

Talude seguro

Ao alterar estruturas de encostas naturais, o diagnóstico correto é essencial para a escolha do método de contenção



A construção civil cria estruturas de grande impacto e é diretamente influenciada pelas leis da natureza, algo visível quando são feitas modificações na geologia de um terreno. Sabe-se que qualquer corte ou escavação exige um método de reestabilização. "Ao modificarmos a encosta, em geral, pioramos a estabilidade do solo", explica o engenheiro Cláudio Michael Wolle.

O objetivo dessa etapa da obra é breçar a série de alterações provocada

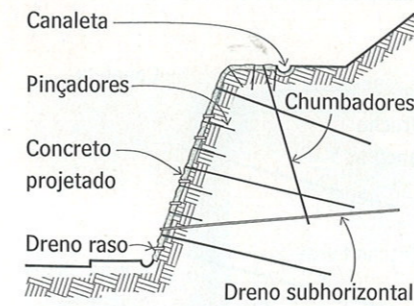
pelos interferências. É o que afirma o engenheiro Alberto Zirlis, da Solotrat. "Tudo o que se corta, se deforma. A estabilização se dá quando a deformação pára", explica.

A deformação decorre, dentre outros fatores, da retirada da vegetação local. Além de as raízes proporcionarem mais consistência ao terreno, a vegetação absorve parte da água que aumentaria a pressão interna. Wolle ressalta, ainda, que a

água é o principal fator de alteração da estabilidade.

No entanto, a água não é o único item a ser considerado diante da escolha do método de contenção. Em virtude das características de cada tipo de terreno e obra, as soluções podem variar desde um simples retaludamento a uma complexa cortina atirantada de 12 m de altura.

Embora todas as soluções, inclusive os retaludes, devam apresentar um



Solo grampeado

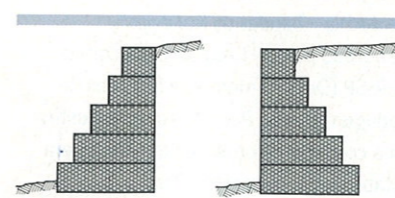
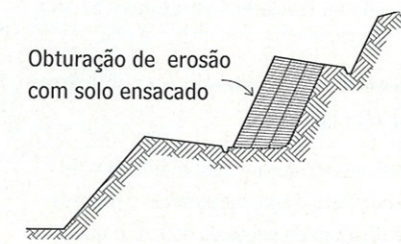
O termo vem do inglês *soil nailing* e a técnica foi aprimorada na França, entre 1985 e 1989, durante o Project National Clouterre. No entanto, não se atingiu um consenso. É menos dispendioso que a cortina atirantada e passivo. Ou seja, só

atua quando o terreno movimentar-se. É aplicável apenas em solos firmes, ou a terra escorre por entre os grampos. A seqüência de etapas inicia-se com o corte parcial, seguido da perfuração e inserção da barra de ferro. Centralizada no furo, é fixada pela injeção de nata de cimento. Diferente das cortinas, a ancoragem é feita em toda a extensão do chumbador, e não apenas no nicho final. A superfície é recoberta com uma tela metálica e revestida com concreto projetado. A espessura final da parede varia entre 5 e 6 cm. As barras se localizam a distâncias de 80 cm a 1,40 m. Ainda não há consenso se a injeção da nata no orifício deve ser feita sob pressão ou não.

Muros de arrimo

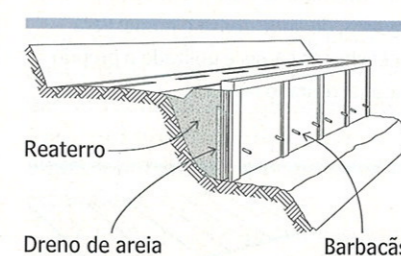
É a solução estrutural mais antiga. Por ser relativamente barata e não exigir mão-de-obra especializada, é a mais comum. Embora possa ser executada com pedras, atualmente utilizam-se pedras argamassadas ou solo-cimento ensacado. É indicada para alturas de até 5 ou 6 m, podendo chegar a alturas maiores. Pode ser aplicada em aterros, sendo construída previamente, ou em casos em que a encosta já existe. A proporção entre

a altura e a base varia entre 0,4 e 0,7. É indispensável o uso de dreno e as barbacãs para recolhimento da água.



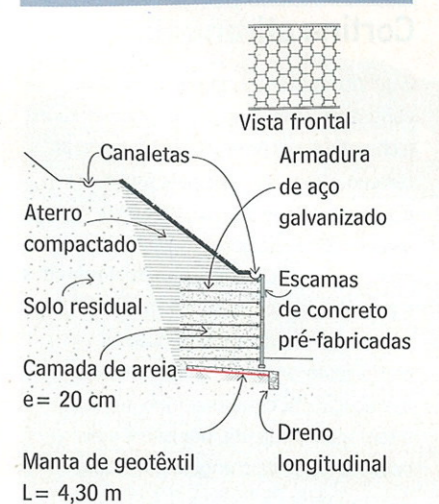
Gabiões

O muro funciona da mesma maneira que o muro de arrimo. As gaiolas são preenchidas com pedra britada. Isso garante que a estrutura seja drenada e deformável. Durante a execução é importante a disposição das pedras, de modo que o arranjo fique denso. A proteção da estrutura metálica pode ser feita com PVC ou pelo argamassamento da superfície externa.



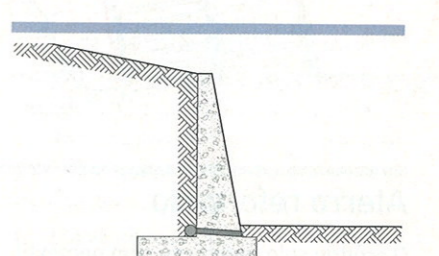
Cortina cravada

Indicada para alturas menores, é suscetível à flexão. São deformáveis e, em geral, utilizadas de forma provisória. Consiste de estacas ou perfis metálicos cravados no solo justapostos ou descontínuos. No segundo caso, o trecho é fechado com pranchões de madeira ou placas de concreto armado.



Terra armada

Método patenteado desenvolvido na França. A execução, portanto, deve contar com supervisão da empresa que detém a patente no Brasil. Pode vencer alturas de até 20 m e conta com três componentes principais: o solo, as armaduras e a "pele". O primeiro envolve as armaduras e deve ser compactado conforme avança o aterro. As armaduras são, na verdade, fitas metálicas lineares e flexíveis. Necessitam de proteção à corrosão e são fixadas às "peles" por parafusos. A "pele", ou face externa, é geralmente vertical e pode ser constituída de escamas metálicas ou placas de concreto armado.



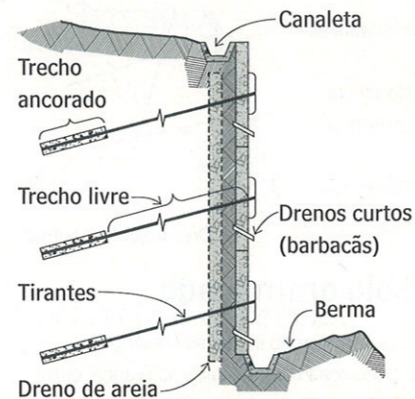
Muros de arrimo de flexão

Agem como os muros convencionais, apresentando a mesma proporção entre base e altura. Geralmente são aplicados em aterros ou reaterros, pois necessitam de peso extra. O muro de flexão conta com uma laje de fundo e outra vertical. Para alturas maiores usam-se contrafortes de tração.

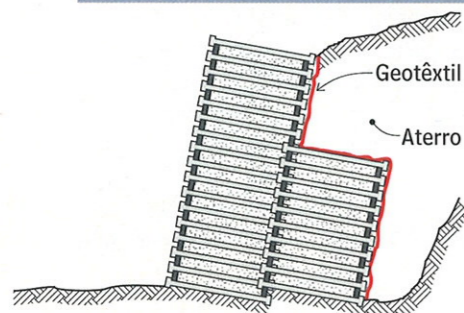
Cortina atirantada

É um dos métodos mais modernos de contenção. Vale-se de tirantes protendidos e chumbadores para dar sustentação ao terreno. Uma das principais vantagens é a possibilidade de aplicação sem a necessidade de cortar nada além do necessário. Com as cortinas atirantadas é possível vencer qualquer altura e situação. As desvantagens são o alto custo, seguido da demora para a execução. "É o método mais seguro e tem maior vida útil, por isso é mais oneroso", explica o engenheiro Fábio Azem, diretor da Tecnogeo. A execução é feita por etapas. Somente a primeira linha é escavada. Em seguida, são feitas a perfuração e a inserção dos tirantes, que são chumbados em nichos no fundo do orifício. Cada tirante é pintado com tinta epóxi anticorrosiva e envolvido em um tubo de borracha individual. O conjunto de tirantes é inserido num tubo coletivo e, já dentro do orifício, é revestido com calda de cimento. As placas são acondicionadas e os tirantes protendidos. Em seguida, é feita

a escavação da segunda linha. A carga de protensão aumenta conforme a profundidade. Cargas muito altas podem causar rupturas. Os tirantes se localizam a uma distância que varia entre 1,20 e 1,40 m. Azem alerta para a manutenção das cortinas. Apesar de exigirem menos cuidados, é necessário avaliar se os tirantes estão intactos e se não há vazamentos. Com a movimentação do maciço, as variações de temperatura e a eventual infiltração de água por trás do maciço, o concreto pode fissurar e provocar infiltrações e vazamentos. Além disso, o tirante poderá oxidar. A cortina atirantada e o solo grampeado são considerados métodos de ancoragem. Isso porque se apóiam no interior do solo que estabilizam. Nesses casos, como alerta Geraldo Gama, do IPT, é importante aprofundar os tirantes ou chumbadores até que fiquem fora da zona de movimentação. Caso contrário, a estrutura é carregada em caso de deslizamento. O ponto crítico dessas estruturas é a barra

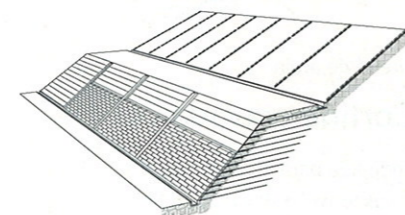


de aço, que deve ser protegida com argamassa ou nata de cimento a fim de evitar corrosão e consecutivo rompimento do tirante ou chumbador. Por utilizar o terreno vizinho para o apoio, também é essencial a autorização do proprietário para a execução da obra. Tanto por questões legais quanto para evitar que os tirantes sejam removidos em caso de obras futuras.



Crib-walls

Esse método surgiu para melhorar o uso de concreto e aço, barateando o processo. É composto de peças de concreto que se encaixam, formando uma gaiola. O formato final lembra a estrutura de uma fogueira, de onde deriva o nome. Para preencher as caixas é utilizado o próprio material retirado no corte.



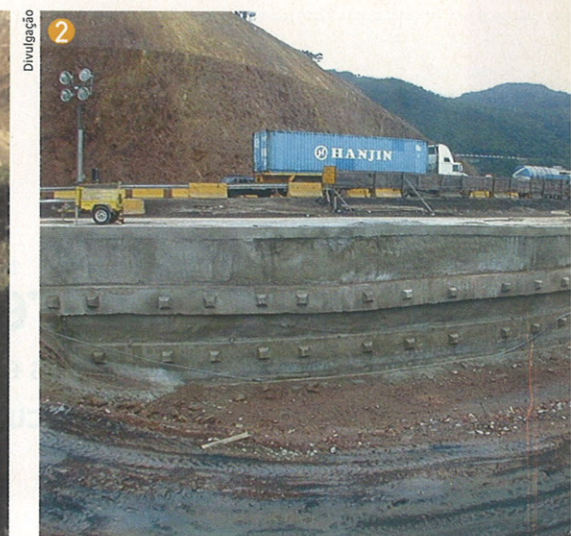
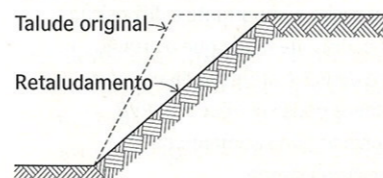
Aterro reforçado

O próprio solo, reforçado com geotêxtil ou geogrelha, é a base para essa estrutura. Apresenta proporção entre altura e base de 0,4 a 0,7. O geotêxtil deve resistir aos esforços de tração desenvolvidos no maciço. É indispensável à proteção na face externa da manta, que é deteriorada pela radiação solar. Todos os métodos tradicionais de contenção podem ser aplicados no caso de aterros. No entanto, o aterro reforçado

e a terra armada são mais usuais. Superam alturas maiores que os muros convencionais e se valem da colocação gradual de terra para estruturar o terreno.

Retaludamento

Trata-se de uma solução não-estrutural e, portanto, simples e de baixo custo. Aplicável para qualquer tipo de solo ou rocha e adaptável a todas as situações de esforços. De acordo com o "Manual de Geotecnia - Taludes de Rodovias", elaborado pelo IPT em parceria com o DER-SP (Departamento de Estradas de Rodagem de São Paulo), "sempre existirá uma condição geométrica que oferecerá estabilidade ao maciço". Para o retaludamento são feitos cortes no terreno de modo que a inclinação seja abrandada. É inviável quando o espaço é escasso ou a vegetação não pode ser retirada. Devem ser previstas canaletas de coleta e escadas hidráulicas para descarte da água. O recobrimento vegetal evita a erosão.



- 1 Mesmo obras de contenção emergenciais como esta, realizada no quilômetro 42 da Imigrantes, devem prever um sistema de coleta e destinação de água além da proteção superficial
- 2 Para garantir a estabilidade do terreno e a segurança da estrada foi necessário realizar, em caráter emergencial, uma cortina atirantada de duas linhas em que os tirantes passam por baixo da pista da Imigrantes
- 3 A protensão dos tirantes é a última etapa a ser executada antes de iniciar as escavações da próxima linha da cortina atirantada

sistema de drenagem adequado, o espaço físico disponível, as condições de acesso, o material disponível, os custos e o tipo de solo devem ser estudados para a execução de um sistema de contenção eficiente.

Princípios e necessidades

Dedicar tempo à investigação é a melhor maneira de evitar patologias. Segundo o engenheiro Geraldo Gama Júnior, do Agrupamento de Estudos Geotécnicos do IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo), "os erros estão muito ligados à escolha do método".

"Os estudos averiguam a estabilidade do terreno", complementa Cláudio Wolle. Para tanto, levam em conta

a formação, situação e características atuais. Pode-se optar pelo uso de cortinas atirantadas em qualquer caso. Mas, embora eficiente, essa técnica é cara e necessária apenas em casos específicos.

O princípio de funcionamento das estruturas de contenção é o mesmo, independente do método. Todas promovem, ativa ou passivamente, resistência ao deslocamento de terra e ruptura ocasionados pelo corte. A diferença principal diz respeito ao local de apoio de tais estruturas. Enquanto o muro de arrimo é um peso independente, que lança mão apenas da gravidade para funcionar, o método denominado solo grampeado e as cortinas atirantadas

procuram a zona resistente para se fixarem, penetrando no mesmo solo que devem estabilizar.

Já em casos de aterros, tanto os métodos quanto as formas de execução podem ser diferenciados. Como a terra ainda será adicionada, é possível agir em todo o volume. O resultado é um solo com a matriz reforçada. É o caso da terra armada e do aterro reforçado.

"Qualquer que seja o método, não se pode esquecer da proteção superficial e da drenagem", alerta Wolle. A primeira evita a erosão do terreno e a segunda destina corretamente a água, diminuindo a pressão interna e o carreamento de partículas de solo.

Bruno Loturco