

TITAN Injection Anchors are ideally suitable for post-tensioned tie-back anchors, to secure sheet pile walls, beam and timber lagging walls and bored pile walls.

All TITAN grouted anchors transfer the tensile forces from the steel rod to the grout body to the surface friction into the soil.

All grouted anchors have a free anchor length. They are post-tensioned to approximately 80% of their designed working load.

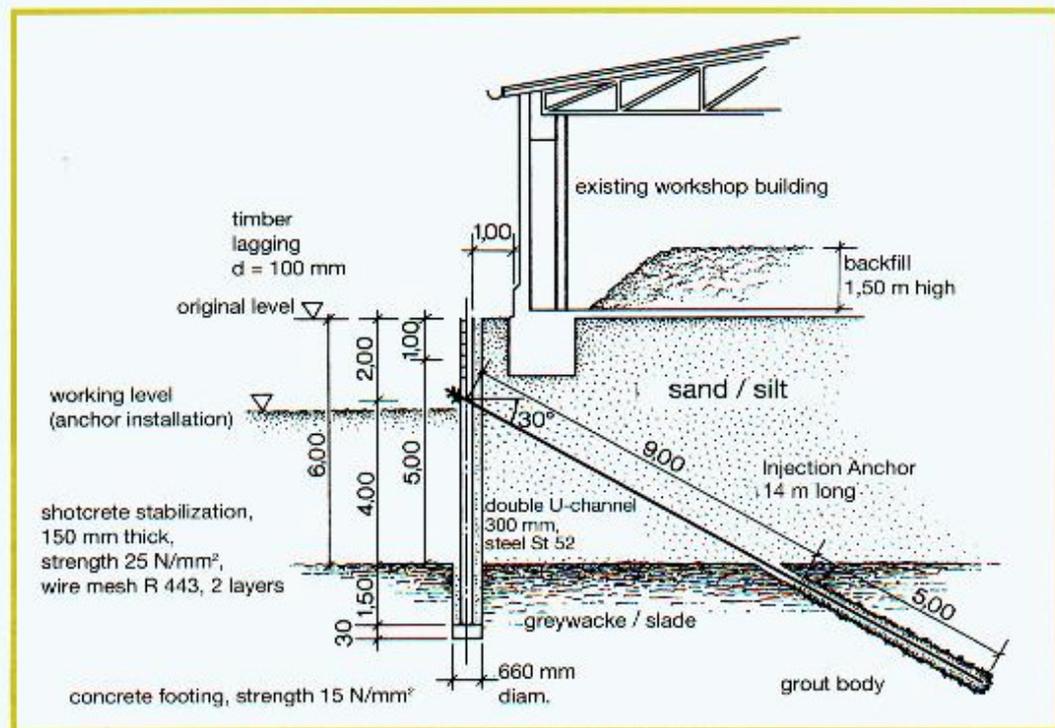
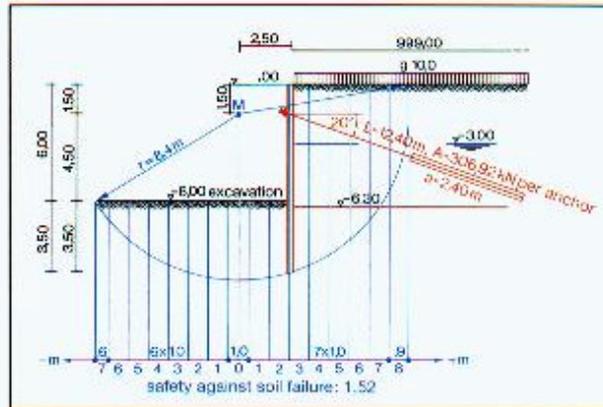


Figura 4.4 – Exemplo de escoramento com atirantamento.

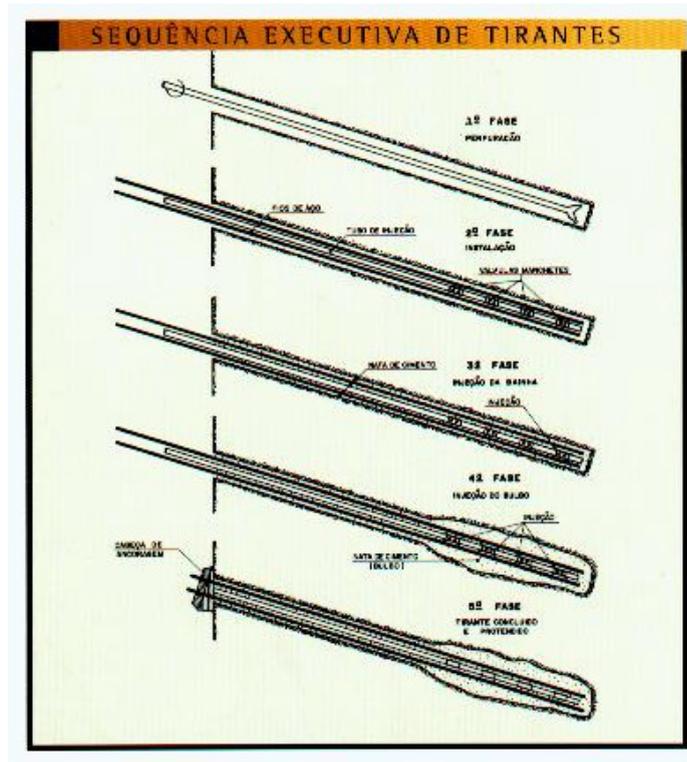


Figura 4.5 – Exemplo da seqüência executiva de tirantes.

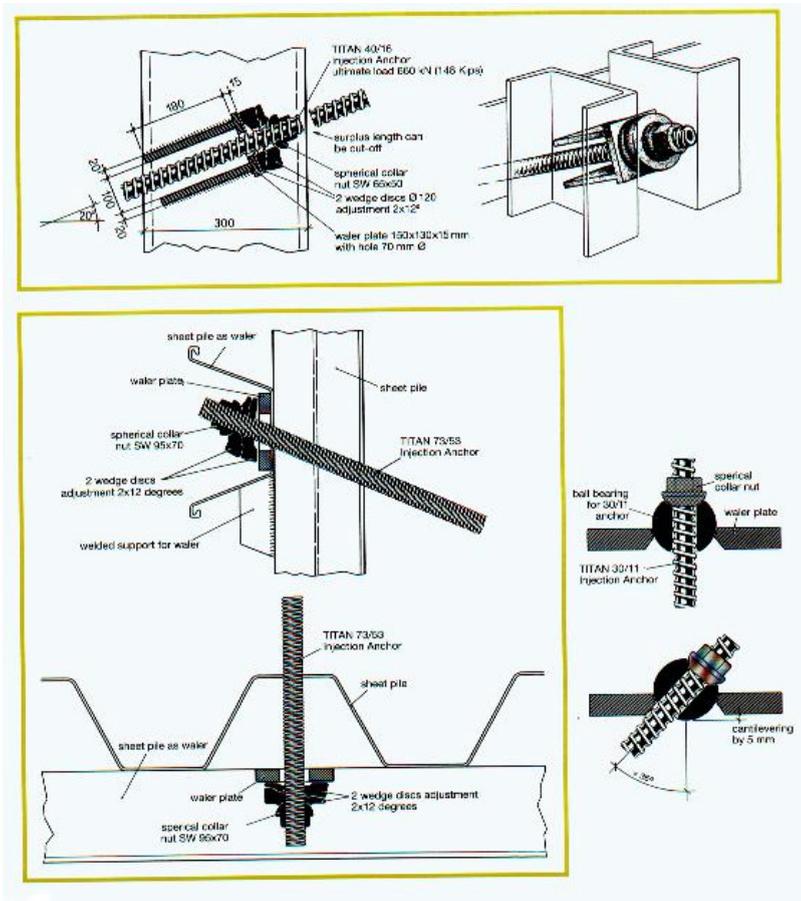


Figura 4.6 – Sistema de atirantamento por rosqueamento



Figura 4.7 – Execução da perfuração.

Para o projeto de uma estrutura de arrimo é necessário que se determinem às pressões de terra que atuam sobre elas, com as quais se processa seu cálculo estático.

No caso de muros de arrimo deve-se verificar a sua estabilidade, para que não haja translação ou rotação em torno do pé.

Em certos casos deve-se também analisar a estabilidade geral do maciço, para que não ocorram rupturas, como indicado na Figura 4.8.

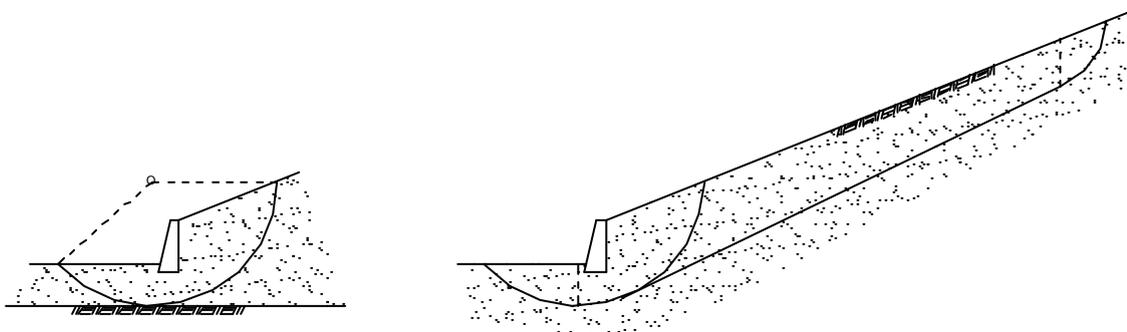


Figura 4.8 - Possíveis superfícies de ruptura do maciço.

A estrutura de arrimo pode também ser dimensionada, processando-se análises do seu comportamento, juntamente com o do maciço (interação solo-estrutura), através do Método de Elementos Finitos, onde podem ser simuladas as condições de construção, como as etapas de escavação, de reaterro, de colocação de estrocas etc.

4.1. TIPOS DE ESTRUTURA DE ARRIMO

4.1.1. MUROS DE GRAVIDADE

São estruturas em que o peso próprio é responsável pela sua estabilidade. Podem ser construídos de concreto (geralmente concreto ciclópico) ou de alvenaria de pedra. São muito utilizados em projetos de barragens, para a contenção de aterros junto às estruturas do vertedouro e da tomada d'água.

4.1.2. MUROS DE GRAVIDADE ALIVIADOS

Quando há vantagem, resultante da economia de concreto, a seção do muro é reduzida, sendo, entretanto, requerida armação para observar os esforços de tração que aparecem.

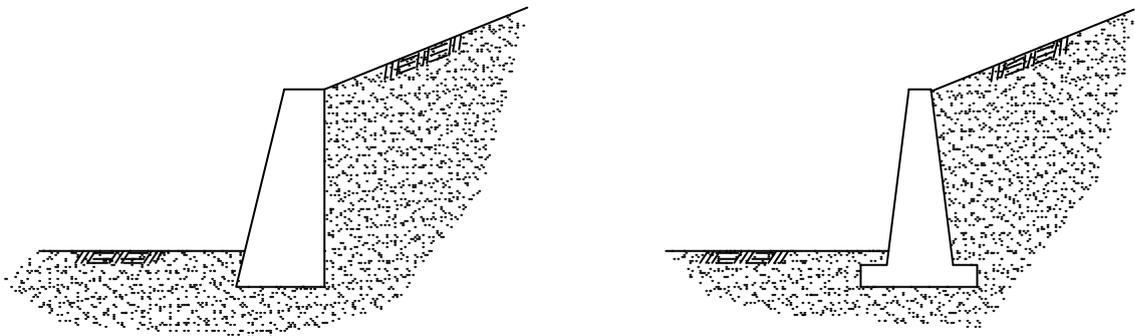


Figura 4.9 – Muros de gravidade e gravidade aliviada.

4.1.3. MUROS DE FLEXÃO

São compostos basicamente de duas lajes de concreto armado. Podem também ser introduzidas paredes contrafortes para aumentar a rigidez do muro.

Para a decisão da escolha desse tipo de estrutura, em vez do muro de gravidade, devem ser considerados também os custos resultantes das dificuldades de compactação do aterro nos encontros das lajes e o acréscimo de tempo requerido para estes serviços, bem como a preparação de formas, armaduras e concretagem.

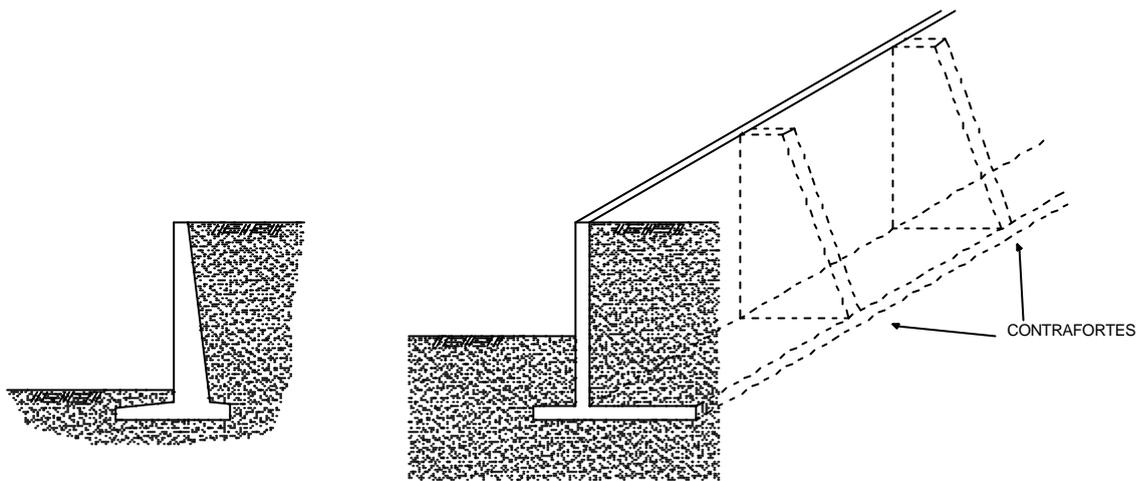


Figura 4.10 – Muro de flexão e com contrafortes.

4.1.4. CORTINAS DE ESTACAS-PRANCHA

São construídos com elementos de aço, concreto ou madeira, cravados individualmente, uns ao lado do outro, com engates laterais, que permitem a sua conexão para construir a cortina.

As estacas de madeira são geralmente utilizadas para escoramento de valas rasas, em solos de baixa consistência, onde os problemas de cravação não são muito importantes.

Para resistir aos esforços da cravação, sem flambagem, as estacas de aço têm configurações especiais que lhe garantem a rigidez necessária, mesmo com pequena espessura. Na Figura 4.11, são apresentadas algumas seções típicas dessas estacas.

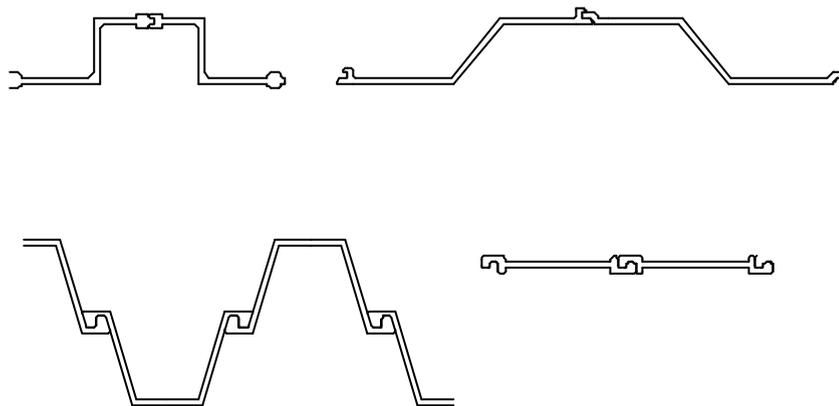


Figura 4.11 - Exemplos de seções de estacas pranchas de aço.

4.1.5. PAREDES DE ESTACAS METÁLICAS COM PRANCHÕES DE MADEIRA

As paredes são constituídas de estacas metálicas, geralmente de seção "H", que são cravadas com certos espaçamentos nos limites da área a ser escavada, sendo posteriormente introduzidos pranchões de madeira entre elas, à medida que a escavação vai sendo realizada.

Na Figura 4.12, estão apresentados em planta e corte, esquemas de implantação desse tipo de estrutura de arrimo.

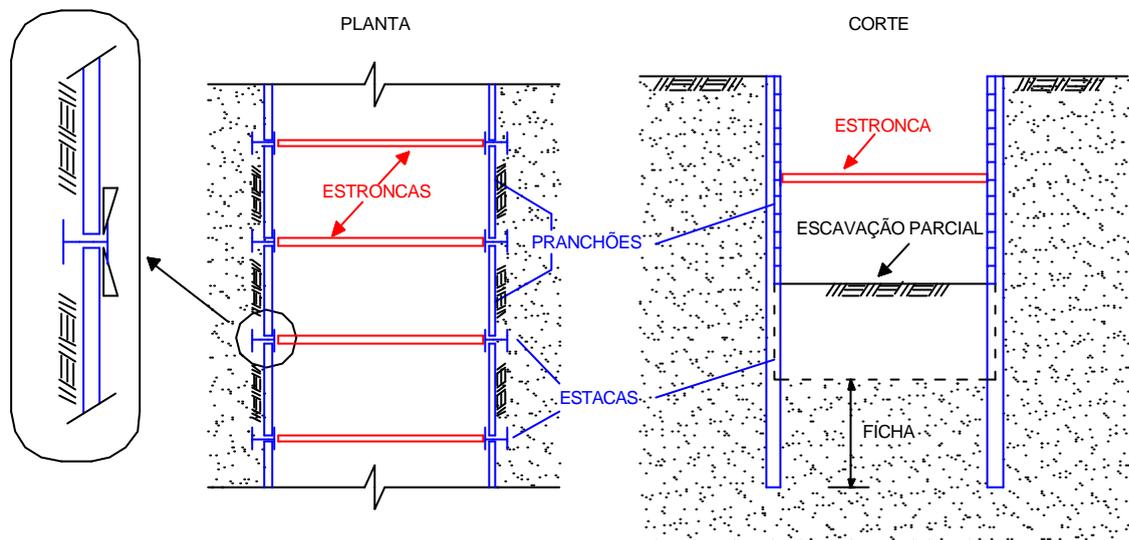


Figura 4.12 - Escoramento com estacas metálicas e pranchões de madeira.

A ficha que penetra abaixo do fundo da escavação corresponde somente às estacas de aço, que constituem engastamentos individuais da parede. Nos apoios dos pranchões sobre as abas das estacas são introduzidas cunhas de madeira, que são constantemente pressionadas através de batidas com um martelo, para garantir um contacto permanente entre os pranchões e a parede da escavação.

Esse tipo de escoramento pode ser utilizado inclusive para escavações profundas. Devido à flexibilidade dos pranchões de madeira e mesmo das estacas de aço, as paredes da escavação podem sofrer algumas deformações, que resultam em recalques na superfície do terreno, que por sua vez podem provocar danos em construções existentes nas proximidades da escavação. Esses recalques são ainda agravados quando são retardados os serviços de colocação das estroncas nos níveis previstos pelo projeto.

4.1.6. MURO DE GABIÃO

São muros de gravidade, construídos com blocos confeccionados de pedras colocadas dentro de gaiolas de tela metálica, denominada "gabiões". As dimensões do bloco variam entre 1,5 a 3,0m de comprimento e 0,3 a 1,0m de altura e 1,0m de largura. São geralmente utilizados para pontes, e podem ser facilmente construídos dentro da água. Podem sofrer grandes recalques sem ruptura e são auto-drenantes.

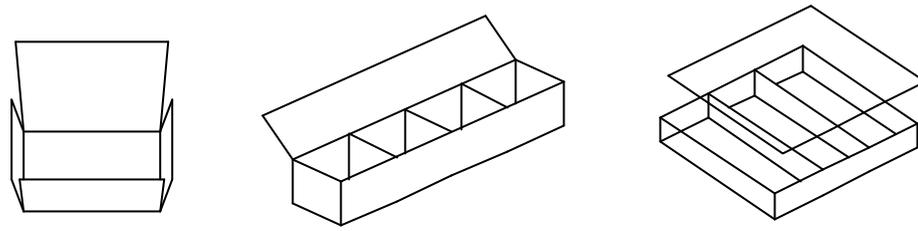


Figura 4.13 – Montagem do gabião caixa.

4.1.7. PAREDES DE DIAFRAGMA

São paredes contínuas de concreto armado, concretadas em painéis antes do início da escavação. Sua espessura pode variar entre 0,40 e 1,00m, ou mais, constituindo uma estrutura bastante rígida.

São utilizadas quando as escavações devem ser realizadas nas proximidades de construções, que não podem sofrer recalques diferenciais excessivos, podendo constituir as paredes de estrutura definitiva. Geralmente a obra pode ser executada sem rebaixamento do lençol freático.

Os painéis são escavados por meios de ferramentas especiais, a partir da superfície do terreno, atingindo profundidades superiores a 40 metros. A largura dos painéis pode variar de 2,0 a 4,0m, podendo ser executados em seqüência ou alternados. A estabilidade das paredes dos painéis escavados é garantida com o preenchimento de uma lama, que é introduzida quando é atingido o lençol freático ou quando há perigo de ocorrerem deslocamentos. Essa lama, constituída de uma mistura de água e bentonita criteriosamente dosada, tem propriedades tixotrópicas, isto é, pode adquirir certa consistência, quando em repouso e perdê-la quando agitada, o que faz com que ela permaneça dentro do painel escavado quando o solo está sendo removido de seu interior.

Após a escavação final de um painel, no seu interior é colocada uma malha dupla de armação, dimensionada para absorver os esforços previstos no projeto.

Antes de ser executada a concretagem é colocada uma forma em uma das faces, para proporcionar melhor ligação entre dois painéis adjacentes. A concretagem é feita através de uma tubulação, que desce até o fundo do painel. Antes de ser iniciada a concretagem é colocada dentro do tubo uma bucha que pode ser uma bola de borracha, com o mesmo diâmetro do tubo. O concreto lançado sobre a bucha não se mistura com a lama, que vai sendo expulsa de dentro do tubo à medida que se vai acrescentando mais concreto. Ao chegar ao fundo a bucha se desprende do tubo e emerge para a superfície. A concretagem

prosseguir de baixo para cima utilizando-se concreto plástico, levantando-se gradativamente o tubo, de forma que sua extremidade inferior fique sempre imersa no concreto. A lama é esgotada à medida que o concreto é lançado. Na Figura 4.14 está apresentada esquematicamente a seqüência de construção da parede-diafragma.

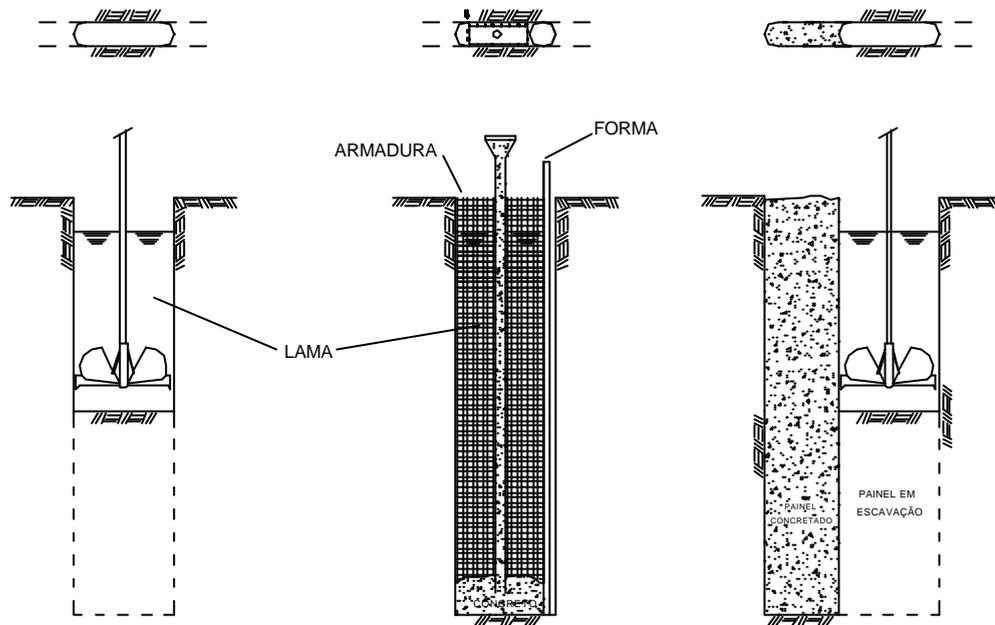


Figura 4.14 – Seqüência de execução de parede de diafragma.

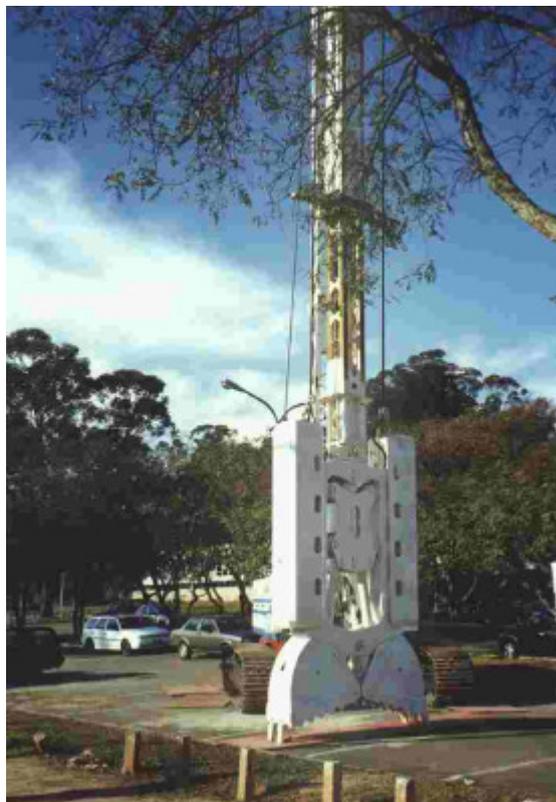


Figura 4.18 – Ferramenta de escavação da parede de diafragma (Clam-Shell).

4.1.8. PAREDES DE ESTACAS JUSTAPOSTAS

Quando uma parede diafragma deve ser construída muito próxima à sapata de fundação de uma construção vizinha, par dentro do painel em escavação. Nesse caso, para se evitar problemas com a construção vizinha, deve-se diminuir o comprimento dos painéis, ou executar a parede através de estacas justapostas de concreto.

A escavação das estacas pode ser executada por equipamentos rotativos, utilizando-se lama ou camisa metálica para evitar desmoronamento. A camisa metálica recuperada logo após a concretagem da estaca. Após o endurecimento do concreto é escavada outra estaca, adjacente à primeira, e assim repete-se o processo até a conclusão da parede.

A seguir, à medida que a escavação vai sendo realizada, pode-se melhorar o contacto entre as estacas, através de um argamassamento entre as paredes, precedidas da colocação de uma tela metálica.

Na Figura 4.19 está apresentada, em corte, a seqüência de execução do tipo da parede.

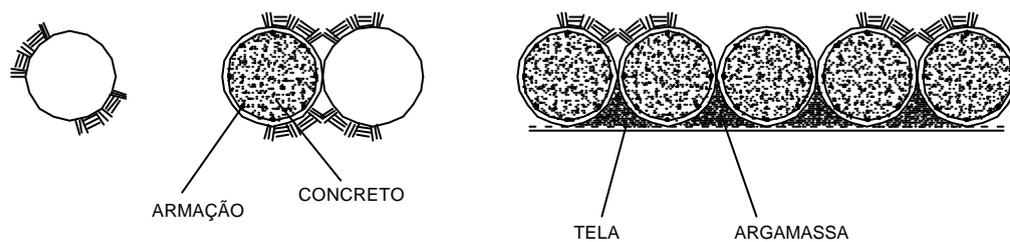


Figura 4.19 – Parede de estacas justapostas – corte horizontal.

4.1.9. PAREDES DE ESTACAS SECANTES

O processo de execução é semelhante ao das estacas justapostas. Antes que se dê o endurecimento do concreto de uma estaca, a sua vizinha é escavada, cortando-se parte da seção de concreto já executado, garantindo-se assim melhor contacto entre as estacas (Figura 4.20).

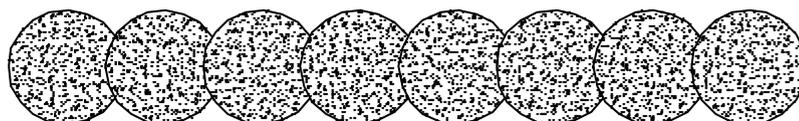


Figura 4.20 – Parede de estacas secantes – corte horizontal.

4.1.10. "CRIB WALLS"

São muros de gravidade, construídos de vigas pré-fabricadas de concreto armado, ou e madeira, dispostas em forma de fogueiras, sendo os espaços internos preenchidos com aterro compactuado em camadas, funcionando como um todo (Figura 4.21). São também utilizados para a contenção de aterros de estradas e encontros de pontes.

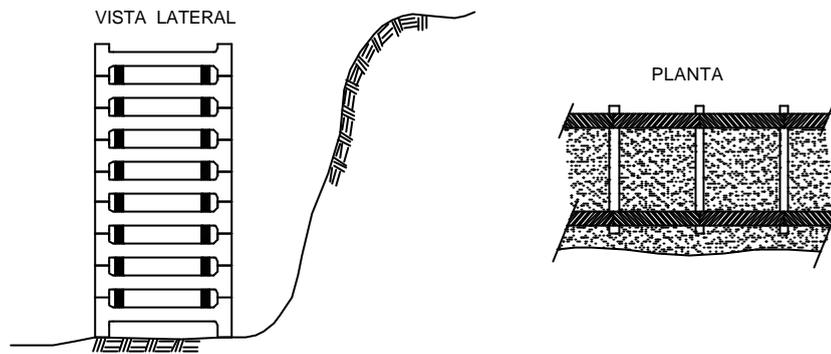


Figura 4.21 – Vista do "CRIB WALL"

4.2. VERIFICAÇÕES DE ESTABILIDADE DOS MUROS DE ARRIMO

As estruturas de arrimos podem ruir de três formas, que podem atuar separadamente ou conjuntamente, de acordo com sua geometria e das condições do solo.

4.2.1. DESLIZAMENTO.

Geralmente a mais crítica, despreza-se o Empuxo passivo na frente do muro, pois esta região pode vir a ser escavada no futuro.

A resistência ao deslizamento na base é:

$$T = N \cdot \operatorname{tg} \delta, \text{ onde } T = \Sigma P + E_{AV}$$

Onde: δ = ângulo de atrito entre o solo e muro ($1/3\phi \leq \delta \leq 2/3\phi$), normalmente adota-se $\delta = 2/3\phi$.

Para garantir essa condição, deve-se tomar alguns cuidados construtivos:

- não afofar, amolgar ou encharcar o solo da fundação;
- executar lastro com brita apiloada para receber a concretagem da base.

Fator de segurança contra deslizamento $\rightarrow FS_D = \frac{T}{E_{A_{HOR}}} = \frac{N \cdot \operatorname{tg} \delta}{E_{A_{HOR}}} > 1,5$ (Areias) e $2,0$ (Argilas)

4.2.2. TOMBAMENTO

O fator de segurança a tombamento é calculado considerando-se os momentos em relação ao pé do muro. Os problemas maiores que podem advir pela tendência ao tombamento resultam da possibilidade de a parte anterior da base do muro destacar-se do solo, vindo a diminuir a estabilidade geral.

A resistência ao tombamento é dada por:

$$\text{Fator de segurança contra tombamento} \rightarrow FS_T = \frac{M_{ESTABILIZAÇÃO}}{M_{INSTABILIZAÇÃO}} > 1,5$$

$M_{ESTABILIZAÇÃO}$ = Somatória dos momentos derivados do peso próprio do muro e solo.

$M_{INSTABILIZAÇÃO}$ = Diferença entre os momentos derivados do empuxo horizontal e vertical.

4.2.3. CAPACIDADE DE CARGA DA FUNDAÇÃO

Outro aspecto a considerar na estabilidade de um muro de arrimo reside na tensão aplicada ao solo. Deve-se verificar a capacidade de carga do solo da fundação e compara-la com as tensões aplicadas, devendo resultar um fator de segurança satisfatória. Em geral procura-se um $FS > 2$ (solos arenosos) e $FS > 3$ (solos argilosos).

Para calcular o FS_{CC} , deve-se primeiramente determinar o ponto onde atua a resultante R. (Figura 4.22)

$$d = \frac{M_{resistente} - M_{atuante}}{N} \quad \text{e} \quad e = \frac{B}{2} - d$$

d = distancia entre o ponto de aplicação de N e o canto inferior da base.

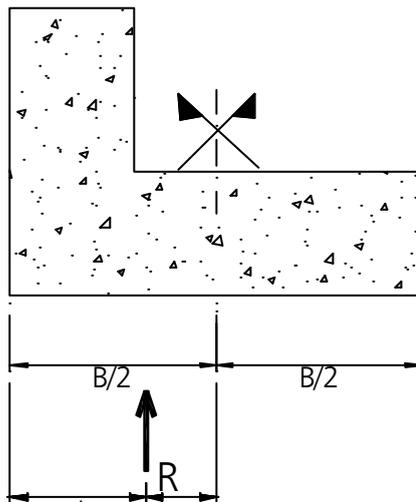


Figura 4.22 – Reação na base do muro.

$$\text{Se } e \leq \frac{B}{6}, \text{ então: } s_{m\acute{a}x} = \frac{N}{8} \left(1 + 6 \frac{e}{B} \right) \quad \text{e} \quad s_{m\acute{i}n} = \frac{N}{8} \left(1 - 6 \frac{e}{B} \right)$$

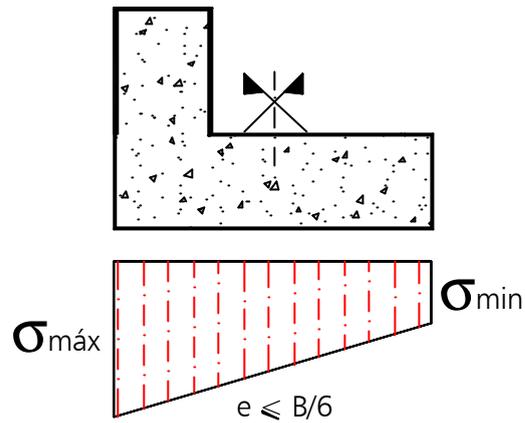


Figura 4.23 – Distribuição de tensões na base.

Caso $e > \frac{B}{6}$, apenas uma parte da base é utilizada para a distribuição de tensões. Esta

parcela é igual a $3d$ e então $s_{máx} = \frac{2.N}{3.d}$. (Figura 4.24)

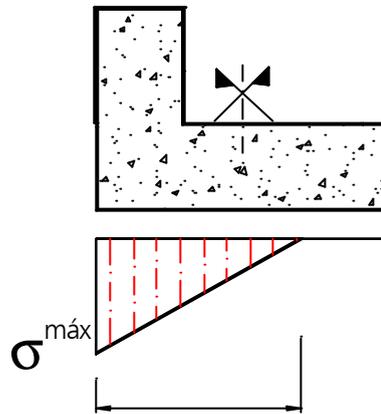


Figura 4.24 – Distribuição de tensões parcial da base.

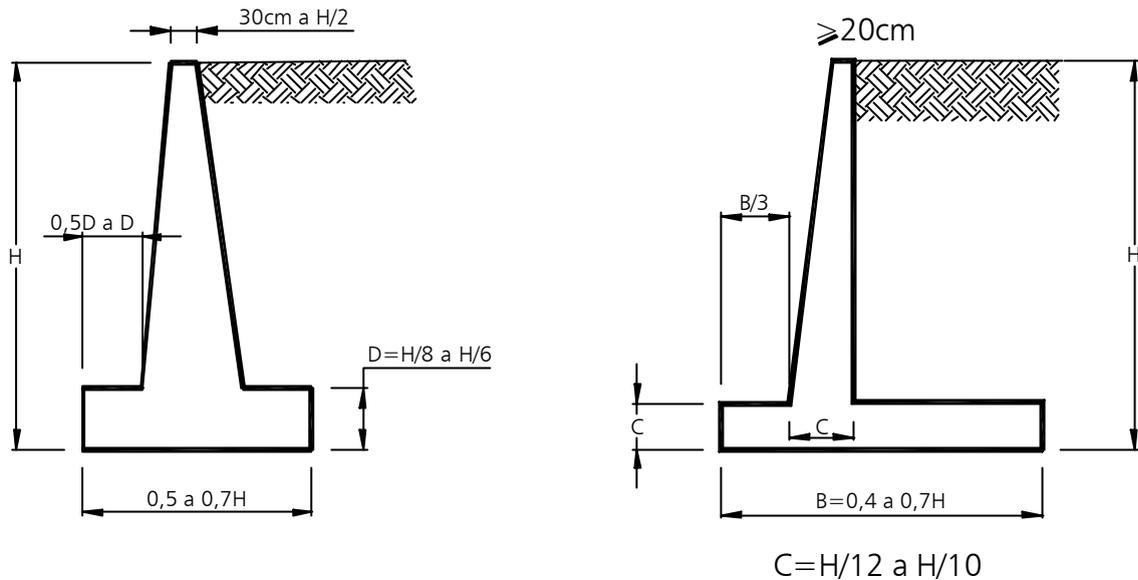
Calculo da capacidade de carga do solo (Terzaghi):

$$s_{rup} = c \cdot N_c + g \cdot h \cdot N_q + \frac{1}{2} \cdot g \cdot B \cdot N_g, \text{ onde } s_{adm} = \frac{s_{rup}}{3}$$

Portanto o FS_{cc} é dado por:

$$\text{Fator de segurança contra capacidade de carga} \rightarrow FS_{cc} = \frac{s_{adm}}{s_{máx}} > 3$$

A seguir são mostradas algumas sugestões para a definição de muros de arrimo (Bowles, 1977).



Obs.: A distância entre as mãos francesas deverão estar entre $0,3$ e $0,6H$, e sua espessura superior a 20cm .

Figura 4.25 – Sugestões de geometria de muros de arrimo.

No Quadro 4.1 são apresentados os fatores de capacidade de Terzaghi para o cálculo da tensão de ruptura do solo da fundação.

Quadro 4.1 - Fatores de capacidade de carga – Terzaghi

ϕ°	N_c	N_q	N_γ	ϕ°
0	5,14	1,00	0,00	0
1	5,38	1,09	0,07	1
2	5,63	1,20	0,15	2
3	5,90	1,31	0,24	3
4	6,19	1,43	0,34	4
5	6,49	1,57	0,45	5
6	6,81	1,72	0,57	6
7	7,16	1,88	0,71	7
8	7,53	2,06	0,86	8
9	7,92	2,25	1,03	9
10	8,35	2,47	1,22	10
11	8,80	2,71	1,44	11
12	9,28	2,96	1,69	12
13	9,81	3,26	1,97	13
14	10,37	3,59	2,29	14
15	10,98	3,94	2,65	15
16	11,63	4,34	3,06	16
17	12,34	4,77	3,53	17
18	13,10	5,26	4,07	18
19	13,93	5,80	4,68	19
20	14,83	6,40	5,39	20

ϕ°	N_c	N_q	N_γ	ϕ°
21	15,82	7,07	6,20	21
22	16,88	7,82	7,13	22
23	18,05	8,66	8,20	23
24	19,32	9,60	9,44	24
25	20,72	10,66	10,88	25
26	22,25	11,85	12,54	26
27	23,94	13,20	14,47	27
28	25,80	14,72	16,72	28
29	27,86	16,44	19,34	29
30	30,14	18,40	22,40	30
31	32,67	20,63	25,99	31
32	35,49	23,18	30,22	32
33	38,64	26,09	35,19	33
34	42,16	29,44	41,06	34
35	46,12	33,30	48,03	35
36	50,59	37,75	56,31	36
37	55,63	42,92	66,19	37
38	61,35	48,93	78,03	38
39	67,87	55,96	92,25	39
40	75,31	64,20	109,41	40
41	83,86	73,90	130,22	41
42	93,71	85,38	155,55	42
43	105,11	99,02	186,54	43
44	118,37	115,31	224,64	44
45	133,88	134,88	271,76	45

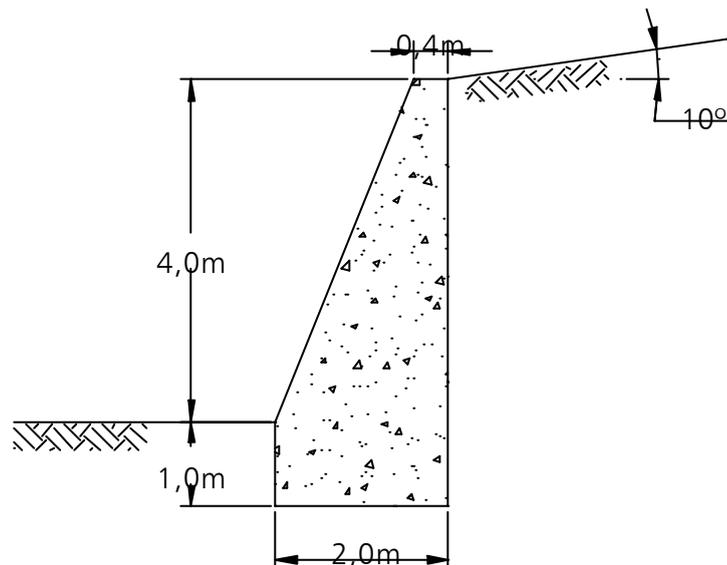
Exercícios Propostos

Ex: 1 – Projetar um muro de arrimo de gravidade para conter um aterro de solo arenoso de 7m de altura. A superfície do aterro é plana e inclinada para cima de 10° com a horizontal. Verificar os fatores de segurança: deslizamento, tombamento e capacidade de carga. Supor que a fundação se apóie na cota -1 m. Utilize o método de Coulomb.

Dados: $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$, $S = \sigma \text{tg} 30^\circ$ (kPa)

Ex:2 – Para o muro de arrimo abaixo, verificar a estabilidade ao deslizamento, ao tombamento e capacidade de carga da fundação.

Dados: $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$, $\gamma_{\text{concreto}} = 25 \text{ kN/m}^3$, $S = \sigma \text{tg} 35^\circ$ (kPa), $\delta = 30^\circ$, $k_A = 0,278$



Resposta: $E_A = 66 \text{ kN/m}$, $FS_D = 2,05$, $FS_T = 7,05$, $FS_{CC} = 3,93$