro de tubo aberto duplo (medição do N.A. em dois troços)

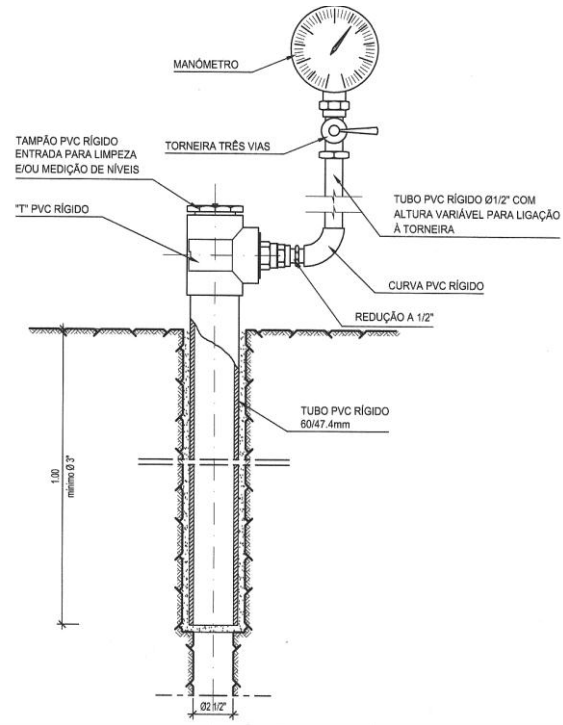
Piezómetro com duas câmaras piezométricas



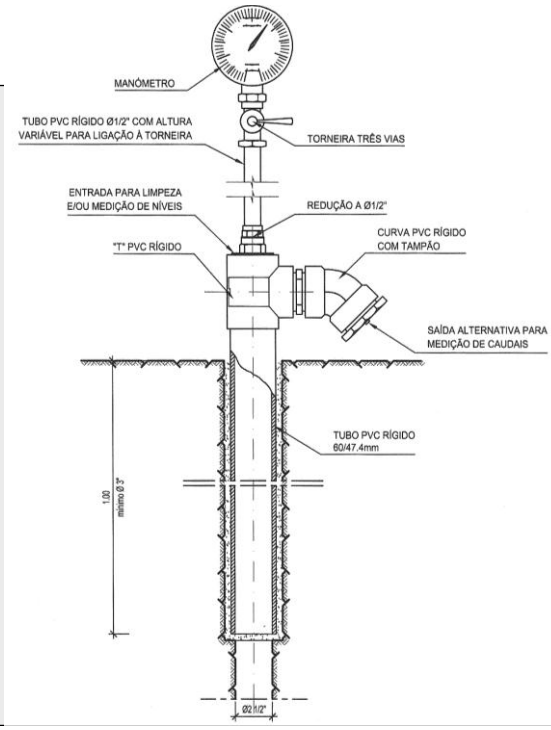
☆ Instrumentação e Observação: Piezómetros (medição N.A.)

a) Piezómetros crepinados em toda a altura	b) Piezómetros de câmara simples	c) Piezómetros de câmara dupla
		
Altura N.A. = 19m (equivalente ao NF). Pressão piezométrica = N.A., apenas nestas condições	Altura piezométrica do nível A = 11m, pressão piezométrica = 110 kN/m² (1,1 kg/cm²)	Pressões piezométricas: • Piez. 1: 50 kN/m² (0,5kg/cm²) • Piez. 2: 10 kN/m² (0,1kg/cm²)

☆ Instrumentação e Observação – Piezómetro com tomada de pressão e entrada para limpeza e/ou medição de níveis

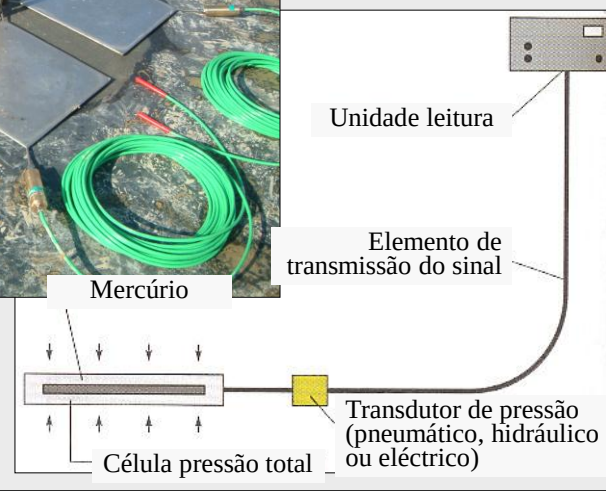


☆ Instrumentação e Observação – Piezómetro com tomada de pressões e saída alternativa para medição de caudais

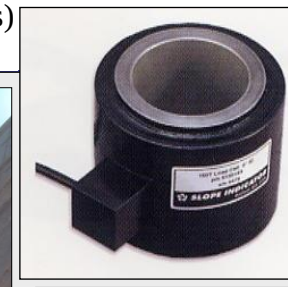
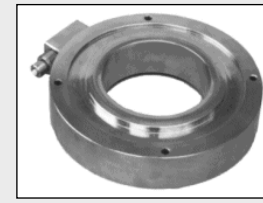


☆ Instrumentação e Observação: Células de Pressão Total (medição de tensões)

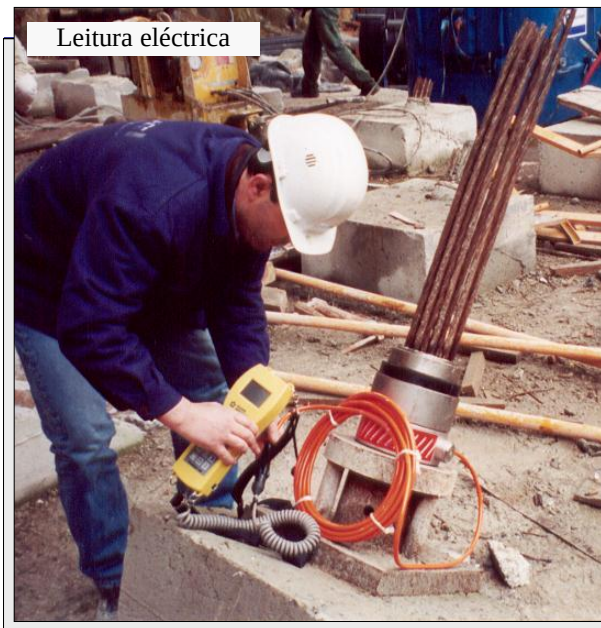
230/248



☆ Instrumentação e Observação: Células de Carga em Ancoragens
(medição da variação de carga nas ancoragens)

☆ Instrumentação e Observação: Células de Carga em Ancoragens (medição da variação de carga nas ancoragens) 232/248


Leitura eléctrica

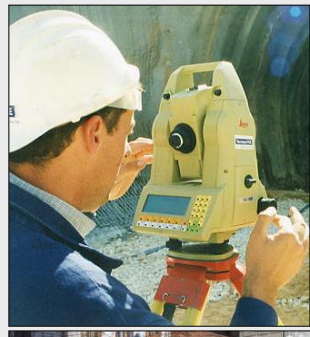
Leitura manométrica

Leitura manométrica

☆ Instrumentação e Observação: Células de Carga em Ancoragens (medição da variação de carga nas ancoragens)

Cabeça de protecção de célula com leitura eléctrica

☆ Instrumentação e Observação – Alvos Topográficos (medição de deslocamentos tridimensionais)



Estação total manual

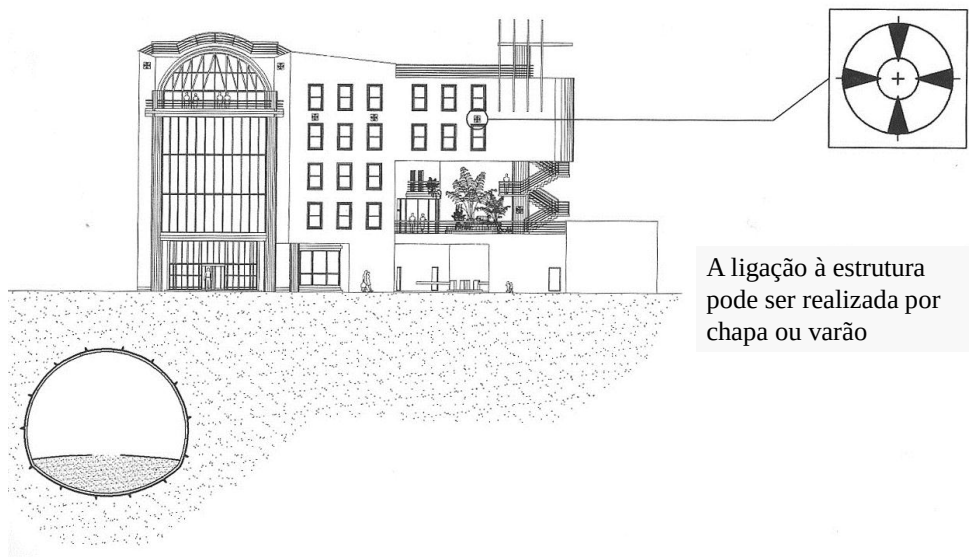
Alvos no interior de um Túnel

Estação total robotizada

Alvos topográficos

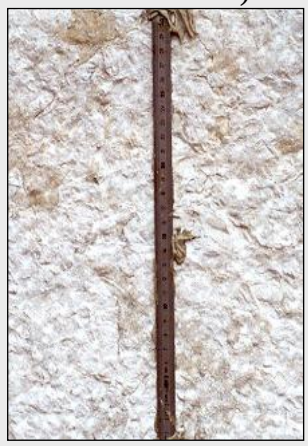
☆ Alvo topográfico reflector

☆ Instrumentação e Observação: Alvos Topográficos (medição de deslocamentos tridimensionais)

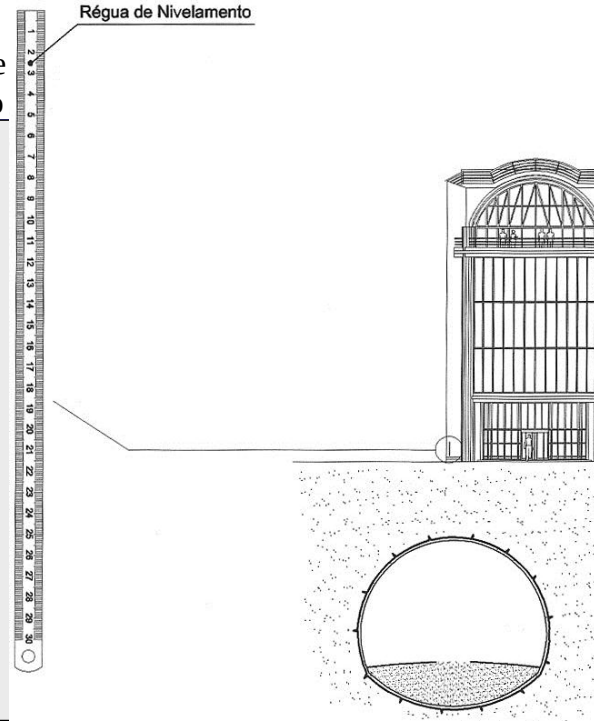


A ligação à estrutura pode ser realizada por chapa ou varão

☆ Instrumentação e Observação – Réguas de nivelamento topográfico de superfície (medição desloc. verticais)

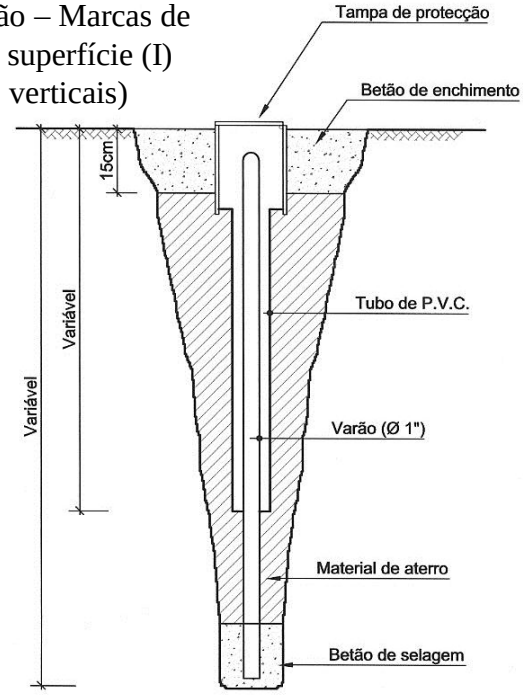


Régua topográfica numa fachada



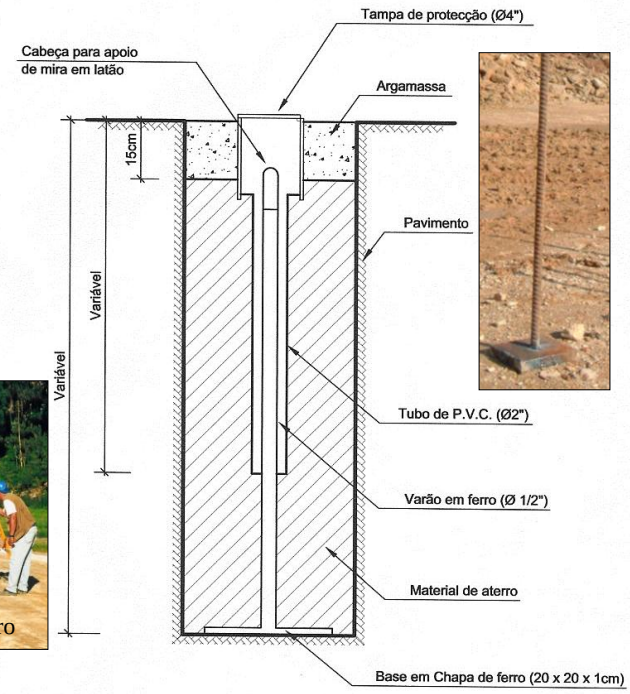
☆ Instrumentação e Observação – Marcas de nivelamento topográfico de superfície (I) (medição de deslocamentos verticais)

Marca topográfica no pavimento



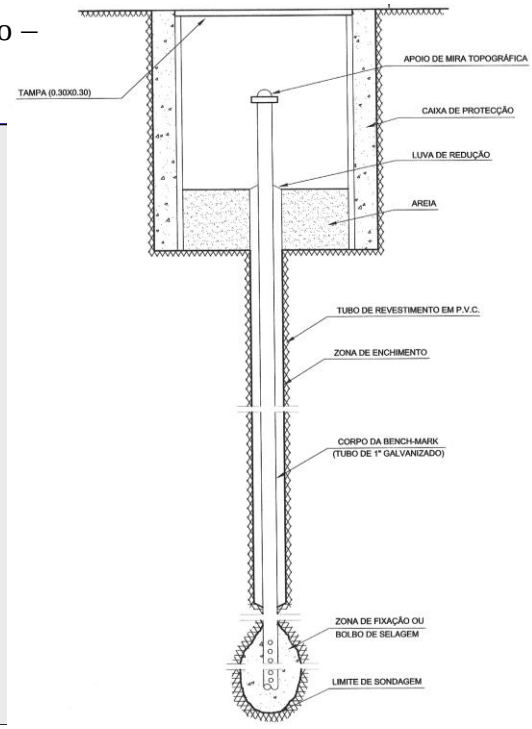
☆ Instrumentação e Observação: Marcas de nivelamento topográfico de superfície (II) (medição deslocamentos verticais)

Marcas de nivelamento em aterro



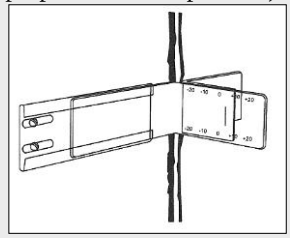
☆ Instrumentação e Observação – Marcas Topográficas de nivelamento de superfície

Bench-Mark: marca de referência, a instalar em local não perturbado pela obra

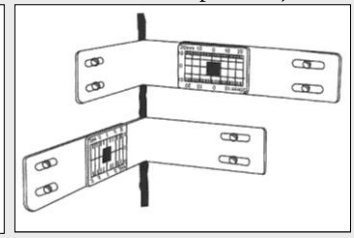


☆ Instrumentação e Observação: Fissurómetros (medição da evolução da abertura de fissuras)

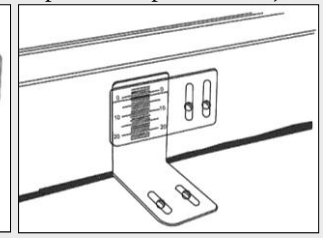
Fissurómetro mecânico tipo "Tell Tale" (movimentos no plano perpendicular às paredes)

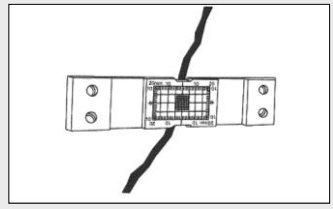


Fissurómetro mecânico tipo "Tell Tale" (movimentos dos cantos de paredes)



Fissurómetro mecânico tipo "Tell Tale" (movimentos entre paredes e pavimentos)

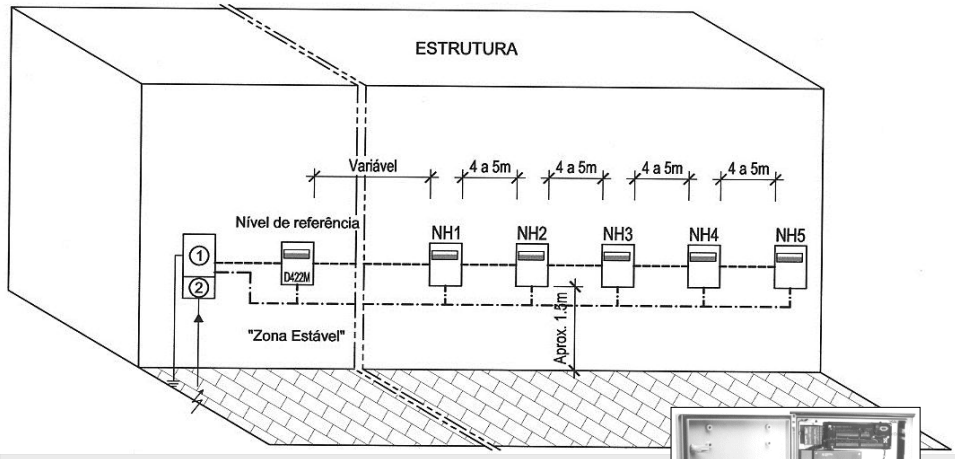




Fissurómetro mecânico tipo "Tell Tale" (fissuras standard)

☆ Instrumentação e Observação: observação de um fissurómetro do tipo "standard"

☆ Instrumentação e Observação: Sistema de nivelamento hidráulico em estruturas (medição de deslocamentos verticais)



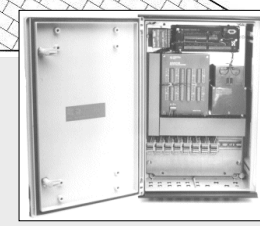
1 - Datalogger

2 - Estabilizador de corrente

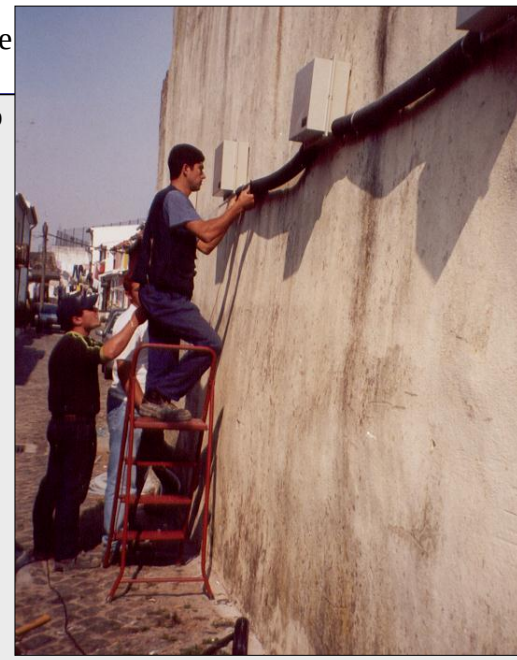
NH - Célula de nivelamento hidráulico

..... - Tubo hidráulico

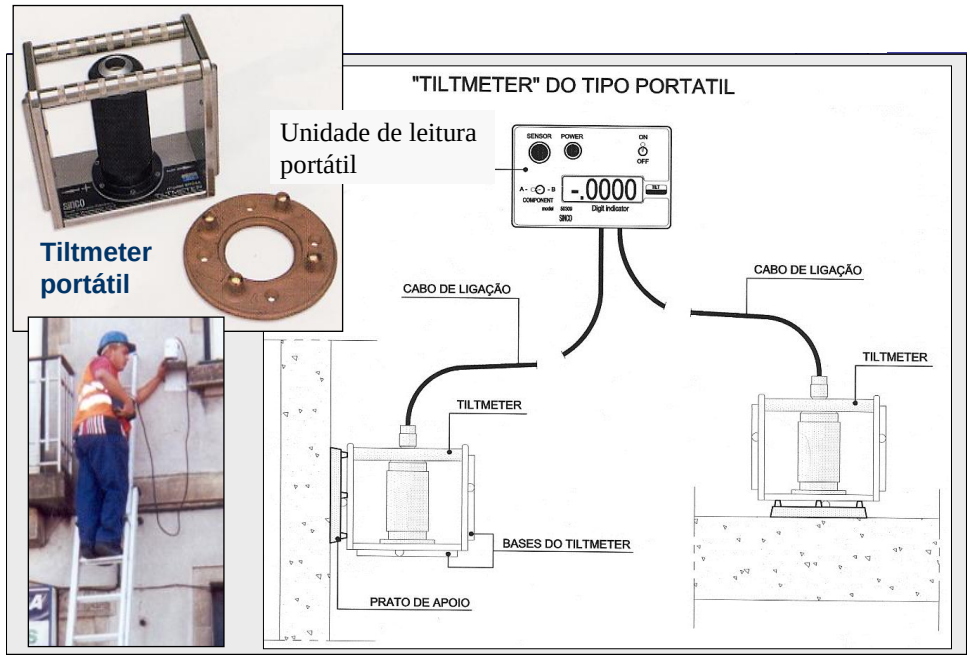
— · — - Cabos de ligação ao datalogger



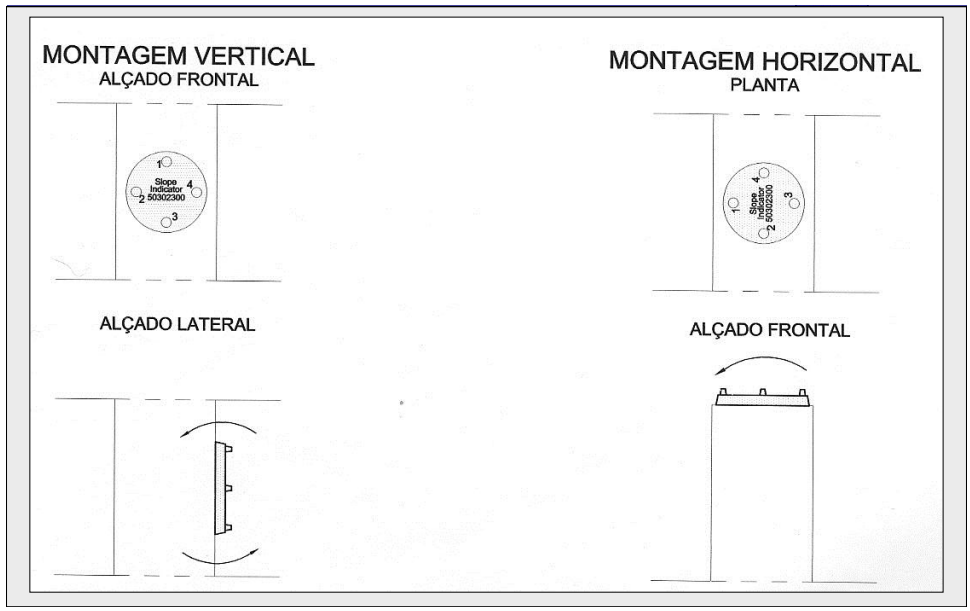
☆ Instrumentação e Observação: Sistema de nivelamento hidráulico em estruturas (medição de deslocamentos verticais com grande precisão)

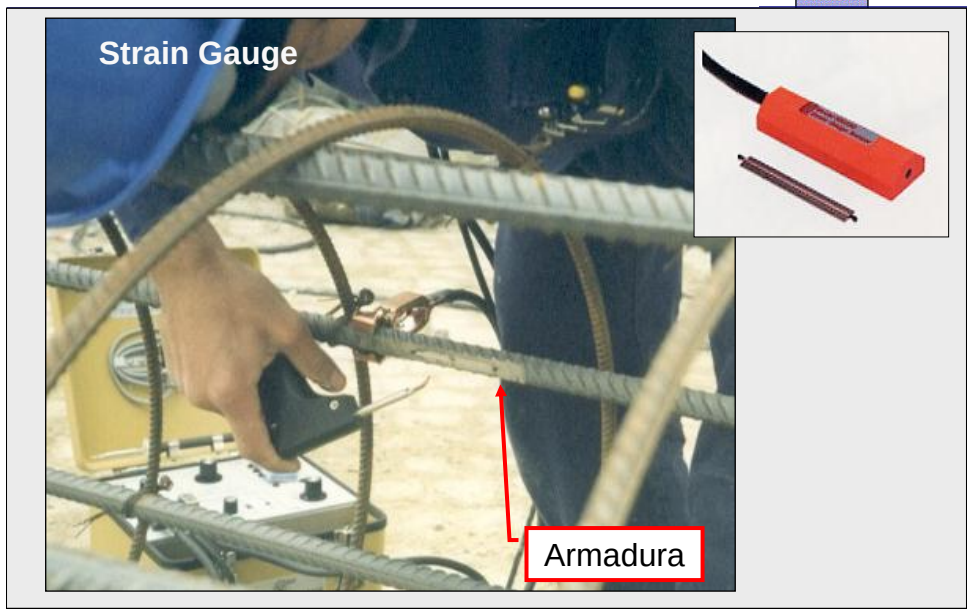
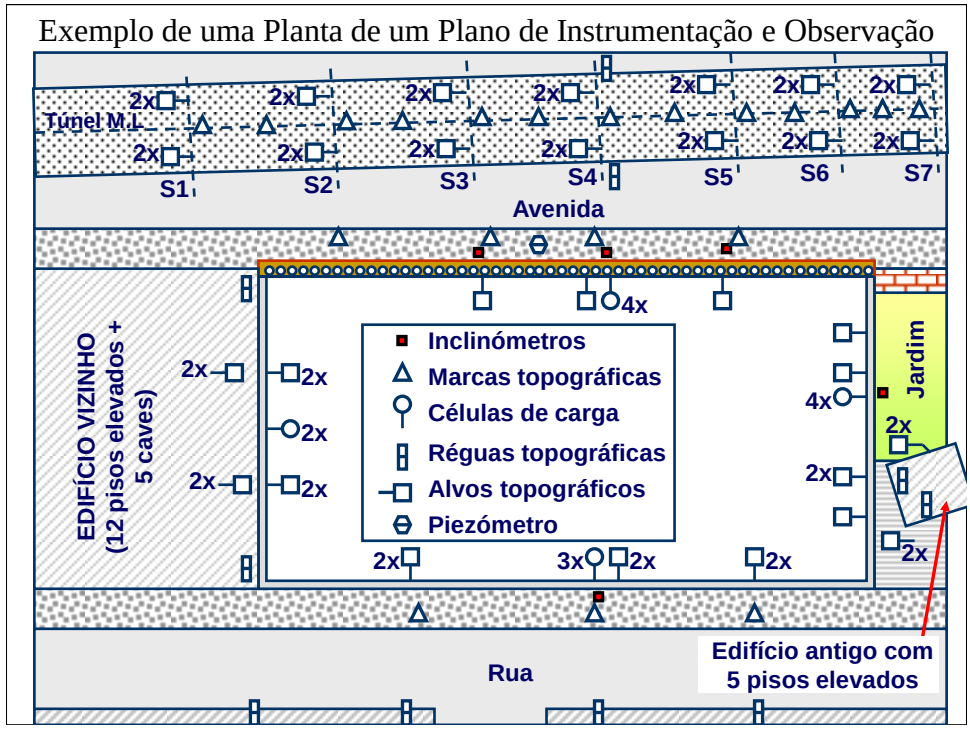


☆ Instrumentação e Observação: Tiltmeters (medição inclinações) 245/248



☆ Instrumentação e Observação: Tiltmeters (medição de inclinações) 246/248





Exemplo de uma Planta de um Plano de Instrumentação e Observação