

## *13ª AULA-PARTE 1*

### **ESTRUTURAS DE ARRIMO**

#### **1. Tipos de estruturas de arrimo**

Sempre que ocorrer um desnível no terreno e não houver espaço suficiente para a construção de um talude, ou ainda sempre que se desejar efetuar abertura de valas no terreno natural, para a implantação de galerias, por exemplo, há a necessidade de construir estruturas de suporte que impeçam o desmoronamento do terreno.

Podem-se utilizar estruturas de arrimo em obras temporárias, como na abertura de valas para construção de metrô. Nestes casos, geralmente, introduzem-se os elementos da estrutura anteriormente à escavação e à medida que se processa a escavação, complementa-se a estrutura com os elementos adicionais: pranchões de madeira, estroncas, tirantes, etc. Completada a obra, procede-se ao reaterro da escavação e os elementos utilizados no escoramento podem ser retirados e reaproveitados.

Em obras definitivas, como no caso dos muros de arrimo, é normal proceder-se a escavação, deixar um espaço livre atrás de onde será implantada a estrutura, para facilidade de trabalho e, uma vez completada a estrutura, procede-se ao reaterro do espaço deixado livre. Deve-se frisar, entretanto, que estas não são regras gerais para estruturas temporárias e definitivas, havendo comumente exceções.

Os principais tipos de estruturas de contenção são os muros, as pranchadas, as cortinas de estacas-prancha, as cortinas atirantadas, as paredes-diafragma e reforços do terreno.

#### **1.1 Muros**

##### **1.1.1 Muros de gravidade**

É uma estrutura de arrimo que funciona apenas em função do seu peso próprio, não trabalhando à flexão e não sendo armada. Tem como principais características:

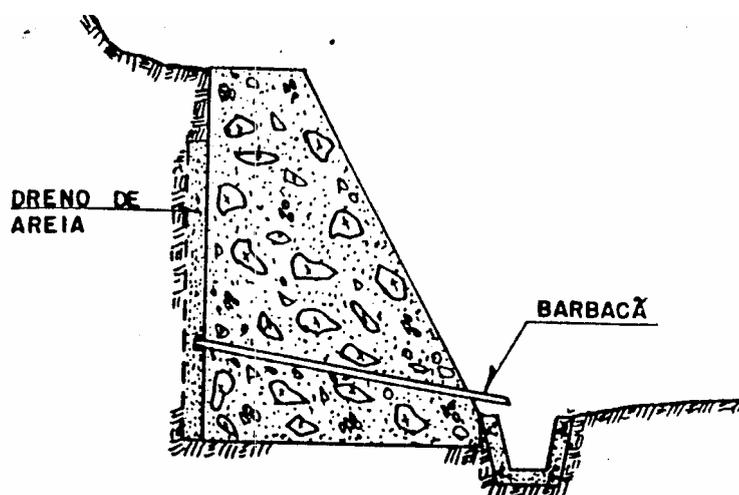
- estrutura maciça (não esbelta)
- relação base / altura ~ 0,3 a 0,6
- seção transversal geralmente trapezoidal

Os muros de gravidade são empregados em locais com boas condições de fundação e com geometria adequada, tal que permita a execução de uma base larga e posterior

reaterro na face interna do muro. De um modo geral, a utilização de muros de arrimo se restringe até uma altura de aproximadamente 10 m.

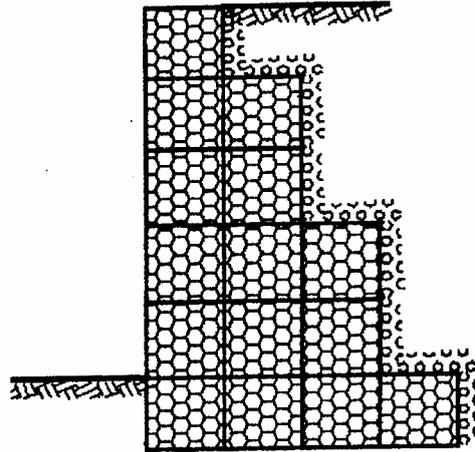
Os tipos de muros de gravidade mais comuns são:

- a) pedra argamassada – é o mais simples dos muros de gravidade, sendo constituído por pedras arrumadas manualmente, com os vazios entre elas preenchidos manualmente por argamassa de cimento e areia. A resistência do muro é devida ao embricamento entre as pedras e ao seu rejuntamento.
- b) concreto massa (não armado) – executado em concreto não estrutural (ciclópico), geralmente com agregados de grandes dimensões, em seção tipicamente trapezoidal.



Muro de gravidade de concreto massa

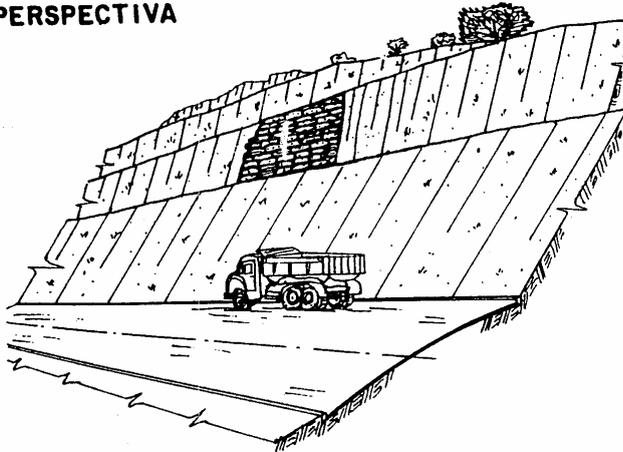
- c) gabiões – utiliza-se de gaiolas ou caixas de tela metálica (arame galvanizado), preenchidas com pedra, bem embricadas entre si, que são colocadas justapostas e costuradas umas às outras por arame, formando muros de diversos formatos (em geral, em degraus). Por serem constituídos de fragmentos de rocha, sem preenchimento, este tipo de contenção é altamente permeável, o que facilita a drenagem do solo. Para que com o fluxo, o solo não penetre nos vazios do gabião, é necessário que se crie uma camada de transição, o que geralmente é feito com o uso de geotêxteis. Os gabiões são bastante flexíveis, acomodando-se bem a recalques diferenciais.



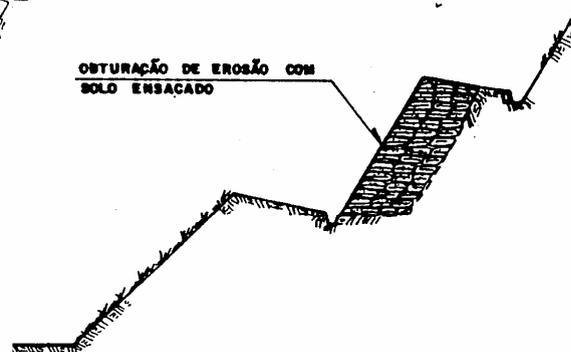
Muro de arrimo de gabião

- d) solo-cimento ensacado – este tipo de muro de gravidade tem dupla função (retenção e proteção superficial), sendo constituído por sacos (de juta ou geossintéticos) preenchidos com solo-cimento e colocados justapostos entre si. Os sacos são necessários como elemento estrutural até que a mistura solo-cimento se solidifique, ganhando resistência.

**PERSPECTIVA**



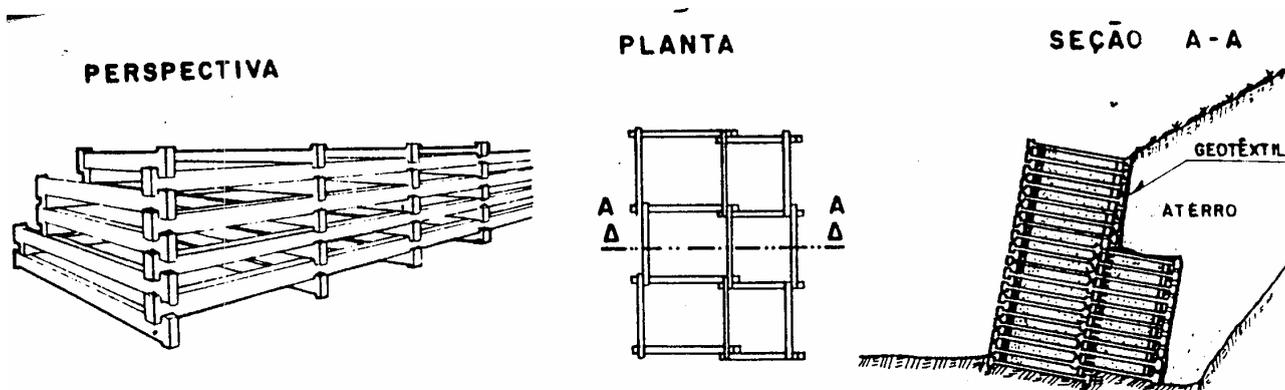
**SEÇÃO**



Aplicação de solo-cimento ensacado

- e) “crib wall” – também chamado de “muro fogueira”, consiste num sistema de peças de concreto armado pré-moldado (ou de madeira ou aço), na forma de pequenas vigas, que são encaixadas entre si, formando uma espécie de caixa, cujo interior é preenchido com diversos materiais (solo, blocos de rocha,

seixos). Portanto, além do reaterro a montante (face interna do muro), necessita também de um aterro interno (preenchimento das caixas). Embora tenham sido muito utilizados, os “crib walls” parecem estar em desuso, por terem eficiência discutível (possibilidade de fuga de material de enchimento interno).



Contenção com “crib walls”

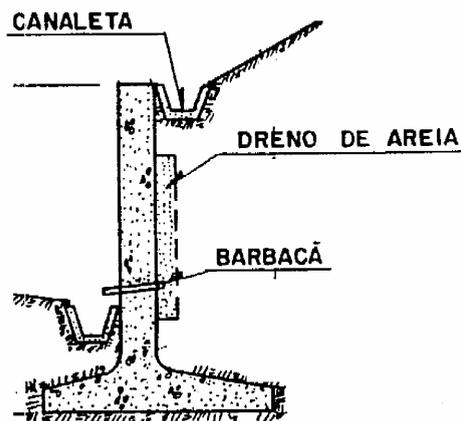
### 1.1.2 Muros à flexão

O muro à flexão é uma obra de contenção em concreto estrutural (armado) que funciona principalmente à flexão, tendo como principais características:

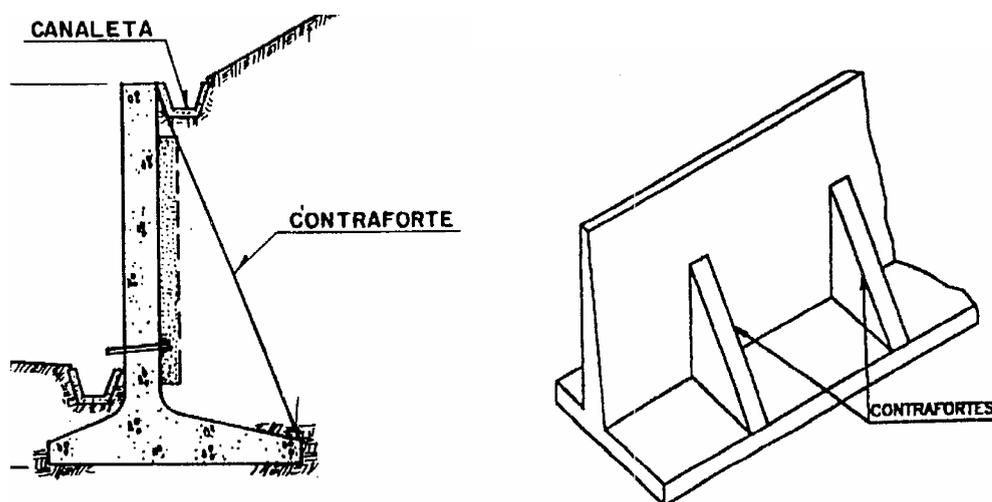
- estrutura esbelta (pequena espessura das paredes em relação à base e à altura);
- relação base / altura entre 0,4 e 0,6;
- seção transversal em formato de L;
- eventual reforço com contrafortes.

Os muros à flexão são indicados para locais em condições topográficas e geológico-geotécnicas mais desfavoráveis que aquelas dos muros de gravidade, contando sempre para sua estabilidade, com o peso de uma porção adjacente de solo (parte do reaterro executado junto à face interna do muro é apoiada sobre a base do mesmo), além do peso próprio do muro. Podem ser atirantados.

Os muros de flexão com contrafortes introduzem uma rigidez adicional na estrutura e aplicam-se para alturas maiores que 8 m e/ou quando as solicitações são elevadas. Os contrafortes podem ser construídos para o lado externo do paramento vertical ou embutidos no maciço de terra.



Muro de arrimo a flexão



Muro a flexão com contraforte

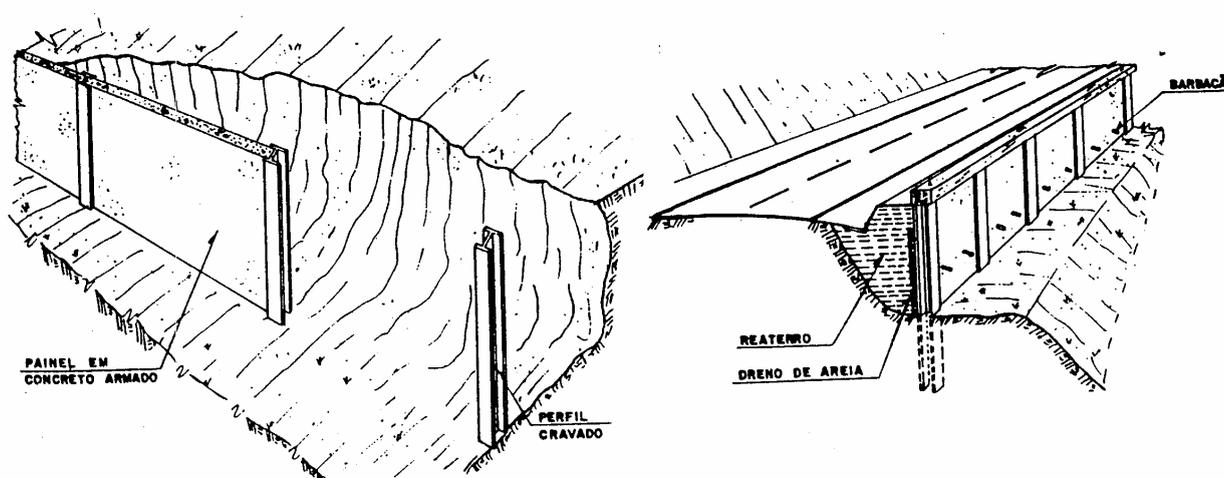
## 1.2 – Pranchadas

É uma obra de contenção constituída por perfis metálicos (tipo I, H, trilhos, etc.) cravados no terreno e por painéis em concreto armado (pranchões de madeira no caso de obras provisórias).

Trata-se de uma estrutura que trabalha a flexão, utilizando-se de uma fundação descontínua e profunda (ficha: parte enterrada do perfil metálico). A parte superior (não enterrada) é denominada balanço. Quando há necessidade de balanços maiores, normalmente as pranchadas são atirantadas, ou seja, reforçadas por tirantes, cujas cabeças estão solidarizadas a uma viga longarina (também um perfil metálico), presa aos perfis verticais.

É empregada em locais onde as condições topográficas são desfavoráveis, com material de boa capacidade de carga (fundação) a maior profundidade, porém sem a ocorrência de matacões ou topo rochoso próximo. É uma solução com aplicação semelhante à de cortina atirantada, porém de execução mais simples e econômica.

Também é muito utilizada como obra provisória, para contenção de paredes de escavação em: obras prediais (subsolos de edifícios), obras metroviárias (escavações a céu aberto), obras industriais (fundações), etc.



Pranchada

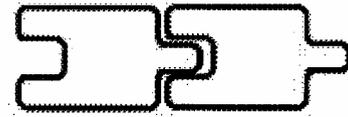
### 1.3 Cortinas de estacas-prancha

São peças de madeira, concreto armado ou aço, que se cravam formando por justaposição as cortinas e se prestam para estruturas de retenção de água ou solo, podendo ser utilizadas tanto para obras temporárias quanto definitivas. Quanto ao método construtivo, pode-se ter estacas prancha em balanço, em que a profundidade de cravação é suficiente para suportar os esforços laterais. Este tipo é normalmente aplicado para pequenos desníveis. Quando os desníveis são maiores, passa-se a utilizar cortinas de estacas prancha ancoradas.

O emprego de estacas prancha de madeira encontra-se hoje limitado a obras temporárias devido a pouca resistência que apresentam a ciclos de umedecimento e secagem. As estacas de concreto apresentam maior resistência, no entanto problemas de cravação também tornam o seu uso restrito, o que contribui cada vez mais para a utilização em larga escalada estacas prancha de aço (maior facilidade de cravação e recuperação, maior regularidade, melhor estanqueidade, grandes comprimentos).

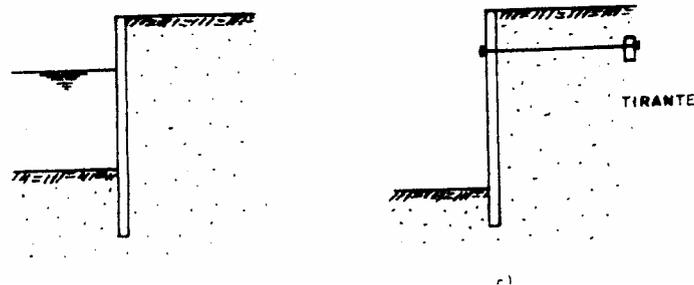


Pranchas metálicas

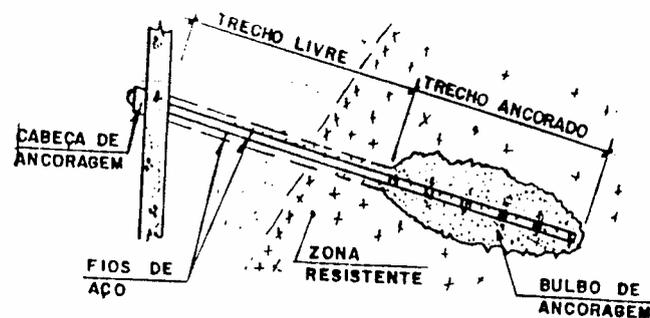


Pranchas de concreto

Algumas seções de estacas-prancha



Estaca-prancha em balanço e estaca-prancha ancorada.

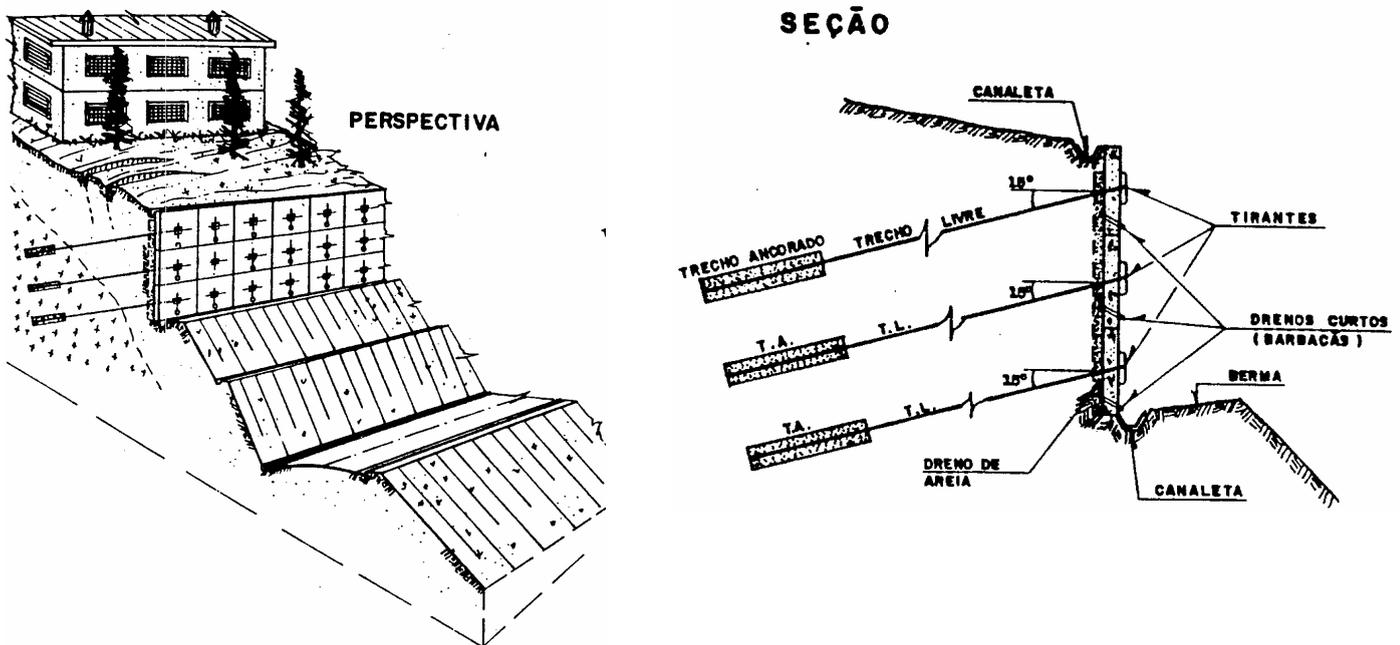


Detalhe do tirante

#### 1.4 – Cortinas atirantadas

A cortina atirantada é uma estrutura esbelta, constituída por uma parede vertical (com espessura entre 0,15 e 0,30 m), executada em concreto armado, reforçada por tirantes protendidos, distribuídos em um ou mais níveis. É parecida com um muro à flexão atirantado, porém sua base tem uma dimensão muito reduzida em relação à sua altura. Se necessário pode ser subfundada, quando a geometria do talude for tal que o pé da cortina não garanta estabilidade à mesma.

Dentre os vários tipos de contenção, as cortinas atirantadas são as de maior eficácia, versatilidade e segurança, sendo porém as mais caras. São empregadas para obras de contenção de maior porte, em situações topograficamente desfavoráveis, onde não há espaço para a execução de muros de gravidade ou onde o terreno é bastante valorizado justificando seu uso. Em seu procedimento executivo, o solo é escavado paulatinamente (até uma profundidade que não requeira escoramento) e placas de concreto são fixadas no talude por intermédio de tirantes, ou seja, a execução da obra é feita de cima para baixo. Também são indicadas para os locais onde a geologia da fundação não permite a cravação de perfis metálicos para as pranchadas (ocorrência de matacões ou topo rochoso próximo).



Cortina atirantada

## 1.5 Paredes-diafragma

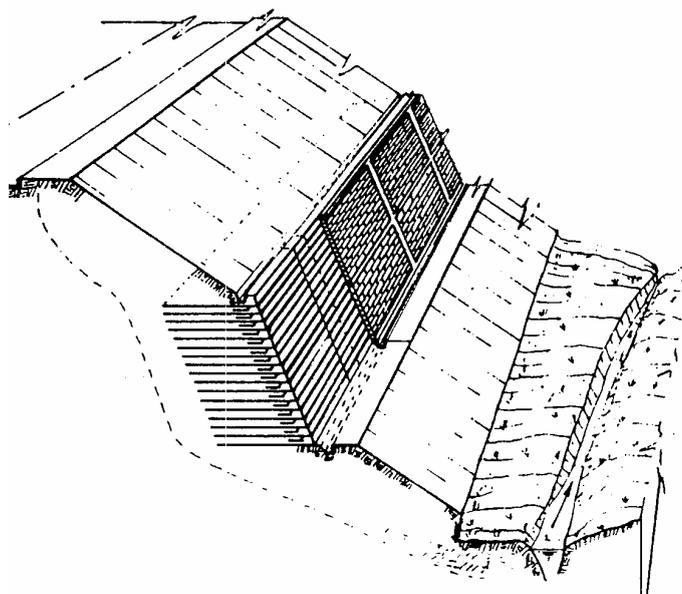
São construídas em painéis com espessuras de 30 a 120 cm. A escavação é feita com caçamba tipo "clam shell" e a concretagem é submersa, afastando-se a lama bentonítica que estabiliza o furo (ver aula 8). Completada a concretagem, dá-se início à escavação e a profundidade pré-determinadas acrescentam-se as estruturas adicionais (estroncas, tirantes).

## 1.6 Solos reforçados

Este grupo contempla uma série de tipos de obra em que o objetivo é implantar um maciço de solo executado com dispositivos de reforço (aterro de solo cimento, aterro envelopado, terra armada) ou reforçar o maciço de solo existente (estacas injetadas, “jet grouting”).

Aterro de solo-cimento: consiste na execução de um aterro compactado com solo-cimento. O solo-cimento corresponde a uma mistura de solo com cimento, na proporção de 5 a 10 % em peso seco.

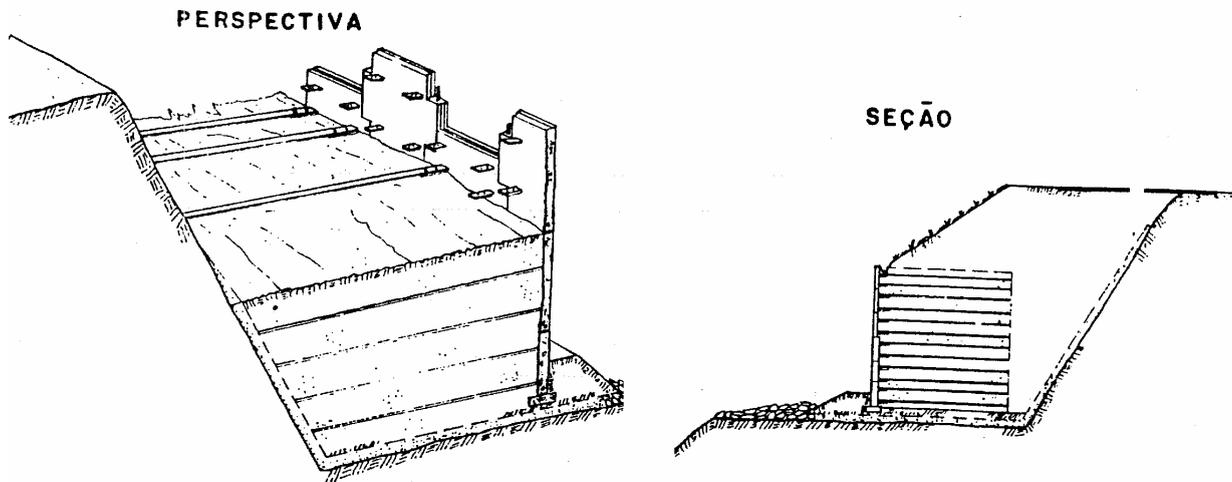
Aterro reforçado: trata-se da execução de um aterro em solo compactado, reforçado com mantas geotêxteis. As mantas são colocadas horizontalmente no interior do maciço compactado (intercaladas com as camadas de solo compactado) à medida que este vai sendo alteado, e na face externa do mesmo. O espaçamento vertical entre as mantas varia tipicamente entre 30 e 60 cm.



Aterro reforçado com geotêxtil

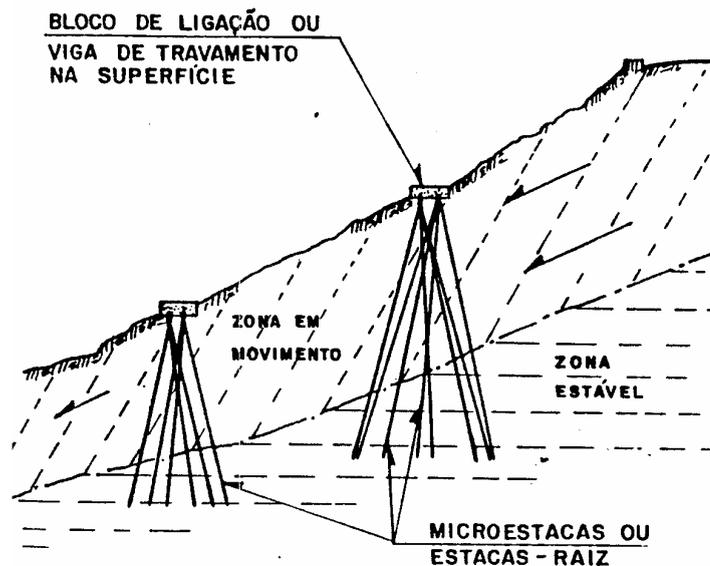
Terra armada: Esta solução é constituída de três componentes: a) maciço de solo compactado; b) tiras metálicas (armaduras) dispostas horizontalmente no interior do maciço em camadas, à medida que vai sendo alteado. São lineares e flexíveis, trabalhando a tração e com boa resistência a corrosão. São fixadas à parede externa

por meio de parafusos. c) paramento externo flexível, geralmente vertical, composto por “escamas” (placas de concreto pré moldado), presas às armaduras.



Terra armada

Estacas injetadas: São as estacas-raiz, micro-estacas e solo grampeado (soil nailing). São constituídas por armaduras introduzidas no interior de perfuração aberta no maciço a ser estabilizado. Após a perfuração, a armação é inserida no furo, fazendo-se então a injeção de calda de cimento ou argamassa, sob pressão controlada. As estacas-raiz e micro estacas foram introduzidas no Brasil na década de 70. Já o solo grampeado é uma técnica mais recente, ainda pouco empregada.



Exemplo de aplicação de estacas-raiz na estabilização de taludes

“Jet grouting”: Consiste numa injeção de calda de cimento no interior do solo, sob alta pressão, formando colunas de solo-cimento de grande diâmetro (0,5 a 1,5 m dependendo do tipo de solo e da pressão de injeção). Jatos de ar, água e calda de cimento são simultaneamente aplicados para desagregar o solo nativo e substituí-lo por uma mistura de solo-cimento. As colunas assim formadas no interior do maciço de solo, representam elementos de maior resistência, conferindo maior estabilidade ao maciço. Elas podem ser executadas espaçadas entre si ou justapostas.

