

TALUDES DE RODOVIAS

ORIENTAÇÃO PARA DIAGNÓSTICO E SOLUÇÕES DE SEUS PROBLEMAS

DEPARTAMENTO DE ESTRADA E RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO



UFSC – CTC – PósARQ
ARQ 1206 – Urbanização de Encostas
Alunos: Bárbara d’Acampora/ Sergio Rhee

APRESENTAÇÃO

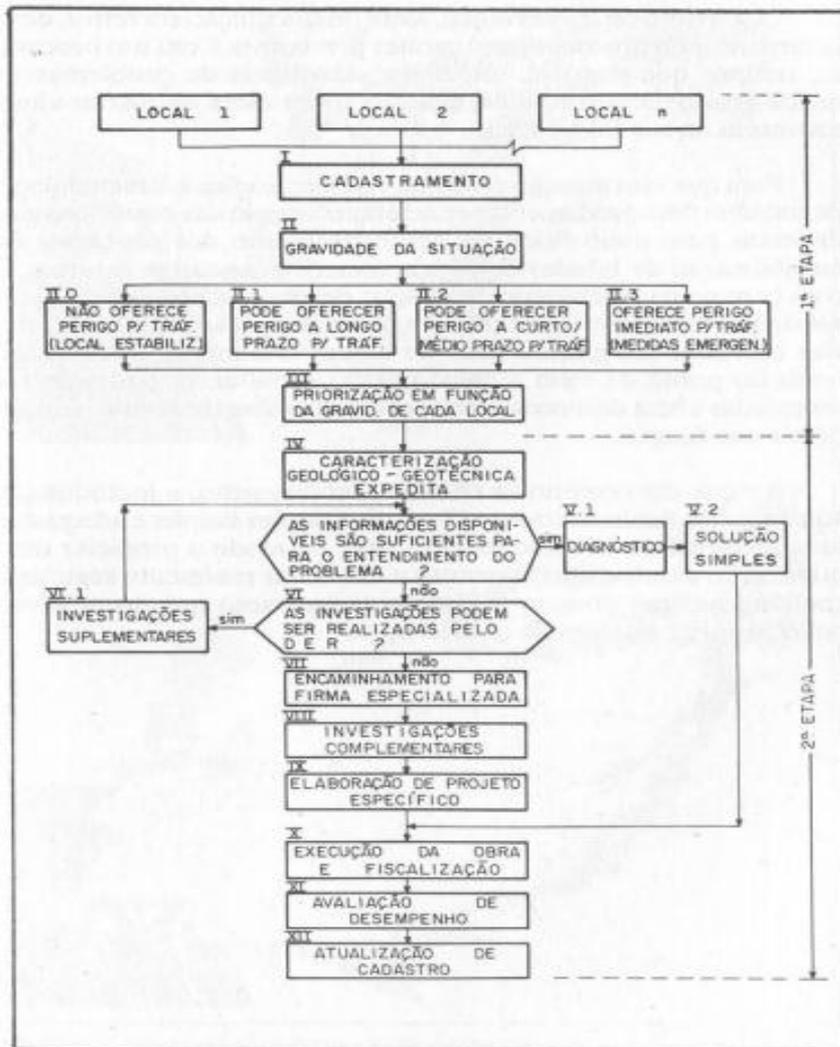
02/55

Neste manual, são tratados os problemas geotécnicos ocorrentes em taludes rodoviários em cortes ou aterros, associados a processos de instabilização de massas.

O **objetivo principal** é fornecer a engenheiros e técnicos rodoviários informações geológico-geotécnicas, bem como diagnósticos e soluções de problemas geotécnicos em taludes de rodovias.

METODOLOGIA DE ATUAÇÃO E PLANEJAMENTO PARA ESTABILIZAÇÃO DE TALUDES

03/55

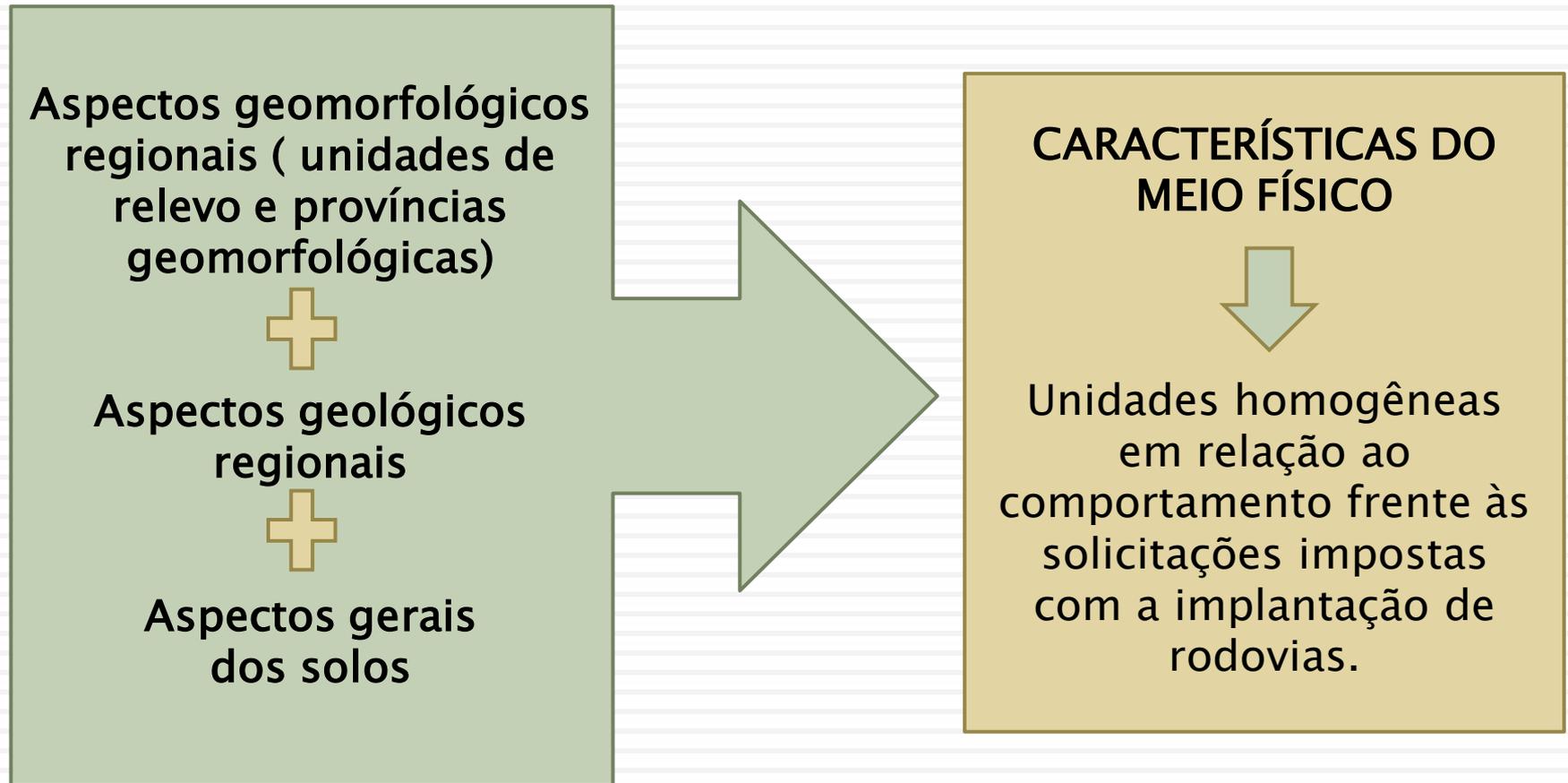


Fluxo de atividades com base na **manutenção preventiva e entendimento** nos processos de instabilização, privilegiando **soluções simples**.

Imagem 01: Fluxo de atividades para planejamento de obras de estabilização

CONDICIONANTES GEOLÓGICOS-GEOTÉCNICOS BÁSICOS NO ESTADO DE SÃO PAULO

04/55



CONDICIONANTES GEOLÓGICOS-GEOTÉCNICOS BÁSICOS NO ESTADO DE SÃO PAULO

05/55

ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS REGIONAIS – UNIDADE DE RELEVO

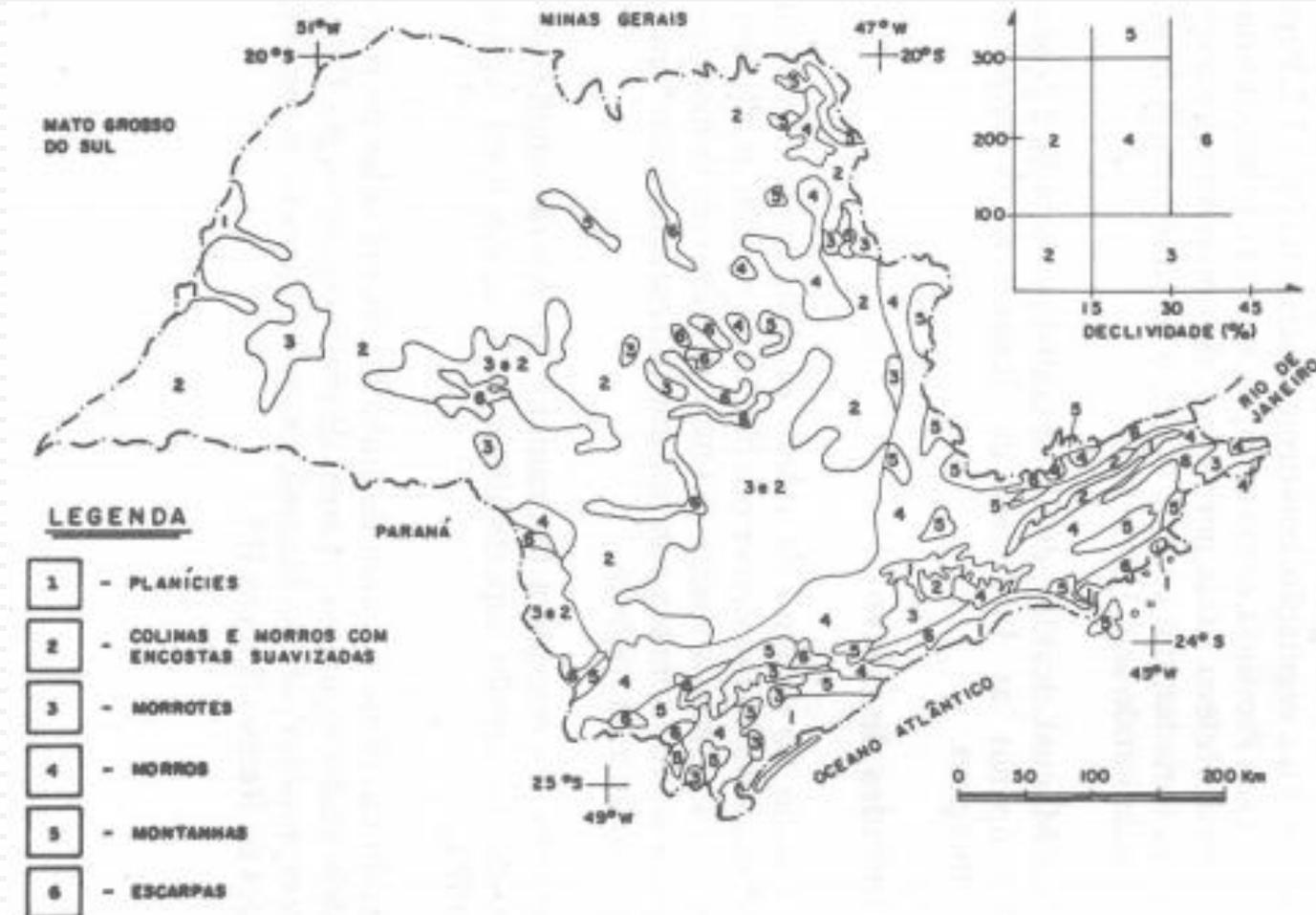


Imagem 02: Áreas de concentração das unidades de relevo

CONDICIONANTES GEOLÓGICOS-GEOTÉCNICOS BÁSICOS NO ESTADO DE SÃO PAULO

06/55

ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS REGIONAIS – PROVÍNCIAS

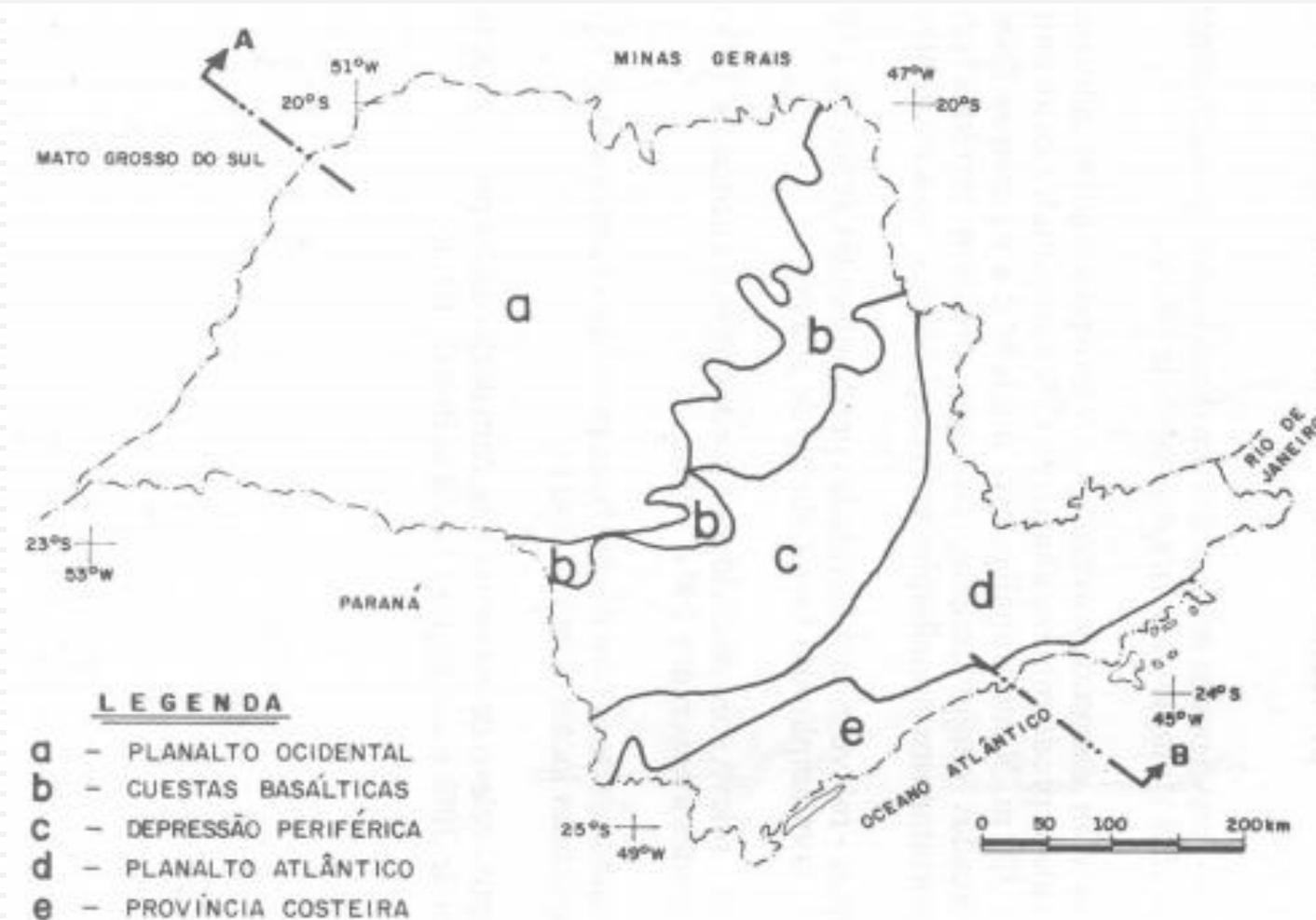


Imagem 03:
Províncias
geomorfológicas

CONDICIONANTES GEOLÓGICOS-GEOTÉCNICOS BÁSICOS NO ESTADO DE SÃO PAULO

07/55

ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS REGIONAIS – PROVÍNCIAS

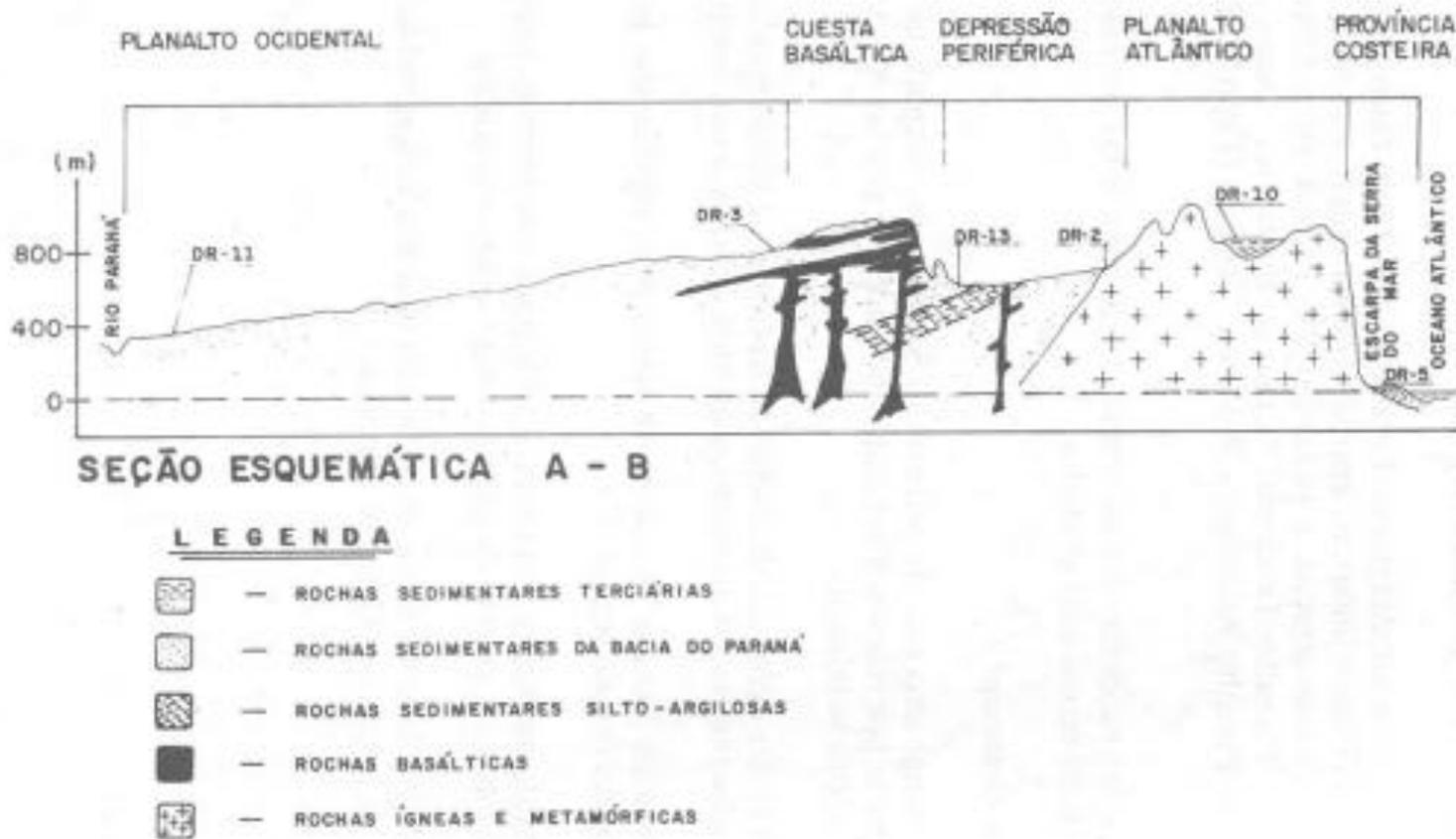


Imagem 04: Províncias geomorfológicas - perfil esquemático

CONDICIONANTES GEOLÓGICOS-GEOTÉCNICOS BÁSICOS NO ESTADO DE SÃO PAULO

08/55

ASPECTOS GEOLÓGICOS REGIONAIS

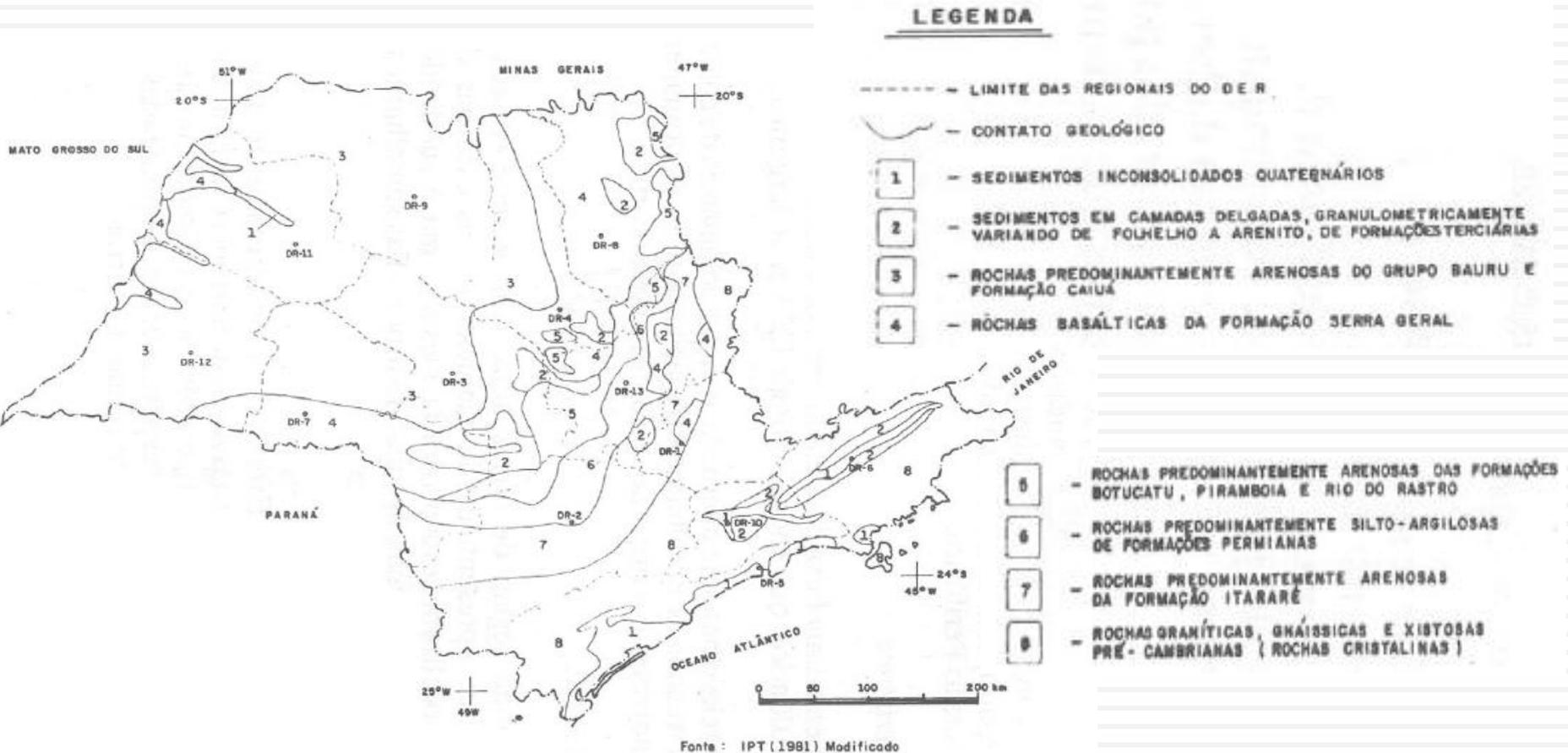


Imagem 05: Esboço geológico

CONDICIONANTES GEOLÓGICOS–GEOTÉCNICOS BÁSICOS NO ESTADO DE SÃO PAULO

09/55

ASPECTOS GERAIS DOS SOLOS E PERFIL DE INTEMPERISMO DAS ROCHAS

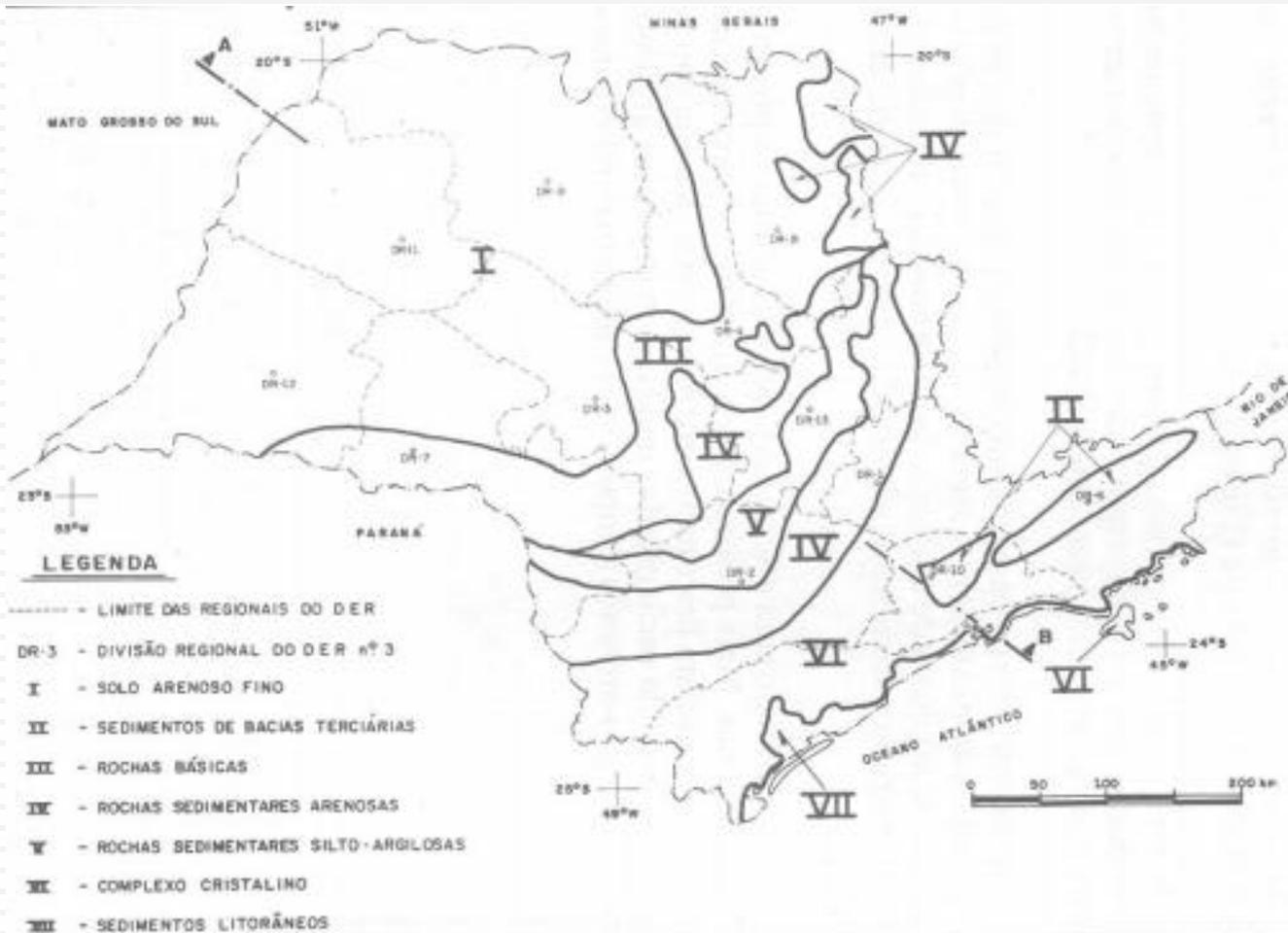
Solo é considerado material terroso natural, parte superficial da crosta terrestre e pode ser escavado manualmente.

- ❑ **Solo orgânico:** grande quantidade de material orgânico com coloração preta ou acizentada;
- ❑ **Solo transportado:** resultante da erosão, transporte e sedimentação de material procedente da decomposição de rocha ou de outro solo;
- ❑ **Solo residual:** desenvolvido a partir de material da rocha imediatamente subjacente.

A variação do **perfil de intemperismo** em uma mesma litologia é grande, mas pode-se esboçar perfis que caracterizem genericamente cada uma das unidades litológicas.

UNIDADES DO MEIO FÍSICO

10/55



De acordo com dados anteriores foram demarcados 7 unidades de análises, considerando aspectos relevantes do meio físico frente à implantação de rodovias.

Imagem 06: Unidades de análise

UNIDADES DO MEIO FÍSICO

11/55

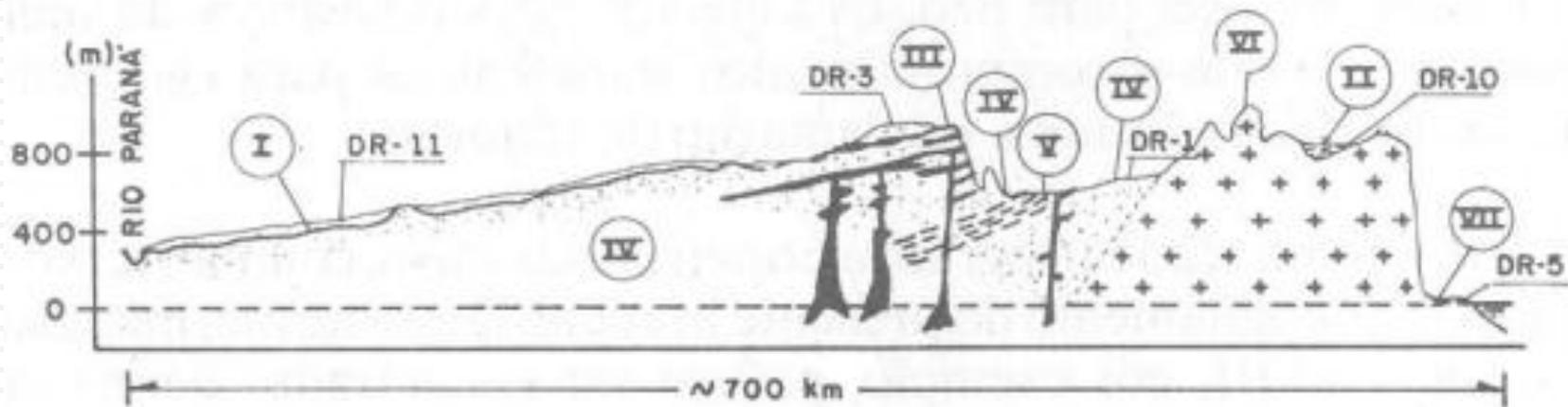


Imagem 07: Unidades de análise - perfil esquemático

- I - solo arenoso fino;
- II - sedimentos de bacias terciárias;
- III - rochas básicas;
- IV - rochas sedimentares arenosas;
- V - rochas sedimentares silto-argilosas;
- VI - rochas cristalinas;
- VII - sedimentos litorâneos.

PRINCIPAIS PROBLEMAS EM TALUDES DE CORTES E ATERROS ENCONTRADOS EM RODOVIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO

12/55

Falta de projeto específico; projeto inadequado; falta de conhecimento do meio físico; deficiências construtivas; má conservação.

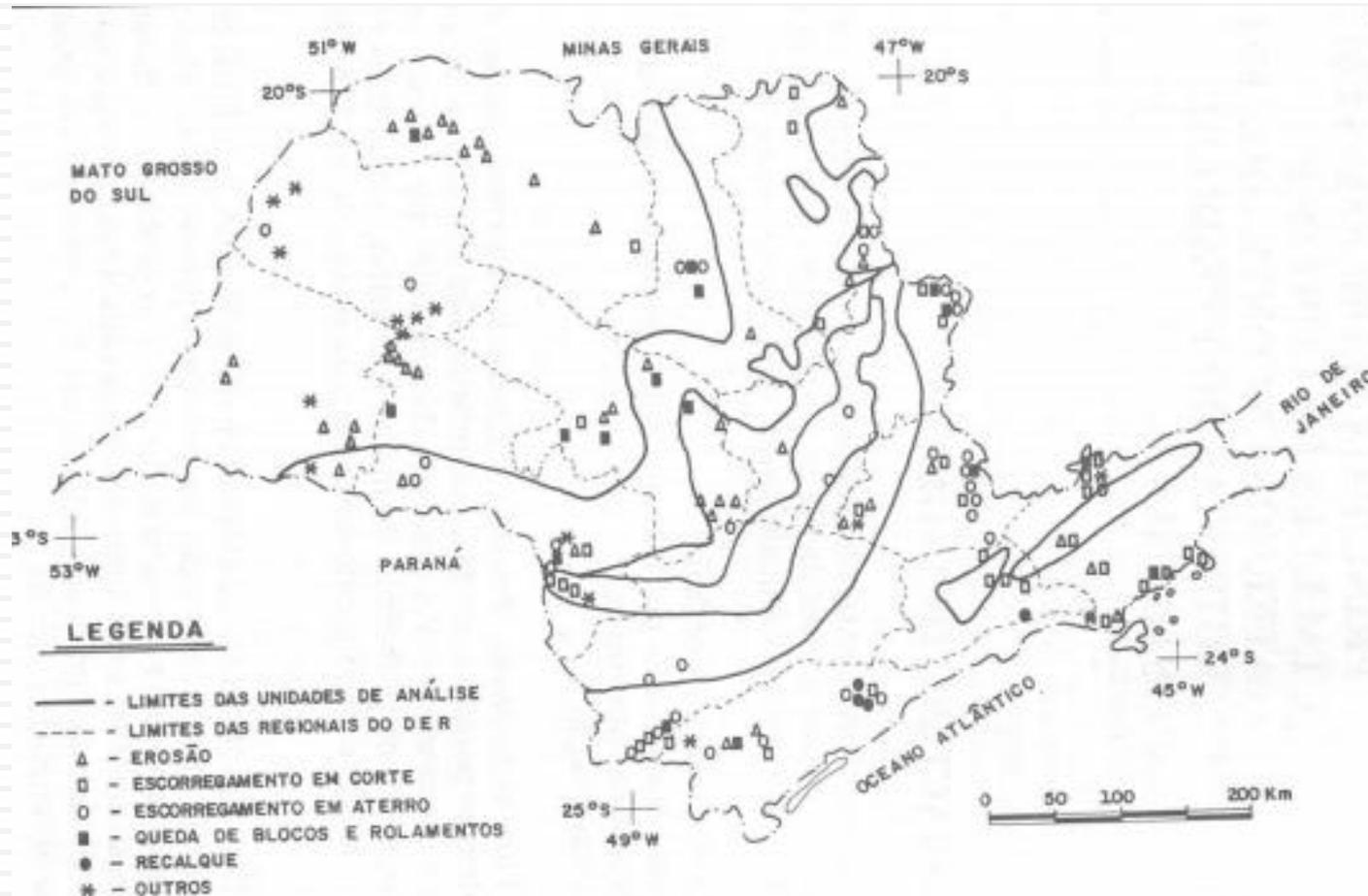


Imagem 08:
Indicação dos principais problemas de taludes no Estado de São Paulo

CONDICIONANTES GEOLÓGICOS-GEOTÉCNICOS BÁSICOS NO ESTADO DE SÃO PAULO

13/55

EROSÃO

Tipo	Forma ocorrência	Principais causas
Erosão	. em taludes de corte e aterro (em sulcos e diferenciada)	. deficiência de drenagem . deficiência de proteção superficial
	. longitudinal ao longo da plataforma	. concentração de água superficial
	. localizada e associada a obras de drenagem (ravinas e boçorocas)	. concentração de água superficial e/ou interceptação do lençol freático
	. interna em aterros (<i>piping</i>)	. deficiência ou inexistência de drenagem interna

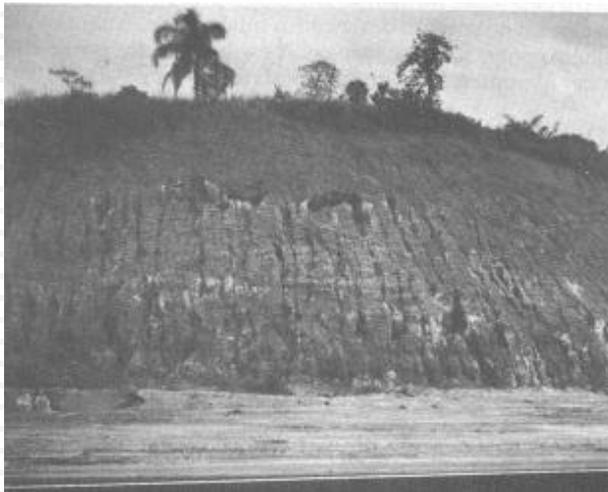


Imagem 09: Sulco



Imagem 10: Diferenciada

CONDICIONANTES GEOLÓGICOS-GEOTÉCNICOS BÁSICOS NO ESTADO DE SÃO PAULO

14/55

EROSÃO



Imagem 11: Plataforma



Imagem 12: Obras drenagem

CONDICIONANTES GEOLÓGICOS-GEOTÉCNICOS BÁSICOS NO ESTADO DE SÃO PAULO

15/55

DESAGREGAÇÃO SUPERFICIAL

Tipo	Forma ocorrência	Principais causas
Desagregação superficial	- empastilhamento superficial em taludes de corte	- secagem e umedecimento do material - presença de argilo-mineral expansivo ou desconfinamento do material

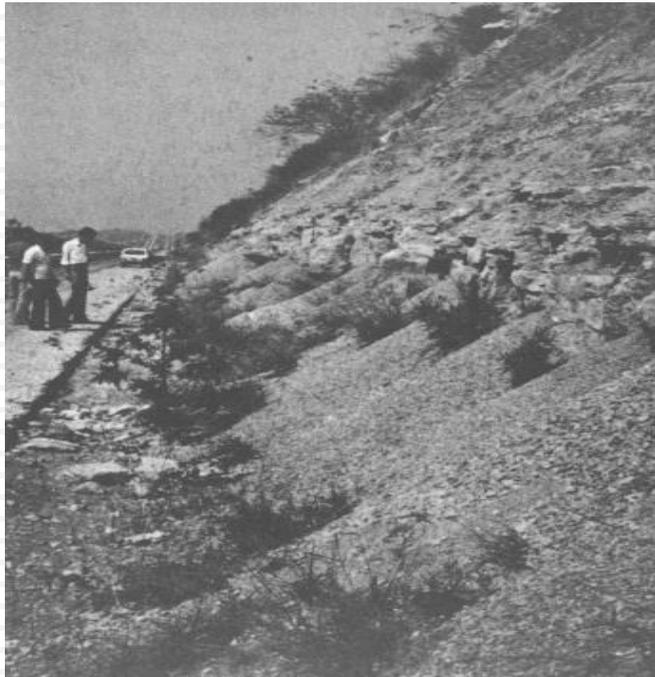


Imagem 13: Desagregação superficial em taludes

CONDICIONANTES GEOLÓGICOS-GEOTÉCNICOS BÁSICOS NO ESTADO DE SÃO PAULO

16/55

ESCORREGAMENTO EM CORTE

Tipo	Forma ocorrência	Principais causas
Escorregamento em corte	<ul style="list-style-type: none">. superficial. profundo	<ul style="list-style-type: none">. inclinação acentuada do talude. relevo enérgico
	<ul style="list-style-type: none">. forma e dimensões variadas	<ul style="list-style-type: none">. descontinuidades do solo e rocha
	<ul style="list-style-type: none">. superficial em corte ou encostas naturais. profundo em cortes	<ul style="list-style-type: none">. saturação do solo
	<ul style="list-style-type: none">. formas e dimensões variadas. movimentação de grandes dimensões e generalizada em corpo de tálus	<ul style="list-style-type: none">. evolução por erosão. corte de corpo de tálus. alteração de drenagens



Imagem 14: Superficial



Imagem 15: Forma e dimensões variadas

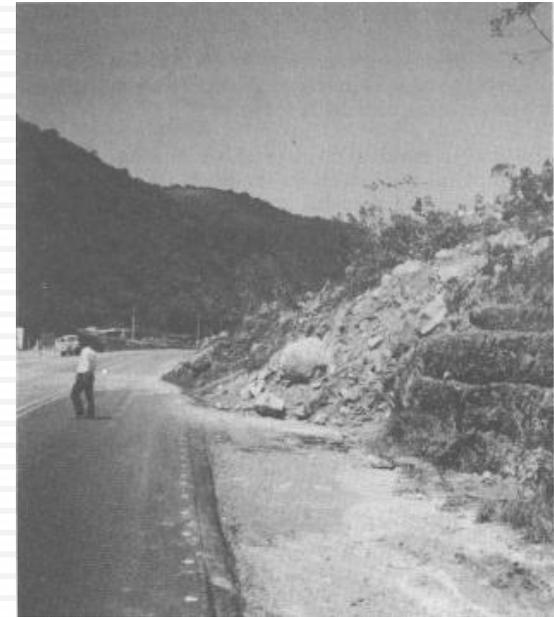


Imagem 16: Corpo de tálus

CONDICIONANTES GEOLÓGICOS-GEOTÉCNICOS BÁSICOS NO ESTADO DE SÃO PAULO

17/55

ESCORREGAMENTO EM CORTE

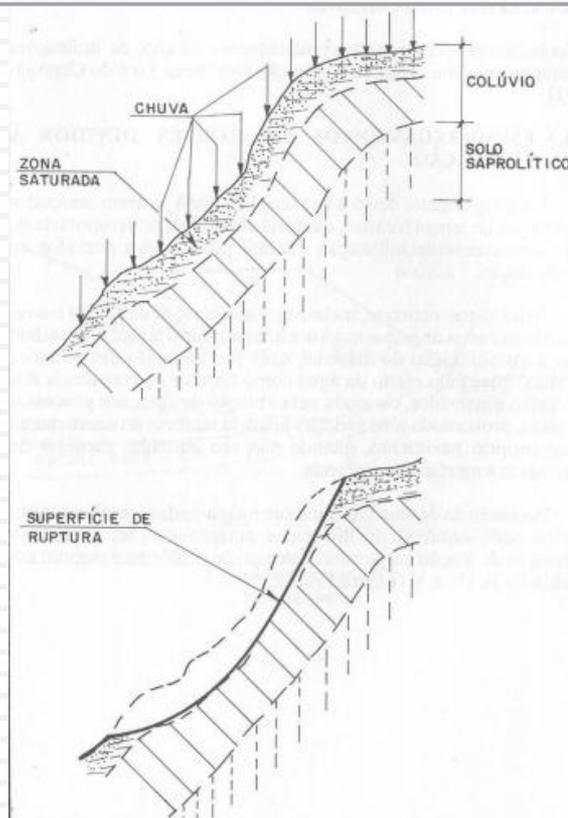


Imagem 17: Corte encostas naturais

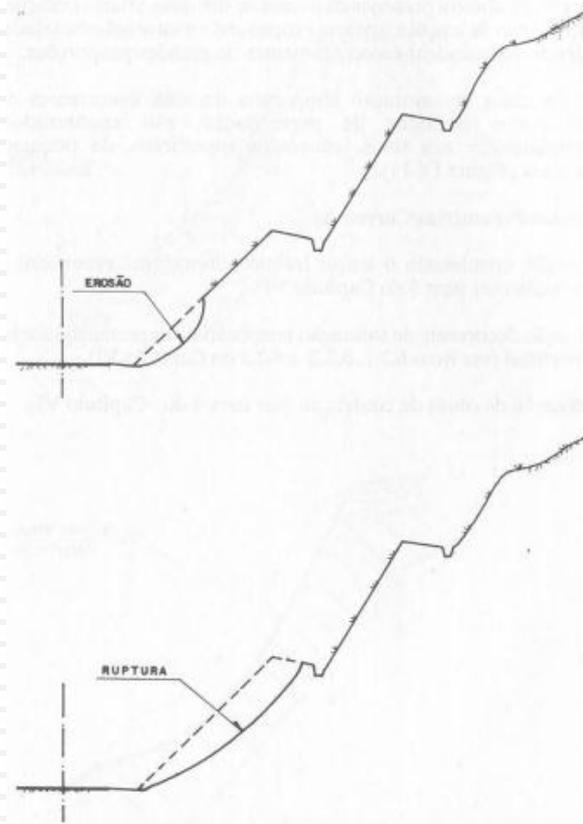


Imagem 18: Forma e dimensões variadas

CONDICIONANTES GEOLÓGICOS-GEOTÉCNICOS BÁSICOS NO ESTADO DE SÃO PAULO

18/55

ESCORREGAMENTO EM ATERRO

Tipo	Forma ocorrência	Principais causas
Escorregamento em aterro	. atingindo a borda do aterro	. compactação inadequada da borda
	. atingindo o corpo do aterro	. deficiência de fundação . deficiência de drenagem . deficiência de proteção superficial . má qualidade do material . compactação inadequada . inclinação inadequada do talude

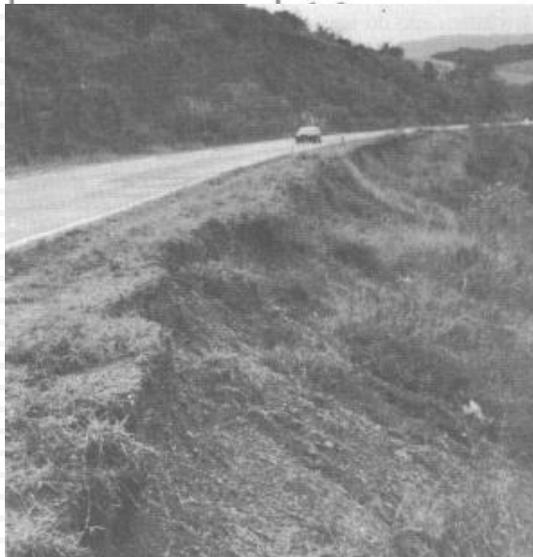


Imagem 19: Borda do aterro



Imagem 20: Corpo do aterro - inexistência ou obstrução de bueiro

CONDICIONANTES GEOLÓGICOS-GEOTÉCNICOS BÁSICOS NO ESTADO DE SÃO PAULO

19/55

RECALQUE EM ATERRO

Tipo	Forma ocorrência	Principais causas
Recalque em aterro	. deformação vertical da plataforma	. deficiência de fundação . deficiência de drenagem . rompimento de bueiro . compactação inadequada

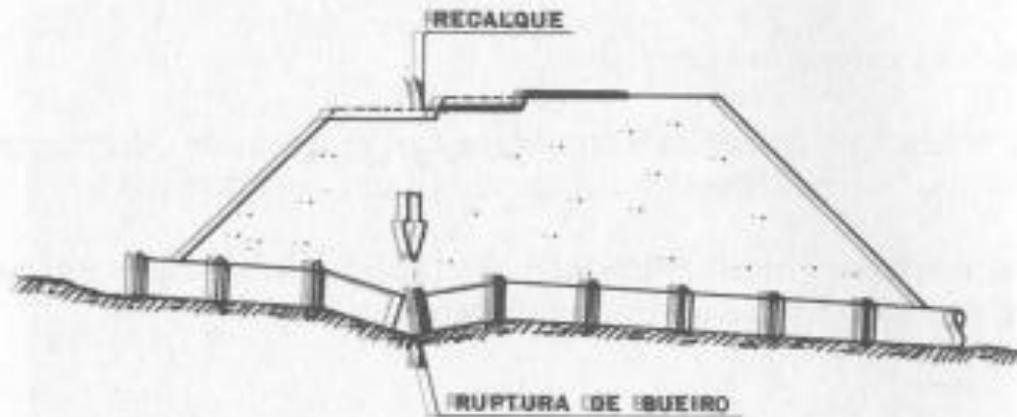


Imagem 21: Deformação vertical da plataforma

CONDICIONANTES GEOLÓGICOS-GEOTÉCNICOS BÁSICOS NO ESTADO DE SÃO PAULO

20/55

QUEDA DE BLOCOS



Imagem 22: Queda de blocos

ROLAMENTO DE BLOCOS



Imagem 23: Rolamento de blocos

Tipo	Forma ocorrência	Principais causas
Queda de blocos	geralmente em queda livre	. ação da água e de raízes nas descontinuidades do maciço rochoso
Rolamento de blocos	movimento de bloco por rolamento no corte ou encosta	. descalçamento da base por erosão

Capítulo V

PROCEDIMENTOS PARA ESTABILIZAÇÃO DE TALUDES

21/55

Imagem 24

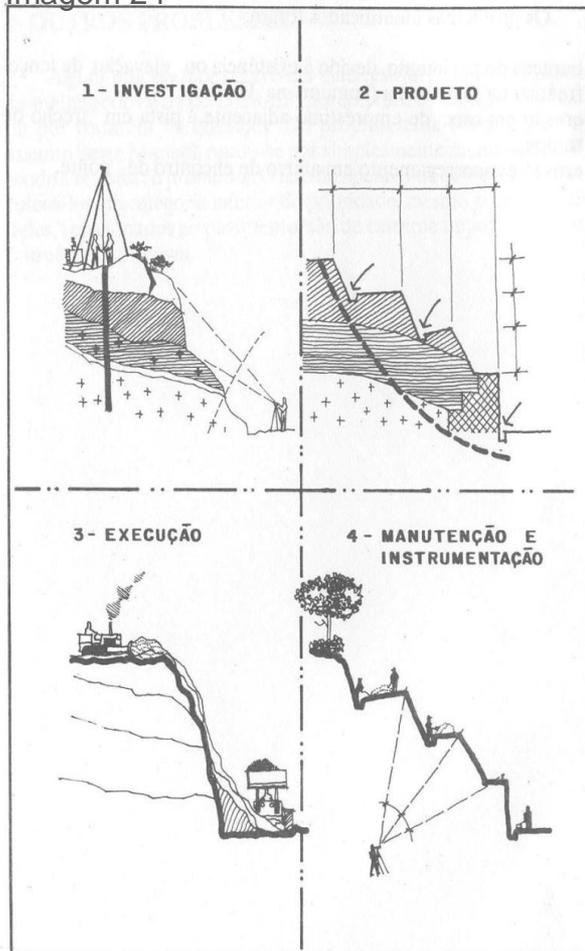


FIGURA V.1 - Principais fases de trabalho na estabilização de taludes

Imagem 25

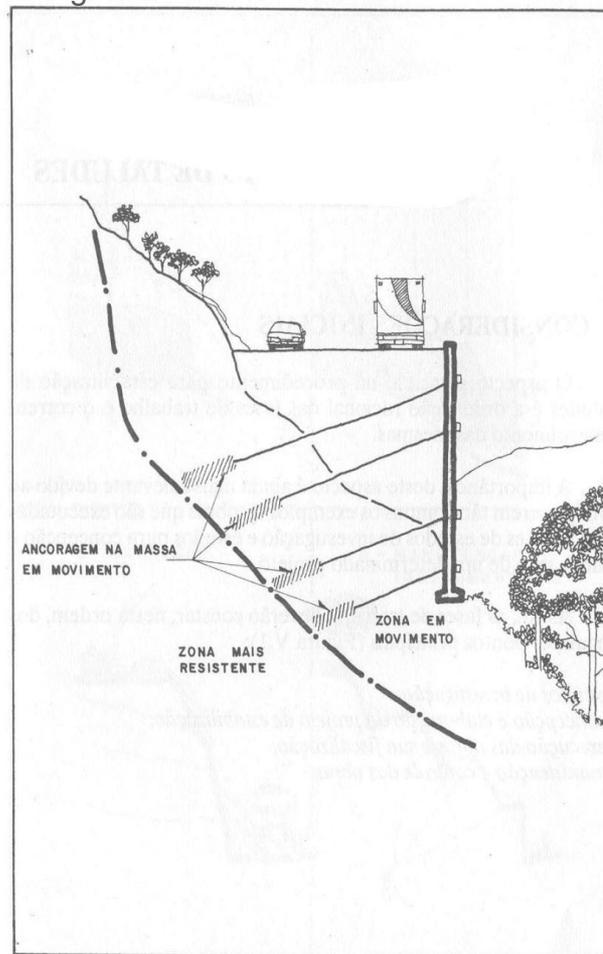


FIGURA V.2 - Exemplo de obra de contenção com erro de projeto por falta de investigações

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

- Pontos principais (Figuras V.1 e V.2/ fonte: Manual de Geotécnica/IPT/SP):
 - . *estudos de investigação;*
 - . *concepção e elaboração do projeto de estabilização;*
 - . *execução das obras e sua fiscalização;*
 - . *manutenção e controle das obras.*

Imagem 26

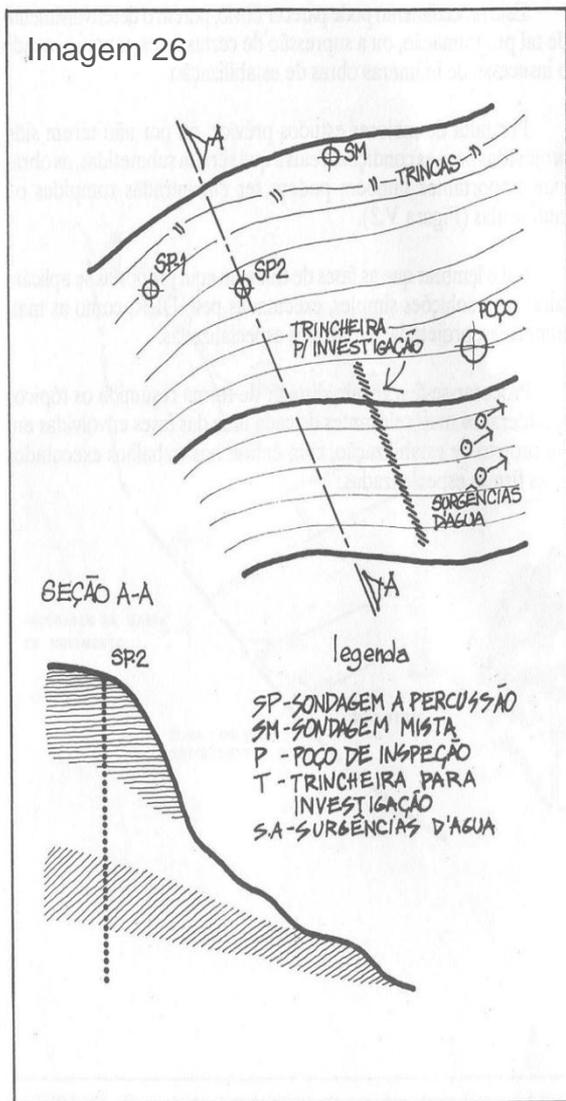


FIGURA V.3 - Caracterização do meio físico

2. ESTUDOS DE INVESTIGAÇÃO:

- Conhecimento mínimo necessário a respeito dos materiais ocorrentes, sua disposição espacial, suas características, assim como a fenomenologia dos processos de instabilização atuantes ou passíveis de atuação (Figura V.3/fonte: Manual de Geotécnica/IPT/SP).

Os mecanismos de instabilização de taludes dependem de inúmeros fatores, sendo que, como condicionante básico, surgem os fenômenos geológicos. Para o entendimento destes fenômenos, os estudos de investigação deverão basear-se na caracterização dos condicionantes litológicos, estruturais e geomorfológicos (Figura V.4 V.3/fonte: Manual de Geotécnica/IPT/SP).

Imagem 27

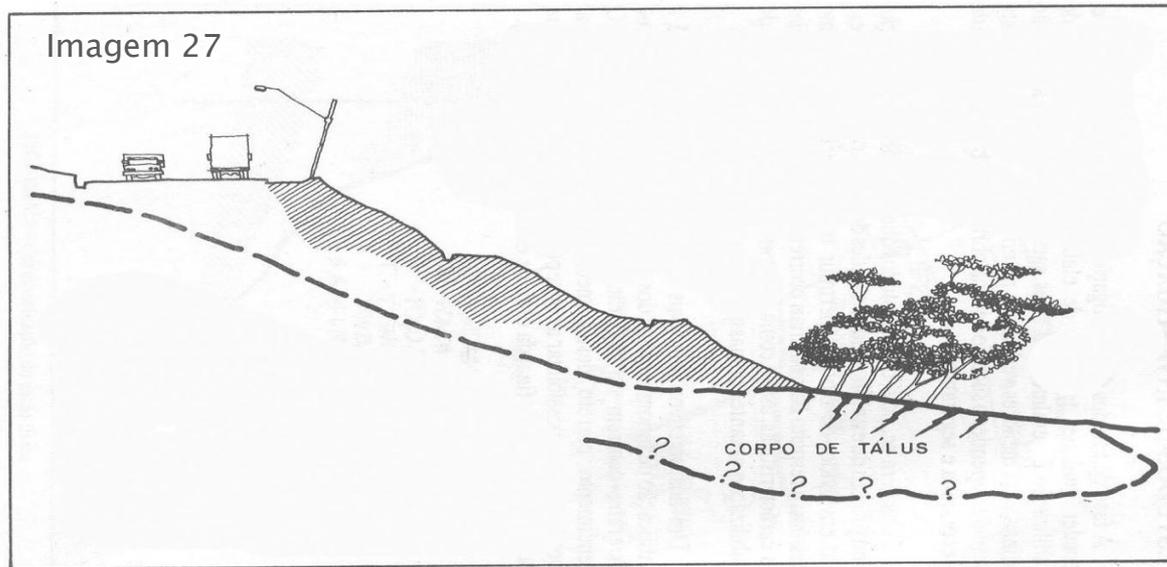


FIGURA V.4 - Exemplo de instabilização de um aterro, devido à presença de um corpo de tálus na sua fundação

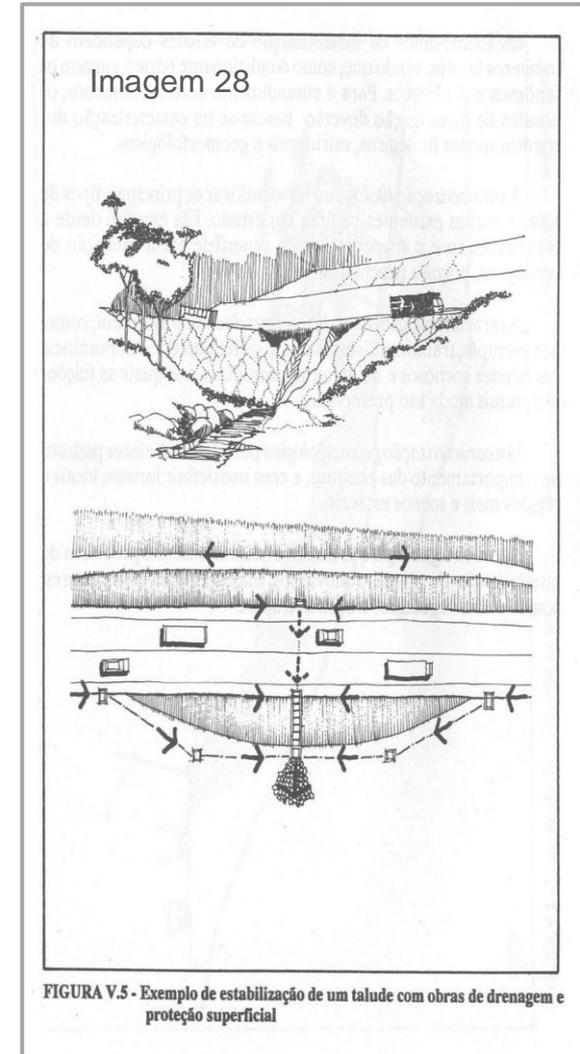
A *caracterização litológica* visa identificar os principais tipos de solos e rochas existentes na área em estudo. Ela envolve desde a caracterização e o mapeamento de superfície até a execução de sondagens, poços e trincheiras.

- A *caracterização dos condicionantes de caráter estrutural*, como, por exemplo, fraturas e xistosidades, é de fundamental importância em taludes rochosos e de material saprolítico, nos quais as feições estruturais ainda são preservadas.
- A *caracterização geomorfológica* permite estabelecer padrões de comportamento das encostas, e definir formas, locais e regiões mais e menos estáveis.

3. CONCEPÇÃO E ELABORAÇÃO DO PROJETO DE ESTABILIZAÇÃO

A escolha e à adoção de um ou outro tipo de obra para determinado local, é o produto final de todo um processo de caracterização geológico-geotécnica e fenomenológica, devendo a obra atuar exatamente sobre o agente causador das instabilizações.

Assim, nos problemas de erosão devido ao escoamento superficial, as obras que devem ser lembradas em primeira instância serão de drenagem e proteção superficial (Figura V.5/fonte: Manual de Geotécnica/IPT/SP).



- Já quando se trata de instabilização de massas terrosas por efeito da ação gravitacional (alturas ou inclinações excessivas nos taludes), o retaludamento deve ser a primeira solução a ser enfocada (Figura V.6/fonte: Manual de Geotécnica/IPT/SP).

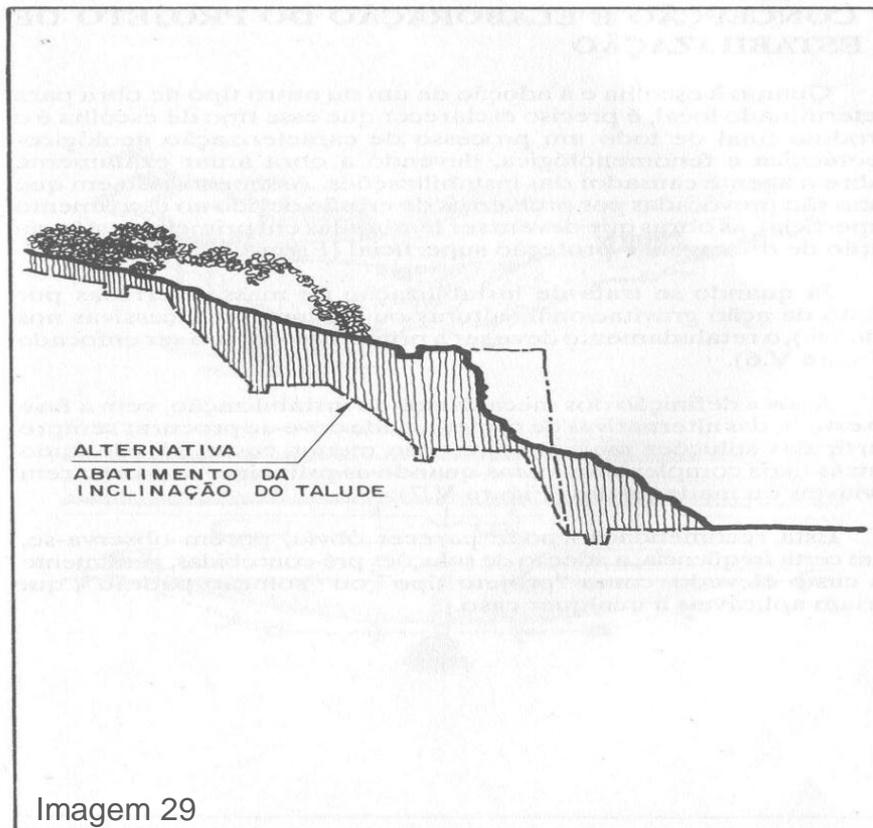


Imagem 29

FIGURA V.6 - Exemplo de estabilização de um talude com retaludamento

Devemos procurar sempre partir das soluções mais simples e de menor custo, só adotando outras mais complexas ou caras quando as primeiras se mostrarem inviáveis ou inadequadas (Figura V.7/fonte: Manual de Geotécnica/IPT/SP).

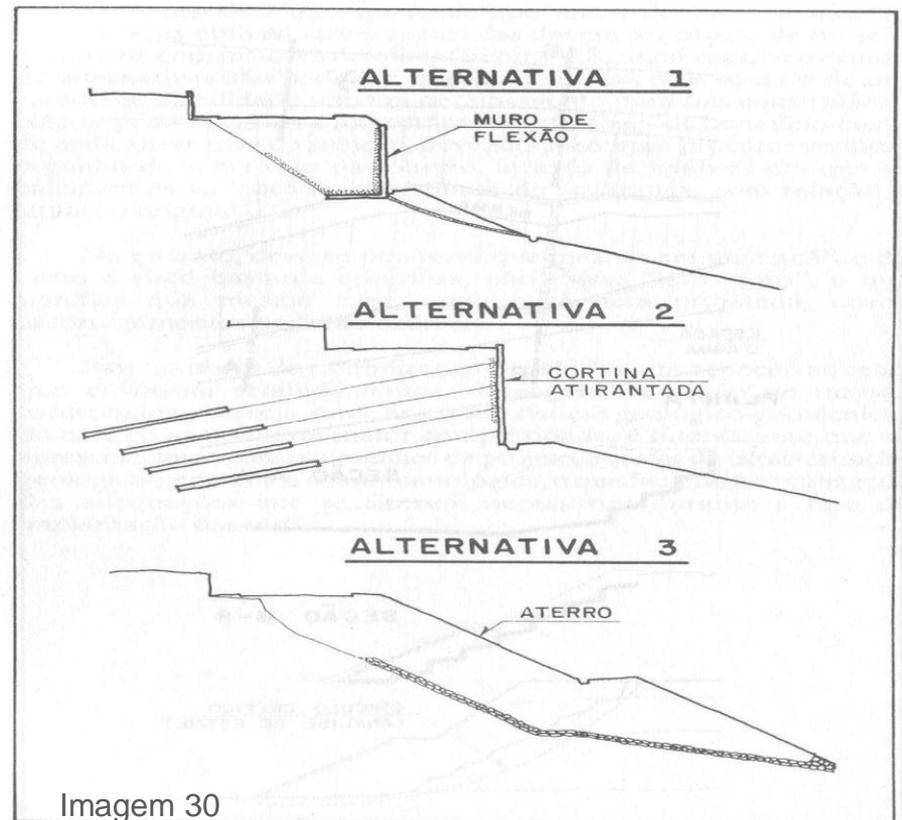


Imagem 30

FIGURA V.7 - Exemplo de estudo de alternativas de solução para estabilização de um talude

Imagem 31

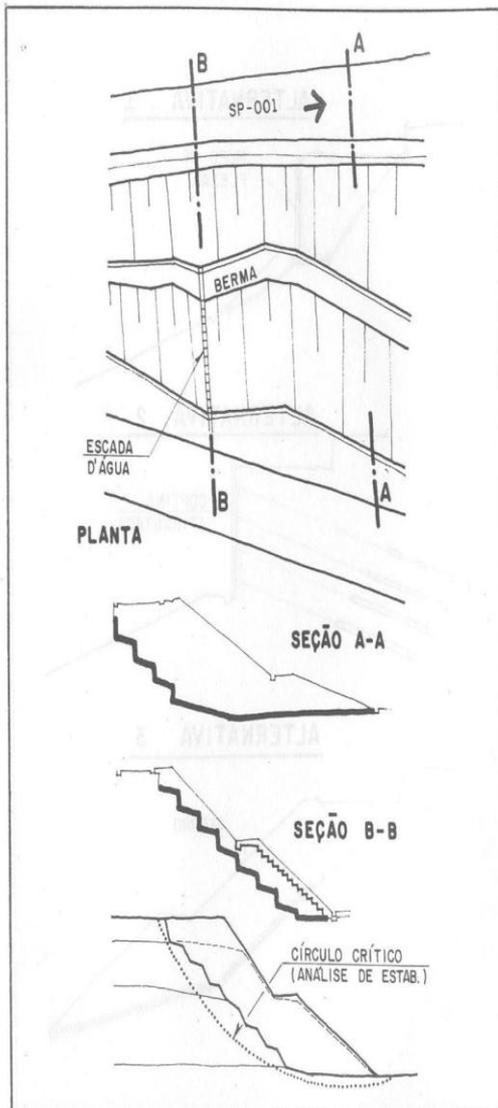


FIGURA V.8 - Exemplo do detalhamento da alternativa de solução escolhida (alternativa 3)

- O estudo de alternativas não pode ser tomado como objeto de projeto executivo, pois se trata de um estudo de viabilidade sem um detalhamento para fins construtivos (Figura V.8/fonte: Manual de Geotécnica/IP T/SP).

4. EXECUÇÃO DAS OBRAS E SUA FISCALIZAÇÃO

Em estabilização de taludes, são raras as obras em que um projeto possa ser totalmente definido, em seus detalhes, antes de sua implantação, sem que ocorram certas adaptações do projeto durante a fase executiva (Figura V.9/fonte: Manual de Geotécnica/IPT/SP).

Imagem 32

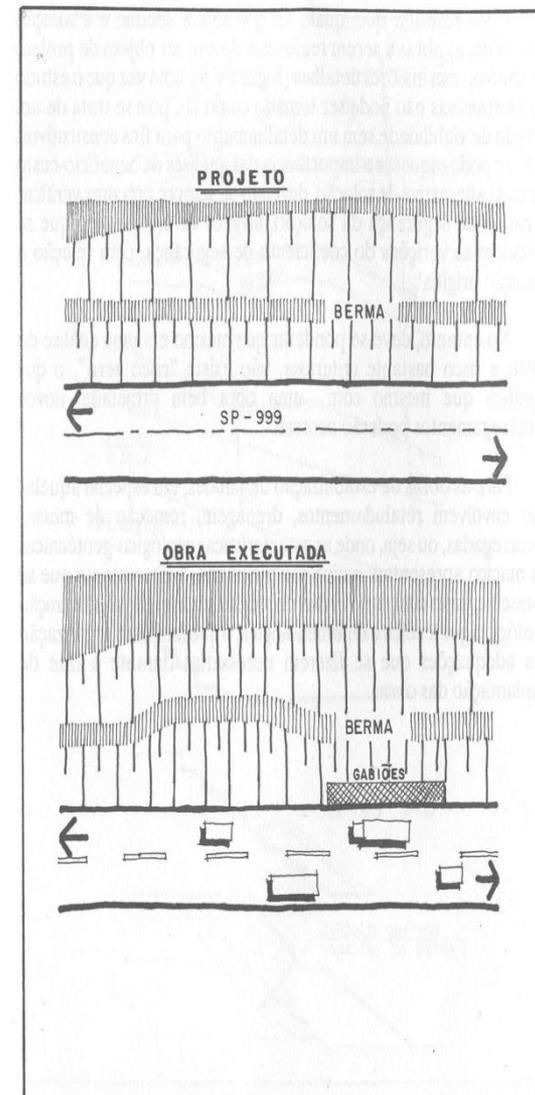


FIGURA V.9 - Exemplo de adequação de projeto durante a fase executiva

5. MANUTENÇÃO E CONTROLE DAS OBRAS

- as obras ditas “auxiliares” ou “complementares” que mais necessitam de manutenção. Qualquer falha, mau funcionamento ou colapso podem afetar as demais obras de estabilização (Figura V.12 / fonte: Manual de Geotécnica/IPT/SP). Pode-se citar, de forma simplificada, alguns instrumentos e suas funções.

- . inclinômetro – medir deslocamentos horizontais;
- . extensômetro – medir deslocamentos horizontais;
- . medidor de recalque – medir deslocamentos verticais;
- . medidor de nível d’água – medir a posição do nível d’água;
- . piezômetro – medir a pressão neutra em um ponto;
- . célula de carga – medir carga em tirantes;
- . célula de pressão total – medir pressões totais de terra.

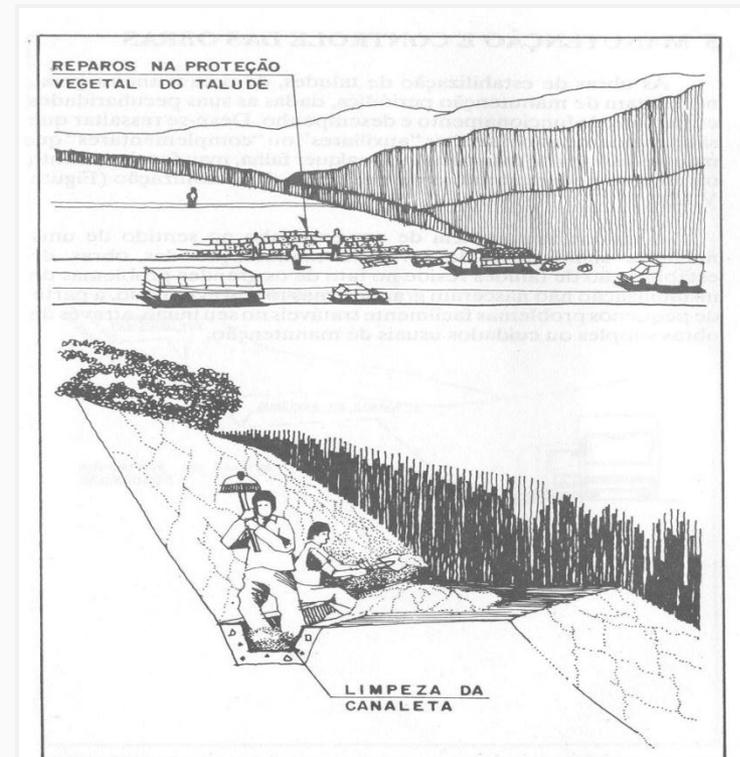


FIGURA V.12 - Exemplo da necessidade de manutenção periódica

1. CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES

Medidas e principais tipos de obras mais adotados nas soluções dos problemas ocorrentes em taludes rodoviários, tanto os resultantes de cortes como os de aterros (Figuras VI. 1, VI.2 e VI.3/fonte: Manual de Geotécnica/IPT/SP).

Imagem 34

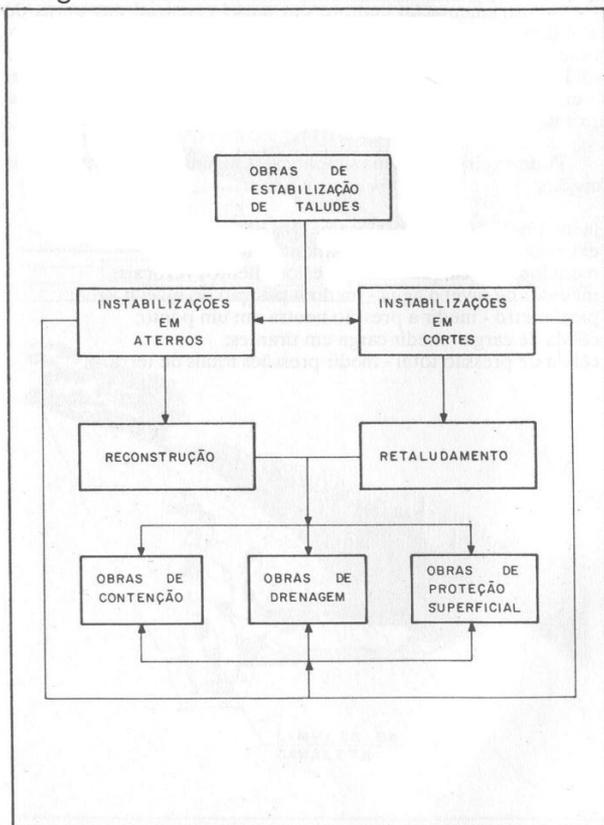


FIGURA VI.1 - Fluxograma de obras de estabilização de taludes

Imagem 35

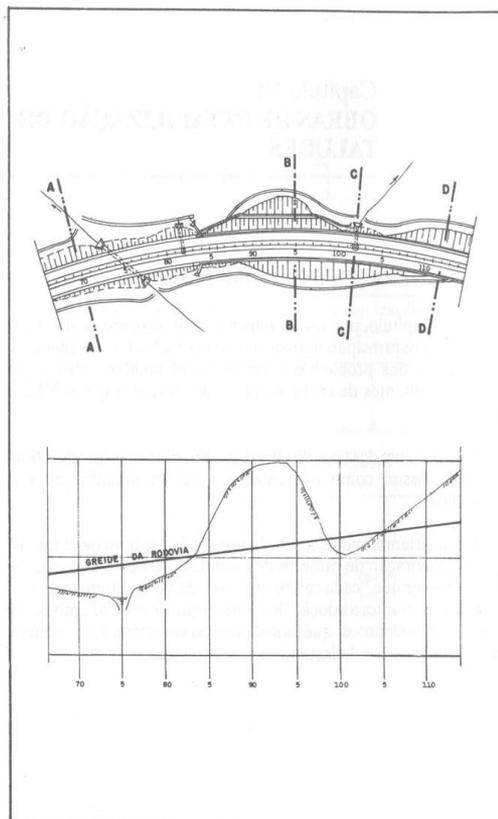


FIGURA VI.2 - Planta e perfil longitudinal de uma rodovia

Imagem 36

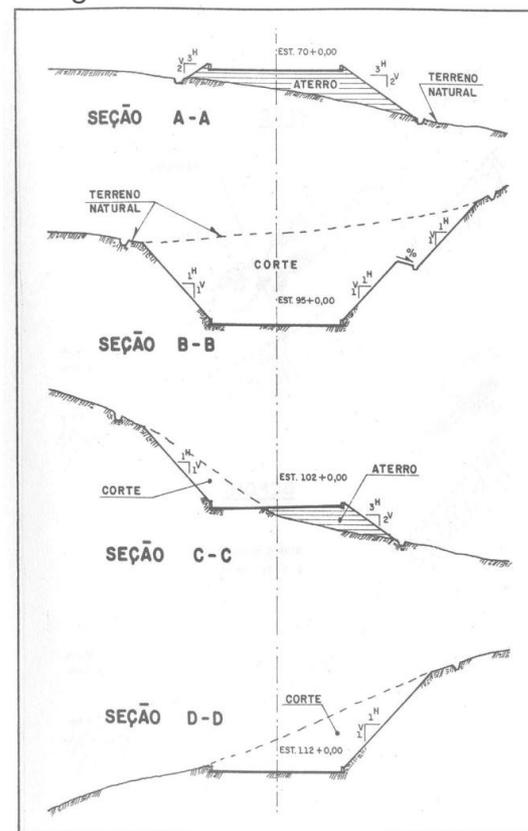


FIGURA VI.3 - Seções transversais tipo de uma rodovia

2. RECONSTRUÇÃO EM ATERROS

- Englobam as seguintes etapas:
 - . escolha da jazida de solo;
 - . tratamento prévio dos solos na jazida;
 - . limpeza do terreno no preparo da fundação;
 - . estocagem do solo superficial e do solo com matéria orgânica para futura utilização na fase final da execução do aterro;
 - . preparação da superfície de contato entre o terreno natural e o novo aterro, quando inclinado (inclinação da superfície superior a 1: 3) em forma de degraus (enduntamento);
 - . implantação de uma drenagem de base sempre que existirem surgências d'água, nível d'água elevado ou a possibilidade de infiltrações significativas pelo aterro;
 - . execução do aterro, compactando-se o solo em camadas de espessuras adequadas ao equipamento utilizado (rolos “pé-de-carneiro”, *tamping*, liso vibratório, de pneus etc.), geralmente não superior a 25 cm e espalhada ao longo de toda a camada;
 - . controlar a qualidade das camadas compactadas, que pode constar basicamente de 3 itens, ou seja, controle visual, controle geométrico de acabamento e um controle que permita medir o desvio de umidade e o grau de compactação;
- . além da geometria apresentada em projeto, o aterro deve inicialmente ser construído com uma sobre-largura de aproximadamente 0,5 m ao longo de todo o talude, para posterior raspagem, o que garantirá uma boa compactação nas suas bordas;
- . implantar o sistema de drenagem superficial e a proteção vegetal;
- . próximo aos córregos, proteger o pé dos aterros com enrocamento ou gabiões “tipo manta”.

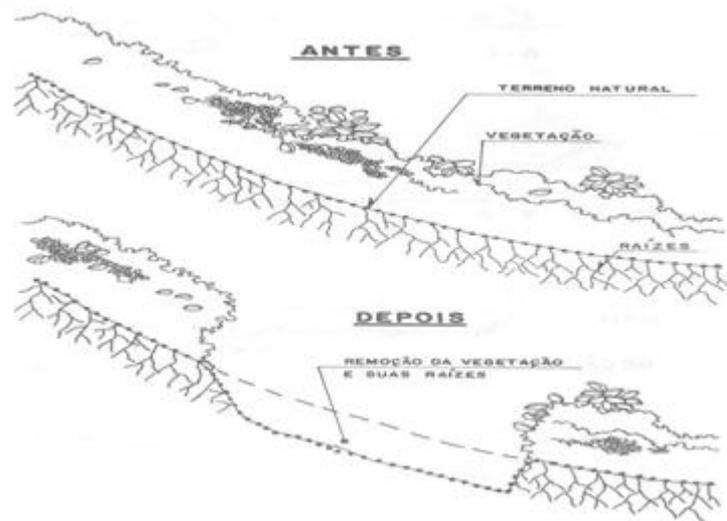


Imagem 37: Recuperação do Aterro através do tratamento da fundação c/ trincheira drenante e reaterro

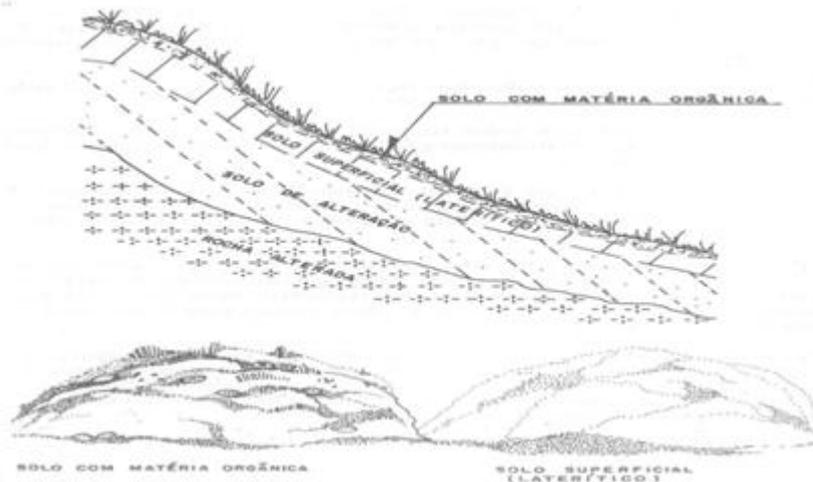


Imagem 38: Remoção e Estocagem do solo para posterior reutilização no aterro

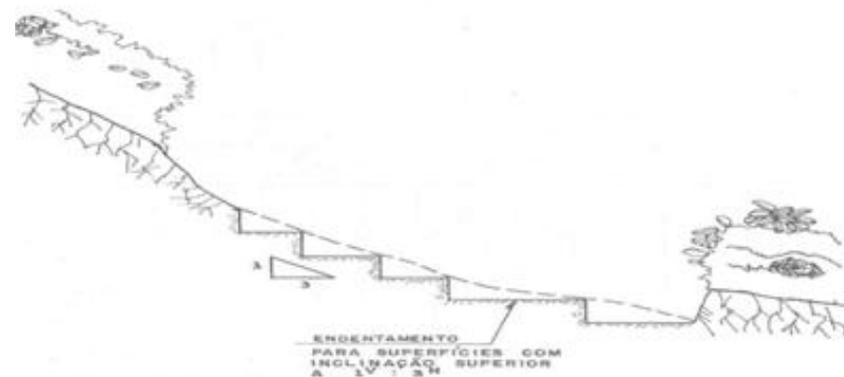


Imagem 39: preparação da superfície entre terreno natural e aterro.

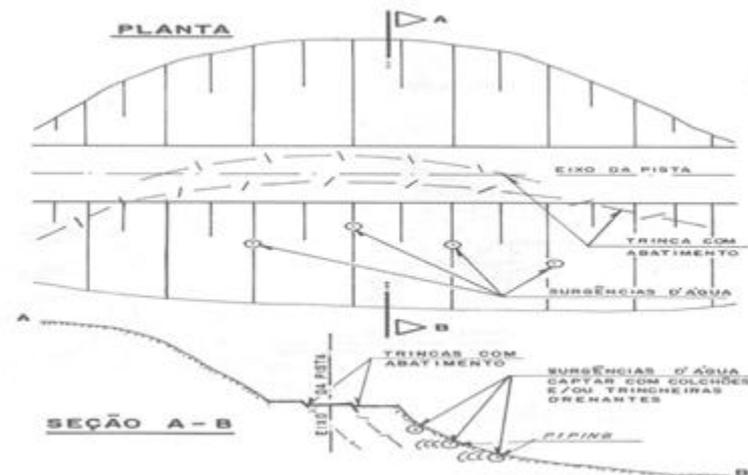


Imagem 40: instabilização de aterro provocado por "piping".

Imagem 45

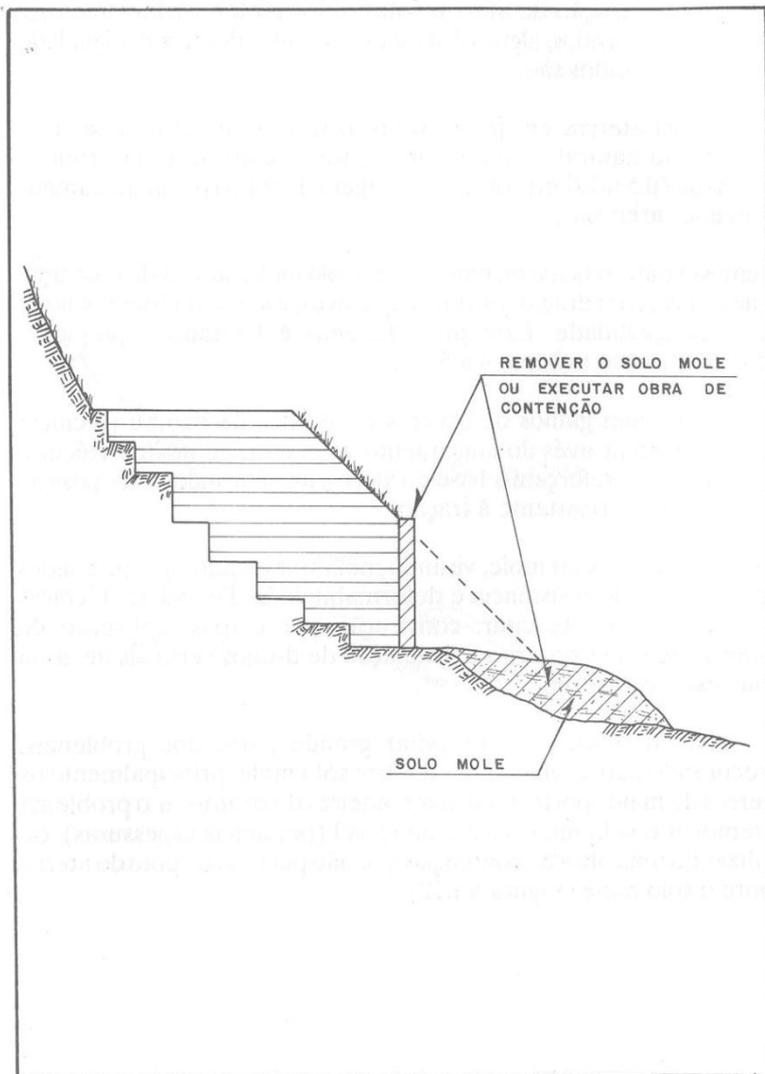


FIGURA VI.12 - Soluções alternativas para evitar o apoio do aterro sobre solo mole

Imagem 46

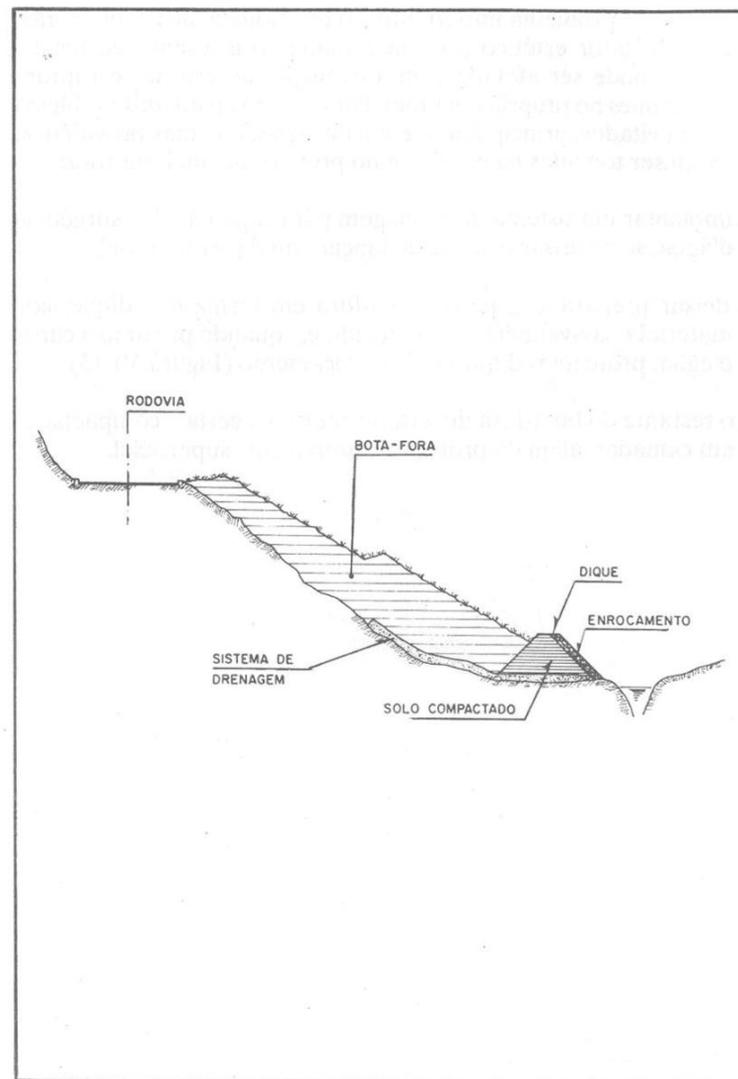


FIGURA VI.13 - Execução adequada de bota-fora

RETALUDAMENTO

- Solução mais utilizada, devido à sua simplicidade, eficácia e menor custo. Nada mais é do que um processo de terraplenagem, através do qual se alteram, por cortes ou aterros, os taludes originalmente existentes em um determinado local.
- Um dos processos mais antigos e mais simples de estabilizar taludes é a remoção de parte do material do talude, suavizando sua inclinação (Figura VI.14), o que resulta em uma benéfica alteração do estado de tensões atuantes no maciço.
- Geralmente, associam-se a um retaludamento, obras de controle da drenagem superficial (bermas, canaletas, dissipadores, escadas d'água e tubulações) e de proteção superficial, de modo a reduzir a infiltração d'água no terreno e disciplinar o escoamento superficial, inibindo os processos erosivos.
- A gravidade como fator instabilizante de um talude está associada não só à inclinação do talude, mas também à sua altura. Outro meio de se obter uma melhoria na estabilidade, para situações de uma potencial ruptura global, é reduzir a altura do talude, conforme esquematizado na Figura VI. 15.

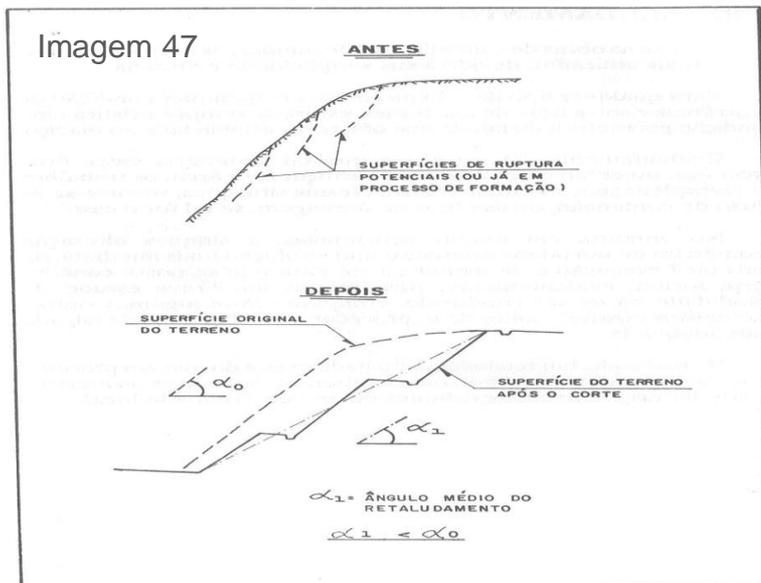


FIGURA VI.14 - Retaludamento através de corte com abrandamento da inclinação média do talude

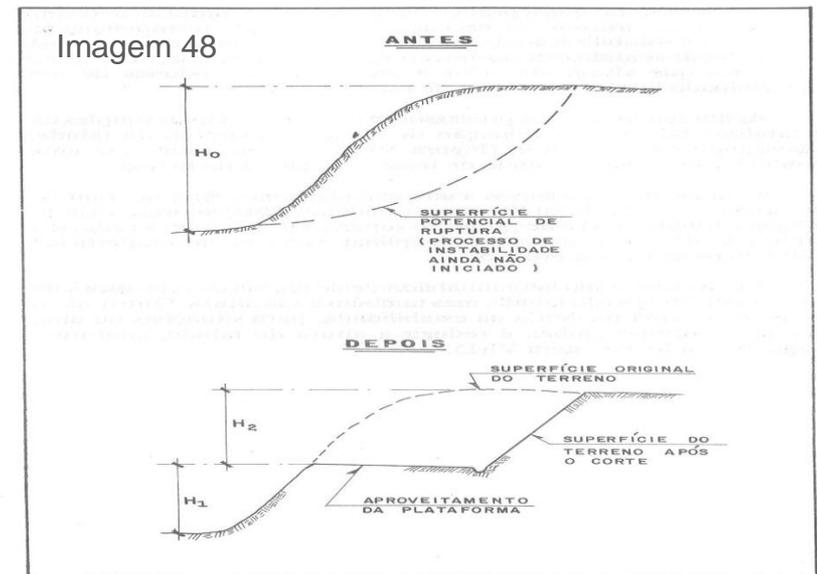


FIGURA VI.15 - Retaludamento através de corte com redução da altura do talude

Outro processo de estabilização por alteração geométrica de um talude é aquele no qual o abrandamento da inclinação é obtido por reaterro da região basal, associado ou não a cortes nas porções mais elevadas, conforme esquematizado na imagem 49. Ressalta-se a importância de estudos e cuidados nos cortes necessários para a exploração de jazidas, que alteram significativamente os taludes originalmente existentes.

- As jazidas situadas dentro ou fora da faixa de domínio da rodovia podem agredir gravemente o meio ambiente, caso não sejam tratadas devidamente, visto que tendem a destruir toda a cobertura vegetal e, muitas vezes, expor uma superfície suscetível aos processos de erosão e assoreamento.
- Para a exploração de jazidas, devem ser observadas as seguintes etapas de trabalho (Figura VI. 17):
 - . ***Início dos trabalhos***: estocagem dos materiais orgânicos para serem utilizados no final da exploração.
 - . ***Durante a execução***: evitar carreamento e assoreamento nas áreas circunvizinhas, assim como a produção de taludes íngremes, sujeitos a escorregamentos.
 - . ***Final dos trabalhos***: estabilizar a área explorada, utilizando o material orgânico estocado no início.
- A pesquisa das áreas de empréstimo inicia-se geralmente com sondagens a trado e/ou com abertura de poços, visando à cubagem do material disponível e à coleta de amostras para a sua identificação tátil visual, bem como a execução de ensaios de laboratório.
- Os ensaios de laboratório normalmente solicitados para caracterizar uma jazida são:
 - . granulometria;
 - . limites de Atterberg (LL e LP);
 - . umidade natural;
 - . densidade dos grãos;
 - . compactação.
- Outros ensaios, mais sofisticados, podem ser necessários (por exemplo, em estradas que atravessam represas), tais como:
 - . triaxiais;
 - . adensamento;
 - . permeabilidade;
 - . cisalhamento direto.

(Figuras VI.16, VI.17 / fonte: Manual de Geotécnica/IPT/SP).

Imagem 49

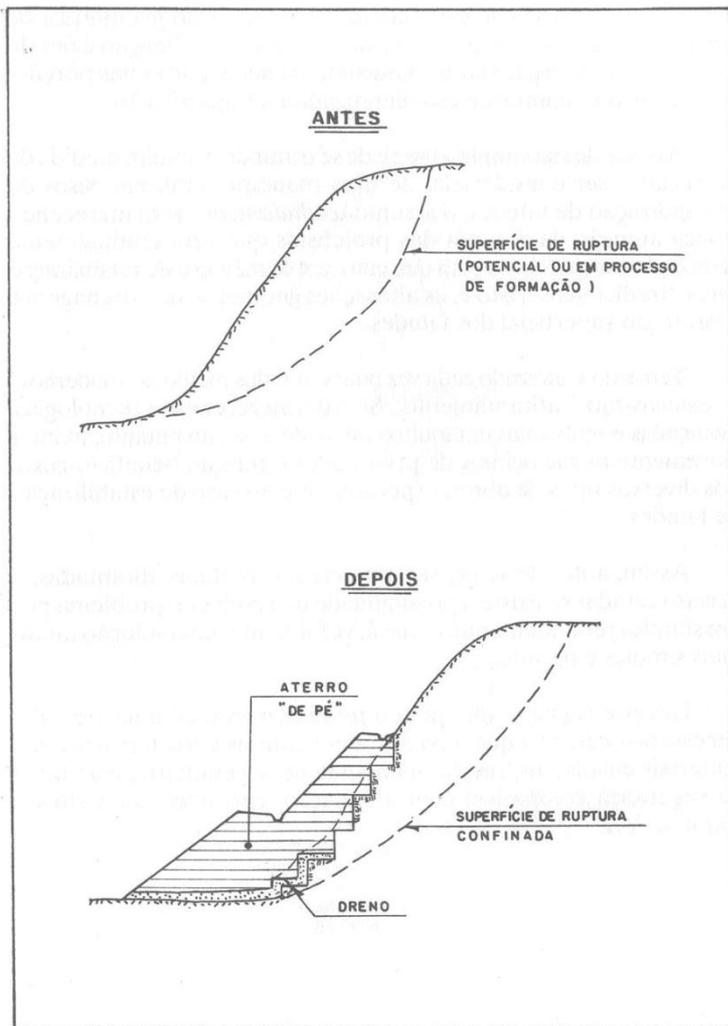


FIGURA VI.16 - Estabilização de talude potencialmente instável, com retaludamento, através da execução de aterro na sua base

Imagem 50

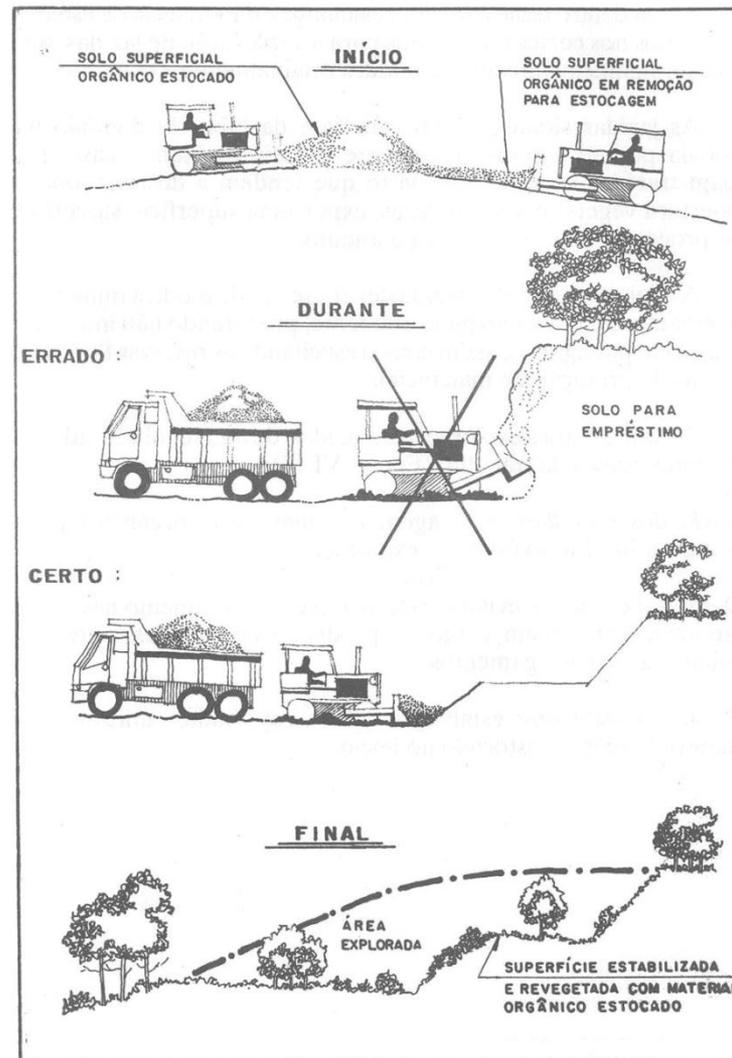


FIGURA VI.17 - Etapas de trabalho na exploração de jazidas

4. OBRAS DE CONTENÇÃO

- As obras de contenção foram classificadas em:
 - . muros de arrimo;
 - . obras especiais de estabilização;
 - . soluções alternativas em aterros.

4.1 Muros de arrimo

- Trata-se sempre de muros tipo “gravidade”, isto é, aqueles nos quais a reação ao empuxo do solo é proporcionada pelo peso do muro e pelo atrito em sua fundação, função direta deste peso.
- Geralmente, utiliza-se para sua confecção o concreto ciclópico ou ainda pedras rejuntadas com argamassa de cimento.

4.1.1 MUROS TIPO “GRAVIDADE”

4.1.1.1 Muro de pedra seca

- Consiste em pedras arrumadas manualmente, sendo que sua resistência resulta unicamente do embricamento dessas pedras. Este tipo de muro necessita de blocos de dimensões regulares para sua estabilidade, o que acarreta diminuição do atrito entre as pedras. Recomenda-se seu uso para a contenção de taludes de pequena altura (até aproximadamente 1,5 m).
- Apresenta as seguintes vantagens: facilidade de construção, pois não requer mão-de-obra especializada, baixo custo, principalmente quando o material necessário é abundante no local, e

capacidade autodrenante, evitando assim a ação de pressões neutras contra o muro.

- A base do muro deve ter espessura mínima de 0,5 m e deve estar apoiada em horizontes resistentes, em plano horizontal inferior ao do terreno a ser protegido; esse procedimento impede que haja ruptura por desligamento no contato muro/fundação.

(Figura VI.18 / fonte: Manual de Geotécnica/IPT/SP).

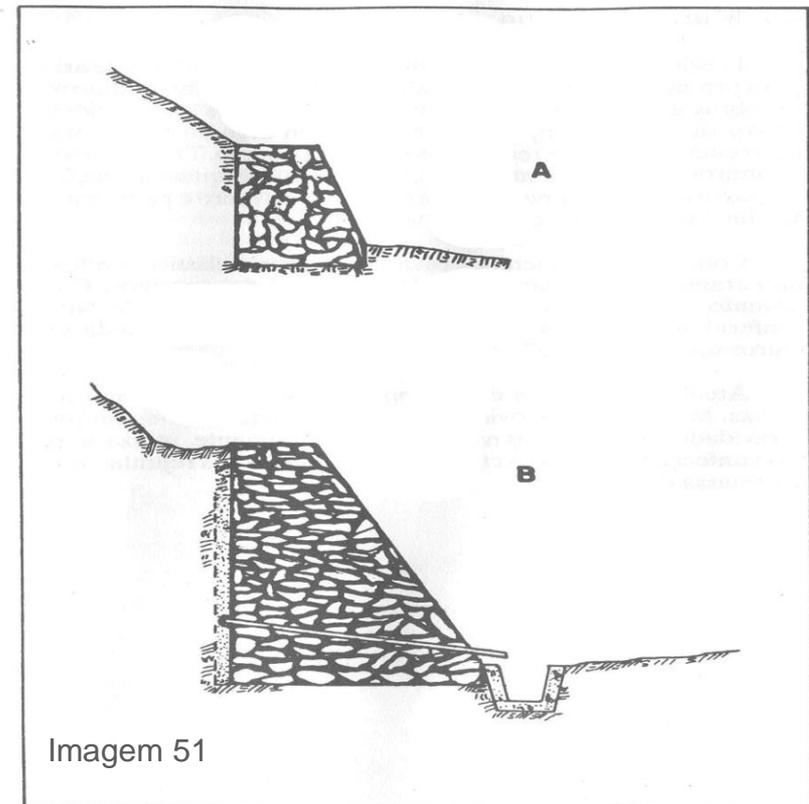


Imagem 51

FIGURA VI.18 - Muros tipo “gravidade”. A - de pedra seca; B - de pedra argamassada

- **4.1.1.2 Muro de pedra argamassada**
- Obra semelhante ao muro de pedra seca, sendo que os vazios são preenchidos com argamassa de cimento e areia. O arranjo de pedras de dimensões variadas, bem como seu rejuntamento, confere maior rigidez ao muro, possibilitando seu uso na contenção de taludes com alturas de até 3 m.
- Além dos cuidados indicados para o muro de pedra seca, deve ser implantada drenagem através de barbacãs (Figura VI.18).
- **4.1.1.3 Muro de concreto ciclópico**
- Tipo de estrutura constituída de concreto e agregados de grandes dimensões; sua execução consiste no preenchimento de uma fôrma com concreto e blocos de rocha de dimensões variadas. Pode ser usado para contenção de taludes com alturas superiores a 3 m. A execução de um sistema de drenagem adequado é imprescindível, através de barbacãs e dreno de areia (Figura VI.19).
- **4.1.1.4 Crib-walls**
- Trata-se de um sistema de peças de concreto armado, que são encaixadas entre si, formando uma espécie de “gaiola” ou “caixa”, cujo interior é preenchido com material terroso ou, de preferência, com blocos de rocha, seixos de maiores dimensões, ou ainda entulho. Este material fornece o “peso” desta estrutura de gravidade, enquanto que as peças de concreto armado respondem pela resistência da estrutura e manutenção de sua forma geométrica.

(Figuras VI.19, VI.20 / fonte: Manual de Geotécnica/IPT/SP).

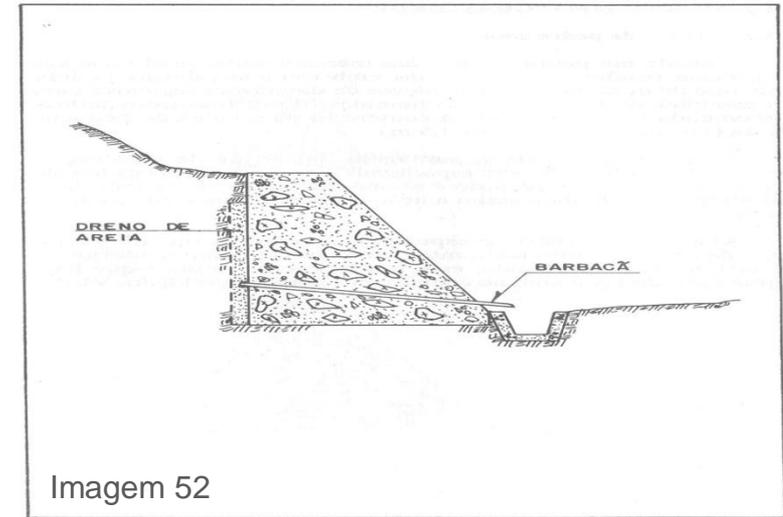


FIGURA VI.19 - Muro tipo “gravidade” de concreto ciclópico

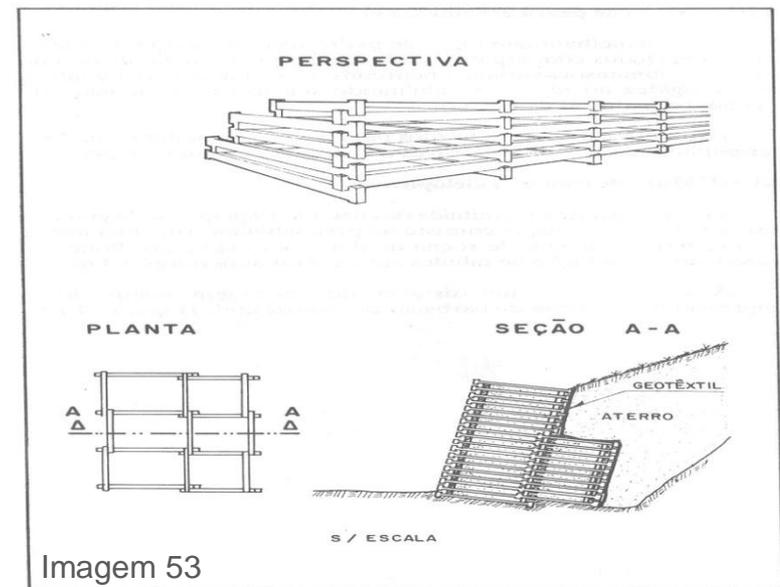


FIGURA VI.20 - Contenção com crib-walls

- (contin.)
- Necessitam, para sua execução, do aterro interno e de um reaterro na região a montante, sendo por isto utilizados, nas obras viárias, para a construção de aterros em encostas. Devido à sua forma construtiva, trata-se de estruturas naturalmente bem drenadas e pouco sensíveis a movimentações e recalques, razões pelas quais se adaptaram muito bem à execução de estradas pioneiras em regiões serranas.

□ 4.1.1.5 Gabiões

- Outro processo de contenção inspirado nos muros de gravidade é aquele que utiliza os “gabiões”. Trata-se de caixas ou “gaiolas” de arame galvanizado, preenchidas com pedra britada ou seixos, que são colocadas justapostas e costuradas umas às outras por arame, formando muros de diversos formatos (Figura VI.21). Utilizados como proteção superficial de encostas, proteção de margens de rios e riachos, são também utilizados como muros de contenção, até alturas de alguns metros. Trata-se de estruturas drenadas e relativamente deformáveis, o que permite o seu uso no caso de fundações que apresentam deformações maiores, inaceitáveis para estruturas mais rígidas. Devido à sua simplicidade construtiva e relativamente baixo custo, os muros de gabiões vêm sendo muito utilizados como contenção de aterros e de encostas de maneira provisória e de menor responsabilidade. Para seu uso em obras mais importantes, devem ser tomados cuidados

especiais, visando evitar a corrosão dos arames constituintes das “gaiolas” ou sua depredação, através do revestimento dos fios de arame com PVC ou do argamassamento da superfície externa. O terreno deve ser regularizado e nivelado, antes da colocação da primeira camada de gabiões-caixas. As pedras devem ser arrumadas dentro dos gabiões, de modo a se obter um arranjo bastante denso. Deve-se utilizar geotêxtil ou areia grossa como elemento de transição entre os gabiões e o material de corte ou aterro.

Imagem 54

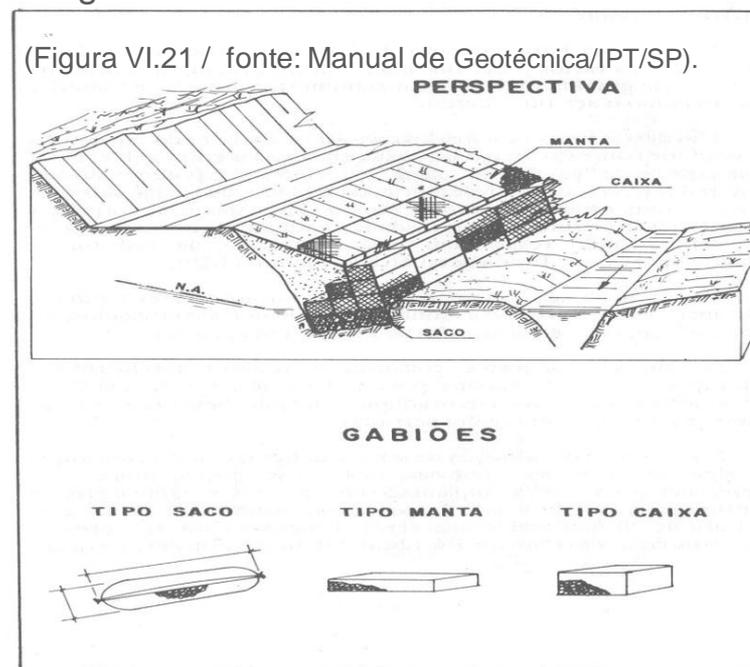


FIGURA VI.21 - Contenção com gabiões

4.1.1.6 Muros de arrimo de solo-cimento ensacado

- O solo cimento pode ser utilizado para proteger superficialmente o talude, ou para construir muros de arrimo de gravidade. Muitas vezes, quando utilizado “ensacado”, funciona com a dupla função de proteção superficial e contenção, como, por exemplo, na obturação de pequenas rupturas em taludes de grande extensão (Figura VI.22).
- O solo cimento é acondicionado em sacos de aniagem ou de geossintéticos, o que facilita muito a construção dos muros. Quando a mistura solo-cimento se solidifica, os sacos deixam de ser necessários em termos estruturais da obra de contenção.
- Outra alternativa de uso do solo-cimento na contenção de taludes é a sua execução compactado em camadas, de modo a se produzir uma faixa externa ao talude com este material que, após a reação do cimento, se torna mais resistente e menos erodível, de modo a dar sustentação ao restante do talude.

Imagem 55

(Figura VI.22 / fonte: Manual de Geotécnica/IPT/SP)..

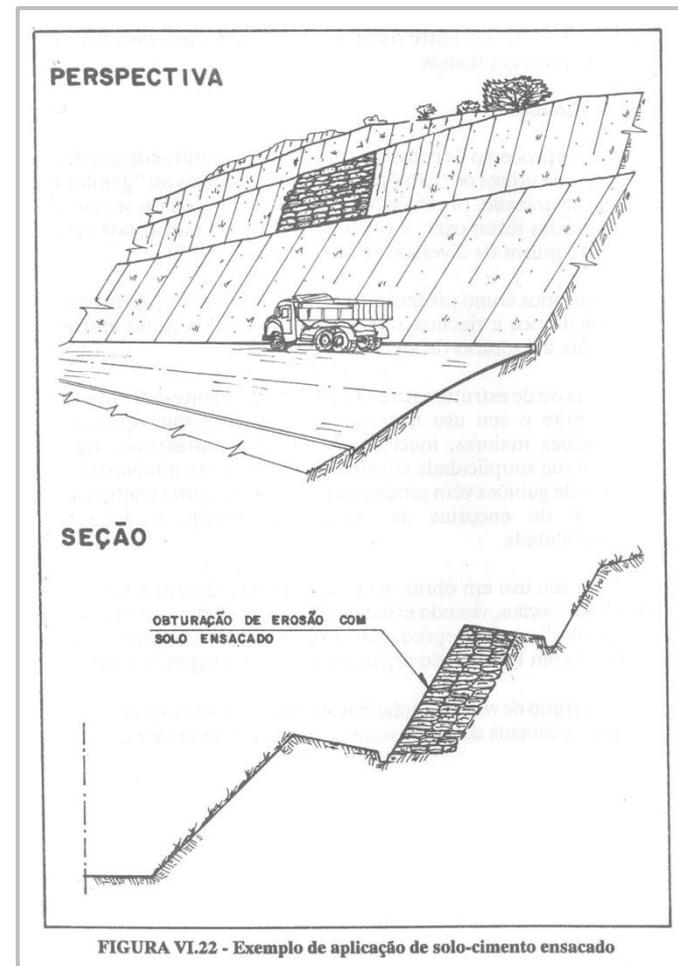


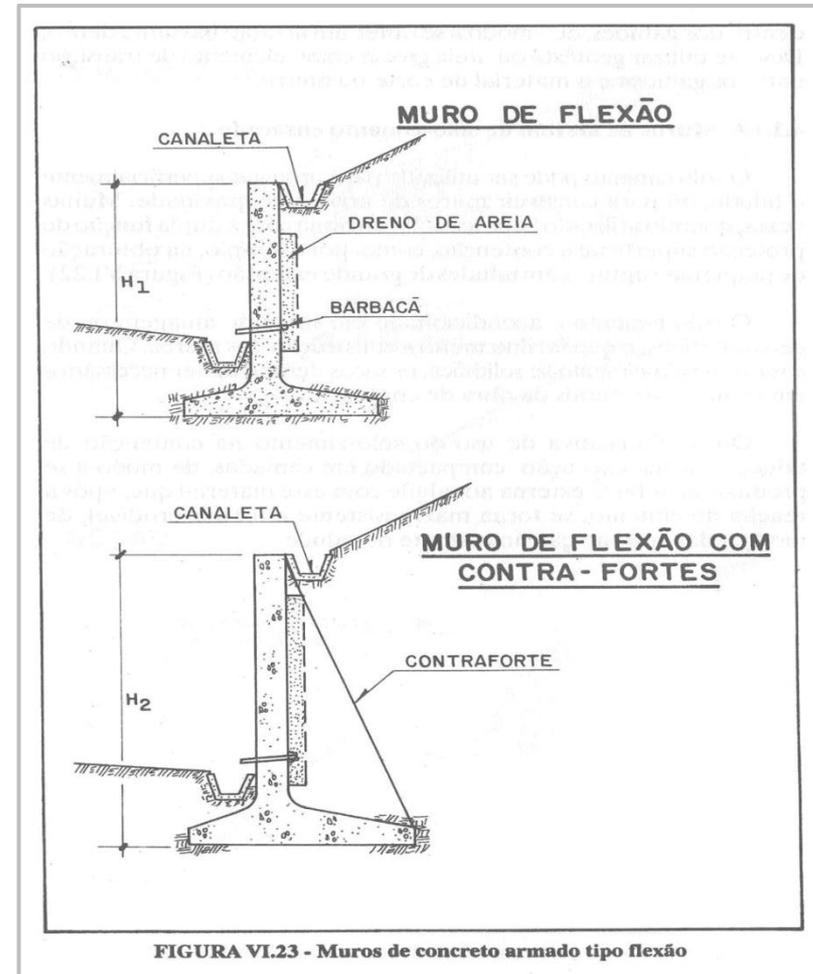
FIGURA VI.22 - Exemplo de aplicação de solo-cimento ensacado

4.1.2 MUROS DE CONCRETO ARMADO

- Com o advento do concreto armado, surgiram várias modalidades de muros de arrimo que utilizam este material para sua confecção, economizando volumes de concreto e permitindo uma ocupação mais completa das áreas a montante e a jusante.
- Geralmente, os muros de arrimo de concreto armado estão associados à execução de aterros ou reaterros, uma vez que, para sua estabilidade, precisam contar, além do peso próprio, com o peso de uma porção de solo adjacente, que funciona como parte integrante da estrutura de arrimo.
- O “muro de flexão” tradicional consta de uma laje de fundo e outra vertical ou subvertical, de paramento, trabalhando à flexão e tendo ou não vigas de enrijecimento. Para alturas maiores, torna-se anti-econômica a execução de uma estrutura formada apenas por duas lajes, utilizando-se então nervuras (ou contrafortes) de tração, no caso de laje de fundo interna (sob o aterro ou reaterro), ou de compressão, no caso de laje externa (Figura VI.23).
- A execução de um sistema de drenagem adequado é imprescindível, através de barbacãs e dreno de areia.

Imagem 56

(Figura VI.23/ fonte: Manual de Geotécnica/IPT/SP).

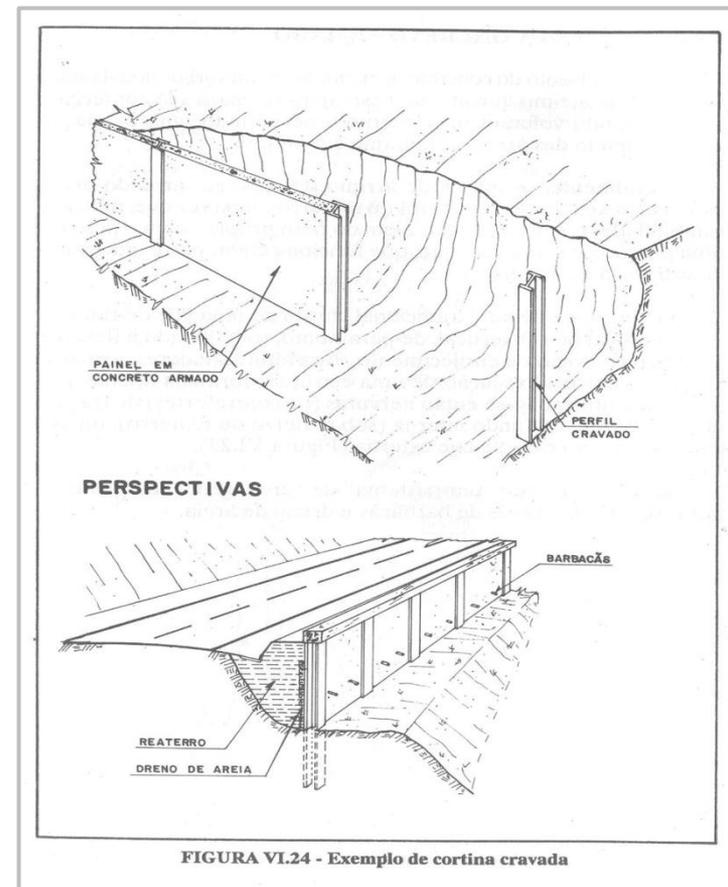


4.1.3 CORTINAS CRAVADAS

- Outro tipo de estrutura de contenção é aquela constituída por estacas ou perfis cravados no terreno, trabalhando à flexão e resistindo pelo apoio da ficha (parte enterrada do perfil). Trata-se de obras contínuas (estacas-prancha ou estacas justapostas) ou descontínuas (nas quais estacas ou perfis metálicos são cravados a uma certa distância um do outro, sendo o trecho entre eles preenchido por pranchões de madeira ou placas de concreto armado) (Figura VI.24).
- Este tipo de estrutura é muito utilizado em obras de contenção provisórias, daí a predominância do uso de perfis metálicos cravados e pranchões de madeira.
- Em obras definitivas, não se usa madeira e os perfis metálicos devem ser protegidos contra corrosão.
- As alturas atingidas são modestas, de até alguns poucos metros e as estruturas, devido ao funcionamento à flexão, costumam ser bastante deformáveis.

Imagem 57

(Figura VI.24 / fonte: Manual de Geotécnica/IPT/SP).



4.2 Obras especiais de estabilização

4.2.1 TIRANTES E CHUMBADORES

- Os tirantes têm como objetivo ancorar massas de solo ou blocos de rocha, pelos incrementos de força gerados pela protensão destes elementos, que transmitem os esforços diretamente a uma zona mais resistente do maciço através de fios, barras ou cordoalhas de aço.
- Já os chumbadores são barras de aço fixados com calda de cimento ou resina, com o objetivo de conter blocos isolados, fixar obras de concreto armado, sem o uso de protensão.
- Em encostas rochosas, nas quais se pretende a fixação de blocos de rocha instáveis, ou na contenção de cortes em rochas muito fraturadas, é de uso corrente a aplicação de tirantes isolados, protendidos diretamente contra a rocha, ou através de cabeças ou placas de distribuição.
- No caso de blocos ou lascas de rochas, precariamente apoiados em encostas, a principal função dos tirantes será a de aumentar a componente resistente por atrito, através do aumento da tensão normal pela protensão (Figura VI.25).

Imagem 58

(Figura VI.25/ fonte: Manual de Geotécnica/IPT/SP).

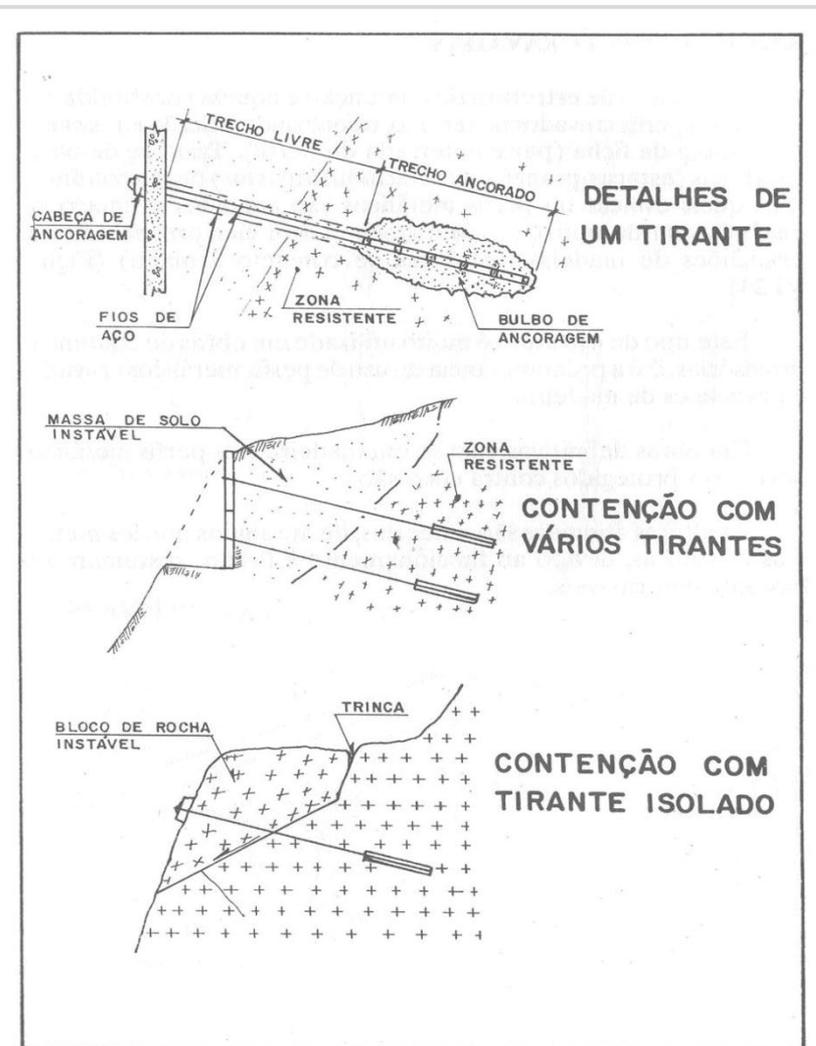


FIGURA VI.25 - Detalhes de um tirante e exemplos de aplicação

4.2.2 CORTINAS ATIRANTADAS

- Dentre as obras de contenção de encostas destacam-se, como as de maior eficácia, versatilidade e segurança, as cortinas e os muros atirantados (Figura VI.26).
- Trata-se da execução de elementos verticais ou subverticais de concreto armado, que funcionam como paramento e que são ancorados no substrato resistente do maciço através de tirantes protendidos. O paramento pode ser constituído de placas isoladas para cada tirante, de placas englobando dois ou mais tirantes ou de cortina única, incorporando todos os tirantes.

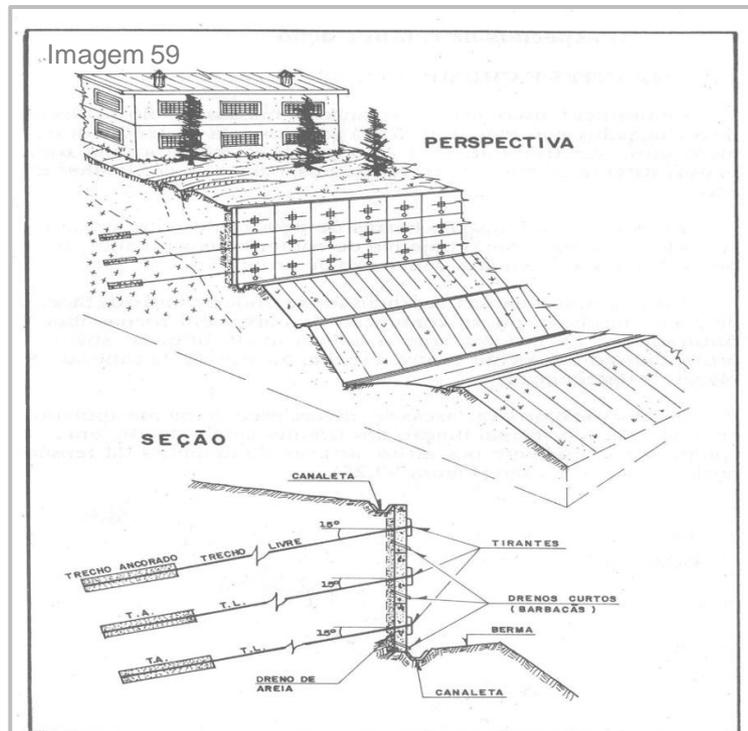


FIGURA VI.26 - Exemplo de aplicação de uma cortina atirantada

- No caso de contenção de cortes, a execução é feita a partir do topo, executando-se a obra por patamares, sendo que um patamar somente é iniciado quando o anterior (em cota mais elevada) já está com as placas executadas e os tirantes protendidos (total ou parcialmente), conforme ilustrado na Figura VI.27, na qual são apresentadas as várias etapas de execução de uma cortina atirantada para contenção de um corte em uma encosta.

(Figuras VI.26 e VI.27 / fonte: Manual de Geotécnica/IPT/SP).

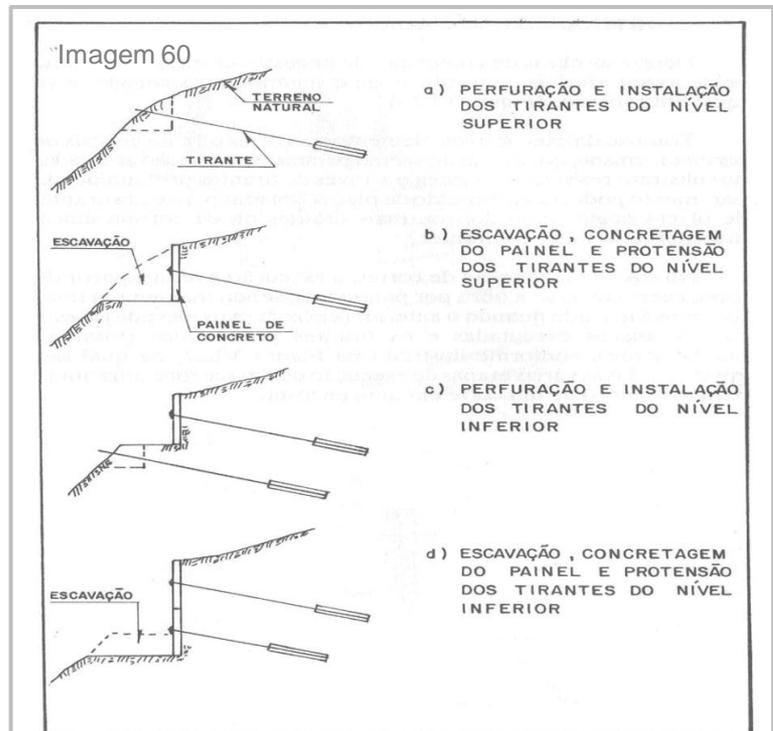
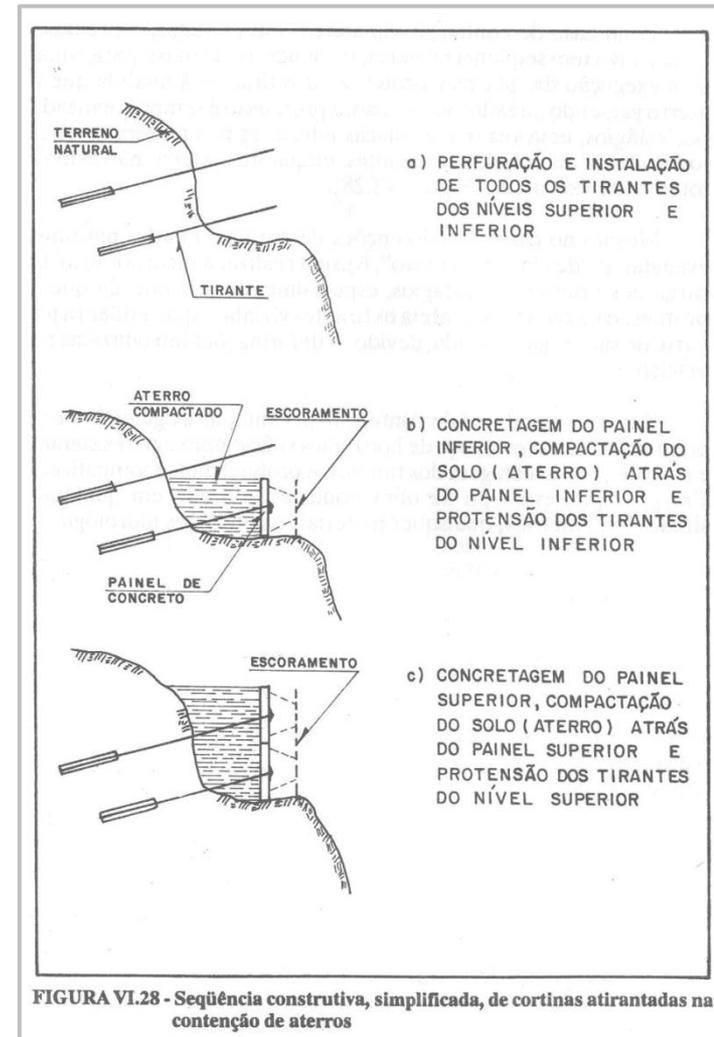


FIGURA VI.27 - Sequência construtiva, simplificada, de cortinas atirantadas na contenção de cortes

- (contin.) Já no caso de contenção de aterros em encostas, o processo construtivo tem seqüência inversa, iniciando-se de baixo para cima, com execução das placas e protensão dos tirantes à medida que o aterro vai sendo alteado. Neste caso, a protensão é sempre realizada por estágios, uma vez que as placas inferiores não podem receber toda a carga de projeto dos tirantes, enquanto o aterro não estiver totalmente executado (Figura VI.28).
- Mesmo no caso das contenções de cortes e taludes naturais, executadas “de cima para baixo”, é usual realizar a incorporação da carga nos tirantes por estágios, especialmente pelo fato de que a protensão de cada tirante afeta os tirantes vizinhos, que tendem a ter parte de sua carga reduzida, devido às deformações introduzidas no maciço.
- O uso de estruturas de contenção atirantadas exige uma única premissa básica: a presença de horizontes suficientemente resistentes e estáveis para ancoragem dos tirantes, a profundidades compatíveis. Em princípio, este tipo de obra pode ser utilizado em qualquer situação geométrica, quaisquer materiais e condições hidrológicas.

Imagem 61

(Figura VI.28 / fonte: Manual de Geotécnica/IPT/SP).

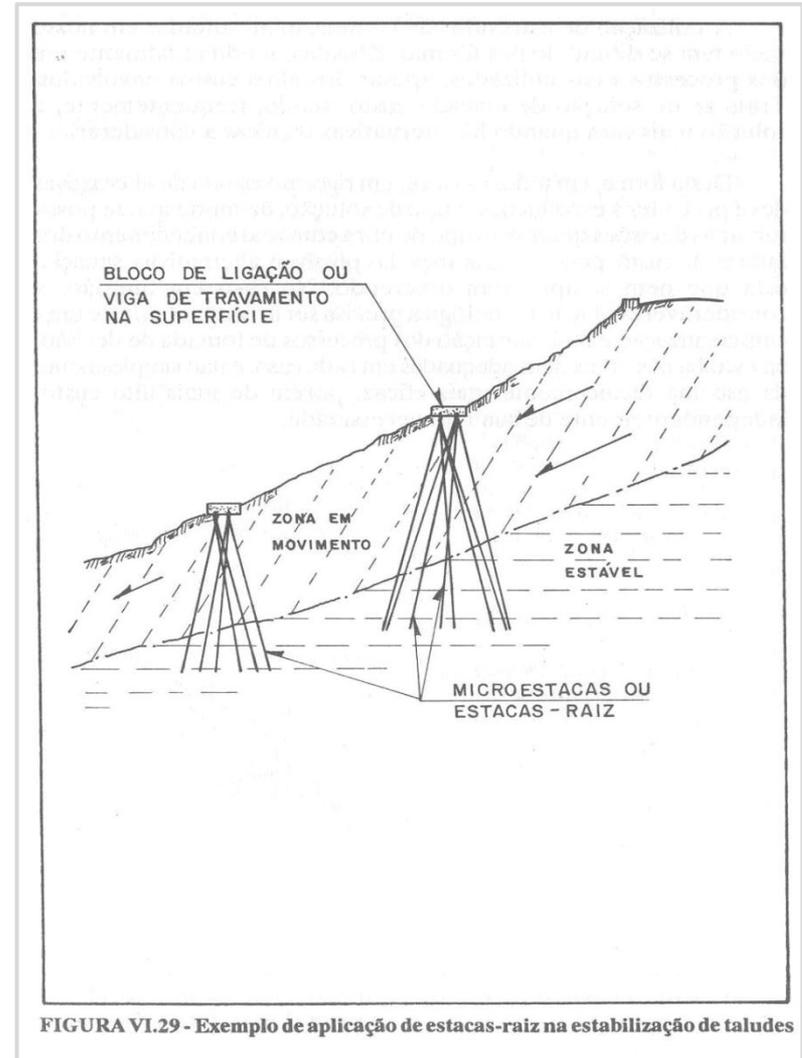


4.2.3 MICROESTACAS

- Para reforçar o solo *in situ*, foram desenvolvidas nas últimas décadas, técnicas que utilizam as “microestacas” ou “estacas-raiz” (os *palli radice*, na língua italiana, da primeira firma que comercializou o sistema).
- O uso de microestacas em taludes naturais ou de cortes é feito pela introdução destas estacas (perfuradas, armadas e injetadas sob pressão) na forma de reticulados, conforme seção esquemática apresentada na Figura VI.29. A armadura destas estacas, assim como a cobertura de cimento ou argamassa, funciona como reforço ao maciço, otimizado pela injeção sob pressão que produz excelente aderência entre a estaca e o terreno circundante.

Imagem 62

(Figura VI.29 / fonte: Manual de Geotécnica/IPT/SP). /



4.3 Soluções alternativas em aterros

- No caso de aterros, muitos processos já foram desenvolvidos para reforço dos solos, através da introdução, no corpo do aterro, de elementos de materiais mais resistentes que, uma vez solicitados, passam a trabalhar em conjunto com o solo compactado.

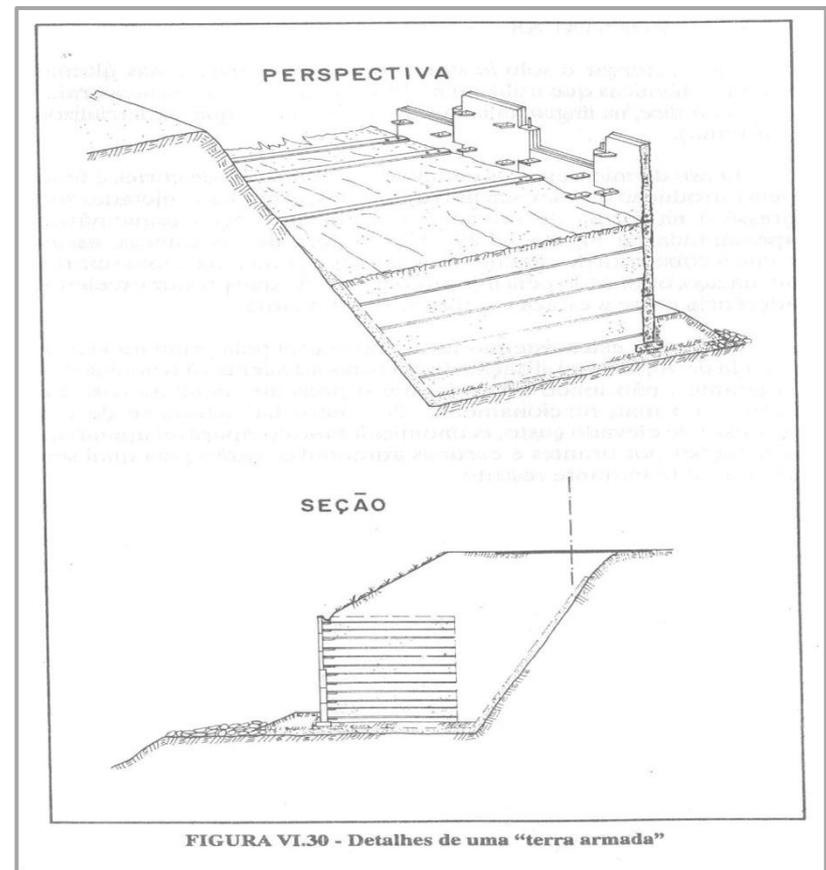
4.3.1 “TERRA ARMADA”

- Os maciços em “terra armada” são constituídos pela associação de solo compactado e armaduras, completada por um paramento externo composto de placas, denominado “pele” (Figura VI.30).
- Os três componentes principais da “terra armada” são:
 - . o solo que envolve as armaduras e ocupa um espaço chamado “volume armado”;
 - . as armaduras, elementos lineares e flexíveis que trabalham à tração e devem apresentar boa resistência à corrosão. São fixadas às “peles” por parafusos. Normalmente, são feitas de aço de galvanização especial e, no caso de obras marítimas ou obras provisórias, de alumínio, de aço inoxidável ou mesmo de aço de baixo teor de carbono;
 - . a “pele”, que é o paramento externo, geralmente vertical. Pode ser constituído por escamas metálicas flexíveis ou por placas rígidas de concreto armado.

- A execução do maciço em “terra armada” é feita sob supervisão e assistência da empresa que detém a patente deste processo no Brasil.

Imagem 63

(Figura VI.30 / fonte: Manual de Geotécnica/IPT/SP).

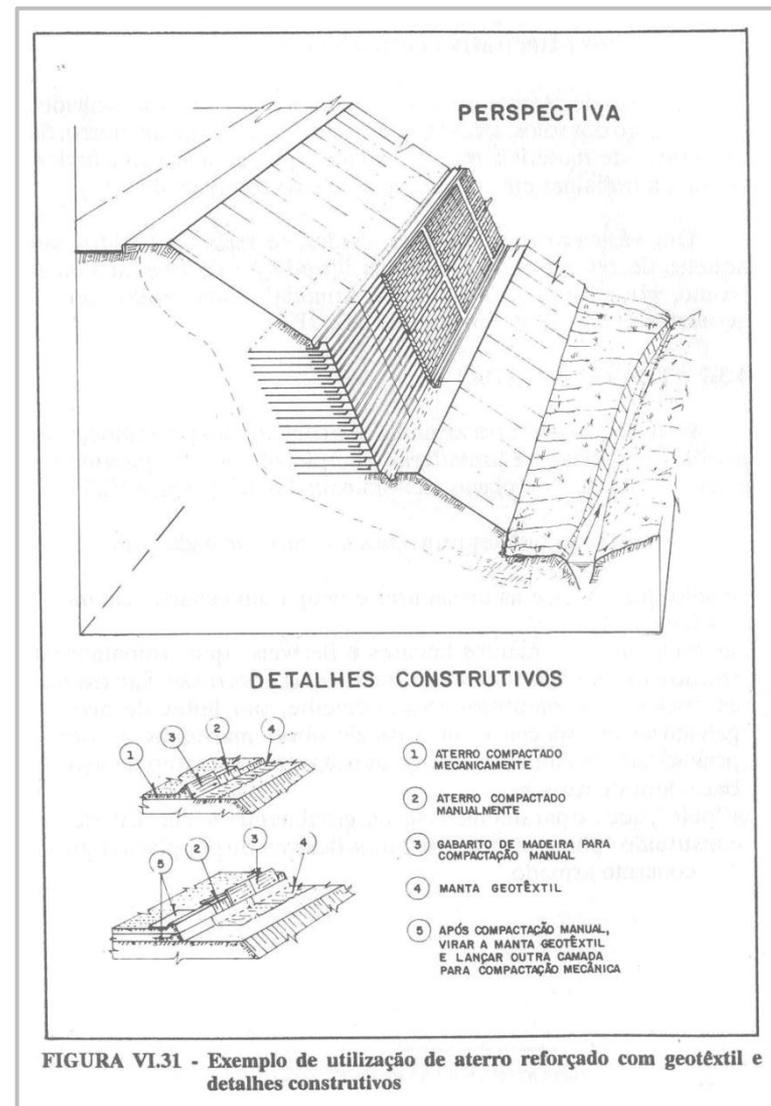


4.3.2 ATERRO REFORÇADO COM GEOTÊXTIL

- É um maciço formado por uma composição básica de dois materiais: solo e mantas geotêxteis (Figura VI.31).
- Este maciço funciona basicamente como uma estrutura de contenção convencional, podendo-se inclusive realizar as verificações usuais de estabilidade do conjunto, ou seja, resistência ao deslizamento na base, equilíbrio ao tombamento, verificação da capacidade de carga da fundação e segurança à ruptura geral.
- Internamente, cabe às mantas geotêxteis, além do confinamento do solo junto à face externa, resistir aos esforços de tração desenvolvidos no maciço. A proteção externa (face do talude) do geotêxtil é de fundamental importância, para que o mesmo não se deteriore com a radiação solar.
- As vantagens na utilização deste tipo de obra são: baixo custo, rapidez e facilidade na execução.

Imagem 64

(Figura VI.31 / fonte: Manual de Geotécnica/IPT/SP).



5. OBRAS DE DRENAGEM

- Têm por finalidade a captação e o direcionamento das águas do escoamento superficial, assim como a retirada de parte da água de percolação interna do maciço. apesar de serem comumente denominadas “obras complementares” ou “auxiliares”, as obras de drenagem são de fundamental importância.
- uma drenagem só poderá ser um processo eficiente de estabilização quando aplicada a taludes nos quais o regime de percolação é a causa principal, ou pelo menos uma causa importante, da sua instabilidade.

5.1 Drenagem superficial

- Basicamente, realiza a captação do escoamento das águas superficiais através de canaletas, valetas, sarjetas ou caixas de captação e, em seguida, conduzir estas águas para local conveniente.
- (Figuras VI.32 e VI.33).
- no caso da estabilização de taludes naturais ou de cortes, representa elevada relação benefício/custo, uma vez que, com investimentos bastante reduzidos, conseguem-se excelentes resultados e, em muitos casos, basta a realização destas obras, ou então a sua associação com medidas de proteção superficial, para a completa estabilização dos taludes.

(Figuras VI.32 e VI.33 / fonte: Manual de Geotécnica/IPT/SP).

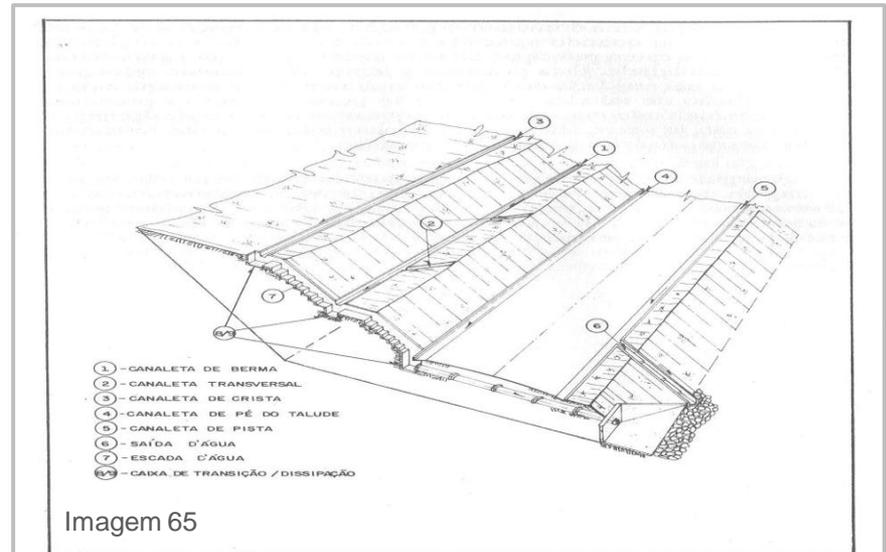


FIGURA VI.32 - Indicação dos diversos dispositivos de um sistema de drenagem superficial

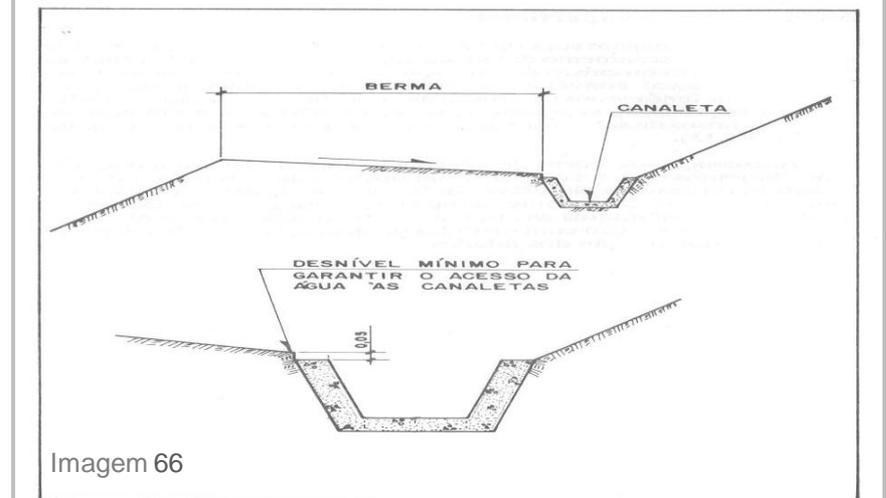


FIGURA VI.33 - Detalhes de uma canaleta de drenagem superficial

5.1.1 CANALETAS LONGITUDINAIS DE BERMA

- São canais construídos no sentido longitudinal das bermas (patamares) dos taludes de corte e aterro, e têm por finalidade coletar as águas pluviais que escoam nas superfícies destes taludes.

5.1.2 CANALETAS TRANSVERSAIS DE BERMA

- São canais construídos no sentido transversal das bermas de equilíbrio dos taludes de corte e aterro, e têm por finalidade evitar que as águas pluviais que atingem a berma escoem longitudinalmente, e não pela canaleta longitudinal.

5.1.3 CANALETAS DE CRISTA

- São canais construídos próximos à crista de um talude de corte, para interceptar o fluxo de água superficial proveniente do terreno a montante, evitando que este fluxo atinja a superfície do talude de corte, evitando, assim, a erosão nesta superfície.

5.1.4 CANALETAS DE PÉ (BASE)

- São canais construídos no pé (ou base) dos taludes de corte ou aterro, para coletar as águas superficiais provenientes da superfície destes taludes. Estas canaletas impedem que se iniciem processos erosivos junto ao pé dos taludes, que podem vir a descalçá-los e instabilizá-los.

5.1.5 CANALETAS DE PISTA

- São canais construídos próximos à crista de um talude de corte, para interceptar o fluxo de água superficial proveniente do terreno a montante, evitando que este fluxo atinja a superfície do talude de corte, evitando, a erosão.

5.1.6 SAÍDAS LATERAIS

São canais construídos junto e obliquamente às canaletas de pista, em intervalos que variam em função do tamanho e declividade da plataforma, da existência de bueiros e linhas de talvegue, tendo por objetivo interceptar as águas das canaletas e encaminhá-las para as drenagens naturais ou para os bueiros próximos.

5.1.7 ESCADAS D'ÁGUA

São canais construídos em forma de degraus, nos taludes de corte ou aterro, geralmente segundo a linha de maior declive do talude. Servem para coletar e conduzir as águas superficiais captadas pelas canaletas, sem que atinjam velocidades de escoamento elevadas (Figura VI.34). As abas das escadas d'água devem ser executadas em concreto armado, moldado *in loco*.

5.1.8 CAIXAS DE DISSIPACÃO

São caixas, em geral de concreto, construídas nas extremidades das escadas d'água e canaletas de drenagem, para dissipação da energia hidráulica das águas coletadas, evitando, desta forma, velocidades elevadas de escoamento, que podem provocar erosão do solo no ponto de lançamento da água, ou às margens da canaleta, se houver extravasão, além de provocar desgaste acentuado do material de revestimento.

5.1.9 CAIXAS DE TRANSIÇÃO

São caixas, em geral de concreto, construídas nas canaletas e escadas d'água, nas mudanças bruscas de direção de escoamento, e na união de canaletas de seções transversais distintas. Além de direcionar melhor o encaminhamento das águas, possibilita a dissipação da energia hidráulica e, conseqüentemente, a redução de velocidade, impedindo, assim, que ocorram desgastes excessivos no concreto.

5.2 DRENAGEM PROFUNDA

- A drenagem profunda objetiva, essencialmente, promover processos que redundem na retirada de água da percolação interna do maciço (do fluxo através dos poros de um maciço terroso ou através de fendas e fissuras de um maciço rochoso ou saprolítico), reduzindo a vazão de percolação e as pressões neutras intersticiais. A retirada de água do maciço estará associada às obras de drenagem superficial, visando coletar e direcionar esse fluxo de água drenado do interior do maciço (Figura VI.36).

5.2.1 DRENOS SUB-HORIZONTAIS PROFUNDOS

- São tubos de drenagem, geralmente de PVC rígido, com diâmetros entre 25 e 76 mm, instalados em perfurações sub-horizontais, e têm por finalidade a captação de parte da água de percolação interna de aterros ou cortes saturados. Também são utilizados, com bastante sucesso, na estabilização de massas de tálus, e como drenos auxiliares em obras de contenção onde o processo construtivo não permite a execução de barbacãs (com a utilização de filtros de transição).
- O trecho perfurado dos tubos deve ser envolvido com geotêxtil ou tela de nylon, que funciona como filtro, evitando a colmatação e o carreamento do solo.

5.2.2 TRINCHEIRAS DRENANTES

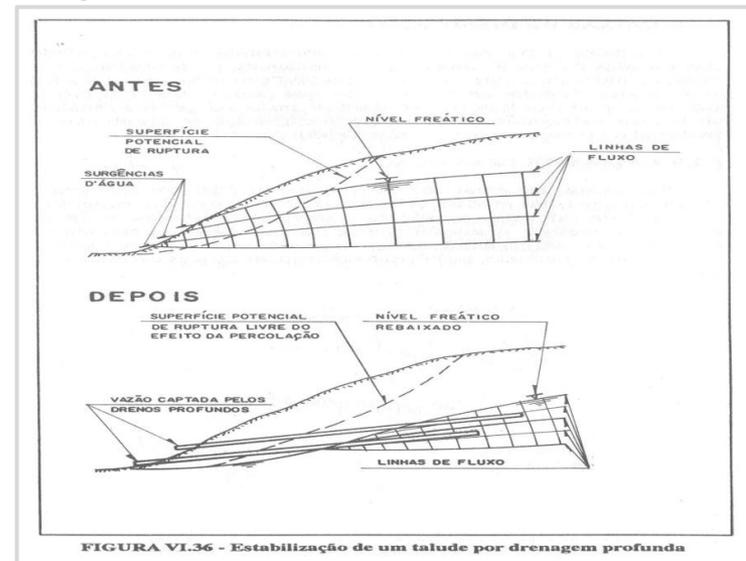
São drenos enterrados, utilizados tanto para captar a água que percola pelo maciço de solo como para conduzir esta água até pontos de captação e/ou lançamento à superfície.

Utilizam-se trincheiras drenantes com frequência associadas às pistas de rodovias, longitudinalmente junto às bordas do pavimento, com o objetivo de impedir a subida do nível d'água no sub-leito do pavimento.

- Em taludes de cortes e no preparo da fundação de aterros também são usadas frequentemente em trechos úmidos ou com surgências d'água.

(Figura VI.36 / fonte: Manual de Geotécnica/IPT/SP).

Imagem 67

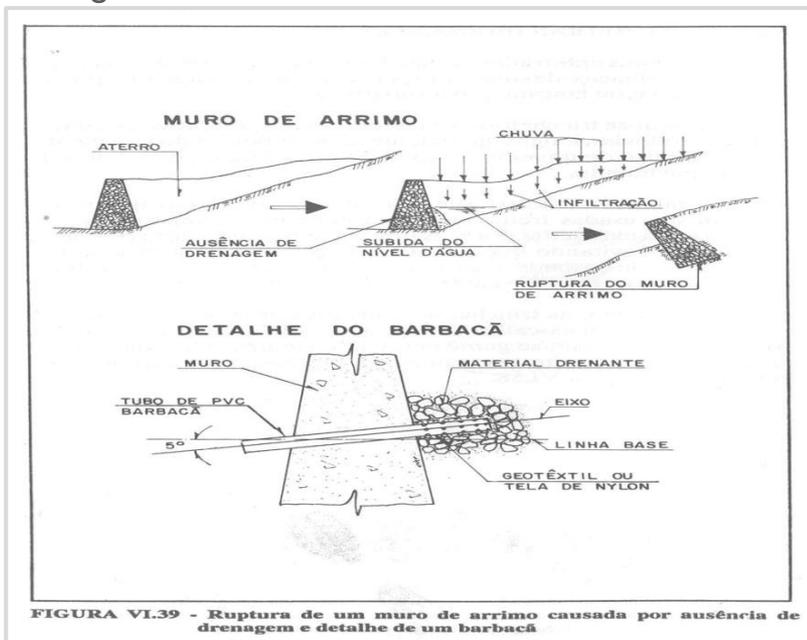


5.2.3 BARBACÃS

- São tubos sub-horizontais curtos instalados em muros de concreto ou de pedra rejuntada, para coletar águas subterrâneas dos maciços situados a montante dos muros, rebaixando o nível do “lençol freático” junto ao muro e reduzindo o desenvolvimento de subpressões nas paredes internas do muro. Podem também ser utilizados como saída de drenos existentes, atrás das estruturas de contenção.
- Observar na Figura VI.39 a ruptura de um muro de arrimo causada pela ausência de drenagem, que motivou um acréscimo no empuxo devido ao acúmulo de água no maciço arrimado.

(Figura VI.39 / fonte: Manual de Geotécnica/IPT/SP).

Imagem 68



6 OBRAS DE PROTEÇÃO SUPERFICIAL

Sua função é impedir a formação de processos erosivos e diminuir a infiltração de água no maciço através da superfície exposta do talude.

6.1 PROTEÇÃO SUPERFICIAL COM MATERIAIS NATURAIS

6.1.1 COBERTURA VEGETAL DE MÉDIO A GRANDE PORTE

Em trechos de encostas em que a vegetação natural tenha sido removida e que mostrem alto risco de ocorrência de escorregamentos. Tem como funções principais, aumentar a resistência das camadas superficiais de solo pela presença das raízes; proteger estas camadas contra a erosão superficial; e reduzir a infiltração da água no solo através dos troncos, galhos e folhas. Deverá atender aos seguintes requisitos mínimos:

- . apresentar crescimento rápido;
- . desenvolver raízes resistentes e que formem uma trama bem desenvolvida e de longo alcance;
- . adaptar-se às condições climáticas locais e ser de fácil obtenção, seja no comércio ou por reprodução local;
- . não apresentar maiores atrativos (frutos, lenha, materiais de construção) que induzam ao acesso e à utilização da área;
- . ser composta por mais de uma espécie, para evitar as desvantagens de formações monoculturais (comportamento sazonal homogêneo e eventual ataque destrutivo de pragas).

6.1.2 COBERTURA VEGETAL COM GRAMÍNEAS

- Dentre estas técnicas destacam-se:

- **Hidrossemeadura:** processo pelo qual sementes de gramíneas, leguminosas ou outros vegetais são lançados sobre o talude em meio aquoso, que contém ainda um elemento fixador (adesivo) e nutrientes (adubos). Desta forma, atingem-se maiores áreas em curto espaço de tempo e a custos relativamente baixos. Sua eficiência depende muito das condições climáticas (chuvas excessivas “lavam” as sementes do talude e condições muito secas não permitem sua germinação/crescimento) e das características de fertilidade do solo (pois não é implantada nenhuma camada adicional de solo fértil no talude).

- **Plantio de mudas:** no caso de revestimento de taludes com gramíneas, também pode-se usar o processo de plantio de mudas, revestindo-se a superfície do terreno com uma camada de solo fértil (“terra vegetal”). A aplicação fica restrita a inclinações brandas, pois, caso contrário, as águas das chuvas provocam o escorrimento do material de cobertura (taludes de até 1:2).

- **Revestimento com grama em placas:** processo muito utilizado para o revestimento de taludes de cortes e aterros, quando se deseja uma rápida cobertura, com a máxima eficiência. Neste caso, a grama é obtida em gramados plantados e, posteriormente, recortada em placas com cerca de 30 a 50 cm de largura e cuja espessura inclui o solo enraizado (cerca de 5 a 8 cm). A aplicação nos taludes é feita, geralmente, sobre uma delgada camada de solo fértil (“terra vegetal”) pré-colocada, de forma que as placas de grama cubram total e uniformemente a superfície. Em taludes com inclinações superiores a 1:2, fixam-se as placas pela cravação de estaquinhas de madeira ou bambu, podendo-se também utilizar telas plásticas, fixadas por grampos.

Imagem 69

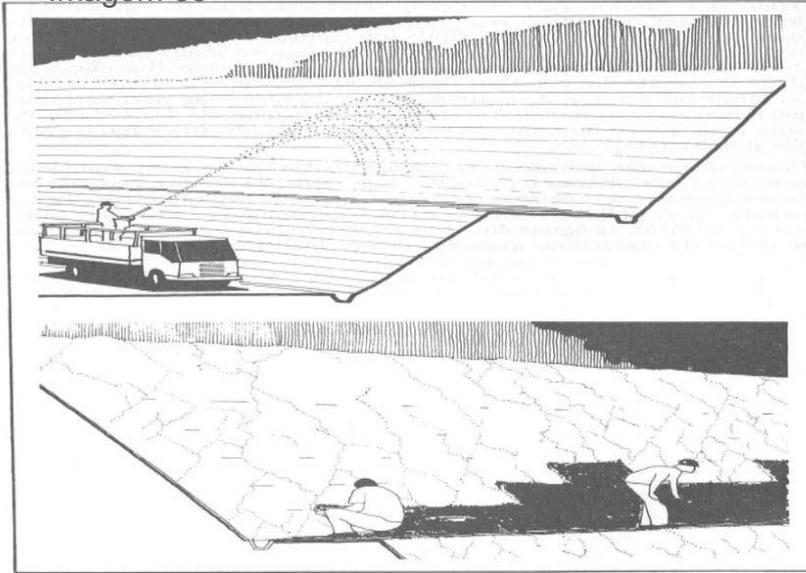


FIGURA VI.40 - Aplicação de cobertura vegetal (gramíneas) por hidrossemeadura e grama em placas

- **6.1.3 PROTEÇÃO COM “PANO DE PEDRA”**
- Revestimento do talude com blocos de rocha talhados em forma regular e tamanho conveniente para o transporte e colocação manual. Estes blocos são arrumados sobre o talude e geralmente rejuntados com argamassa, protegendo-o assim da erosão.
- **6.2 PROTEÇÃO SUPERFICIAL COM MATERIAIS ARTIFICIAIS**
- **6.2.1 PROTEÇÃO COM IMPRIMAÇÃO ASFÁLTICA**
- Camada delgada de asfalto diluído a quente ou em emulsão, por rega ou aspersão. Apresenta, no entanto, dois inconvenientes graves: deteriora-se sob influência da insolação, exigindo reparos e manutenção periódicos, e apresenta péssimo aspecto visual, sendo evitada nos locais em que é desejável manter ou recompor uma paisagem agradável.

Imagem 70

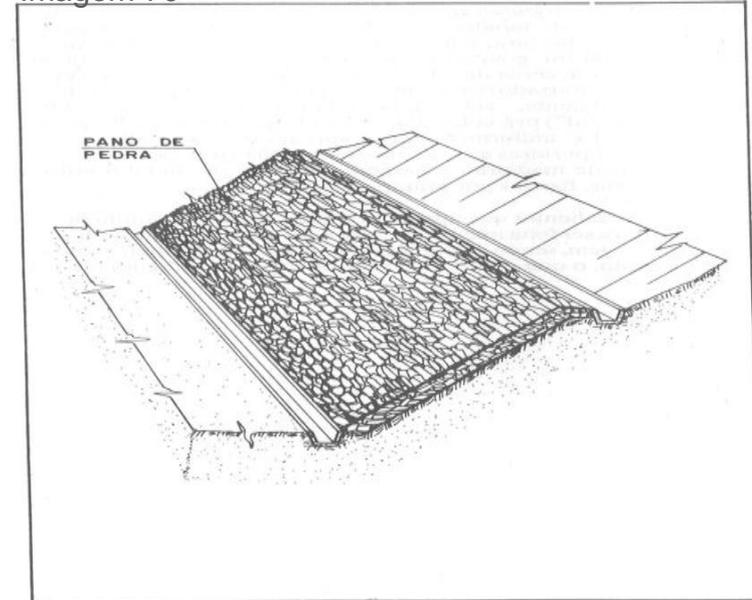


FIGURA VI.41 - Proteção superficial com “pano de pedra”

Imagem 71

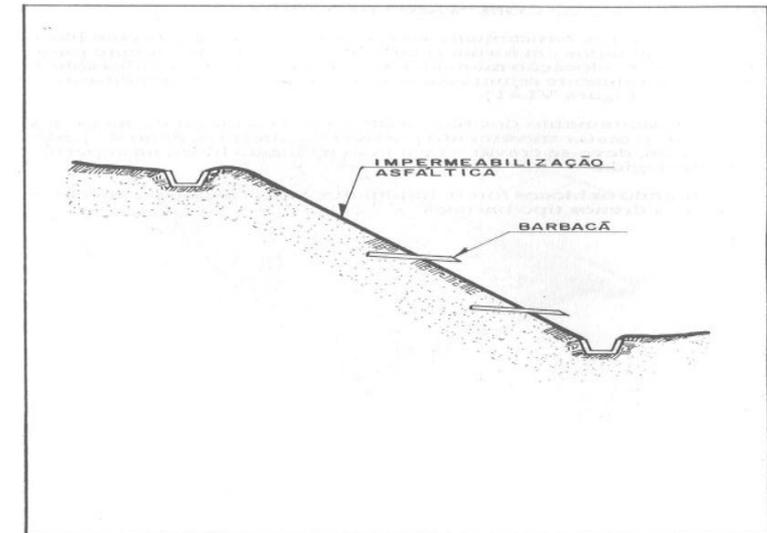


FIGURA VI.42 - Exemplo de imprimação asfáltica

6.2.2 PROTEÇÃO COM ARGAMASSA

- Seu custo relativamente elevado e às dificuldades operacionais de sua aplicação. Consiste na aplicação manual ou mecanizada de cobertura de argamassa de cimento e areia.

6.2.3 PROTEÇÃO COM CONCRETO PROJETADO OU “GUNITA”

- Trata-se de uma técnica de mistura de areia, cimento e pedrisco (“gunita”), e é projetada com o auxílio de bombas, contra a superfície a ser protegida, resultando uma espessura média de 3 a 5 cm. Adoção de tela metálica para armação e sustentação da “casca” formada. Esta tela, com malha de 5 a 20 cm e fios de 2 a 5 mm, é fixada à superfície do talude por chumbadores e pinçadores, sendo depois projetada a “gunita” (Figura VI.43).

6.2.4 PROTEÇÃO COM TELA

- Consiste na utilização de tela metálica fixada à superfície do talude por meio de chumbadores, em locais onde existe a possibilidade de queda de pequenos blocos de rocha, com o conseqüente descalçamento e instabilização das áreas sobrejacentes (Figura VI.44).

(Figuras VI.43,e VI.44 / fonte: Manual de Geotécnica/IPT/SP).

Imagem 72

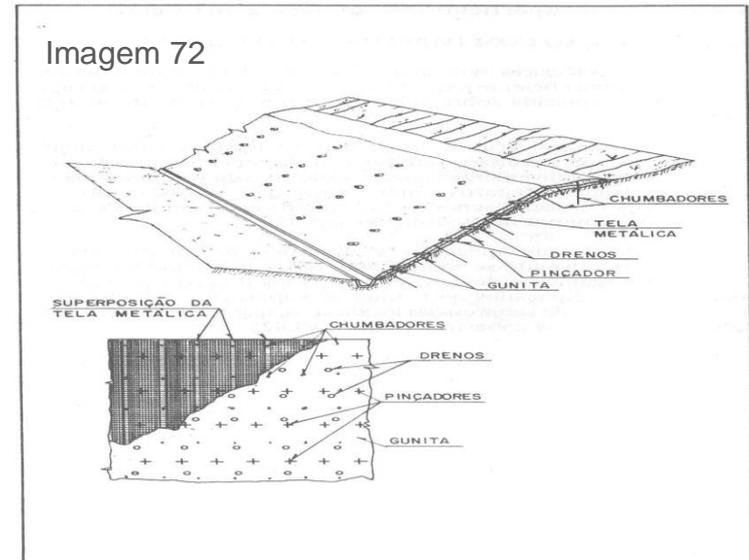


FIGURA VI.43 - Exemplo de aplicação de tela e “gunita” em taludes

Imagem 73

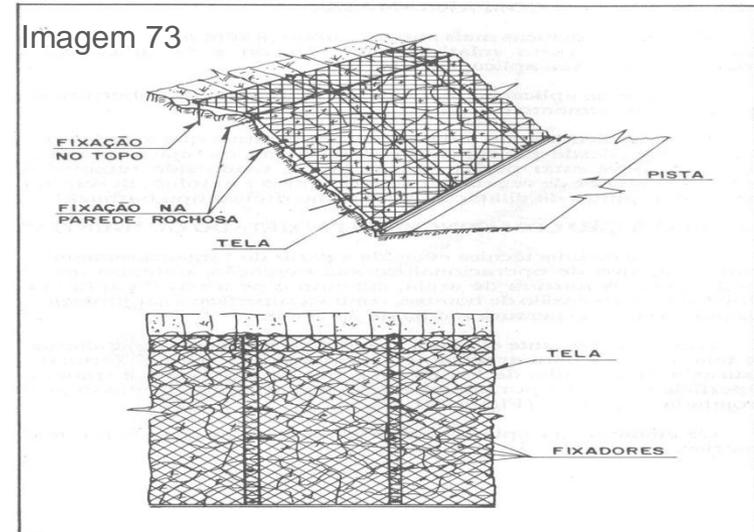


FIGURA VI.44 - Aplicação de tela metálica na contenção de pequenos blocos de rocha

Capítulo VII

NOÇÕES BÁSICAS DE MECÂNICA DOS SOLOS APLICADAS À ESTABILIDADE DE TALUDES

54/55

1 TIPOS DE SOLOS

1.1 COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA

1.2 FORMATO DOS GRÃOS

1.3 PLASTICIDADE

1.4 CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS

1.5 ARRANJO ENTRE AS PARTÍCULAS

1.6 O ESTADO EM QUE O SOLO SE ENCONTRA

1.6.1 ESTADO DAS AREIAS

1.6.2 ESTADO DAS ARGILAS

1.7 SOLOS COMPACTADOS

2 A PERMEABILIDADE DOS SOLOS

2.1 A LEI DE DARCY

2.2 DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE

2.3 VALORES TÍPICOS DE COEFICIENTES DE PERMEABILIDADE

2.4 FILTROS DE PROTEÇÃO

3 TENSÕES TOTAIS, EFETIVAS E NEUTRAS EM SOLOS

3.1 CONCEITO DE TENSÕES EM SOLOS

3.2 TENSÕES DEVIDAS AO PESO PRÓPRIO DO SOLO

3.3 PRESSÃO NEUTRA E CONCEITO DE TENSÕES EFETIVAS

Principais fatores que determinam a sua resistência:

. *Compacidade*

. *Distribuição granulométrica*

. *Formato dos grãos*

. *Resistência dos grãos*

OBTENÇÃO DOS PARÂMETROS DE RESISTÊNCIA DOS SOLOS

Ensaio de laboratório, Ensaio *in situ*, Retroanálise

APLICAÇÕES

Entende-se por cálculo ou análise de estabilidade de um talude o conjunto de procedimentos de cálculo matemático destinado a determinar um parâmetro que permita quantificar o quão estável ou instável está o talude em questão, nas condições às quais está sujeito

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

55/55

Departamento de Estradas e Rodagens do Estado de São Paulo. **Manual de geotecnia: Taludes de rodovias: orientação para diagnóstico e soluções de seus problemas.** São Paulo: Instituto de Pesquisa Tecnológicas, 1991. 206 p. (Publicação IPT 1843). Disponível em <http://www.der.sp.gov.br/documentos/manuais_tecnicos/manual_taludes.aspx>, acesso em 25 de out. de 2011.