



**ABNT-Associação  
Brasileira de  
Normas Técnicas**

Sede:  
Rio de Janeiro  
Av. Treze de Maio, 13 - 28ª andar  
CEP 20003 - Caixa Postal 1680  
Rio de Janeiro - RJ  
Tel.: PABX (021) 210-3122  
Telex: (021) 34333 ABNT - BR  
Endereço Telegráfico:  
NORMATECNICA

Copyright © 1990,  
ABNT-Associação Brasileira  
de Normas Técnicas  
Printed in Brazil/  
Impresso no Brasil  
Todos os direitos reservados

CDU: 621.314.224

SET./1991

**NBR 11682**

## **Estabilidade de taludes**

### **Procedimento**

Origem: Projeto 02:004.07-001/90  
CB-02 - Comitê Brasileiro de Construção Civil  
CE-02:004.07 - Comissão de Estudo de Estabilidade de Taludes  
NBR 11682 - Stability of slopes - Procedure  
Descriptor: Slope

**Palavra-chave: Talude**

**39 páginas**

### **SUMÁRIO**

- 1 Objetivo
  - 2 Documentos complementares
  - 3 Definições
  - 4 Condições gerais
  - 5 Investigações do terreno
  - 6 Diagnóstico definitivo e concepção do projeto básico
  - 7 Projeto executivo (elaboração, especificações e detalhamento)
  - 8 Execução da obra
  - 9 Avaliação do desempenho da obra
  - 10 Planejamento da conservação da obra
- ANEXO A - Tipos de instabilidade de taludes  
ANEXO B - Tipos de obras de estabilização de taludes  
Índice

#### **1 Objetivo**

Esta Norma fixa as condições exigíveis no estudo e controle da estabilidade de taludes em solo, rocha ou mistos, componentes de encostas naturais ou resultantes de cortes; abrange, também, as condições para projeto, execução, controle e conservação de obras de estabilização.

#### **2 Documentos complementares**

Na aplicação desta Norma é necessário consultar:

NBR 5629 - Estruturas ancoradas no terreno - Ancoragens injetadas no terreno - Procedimento

NBR 8044 - Projeto geotécnico - Procedimento

NBR 9653- Guia para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos nas minerações em áreas urbanas - Procedimento

#### **3 Definições**

Para os efeitos desta Norma são adotadas as definições de 3.1 a 3.47.

##### **3.1 Altura do talude**

Distância, medida na vertical, entre o topo e o pé do talude.

##### **3.2 Ângulo médio do talude**

Ângulo, com a horizontal, da reta que passa pelo pé e topo do talude.

##### **3.3 Ângulo parcial do talude**

Ângulo, com a horizontal, da reta que passa pelo pé e topo de um trecho do talude.

##### **3.4 Ancoragem injetada**

Aquela em que se realiza uma perfuração no terreno e, através de injeção de calda ou argamassa de cimento, se solidariza ao terreno um elemento, em geral de aço, o tirante, em um trecho de seu comprimento total, formando o bulbo de ancoragem. O tirante, que trabalha a tração, liga o bulbo de ancoragem à estrutura a ser ancorada, na qual se fixa pela cabeça da ancoragem (ver NBR 5629).

**3.5 Ancoragem passiva**

Qualquer tipo de ancoragem não protendida. Só entra em carga quando atuarem as cargas da estrutura, por deslocamento desta ou do terreno ao qual esteja vinculada.

**3.6 Ancoragem protendida**

Aquela que, antes de se expor às cargas de serviço, é submetida, por macaco hidráulico ou outro equipamento, a forças de tração que, por meio de dispositivos especiais (porcas, cunha ou calços), é mantida atuante ou ativa mesmo após a retirada do equipamento de carga. As forças de protensão, assim introduzidas, são ditas incorporadas à ancoragem; a ancoragem protendida é também conhecida como ancoragem ativa.

**3.7 Anteprojeto**

Aquele que é elaborado com os elementos obtidos das investigações preliminares.

**3.8 Área de risco**

Área instável ou passível de ser atingida por efeito da instabilidade de encostas e taludes.

**3.9 Área de segurança**

Região situada no interior da área de risco, delimitada como tal, com a finalidade de proteger pessoas e bens.

**3.10 Bueiro de descida ou descida d'água**

Elemento de drenagem superficial de um talude destinado a conduzir as águas pluviais, coletadas das canaletas longitudinais (de banquetas e de crista), para destino final.

**3.11 Chumbador**

Elemento estrutural, em geral, barra de aço, com trecho colocado em furo aberto no maciço rochoso, ao qual se chumba com calda ou argamassa de cimento e/ou por dispositivo mecânico. O outro trecho da barra é fixado à estrutura (por exemplo: muro de concreto, lasca de rocha, etc.) que se pretende chumbar à rocha. O chumbador não é protendido.

**3.12 Depósito de "pé de monte"**

Material acumulado no trecho mais baixo de uma encosta, constituído por deposição do solo e/ou de blocos de rocha oriundos da superfície da encosta.

**3.13 Deslocamento e velocidade característicos de um movimento de massa**

Valores determinados para a época de "pique" da movimentação ou em período representativo do fenômeno (se este se apresentar com velocidade uniforme ou aproximadamente uniforme, assemelhando-se a um processo de "creep"), não se incluindo nesse período o da realização de obra de estabilização.

**3.14 Encosta**

Trecho inclinado de uma elevação natural.

**3.15 Extensão do talude**

Medida, em planta, do seu contorno ou desenvolvimento, ao nível do pé.

**3.16 Fator de segurança**

Relação entre os esforços estabilizantes (resistentes) e os esforços instabilizantes (atuantes) para determinado método de cálculo adotado. Essa determinação, derivada do cálculo, não é o fator de segurança realmente existente, devido à imprecisão das hipóteses, incerteza dos parâmetros do solo adotados, etc.

**3.17 Geometria de uma instabilidade**

Limites físicos do terreno envolvido pela instabilidade.

**3.18 Geometria de um talude**

Conformação geométrica do talude, obtida por levantamento topográfico, fotografias aéreas ou inspeção local.

**3.19 Geossintéticos**

Têxteis usados em geotecnia como filtro, dreno e/ou estrutura. Podem ser tecidos (orientação bidimensional ou filamentos-telas) e não-tecidos (orientação multidimensional dos filamentos).

**3.20 Grau de risco de uma instabilidade**

Probabilidade da ocorrência ou do agravamento de uma instabilidade, avaliada com base nos fatores intervenientes e/ou em sua evolução.

**3.21 Grau de segurança necessário ao local (alto, médio ou baixo)**

Nível de segurança compatível com a utilização do local, principalmente em relação aos riscos envolvendo seres humanos, edificações, etc.

**3.22 Índice auxiliar de segurança**

Índice que complementa a avaliação, por meio de parâmetros, da segurança da obra.

**3.23 Liquefação**

Perda total, ou parcial, da resistência ao cisalhamento do solo em virtude da diminuição da pressão efetiva originada por fluxo d'água ascendente ou pressão neutra induzida por vibrações (terremotos, choques, etc.).

**3.24 Mecanismo de uma instabilidade**

Compreende o tipo de movimentação do terreno, a velocidade e a direção dos deslocamentos, a frequência da movimentação e seu estágio evolutivo.

**3.25 Modelo geotécnico-geomorfológico**

Representação por meio de seções, vistas e/ou blocos-diagramas das características básicas geológicas-geotécnicas do subsolo, assim como da superfície do trecho que interessa ao estudo da estabilidade do talude ou encosta.

**3.26 Observação**

Qualquer ação visando ao esclarecimento de aspectos do comportamento de um talude e/ou obra de estabilização. Pode ser por inspeção ou por instrumentação. É o mesmo que controle, acompanhamento ou monitoramento.

**3.27 Padrão**

Valor base para avaliação de qualidade.

**3.28 Parâmetro**

Valor de qualquer característica geométrica, física, geomecânica, etc. relacionada com a estabilidade do talude.

**3.29 Parâmetro de segurança**

Parâmetro considerado na avaliação, por comparação ao padrão, da segurança de uma obra.

**3.30 Pé do talude**

Parte mais baixa de um talude ou de um trecho dele.

**3.31 Projeto básico**

Aquele que é elaborado com elementos obtidos nas investigações geológicas, geotécnicas e outras.

**3.32 Projeto específico**

Projeto executivo que é detalhado para uma determinada situação.

**3.33 Projeto executivo**

Aquele que é detalhado ou revisado a partir do projeto básico para execução da obra. O projeto executivo pode ser específico ou tipo.

**3.34 Projeto-tipo**

Projeto executivo elaborado com o objetivo de aplicá-lo a situações assemelhadas, desde que devidamente justificado e adaptado em seus detalhes.

**3.35 Retaludamento**

Obra de mudança da inclinação original de um talude, objetivando melhorar as suas condições de estabilidade.

**3.36 Ruptura de talude**

Situação em que o talude perde suas características originais, seja pela falta de estabilidade, seja pela ocorrência de deslocamentos exagerados.

**3.37 Subhorizontal**

Plano ou reta pouco inclinados em relação à horizontal.

**3.38 Subsidência**

Afundamento da superfície do terreno em relação à sua situação original.

**3.39 Subvertical**

Plano ou reta com pequeno desvio da vertical.

**3.40 Talude artificial**

Talude formado, ou modificado, pela ação direta do homem.

**3.41 Talude estável**

Talude que não apresenta nenhum sintoma de instabilidade, tais como trincas, sulcos, erosão, cicatrizes, abatimentos, surgências anormais de água, rastejo, rachaduras em obras locais, etc.

**3.42 Talude natural**

Talude formado pela ação da natureza, sem interferência humana.

**3.43 Terreno**

Termo genérico aplicável a solo ou rocha.

**3.44 Topo do talude**

Parte mais alta de um talude ou de um trecho dele.

**3.45 Trecho do talude**

Parte do talude delimitada por plataforma, banquetas ou mudança de inclinação.

**3.46 Velocidade característica**

Ver 3.13.

**3.47 Velocidade residual**

Velocidade do deslocamento de grandes massas que permanece após as obras de estabilização.

**4 Condições gerais**

As atividades relacionadas com a estabilização de taludes ou com a minoração dos efeitos de sua instabilidade podem, em geral, ser organizadas em ordem cronológica nas etapas desenvolvidas de 4.1 a 4.7.

**4.1 Investigações preliminares**

Visam a determinar:

- a) as características do local e o grau de segurança necessário;
- b) a conveniência de obra de estabilização, no caso de se tratar de terreno apresentando indícios de instabilidade, inclusive o diagnóstico preliminar desta;
- c) a conveniência de uma obra de reconfiguração local, no caso de corte de terreno estável;
- d) o planejamento das investigações das características intrínsecas do terreno.

#### 4.2 Investigações geotécnicas, geológicas e outras (inclusive geomorfológicas, topográficas e geoidrológicas)

Abrangem levantamentos locais, coleta de dados, ensaios "in situ" e de laboratório e uso de instrumentação adequada para estabelecer um modelo geotécnico-geomorfológico.

#### 4.3 Diagnóstico definitivo e concepção do projeto básico

4.3.1 No caso de obras de estabilização em local com instabilidade já ocorrida, devem ser consideradas as seguintes etapas de estudos:

a) a definição do tipo, geometria e mecanismo da instabilidade, a saber:

- processos indutores de instabilidade; erosionais ou devidos à liquefação de solos superficiais, suas combinações e assemelhados;
- processos de instabilidade propriamente ditos: superficiais, internos, de grandes massas, devidos a particularidades geológicas, a colapso ou a deficiência de obras de estabilização e suas combinações;

b) a retroanálise da instabilidade;

c) a definição de alternativas de solução, seja de estabilização propriamente dita, de proteção contra os processos indutores de instabilidade, seja de procedimentos e de obras de proteção contra os efeitos de instabilidade, assim como suas combinações;

d) a avaliação dos parâmetros e índices auxiliares de segurança, de acordo com o grau de segurança necessário ao local, segundo métodos com base em modelos:

- matemático com avaliação, "a priori", dos parâmetros de segurança;
- experimental com avaliação, "pari passu", da eficiência do processo de estabilização empregado; o tipo de controle deve ser compatível com o grau de risco da instabilidade;
- semiprobabilístico com base em dados estatísticos de levantamentos locais ou de casos semelhantes e nas características dos procedimentos adotados; este modelo é adequado a obras que objetivam a eliminação ou redução dos efeitos da instabilidade, visando à proteção do local contra suas consequências. A eficiência destas obras e procedimentos é condicionada ao grau de risco da instabilidade;

e) o estudo comparativo das condições técnico-econômicas das soluções possíveis, especialmente quanto aos sistemas executivos, à relação custo-benefício, ao custo orçamentário e à compatibilidade do tempo de realização da obra com o prazo exigido para a reutilização do local;

f) a escolha da solução mais adequada e sua quantificação segundo a condição prioritária entre as relacionadas na alínea e);

g) o plano geral de execução da obra, em todas as suas etapas executivas.

4.3.2 No caso de obras de taludes em terreno originalmente estável, as seguintes etapas de estudo devem ser desenvolvidas:

a) análise dos resultados das investigações com a determinação das características intrínsecas do terreno e o traçado de perfis geotécnicos básicos para a análise da estabilidade;

b) anteprojeto do talude e definição de soluções alternativas;

c) análise de estabilidade, compreendendo:

- a de conjunto, avaliando-se os parâmetros de segurança em relação a padrões necessários ao projeto;
- a de cada obra de contenção (com a consideração de interferências mútuas, quando projetadas várias contenções);
- a superficial dos taludes.

Nota: O comportamento futuro do talude, quanto à erosão superficial, deve ser também considerado.

#### 4.4 Projeto executivo; elaboração das especificações e detalhamento

Consiste na extensão do projeto básico em projeto-tipo ou específico, compreendendo o seu detalhamento e a elaboração das especificações. O projeto executivo se destina à solução do problema que se apresenta, podendo ser enquadrado em uma ou mais das classificações indicadas de 4.4.1 a 4.4.3.

##### 4.4.1 Projeto de obras de estabilização

###### 4.4.1.1 Sem elementos de contenção:

a) modificação da geometria do talude por retaludamento total ou parcial de solo ou rocha, desmonte de partes instáveis, aterro estabilizante de pé de talude, etc.;

b) modificação do regime geoidrológico com drenos subhorizontais profundos, poços ou drenos verticais de rebaixamento de lençol freático, galerias de drenagem, trincheiras drenantes, etc.;

c) melhoria da resistência ao cisalhamento do solo e de zonas de fraqueza de terrenos rochosos com injeção de calda de cimento ou produtos químicos, preenchimento de fendas em taludes rochosos com argamassa de cimento, etc.

###### 4.4.1.2 Com elementos de contenção:

a) estruturas de alvenaria ou concreto: muros de arrimo de peso, muros esbeltos de paramento

inclinado na direção do talude, muros a flexão de concreto armado ou protendido, etc.;

b) estruturas chumbadas ou ancoradas: estruturas chumbadas ou ancoradas na fundação, estruturas com ancoragens passivas em blocos ou placas verticais, cortinas com ancoragens injetadas e protendidas, etc.;

c) estruturas diversas e dispositivos de reforço do terreno: telas de aço galvanizadas fixadas com chumbadores, gunitagem com ou sem malha fixada, chumbadores e tirantes protendidos em taludes rochosos, estacas-raízes, pressoancoragens, gabiões, aterro de base de taludes com geossintéticos, microancoragens, terra-armada, etc.

#### **4.4.2 Projeto de obras de proteção contra os processos indutores de instabilidade**

Compreende as obras contra:

- a) erosão;
- b) avalanches;

#### **4.4.3 Projeto de obras e de outras medidas para proteção contra os efeitos de instabilidade**

Neste caso, devem-se considerar:

- a) adoção de áreas de segurança;
- b) muralha de impacto para circunscrição de áreas de segurança;
- c) anteparos em taludes rochosos;
- d) cortinas de impacto sucessivas em taludes rochosos.

### **4.5 Execução da obra**

#### **4.5.1 Compreende:**

- a) a execução propriamente dita;
- b) a fiscalização técnica;
- c) o controle tecnológico dos materiais de construção;
- d) o acompanhamento do desenvolvimento da obra, mediante inspeção ou instrumentação;
- e) o cadastro final da obra "como executada".

**4.5.2** Durante a execução, devem ser adotadas todas as medidas necessárias à segurança dos trabalhadores e da vizinhança.

**4.5.3** A fiscalização técnica deve verificar o cumprimento do projeto executivo e suas especificações, bem como das disposições de 4.5.1, alíneas c), d) e e).

**4.5.4** O acompanhamento por inspeção é suficiente em

obras de pequeno porte e naquelas em que a segurança dos trabalhadores e da vizinhança não esteja em risco. A instrumentação, quando utilizada, deve ser dimensionada em qualidade, quantidade e precisão.

**4.5.5** Do cadastro da obra devem constar todas as alterações havidas no projeto e a reavaliação dos parâmetros de segurança, no caso de modificações substanciais.

### **4.6 Avaliação do desempenho da obra em período-teste**

Deve ser efetuada no período de observação e correção dos sistemas implantados. Nesta avaliação, devem ser consideradas as condições especiais a cada tipo de solução, o grau de segurança necessário ao local e o tipo de instabilidade. A avaliação do desempenho ou comportamento é realizada através de observação (por inspeção ou instrumentação) e da interpretação dos dados obtidos. No caso de desempenho insatisfatório, deverá ser feita a correção ou a recomposição da obra.

### **4.7 Conservação da obra**

Com base na avaliação do desempenho e em conformidade com o tipo da instabilidade, deverá ser planejado o programa básico de manutenção da obra, incluindo a definição da periodicidade das observações e dos trabalhos de manutenção. Esse programa poderá ser modificado no caso de ocorrência de eventos não previstos.

## **5 Investigações do terreno**

### **5.1 Investigações preliminares**

Além do previsto na NBR 8044, devem ser considerados:

- a) a fixação do grau de segurança adequado à estabilidade do talude, tendo em vista a sua localização e as conseqüências da ruptura (ver 6.1.4.1);
- b) a observação cuidadosa das condições locais, visando a aquilatar a necessidade de medidas de emergência. Estas têm por finalidade minorar as conseqüências de instabilidades muito graves, envolvendo áreas habitadas, instalações industriais, obras viárias, sistemas ecológicos, cursos d'água, bacias, reservatórios, etc.;
- c) o julgamento cuidadoso das condições locais e verificação da necessidade de obras de emergência para impedir-se a progressão do fenômeno no caso de instabilidade já deflagrada;
- d) o diagnóstico preliminar ou a elaboração das hipóteses mais prováveis da(s) causa(s) da instabilidade, já deflagrada ou em potencial, assim como o mecanismo de desenvolvimento desta, sua forma, área e profundidade atingidas ou provavelmente envolvíveis;

- e) o planejamento das investigações específicas.

### **5.2 Investigações geotécnicas, geológicas e outras**

Devem ser atendidas as prescrições da NBR 8044, especialmente as referentes:

- a) aos levantamentos topográficos;
- b) às investigações geológicas, geomorfológicas, litológicas e estruturais;
- c) às investigações geotécnicas, inclusive a localização de depósitos, determinação de estratos de mesmas características geotécnicas, horizontes pedológicos correlacionados à geológica local, etc.;
- d) às investigações hidrológicas, inclusive a determinação da permeabilidade e condutividade hidráulica geral ou em determinados estratos ou áreas;
- e) ao estabelecimento de modelos geomorfológico, geológico, geotécnico e geodrológico;
- f) à instrumentação; no caso de movimento de massa do solo, é necessária a aferição deste movimento com:
  - a determinação da área e profundidade envolvidas;
  - a determinação da(s) direção(ões) de movimento, assim como de sua velocidade e estudo da influência do regime pluviométrico local;
  - a verificação de ocorrência de movimentação pretérita;
  - a avaliação da potencialidade dos deslocamentos;
- g) a outras investigações; no caso de taludes rochosos ou encostas com blocos de rochas, serão feitos o levantamento e registro minucioso dos elementos instáveis, com mapas e documentação fotográfica, incluindo:
  - aerofotografias gerais em escala conveniente ou fotografias de conjunto tomadas de pontos que permitam visualização total da área ou, ainda, composições que abranjam toda a sua superfície;
  - indicação em planta do local de cada foto;
  - utilização de dispositivos que permitam avaliar dimensões de elementos ou identificar detalhes nas fotos (régua graduada, balizas, bandeiras, etc.).

## 6 Diagnóstico definitivo e concepção de projeto básico

O projeto básico de procedimentos e/ou obras será elaborado a partir dos resultados das investigações realizadas, conforme se trate de:

- a) local com processo de instabilidade já instalado;
- b) local originariamente estável;

### 6.1 Procedimentos e obras de estabilização de local com instabilidade já instalada

Devem ser analisados os aspectos característicos da ins-

tabilidade visando à determinação da solução mais adequada, tendo em vista a sua eficiência e a garantia de segurança para a futura utilização do local, considerando:

- a) a definição do tipo de instabilidade;
- b) a retroanálise da instabilidade;
- c) as alternativas de soluções possíveis;
- d) os métodos de avaliação de segurança aplicáveis;
- e) o estudo comparativo técnico-econômico das soluções possíveis;
- f) a escolha da solução mais adequada e sua quantificação;
- g) o plano geral de execução da obra.

Nota: Nesta etapa, pode haver definição de obra a curto prazo, no caso de agravamento da instabilidade, sem definição de parâmetros de segurança.

#### 6.1.1 Definição do tipo de instabilidade

6.1.1.1 O tipo de instabilidade ocorrida, seu mecanismo e a geometria do terreno envolvido devem ser totalmente caracterizados. Devem ser também diagnosticadas a evolução do processo, a possível tendência a estágio mais grave de instabilidade, assim como a combinação de processos diversos em suas origens e causas.

6.1.1.2 Os processos de instabilidade de taludes (ver Anexo A) são classificados em:

- a) processos indutores de instabilidade;
- b) processos de instabilidade propriamente ditos.

#### 6.1.2 Retroanálise de processos de instabilidade

6.1.2.1 Visa à determinação das causas da instabilidade e de parâmetros equivalentes de resistência do terreno. Deve ser desenvolvida considerando-se as investigações procedidas, a geometria e o mecanismo da instabilidade.

6.1.2.2 Deve haver a verificação da condição de instabilidade ainda existente, da possibilidade de progressão da ruptura do talude ou de movimentação de massa, isto é, a determinação do grau de risco remanescente.

6.1.2.3 Usando-se os métodos matemáticos de análise, baseados no equilíbrio-limite, pode-se adotar o fator de segurança "1" se, por meio de controle efetuado, verificar-se que houve diminuição da velocidade de deslizamento (segundo as superfícies de ruptura ou de movimentação de massa de terreno) a valores indicativos de que foi atingido um estágio de equilíbrio transitório. Este estágio será admitido como de equilíbrio-limite.

6.1.2.4 Usando-se os métodos matemáticos de análise, baseados em modelos matemáticos no regime elástico ou elastoplástico, para determinação de estado de tensão-deformação, devem ser realizados:

- a) a verificação da possibilidade de progressão do processo, pela existência de estados de tensão-

deformação incompatíveis com os parâmetros de resistência do solo;

- b) o confronto das deformações calculadas com os valores observados, a partir do controle de campo executado conforme 5.2.

**6.1.2.5** Em qualquer método de análise adotado, deve ser pesquisada a influência do regime geoidrológico na geometria, mecanismos e causas da instabilidade. Devem ser consideradas também condições severas que possam ter ocorrido na deflagração do processo: poropressão, pressão piezométrica devida a rede de percolação interna, assim como efeitos de subpressão na massa a partir de superfícies preferenciais de percolação em estratos subjacentes.

### 6.1.3 Alternativas de soluções possíveis

Após a determinação da geometria, do mecanismo e da causa da instabilidade, haverá uma gama de soluções aplicáveis, com algumas variações, as quais devem ser julgadas pelo projetista, considerando, também, o grau de segurança necessário ao local (ver Anexo B). As soluções devem atender a:

- a) instabilidades localizadas;
- b) instabilidades de conjunto que, quanto à sua geometria, podem ser restritas ao talude propriamente dito, ou abranger área de dimensões muito maiores;
- c) existência de processos erosionais, assim como a possibilidade de liquefação do solo em terrenos a montante.

### 6.1.4 Avaliação da eficiência de obras e de outros procedimentos

Essa avaliação é feita por comparação dos parâmetros e índices auxiliares de segurança com os padrões correspondentes ao grau de segurança necessário ao local.

#### 6.1.4.1 Grau de segurança necessário ao local

Resultará do julgamento das conseqüências que poderão advir da instabilidade de um talude.

**6.1.4.1.1** Alto grau de segurança, exigido no caso de proximidade imediata de edificações habitacionais, instalações industriais, obras de arte (viadutos, elevados, pontes, túneis, etc.); condutos (gasodutos, oleodutos, adutoras); linhas de transmissão de energia; torres de sistemas de comunicação; obras hidráulicas de grande porte (corpo de barragens, canais ou tubulações de sistemas de produção hidroelétrica); estações de tratamento de água de abastecimento urbano ou esgoto sanitário; rodovias e ferrovias dentro do perímetro urbano de cidades de grande porte; vias urbanas; rios e canalizações pluviais em áreas urbanas densamente ocupadas e situações similares.

**6.1.4.1.2** Médio grau de segurança, possível em todos os casos citados anteriormente quando houver, entre o talude e o local a ser ocupado, espaço de utilização não permanente, considerado como área de segurança. Também

no caso de haver proximidade imediata de leito de ferrovias e de rodovias fora do perímetro urbano; corpo de diques de reservatórios de águas pluviais com habitações próximas, rios em áreas imediatamente a jusante do perímetro urbano de cidades de grande porte, sujeitas a inundações.

**6.1.4.1.3** Baixo grau de segurança, adotável desde que sejam instituídos procedimentos capazes de prevenir acidentes em rodovias, túneis em fase de escavação, minas, bacias de acumulação de barragens, canteiros de obras em geral.

#### 6.1.4.2 Critérios de avaliação, campos de aplicação e metodologia básica

Serão classificados conforme utilizarem:

- a) modelos matemáticos, com avaliação, "a priori", dos parâmetros de segurança;
- b) procedimentos experimentais, com avaliação, "pari passu", do processo de estabilização;
- c) sistemas semiprobabilísticos, visando à previsão da eficiência de obras de proteção, assim como a de outros procedimentos, contra os processos indutores e os efeitos de instabilidade em taludes.

**6.1.4.2.1** Os modelos matemáticos devem atender ao que segue:

- a) o modelo matemático escolhido deve-se condicionar à geometria e ao mecanismo do processo já diagnosticado em 6.1.1 e 6.1.2, assim como a seu tipo: queda de blocos de rocha, deslizamento planar ou rotacional e escoamento. A precisão do método adotado de avaliação da eficiência das obras ou procedimentos deve ser compatível com a qualidade dos dados obtidos em 5.2. O método escolhido deve considerar as conotações próprias aos tipos de soluções alternativas possíveis, a saber:

- a introdução de esforços resistentes correspondentes às obras;
- a melhoria dos parâmetros de resistência do solo, diminuição da poropressão e do gradiente piezométrico;

- b) na metodologia básica, os métodos de cálculo fundamentais, de acordo com os parâmetros de segurança adotáveis, serão baseados em:

- estudo do equilíbrio-limite, com avaliação, "a priori", do acréscimo de fator de segurança;
- análise matemática no campo de tensões e deformações, com avaliação, "a priori", de deslocamentos ou deformações máximas previstas.

Nota: Ambos os métodos são aplicáveis aos problemas listados no Anexo A (A-2), especialmente em A-2.2, assim como às soluções previstas no Anexo B (B-2).

6.1.4.2.2 Nos procedimentos experimentais, deve-se levar em conta que:

a) consistem no controle de movimentação, com medição do seu valor e de sua velocidade em períodos antes, durante e após a execução da obra de estabilização. Este controle visa à aferição da eficiência da solução adotada, pela análise da tendência à estabilização do local. A precisão do controle dependerá:

- do tipo de instabilidade;
- da solução adotada;
- do grau de segurança necessário ao local;

b) são adequados principalmente:

- nos casos que exijam o emprego de soluções, com aferição de eficiência, na utilização de processos de estabilização em etapas sucessivas (instabilidades como as descritas no Anexo A (A-2.3)) e assemelhados;
- quando os métodos matemáticos não dispuserem de valores confiáveis dos parâmetros do terreno, como pode ocorrer em solos não-coesivos extremamente fofos, "botas-fora" bastante fo-

fos, "talus", deslizamentos fósseis ou adormecidos, depósitos de "pé de monte" em geral, argilas com minerais instáveis;

c) na metodologia básica, o tipo de controle, em sua natureza, precisão, intervalo de medições e prazos, estará condicionado ao:

- grau de segurança necessário ao local;
- grau de risco da instabilidade;

d) o grau de risco assume importância fundamental no caso de movimento de massa (ver Anexo A (A-2.3)), no qual haverá dois parâmetros iniciais:

- deslocamento característico;
- velocidade característica do movimento;

e) os valores de deslocamento e de velocidade serão determinados para a época de "pique" da movimentação, ou em período representativo do processo, se este se apresentar com velocidade uniforme ou semi-uniforme (assemelhando-se a um processo de "creep"). A Tabela 1, a seguir, exemplifica faixas de alto, médio e baixo grau de risco, conforme algumas observações realizadas na região Sudeste;

**Tabela 1 - Movimentos de massa - Grau de risco do processo em função do valor da movimentação**

Grau de risco	Deslocamento característico		Velocidade característica média	
	horizontal cm	vertical cm	horizontal mm/dia	vertical mm/dia
alto	> 20	> 10	> 20	> 20
médio	5 a 20	2 a 10	1 a 20	1 a 20
baixo	< 5	< 2	< 1	< 1

Notas: a) Os valores indicados devem ser adaptados em função da experiência regional ou do projetista.

- b) O grau de segurança necessário ao local condicionará os padrões de avaliação e tipos de controle necessários, durante e após a execução da obra.
- c) O grau de risco do problema condicionará basicamente as características do controle, durante e após a execução da obra.

f) a metodologia abrangerá a análise conjunta:

- dos deslocamentos de massa;
- dos dados pluviométricos;
- da eficiência da(s) obra(s) de estabilização;

e consiste em:

- elaboração dos gráficos (ver Figura 1);
- tempo x deslocamento da massa;
- cronograma da obra de estabilização com determinação dos processos executivos;
- histograma do regime pluviométrico;

g) essa análise abrangerá três períodos:

- da deflagração da instabilidade ao início da obra (com determinação do deslocamento e velocidade característicos da instabilidade);
- da execução da obra, com o controle da eficiência do(s) sistema(s) de estabilização;
- pós-execução da obra, com a verificação da eficiência total e acompanhamento da influência do regime pluviométrico;

h) os parâmetros a serem determinados consistem em (ver Figura 1):

- deslocamento e velocidade característicos:

$$\Delta D_k \quad \text{e} \quad V_k = \frac{\Delta D_k}{\Delta T_k}$$



Nota: O deslocamento havido antes do início do controle de movimentação pode ser considerado como parcela do deslocamento característico.

- velocidade de deslocamento para um dado período:

$$V_n = \frac{\Delta D_n}{\Delta T_n}$$

Onde:

$\Delta D_n$  = incremento do deslocamento para um período de  $n$  dias

$\Delta T_n$  = período de  $n$  dias

- fator pluviométrico: relação entre a área do histograma pluviométrico e o tempo em dias, correspondente a um dado período:

$$F.P1 = \frac{A_i}{\Delta T_i}, \quad i = 1, 2, 3 \dots$$

- eficiência de um tipo de obra de estabilização: aferida a partir da determinação da velocidade de deslocamento por períodos parciais do tempo de execução deste. Esta eficiência estará comprovada quando:

$$V_k \geq \frac{\Delta DaI}{\Delta TaI} \geq \frac{\Delta DaII}{\Delta TaII} \geq \frac{\Delta DaIII}{\Delta TaIII} \geq \dots \geq \frac{\Delta Dai}{\Delta Tai}$$

(mesmo que F.P1 seja crescente)

Nota: O número de parcelas deve ser, no mínimo, quatro (ver Figura 1).

- eficiência geral da estabilização: aferida mediante o acompanhamento da velocidade de deslocamento, abrangendo a fase de execução até, no mínimo, dois períodos de chuvas intensas após a execução da obra, com confronto dos valores destes períodos. Esta eficiência estará comprovada quando (ver Figura 1):

$$\frac{\Delta D1}{\Delta T1} > \frac{\Delta D2}{\Delta T2} > \frac{\Delta D3}{\Delta T3}$$

6.1.4.2.3 Nos sistemas semiprobabilísticos, deve-se levar em conta que:

- dever ser adotados quando houver necessidade de julgamento da probabilidade de ocorrência da instabilidade ou de seu processo indutor e de sua frequência, assim como dos fatores causadores destes e dos danos aos locais que poderão ser atingidos;
- são aplicáveis, principalmente nos casos a seguir, utilizando as soluções previstas no Anexo B (B-1 e B-3):

- taludes com processos erosionais;
- locais sede de avalanches;
- taludes rochosos ou de saprolito com formação intensa e disseminada de blocos e lascas;
- locais suscetíveis de serem atingidos por deslizamentos diversos;

- a metodologia básica dependerá do tipo de instabilidade, da solução adotada e será condicionada às premissas:

- grau de segurança necessário ao local;
- grau de risco da instabilidade, cuja definição dependerá dos fatores intervenientes na sua deflagração, que serão específicos para cada caso, como discriminado a seguir (ver Tabelas 2 e 3). Este grau de risco condicionará o tipo de controle da obra e a avaliação de sua eficiência durante e após a sua execução;

- para os processos indutores de instabilidade erosionais, os procedimentos a adotar em seu controle têm como parâmetros básicos (ver Tabela 4):

- a erodibilidade relativa dos solos ocorrentes;
- o regime pluviométrico que irá condicionar o projeto de drenagem superficial, a execução da obra protetora e a manutenção do revestimento (vegetal ou outros);

Nota: São dependentes destes dois parâmetros o espaçamento entre as canaletas de banqueteta, medido ao longo da superfície do talude, o espaçamento das descidas d'água, as dimensões das canaletas de banqueteta e das descidas d'água, assim como os detalhes executivos e de manutenção.

- para os processos indutores de instabilidade, devidos à liquefação do solo, as obras de proteção contra as avalanches ou assemelhados, consistindo na construção de estruturas para retenção de matéria sólida e na formação de "patamares de equilíbrio" do material na encosta, têm como parâmetro básico o "fator de armazenamento", medido pela relação entre o volume de armazenamento total e a previsão do volume do material a ser carregado. Considera-se para esta determinação que (ver Tabela 4):

- o volume de armazenamento,  $V_i$ , deve ser calculado com o material acumulado segundo um plano horizontal, a partir do topo da estrutura de retenção;
- estas estruturas devem ser previstas em, no mínimo, três níveis sucessivos;
- a posição destas estruturas deve ser estudada aproveitando-se os locais de menor declividade para sua implantação;
- o fator de armazenamento será:

$$F. \text{ Arm.} = \frac{\sum V_i}{\text{Vol. Desl.}}$$

Onde:

$\sum V_i$  = volume de armazenamento a ser retido por cada estrutura de retenção

Vol. Desl. = volume deslocável ou carregável previsto

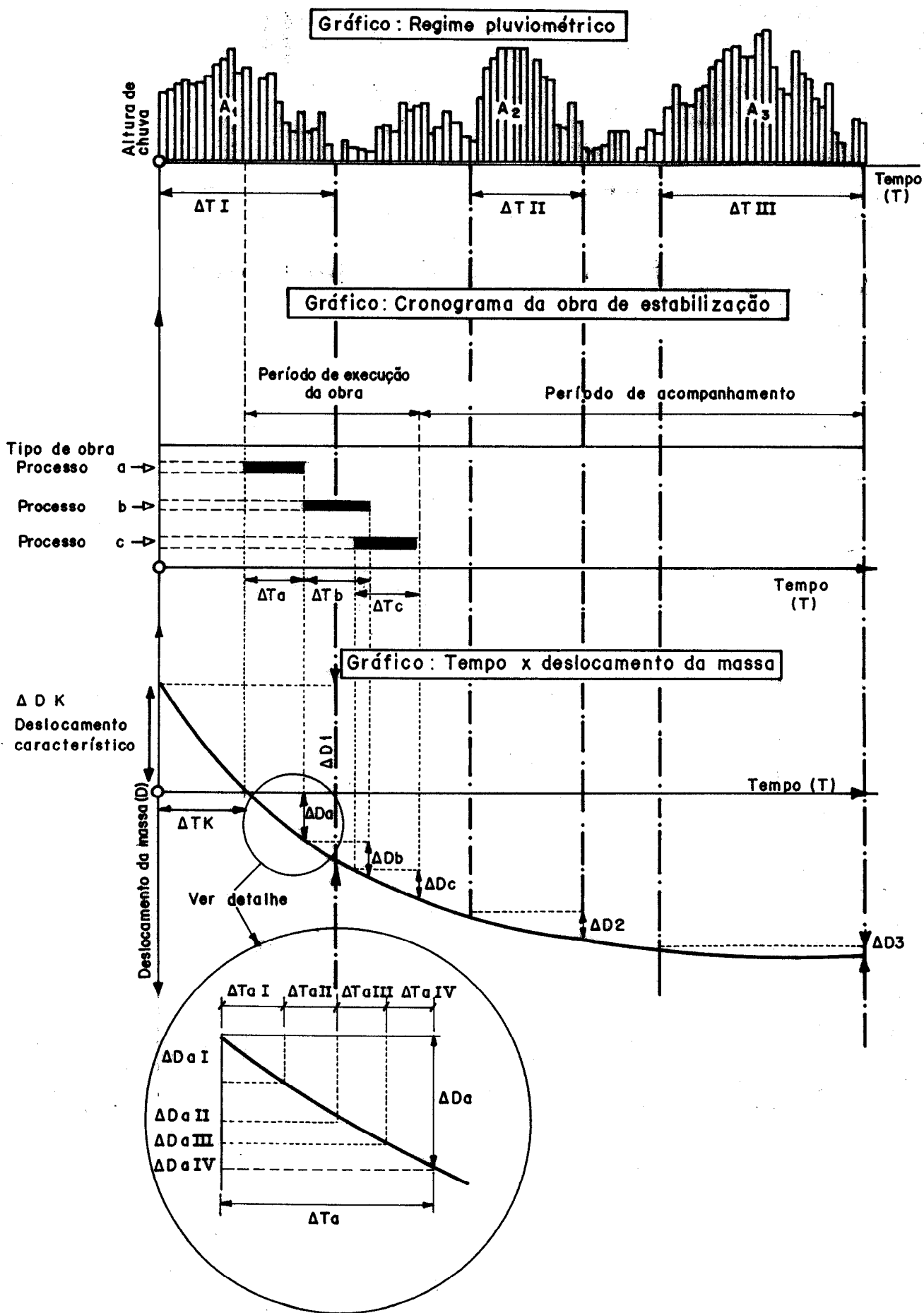


Figura 1

**Tabela 2 - Grau de risco da instabilidade nas obras de proteção contra os processos indutores de instabilidade**

alto	presença de todos os fatores intervenientes
médio	no mínimo: um interno e um externo
baixo	no mínimo: um interno ou um externo
Fatores intervenientes <sup>(C)</sup>	
Processos erosionais	Processos devidos à liquefação de solos
Fatores internos	Fatores internos
- erodibilidade do solo	- suscetibilidade de solos à liquefação <sup>(A)</sup>
- condicionantes geológicos	- condicionantes geológicos
Fatores externos	Fatores externos
- geometria	- geomorfologia desfavorável da encosta
- regime pluviométrico	- regime pluviométrico <sup>(B)</sup>
Outro fator	Outros fatores
- revestimento superficial inadequado (vegetal ou outros)	- histórico da região
	- falta de vegetação
	- áreas, em utilização, suscetíveis de serem atingidas

<sup>(A)</sup> Especialmente no caso de solos micáceos, argilominerais expansivos, porosos e colapsíveis.

<sup>(B)</sup> Especialmente quando há alternância de longos períodos de estiagem e de fortes chuvas.

<sup>(C)</sup> A utilização de outros fatores e critérios deve ser justificada.

**Tabela 3 - Grau de risco da instabilidade nos processos e obras de proteção contra os efeitos da instabilidade**

alto	presentes os três fatores principais
médio	presentes os dois fatores principais, no mínimo
baixo	presentes um fator principal ou, no mínimo, dois complementares
Fatores intervenientes <sup>(A)</sup>	
Fatores principais	
- instabilidade comprovada	
- efeitos e conseqüências da instabilidade	
- topografia desfavorável	
Fatores complementares	
- histórico e freqüência da instabilidade	
- geologia desfavorável	
- fator climático	

<sup>(A)</sup> Conforme circunstâncias locais, a utilização de outros fatores e critérios deve ser justificada.

**Tabela 4 - Sistemas semiprobabilísticos - Dados para o projeto de obras de proteção contra os processos indutores de instabilidade**

Grau de segurança necessário ao local	Processos erosionais - solução: drenagem superficial (6.1.4.2.3-d)				Processos devidos à liquefação de solos (avulsões e assemelhados). Solução: formação de patamares de equilíbrio <sup>(C)</sup> (6.1.4.2.3-e)					
	Grau de risco da instabilidade	Parâmetros			Índices auxiliares			Grau de risco da instabilidade	Fator de armazenamento	
		Projetos de drenagem - Dados para dimensionamento				erodibilidade relativa dos solos	dimensão do lance entre canaletas <sup>(A)</sup>			espaçamento das descidas d'água
		Intensidade da chuva	Tempo de recorrência		Grau de risco da instabilidade					
	canaleta de banquetas		descida d'água							
alto	alto	≥ 200 mm/h	≥ 25 anos	≥ 50 anos	Predominância de alta erodibilidade	12 m	80 m	alto	1,5	
	médio	≥ 150 mm/h	≥ 10 anos	≥ 10 anos		≅ 12 m	≅ 80 m	médio	1,4	
	baixo	< 150 mm/h	10 anos	10 anos		≅ 15 m	<sup>(B)</sup>	baixo	1,3	
médio	alto	≥ 150 mm/h	≥ 10 anos	≥ 10 anos		≅ 12 m	≅ 80 m	alto	1,4	
	médio	≥ 80 mm/h	10 anos	10 anos		≅ 15 m	<sup>(B)</sup>	médio	1,3	
	baixo	≥ 80 mm/h	10 anos	10 anos		≅ 15 m	<sup>(B)</sup>	baixo	1,2	
baixo	alto	≥ 150 mm/h	10 anos	10 anos		12 m	≅ 80 m	alto	1,3	
	médio	≥ 80 mm/h	10 anos	10 anos		≅ 15 m	<sup>(B)</sup>	médio	1,2	
	baixo	≥ 80 mm/h	10 anos	10 anos		≅ 15 m	<sup>(B)</sup>	baixo	1,1	

<sup>(A)</sup> Dimensão medida segundo a superfície do talude.

<sup>(B)</sup> Obrigatório o posicionamento em talvegues e pontos baixos.

<sup>(C)</sup> A avaliação do volume deslocável do terreno poderá ser feita segundo a fórmula empírica: Vol. Desl. = Ac x Hc x n

Onde:

Ac = área média das cicatrizes

Hc = espessura média das cicatrizes

n = número de cicatrizes

Nota: Valores sugeridos para projeto. Valores diferentes devem ser justificados, inclusive baseados em dados hidrológicos locais.

f) para os procedimentos e obras de proteção contra os efeitos de instabilidade com circunscrição da área de risco, realizada por uma única muralha de impacto, os parâmetros a considerar são (ver Tabela 5):

- fator de armazenamento total definido pela relação:

$$F. \text{ Arm.} = \frac{V_a}{\text{Vol. Desl.}}$$

Onde:

V<sub>a</sub> = volume de acumulação a ser contido, na área de risco, pelo elemento de retenção

Vol. Desl. = volume deslocável pela instabilidade

- coeficiente de impacto, no dimensionamento de elemento (muralha, barragem, etc.) que circunscreve a área de risco;

g) para as obras de proteção contra efeitos da instabilidade de taludes rochosos, que apresentam grande número de lascas de pequenos volumes, constituídas de anteparos isolados (em dois níveis, no mínimo), os parâmetros a considerar são (ver Tabela 5):

- peso e forma das lascas de maior frequência de queda;



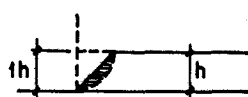
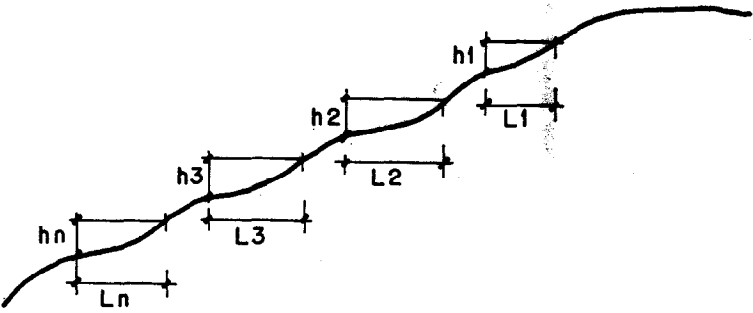
- coeficiente de impacto sobre o anteparo;

- disposição (espaçamento e número) das linhas de anteparos ao longo do talude;

- tempo de utilidade dos anteparos e previsão de sua recomposição;

h) para as obras de proteção contra efeitos da instabilidade de taludes rochosos, que apresentam

**Tabela 5 - Sistemas semiprobabilísticos - Dados para o projeto de obras de proteção contra os efeitos de instabilidade de taludes e encostas**

TIPO DE OBRA		CIRCUNSCRIÇÃO DE ÁREA DE RISCO POR MURALHA DE IMPACTO			ANTEPAROS OU CORTINAS			ANTEPAROS ISOLADOS EM TALUDES ROCHOSOS	CORTINAS DE IMPACTO	
		(Conforme 6.1.4.2.3-f)						Dimensionados para peso e forma da lasca de maior frequência e coeficiente de impacto (Conforme 6.1.4.2.3-g)	- Encosta com formação intensa de blocos e lascas - Cada cortina dimensionada para a forma de bloco ou lasca de maior frequência, coeficiente de impacto e empuxo do material armazenado (Conforme 6.1.4.2.3-h)	
AVALIAÇÃO DE EFICIÊNCIA	Grau de risco da instabilidade	Parâmetros		Índice auxiliar de segurança (prático)	Coef. de impacto	Disposição de linhas	Altura dos elementos (empírico)	Previsão do tempo de utilidade e recomposição	Volume de material desprendido	Fator de armazenamento
		Fator de armazenamento	Coef. de impacto de muralha	Cálculo empírico do volume deslocável de terreno para cálculo do volume de armazenamento*						
Alto	Alto	1.50	1.50		1.75	Em todos os níveis ou diminuição de declividade	$h_i \geq \frac{L_i}{3}$	3 anos	30% da área do talude x diâmetro no bloco máximo	1.3
	Médio	1.40			1.5			5 anos		
	Baixo	1.30			1.3			10 anos		
Médio	Alto	1.40	1.25		1.5	Em três níveis no mínimo	$h_n = \frac{L_n}{3}$	5 anos	20% da área do talude x diâmetro no bloco mais freqüente	1.1
	Médio	1.30			1.3			10 anos		
	Baixo	1.20			1.2			Revisão 10 anos		
Baixo	Alto	1.30	1.1		1.3	Em dois níveis	Elemento inferior $h_n = \frac{L_n}{4}$	Revisão 10 anos	10% da área do talude x diâmetro do bloco mais freqüente	1
	Médio	1.20			1.2					
	Baixo	1.10			—					
		* No caso de se usar método racional de cálculo ou de haver possibilidade de medição direta deste volume, esta indicação deve ser abandonada								
					 <p><math>L_i</math> - Projeção horizontal de qualquer "patamar" na encosta ("patamar" e local cuja declividade é menor do que a declividade geral da encosta)</p> <p>Índices {  <i>i</i> - Qualquer nível de anteparos ou cortinas  <i>n</i> - Corresponde ao "patamar" de nível inferior</p>					

Nota: Valores sugeridos para projeto; valores diferentes devem ser justificados.

formação contínua e intensa de blocos e lascas, constituídas por cortinas sucessivas de impacto (em dois níveis, no mínimo), os parâmetros a considerar são (ver Tabela 5):

- forma, peso e trajetória de queda dos blocos rochosos ou material terroso;
- frequência de quedas;
- posição das cortinas e definição de suas alturas;
- coeficiente de impacto sobre as cortinas;
- fator de armazenamento total para um dado intervalo de tempo definido pela relação:

$$F. \text{ Arm.} = \frac{\sum Va}{\text{Vol. Desp.}}$$

Onde:

$\sum Va$  = volume total acumulado pelas cortinas

Vol. Desp. = volume desprendido para um dado intervalo de tempo

#### 6.1.4.3 Padrões para avaliação dos parâmetros e índices auxiliares de segurança

6.1.4.3.1 Os modelos matemáticos utilizarão os padrões relacionados na Tabela 6 para avaliação dos parâmetros de segurança, em função dos métodos empregados e do grau de segurança necessário ao local.

6.1.4.3.2 Os procedimentos experimentais baseiam-se no tipo de controle necessário, em função do grau de segurança necessário ao local, da velocidade residual e do período máximo para atingir a velocidade residual-padrão, conforme Tabela 7.

6.1.4.3.3 Nos sistemas semiprobabilísticos, alguns valores de caráter prático podem ser substituídos por valores calculados a partir de estudos estatísticos, para cada caso real. Estes padrões são os indicados com a categoria de "empíricos". Nas Tabelas 4 e 5, são apresentados esses valores a serem utilizados, respectivamente, nos projetos de obras de proteção contra processos indutores de instabilidade e em obras de proteção contra os efeitos de instabilidade.

#### 6.1.5 Estudo comparativo técnico-econômico das soluções possíveis

Este estudo deve ser elaborado:

- a) aquilatando-se a influência das soluções na utilização atual e futura do local;
- b) realizando-se a previsão orçamentária das soluções possíveis, com a determinação da relação custo-benefício, considerando-se:
  - a disponibilidade de equipes técnicas e maquinário;
  - a possibilidade de extensão das obras de estabilização a áreas adjacentes;

- a programação básica da obra, principalmente no caso de soluções que exijam métodos experimentais de avaliação de parâmetros de segurança, conforme 6.1.4.2.2;

- a avaliação da possibilidade de redução da segurança local e a necessidade de circunscrição de área de risco durante a execução das obras;

c) avaliando-se os custos de:

- instalações, acessos e facilidades, assim como o das áreas necessárias para estes;
- ensaios "in situ" e de laboratório e demais procedimentos de controle;
- medidas de segurança especiais, durante a execução da obra, em vista do grau de segurança necessário ao local, conforme 6.1.4.1;

d) verificando-se a compatibilidade entre o tempo disponível para a recuperação da segurança do local e o necessário para a execução de cada solução.

#### 6.1.6 Escolha da solução mais adequada, quantificação e apresentação

Para estes casos, deve-se observar o que se segue:

- a) a escolha é feita a partir dos elementos apresentados em 6.1.5, considerando-se as prioridades determinantes;
- b) a quantificação é feita para as partes principais do projeto e tarefas essenciais, sem necessidade de detalhamento ao nível de execução;
- c) devem ser apresentados:
  - o projeto básico, incluindo as especificações técnicas da solução;
  - as tarefas essenciais relativas à preparação do canteiro de trabalho, às instalações e acessos para a execução da obra, bem como o estabelecimento da interdependência entre estas tarefas.

#### 6.1.7 Plano geral da execução da obra

Este plano, que consistirá na organização de todas as tarefas essenciais, deve considerar o regime pluviométrico da região e os processos executivos alternativos devido à ocorrência de particularidades locais. Para alguns tipos de obra, devem ser considerados aspectos essenciais de planejamento, como os descritos a seguir.

##### 6.1.7.1 Terraceamento de talude de solo:

- a) o tipo de maquinário, o desenvolvimento do serviço e das frentes prioritárias de trabalho;
- b) a implantação da rede de drenagem superficial;
- c) a implantação da proteção superficial, com a definição do tipo (vegetal ou outro).

Tabela 6 - Modelos matemáticos

Grau de segurança necessário ao local	Métodos baseados no equilíbrio-limite	Métodos baseados na análise tensão-deformação
	acréscimo mínimo de segurança	deslocamento máximo
alto	50%	a ser justificado em cada caso
médio	30%	
baixo	15%	

Notas: a) Valores diferentes devem ser justificados.

b) Aplicáveis a tipos de instabilidade com mecanismo definido.

Tabela 7 - Procedimentos experimentais

Grau de segurança necessário ao local	Velocidade residual	Período máximo para atingir a velocidade residual-padrão	Tipos de controle necessário			
			natureza	exatidão mínima (cm)	intervalo de tempo entre medidas	
					durante a execução da obra	durante o período de verificação e acompanhamento
alto	< 0,5 cm/ano	6 meses	superficial profundo <sup>(A)</sup>	0,15	diário	semanal
médio	< 2 cm/ano	1 ano	superficial	1	semanal	quinzenal
			profundo <sup>(B)</sup>	1,5		
baixo	< 5 cm/ano	2 anos	superficial	2	mensal	mensal

<sup>(A)</sup> Nos casos de alto e médio grau de risco da instabilidade, é necessária instrumentação de precisão.

<sup>(B)</sup> Nos casos de alto grau de risco da instabilidade, é necessária a observação do movimento em profundidade.

Nota: Valores diferentes devem ser justificados.

#### 6.1.7.2 Desmante a fogo de taludes de rocha

- o volume e o tipo de material a ser desmontado;
- a segurança requerida em vista da existência de vizinhos;
- o sistema e o plano de fogo adequados a evitar danos pessoais e a quaisquer construções e instalações, enterradas ou não, na área;
- as medidas de proteção contra ultralanchamentos e controle de emissão de ruídos e vibrações pelo terreno, em áreas urbanas, conforme NBR 9653;
- o detalhamento do método executivo visando a minimizar o efeito residual dos explosivos, que favorece a formação futura de blocos e lascas, pelo fendilhamento da rocha na face acabada do talude e pela destruição da estrutura da rocha que poderá causar a aceleração do seu processo de alteração.

#### 6.1.7.3 Obras de contenção

- as especificações próprias a cada solução;
- a drenagem nas adjacências (desvio de águas superficiais);

- a drenagem interna (alívio de pressão neutra) e limitação do carreamento de partículas de solo.

#### 6.1.7.4 Obras de proteção complementares

##### 6.1.7.4.1 Revestimento do talude contra a erosão:

- com vegetação:
  - espécies nativas: técnicas de transplante, etc.;
  - espécies não-nativas: para eficiência do revestimento, analisar o solo e indicar técnicas de correção necessárias e processos de plantio;
  - solos estéreis: analisar o solo e indicar técnicas de tratamento (calagem, adubagem, etc.), e outros métodos agronômicos adequados ("mulching"), gradação de essências vegetais, etc.;
- taludes mistos solo-rocha:
  - analisar a diferença de escoamento superficial na indicação do tipo de revestimento;
- outros tipos:
  - atender a especificações próprias.

**6.1.7.4.2 Rede de drenagem, na qual devem ser observados:**

- a) o comprimento máximo do lance do talude entre banquetas sucessivas, medido segundo a inclinação do talude;
- b) a largura das banquetas e as inclinações máximas, transversal e longitudinal;
- c) as dimensões das canaletas de banqueta e detalhes de execução, com especificação do comprimento e declividade máximos a serem adotados;
- d) os detalhes construtivos do bueiro de descida e especificação do seu comprimento e espaçamento máximo;
- e) os dispositivos de dissipação de energia, quando o bueiro de descida não descarregar em rede coletora de drenagem.

## **6.2 Projeto de obra em terreno originariamente estável**

### **6.2.1 Aplicabilidade**

Nos casos em que o terreno não apresenta instabilidade de qualquer natureza, para atender à alteração de uso do local, que implique mudança da geometria do terreno e/ou obras para melhoria das condições de estabilidade do talude original.

### **6.2.2 Seqüência dos estudos**

Nesta fase, de posse das informações obtidas nas investigações efetuadas segundo 5.1 e 5.2, assim como da geometria pretendida para reconfiguração do terreno, devem ser realizados:

- a) a análise dos resultados das investigações com a determinação dos parâmetros de resistência do solo e/ou rocha e as demais características intrínsecas do terreno, assim como a verificação da possibilidade de ocorrência de instabilidade, e o tipo desta após a modificação da geometria local;
- b) o anteprojeto de talude estável, com ou sem obra de contenção, e soluções alternativas;
- c) a análise de estabilidade da solução mais provável e de suas alternativas, considerando:
  - a determinação do parâmetro de segurança da solução em função do grau de segurança necessário ao local;
  - a adequabilidade de métodos de avaliação de segurança de cada solução;
- d) o estudo comparativo técnico-econômico das soluções possíveis (ver 6.1.5);
- e) a escolha da solução mais adequada, quantificação e apresentação (ver 6.1.6);
- f) o plano geral de execução da obra (ver 6.1.7).

### **6.2.3 Análise do resultado das investigações**

Objetiva prioritariamente:

- a) a confirmação da não-existência de instabilidade original de qualquer tipo, admitindo-se a constatação de processos erosionais pouco evoluídos, a saber: o laminar, localizado em pequenos trechos, e ravinamentos incipientes e esporádicos;
- b) a determinação das características intrínsecas do terreno e das forças externas atuantes, a serem consideradas na análise de estabilidade;
- c) a verificação da possibilidade de deflagração de instabilidade a partir da reconfiguração pretendida para o local.

Nota: A primeira fase desta análise deve constar de avaliação prévia de compatibilidade entre a geometria final pretendida para o terreno, e as suas características topográficas, geológicas, geotécnicas e geoidrológicas básicas, para a definição da necessidade, ou não, de obra de contenção para o talude.

#### **6.2.3.1 Determinação das características intrínsecas do terreno**

**6.2.3.1.1** A simplificação de perfis geotécnicos, em áreas montanhosas, deve ser estudada com cuidado, uma vez que os estratos residuais ou de depósitos apresentam-se inclinados, principalmente os de menores espessuras. No caso de zonas sedimentares, em áreas de superfícies originais horizontais, os estratos se apresentam horizontais, em geral.

**6.2.3.1.2** Quando houver a constatação da existência de estratos altamente permeáveis, subjacentes à camada de solo de baixa permeabilidade média, deve ser verificada a possibilidade do efeito de subpressão ou artesianismo.

**6.2.3.1.3** No caso de estratos de solos finos, com nível freático mais elevado, deve ser considerada a possibilidade de sua liquefação, sob efeito de forças externas vibratórias, de impacto ou de mudanças rápidas no estado de tensões oriundas, por exemplo, de escavações ou de aterros.

**6.2.3.1.4** Devem ser considerados, com muito cuidado, os parâmetros de resistência obtidos em ensaios de cisalhamento e triaxiais, para o caso de argilas altamente plásticas, sensíveis ou alteráveis, como a montmorilonita. A formação progressiva de linhas de ruptura, segundo orientação de partículas coloidais, apresenta valores muito baixos de ângulos de atrito residual (até menores que 10°).

**6.2.3.1.5** No caso de depósitos ("bota-fora" muito fofo, material coluvial, depósitos de "pé de monte", em geral, "talus", etc.), há a possibilidade de perda substancial da resistência do solo, até um efeito de liquefação deste, com a atuação de alguns fatores, tais como: aumento de gradiente hidráulico interno, transmissão de forças vibratórias, pequenos cortes na massa do depósito.

**6.2.3.1.6** A possibilidade de saturação de estratos de solo colapsíveis (ou mesmo o aumento de umidade) deve ser analisada.



**6.2.3.1.7** O material de preenchimento de juntas, no caso de terrenos rochosos, deve ser analisado quanto às suas características mecânicas e quanto à possibilidade de presença de minerais expansivos. Neste caso, estas juntas podem se constituir em planos preferenciais de deslizamento. O mesmo pode ocorrer em solos residuais jovens.

**6.2.3.1.8** Estágios transitórios, na execução de cortes, que afetem as condições de equilíbrio do maciço (rebaixamentos rápidos de nível d'água, aterros a montante, etc.), devem ser considerados.

**6.2.3.1.9** No caso de solos coesivos, deve ser verificada a existência de fatores que prejudiquem o valor da coesão, tais como variação de temperatura e umidade, mudanças químicas, erosões e relíquias de descontinuidade da rocha matriz em solos residuais. Nestas zonas de fraqueza, a coesão pode ser nula.

**6.2.3.1.10** Em área montanhosa que apresente contraforte a ser cortado, principalmente se o corte atingir o embasamento rochoso, devem ser verificados: a configuração do horizonte de rocha sã, a espessura do estrato de transição solo-rocha, o sentido de inclinação transversal destes horizontes e a rede de percolação interna existente.

**6.2.3.1.11** No caso de corte em áreas de talvegues, devem-se determinar a configuração do horizonte rochoso, a natureza (solo residual ou depositado) e a espessura dos estratos de solo, a existência de rede de percolação interna (tipo e orientação) e de artesianismo e a situação do corte em relação ao levantamento geodrológico.

**6.2.3.1.12** No caso de terrenos existentes junto a rios, canais, lagoas, represas, etc., deve ser considerada a influência da variação do nível d'água nas características do solo e no projeto da obra.

**6.2.3.1.13** No caso de estudo da estabilidade, por meio de análise matemática de tensões-deformações, é necessário verificar-se o módulo de deformabilidade do solo de cada estrato.

**6.2.3.1.14** Devem ser estudadas as suscetibilidades à erosão dos estratos de solo que ficarão expostos na superfície do talude reconfigurado.

#### **6.2.3.2 Traçado de perfis geotécnicos básicos para análise de estabilidade**

**6.2.3.2.1** Uma vez que as análises são usualmente realizadas para o estado de deformação bidimensional, é necessário exame cuidadoso da locação do perfil típico do talude, sendo preferível, em muitos casos, a análise de vários perfis.

**6.2.3.2.2** No caso de o talude apresentar forma de canto saliente, ou superfície convexa, deve ser verificado o aspecto tridimensional. Sendo o talude em rocha, devem ser consideradas as superfícies de fraqueza, as juntas, as falhas, etc.

**6.2.3.2.3** Nos perfis típicos, devem constar a configuração geométrica e as características geotécnicas do terreno a montante.

#### **6.2.4 Anteprojeto de talude**

Abrange a solução de estabilidade (ver Anexo B (B-2)), assim como a proteção contra processos indutores de instabilidade (ver Anexo B (B-1)), visando a prevenir:

- a) a liquefação de solos a montante com formação de avalanches (processos possíveis em zonas montanhosas);
- b) a liquefação do solo na base do talude, devido à existência de escoamento superficial de água;
- c) a erosão superficial.

#### **6.2.5 Análise da estabilidade**

Visa à determinação da estabilidade do talude projetado em função do grau de segurança necessário ao local, dentro dos critérios definidos em 6.1.4.1. A aplicação de qualquer método compreenderá:

- a) a análise de conjunto, considerando construções vizinhas, obras de contenção existentes e/ou projetadas e taludes próximos;
- b) a análise de cada obra de contenção;
- c) a análise de taludes parciais.

##### **6.2.5.1 Análise da estabilidade de conjunto**

**6.2.5.1.1** Esta análise deve ser iniciada pelo julgamento do tipo de ruptura e deformação mais provável do terreno e, ainda, atender, em termos de observações gerais, ao que segue:

- a) no caso de solos razoavelmente homogêneos, sem estratos definidos, as rupturas tendem a formar superfícies cilíndricas, conchoidais ou mistas;
- b) terrenos residuais em vários graus de intemperização, em estratos bem definidos, tendem a rupturas planares (simples ou compostas);
- c) solos com predominância de coesão tendem à formação de superfícies de rupturas mais profundas, enquanto os não-coesivos podem romper-se segundo superfícies mais próximas do talude;
- d) quando a camada de solo, subjacente ao pé do talude, apresentar resistência mais baixa que a do corpo do talude, esta deve ser levada em conta na análise;
- e) quando há registro de camada resistente (principalmente rocha) subjacente ao pé do talude, é imprescindível a pesquisa de ruptura ao longo da superfície dela.
- f) em zonas de solos residuais (principalmente em áreas montanhosas) é, em geral, muito complexa a caracterização das camadas de solo, e o processo de ruptura pode se desenvolver numa zona com delimitações pouco definidas. A movimentação do terreno pode se dar em profundidades diversas,

com velocidades de deslocamento e direção variando com o tempo. Quando o terreno, sob maior grau de umidade, perde substancialmente sua resistência, o solo pode passar a um estágio plástico de deformação (a massa pode se comportar como um líquido de alta viscosidade);

g) no caso de ser prevista drenagem em profundidade do talude, pode ser considerada a diminuição da pressão neutra da massa de solo;

h) em zonas de solos porosos, é necessário verificar suas características de colapsividade, principalmente quando expostos à ação de águas pluviais;

i) é necessária a consideração do efeito de erosão diferencial na estabilidade de taludes em terrenos heterogêneos, com grande variação de erodibilidade, tais como: zonas de diques de diabásico e/ou derrames de basalto, em áreas de alteração de rocha; em camadas sedimentares; em locais com diques de quartzitos muito fraturados, encaixados em solos alterados, de outra origem;

j) no caso de solos expansivos pela presença de minerais do grupo montmorilonita, deve ser considerado o efeito de colapsividade, com formação de "ruptura progressiva";

k) em zonas de "talus", depósitos na base de talwegues, deslizamentos fósseis, zonas de "bota-fora" e aterros fofos, deve ser analisada a possibilidade de perda substancial de resistência do solo sob influência, por exemplo, de infiltração de águas superficiais, vibrações e pequenos deslizamentos. Nestes casos, deve ser estudada a possibilidade do efeito de liquefação da massa do solo ou, ainda, desta fluir plasticamente com velocidades de deslocamento diminuindo com a profundidade.

**6.2.5.1.2** Quanto aos métodos de avaliação de parâmetros de segurança, os projetos básicos devem ser analisados com vistas à solução programada, com a adoção de métodos que melhor se enquadrem ao mecanismo de ruptura provável ou ao tipo de instabilidade potencial determinado pela análise das investigações (ver 6.2.3), conforme segue:

a) os métodos utilizáveis são os descritos em 6.1.4.2;

b) a adoção de métodos com utilização de modelos matemáticos e a avaliação "a priori" de parâmetros de segurança devem considerar:

- a existência de pressão neutra, principalmente no caso de haver rede de fluxo ou por efeito da mobilização da resistência;

- a diminuição da resistência de quaisquer estratos de solo;

- a transformação em forças externas de quaisquer sobrecargas (prédios e obras vizinhas, aterros, cargas de veículos, vibrações devidas a instalações industriais e a sismos, esforços de ancoragens, etc.);

c) a utilização dos métodos matemáticos não é suficiente para:

- os estudos de processos indutores de instabilidade, instabilidades superficiais e de grandes massas, e instabilidades devidas a particularidades geológicas locais;

- as soluções com mudanças do regime geoidrológico, melhoria da resistência de terrenos, obras de proteção contra processos indutores de instabilidade de taludes;

d) a adoção de métodos com a utilização de modelos experimentais compreenderá todas as indicações de 6.1.4.2.2;

e) a adoção de métodos com a utilização de modelos semiprobabilísticos compreenderá todas as indicações de 6.1.4.2.3.

**6.2.5.1.3** Os padrões de avaliação dos parâmetros de segurança, para o projeto de taludes, devem atender:

a) quando da utilização de modelos matemáticos, conforme o método usado, aos padrões da Tabela 8;

**Tabela 8 - Utilização de modelos matemáticos**

Grau de segurança necessário ao local	Métodos baseados no equilíbrio-limite	Tensão-deformação
	Padrão: fator de segurança mínimo <sup>(A)</sup>	Padrão: deslocamento máximo
alto	1,50	Os deslocamentos máximos devem ser compatíveis com o grau de segurança necessário ao local, à sensibilidade de construções vizinhas e à geometria do talude. Os valores assim calculados devem ser justificados.
médio	1,30	
baixo	1,15	

<sup>(A)</sup> Podem ser adotados fatores diferentes, desde que justificados.

b) quando da adoção de métodos com a utilização de modelos experimentais, aos padrões apresentados em 6.1.4.3.2. Nos casos em que as investigações indiquem a possibilidade de ocorrência de instabilidade de grandes massas ou devida a particularidades geológicas locais, deve ser previsto o acompanhamento, após a execução da obra, em período de tempo a ser especificado, de acordo com o grau de segurança necessário ao local e o grau de risco da instabilidade, conforme o disposto no Capítulo 9;

c) quando da adoção de métodos com a utilização de modelos semiprobabilísticos, para a previsão da eficiência de obras ou de procedimentos protetores contra os efeitos de instabilidade, aos padrões apresentados em 6.1.4.3.3. Deve ser previsto o acompanhamento da obra, após o seu término, em períodos destinados à:

- verificação e correção dos processos executivos e análise da eficiência real da obra em relação ao grau de segurança necessário ao local;

- conservação e manutenção da eficiência da obra.

Nota: A sistematização dos procedimentos para o acompanhamento da obra é apresentada no Capítulo 9.

#### 6.2.5.2 Análise da estabilidade de obras de contenção

6.2.5.2.1 Nas estruturas de alvenaria ou concreto, no caso de estruturas previstas em vários níveis, deve ser verificada a interdependência de carregamentos. A fundação deve ser verificada tanto em relação às pressões verticais atuantes no terreno, quanto à possibilidade de deslizamento horizontal. A contribuição de todo ou de parcela de empuxo passivo (compatível com o deslocamento tolerável) só pode ser considerada se for garantida a permanência de sua atuação e se não houver possibilidade de escavações ou de perda de resistência do solo no local.

6.2.5.2.2 Nas estruturas ancoradas, as ancoragens (de qualquer natureza) devem estar dispostas além de possíveis superfícies de ruptura do conjunto talude-obra de contenção.

6.2.5.2.3 Nas estruturas com fundações profundas, deve ser verificada a interdependência entre a análise da estabilidade do conjunto talude-obra e a da fundação profunda, assim como o dimensionamento dos elementos de fundação.

6.2.5.2.4 Nas estruturas com estacas-prancha, na análise de estabilidade dessas obras ou assemelhadas, além da verificação do conjunto talude-obra, deve-se levar em consideração:

- a) a deformabilidade das estacas;
- b) a ficha das estacas necessária para garantir o funcionamento do conjunto;
- c) a mobilização local de tensões no terreno com o desenvolvimento de empuxos na ficha das estacas.

## 7 Projeto executivo (elaboração, especificações e detalhamento)

### 7.1 Generalidades

#### 7.1.1 O projeto executivo deve:

a) atender às definições do projeto básico quanto ao(s) tipo(s) de obra(s) a ser(em) adotado(s), mantendo os parâmetros de segurança correspondentes;

b) definir a geometria das obras a serem executadas, considerando as particularidades geológico-geotécnicas locais, bem como as de carregamento externo;

c) em seu detalhamento, abranger o dimensionamento dos elementos individuais componentes da obra de estabilização do talude, as condições de controle e a metodologia de execução.

#### 7.1.2 Quanto ao nível de detalhamento:

a) devem ser elaborados "projetos específicos" totalmente detalhados, quando as condições geométricas, geológicas e geológico-geotécnicas forem totalmente determinadas;

b) podem ser adotados "projetos-tipo" dos elementos de contenção, passíveis de detalhamento e adaptações, "pari passu" às diversas fases de execução da obra de estabilização. Tal ocorre no caso da estabilização de áreas extensas, com particularidades geológico-geotécnicas, em que não seja possível o levantamento prévio pormenorizado do local, e ainda quando este acarretar aumento do grau de risco do processo, por exemplo, no caso de encostas que não podem ser desmatadas indiscriminadamente. No caso de se adotar "projeto-tipo", devem ser convenientemente justificados e especificados os limites de aplicação de cada tipo.

### 7.2 Projeto executivo de obras de estabilização

#### 7.2.1 Obras sem elementos de contenção

7.2.1.1 Nos tipos de solução com mudança da geometria do talude, deve-se levar em consideração que:

a) é necessário o levantamento topográfico representativo do conjunto e de detalhe da situação prévia, para servir de base para o controle da terraplenagem durante a obra e possibilitar o cadastro da situação real final em confronto com o projetado;

b) no caso de execução de aterros estabilizantes no pé de taludes, devem ser especificados o tipo de material, a técnica de execução e o controle tecnológico;

c) deve constar no projeto o planejamento detalhado da seqüência das diversas etapas, prevendo-se sempre que, em nenhuma fase da obra, haja diminuição do grau de segurança existente antes.

**7.2.1.2** Nas soluções com mudança do regime geo-hidrológico, o projeto deve conter o tipo de solução utilizado e, se possível, o controle de execução a ser adotado, tais como:

a) drenos subhorizontais profundos:

- devem ser indicados o comprimento e as características do estrato do terreno a ser atingido, os quais devem ser controlados com amostras testemunhas e vazão de cada dreno;
- deve ser feita previsão da seqüência de execução dos diversos drenos, de maneira a se conseguir a máxima eficiência da drenagem, mediante a detecção de zonas drenantes;

b) poços verticais de rebaixamento do lençol freático:

- dependem da prévia detecção de camadas drenantes;
- devem ser definidos os procedimentos de avaliação da eficiência do rebaixamento e desta detecção;

c) galeria de drenagem:

- deve ser elaborado programa de furos de prospecção horizontal, segundo o eixo previsto para a galeria, para a aferição da sua eficiência e possível adaptação a posições mais favoráveis;

d) trincheiras drenantes:

- devem ser previstas prospecções-piloto para definição da rede de trincheiras, com ou sem adaptação do projeto original.

**7.2.1.3** Nos métodos de melhoria do terreno, deve ser testada a eficiência da metodologia e dos equipamentos a serem empregados e devem ser definidos os controles tecnológicos da execução (testes de injetabilidade do terreno, amostragem para ensaios de laboratório, verificação do preenchimento de fendas e outros ensaios "in situ").

## 7.2.2 Obras com elementos de contenção

**7.2.2.1** Nas soluções estruturais, os projetos devem conter os detalhes estruturais e de sistemas de drenos e filtros, as especificações de materiais e de controle de execução de aterros no tardo das estruturas e a previsão das etapas construtivas.

**7.2.2.2** As soluções com estruturas e dispositivos diversos de reforço e proteção do terreno devem atender ao que se segue:

- a) no caso de emprego de malhas de aço galvanizadas, elementos metálicos, chumbadores com ancoragens mecânicas, as especificações de fabricação e de controle de qualidade devem ser explícitas quanto à garantia de resistência e integridade ao longo do tempo, especialmente em relação à corrosão;

- b) quaisquer outros tipos de materiais também devem apresentar resistência à deterioração, nas condições a que serão submetidos.

## 7.3 Projetos executivos de obras de proteção contra os processos indutores de instabilidade

São, em geral, complementares aos projetos de obras citadas em 7.2 e, neste caso, devem ser estudados em conjunto com estes.

### 7.3.1 Obras contra erosão

#### 7.3.1.1 Consistem em:

- a) proteção superficial contra o destaque e carreamento de partículas ou torrões do solo;
- b) condução das águas pluviais, por rede de drenagem formada de canaletas localizadas na crista e nas banquetas e bueiros de descida, de maneira que sua força trativa não atue sobre o solo protegido e não forme canais erodidos.

**7.3.1.2** Nas obras contra erosão, deve ser considerado o que segue:

- a) a canaleta de crista deve ser estudada para toda a contribuição a montante; se esta contribuição for proveniente de um talvegue, deve ser projetado um bueiro de descida específico para este;
- b) as canaletas de banquetas devem ser projetadas para captar toda contribuição do talude superior, tendo cota sempre inferior ao terreno adjacente;
- c) as banquetas devem apresentar declividade no sentido transversal, em direção à canaleta;
- d) o dimensionamento hidráulico da rede de drenagem deve ser realizado de modo que:
- não haja extravasamento em vazões máximas;
  - as velocidades máximas estejam abaixo da máxima admissível para os materiais empregados;
  - a velocidade mínima seja suficiente para a autolimpeza;
- e) havendo necessidade de caixa de passagem na confluência das canaletas de banquetas com os bueiros de descida, ela deve ser projetada para evitar turbulência que origine extravasamento, utilizando dispositivo de dissipação de energia;
- f) os bueiros de descida devem ser projetados em degraus para dissipação de energia e para manter a velocidade da descarga abaixo do valor máximo admissível para o seu material, e devem, também, coletar as águas dos terrenos adjacentes, mantendo suas paredes laterais em cotas, no máximo, iguais às destes terrenos;
- g) as caixas de acumulação de sedimentos devem ser previstas em locais de fácil acesso, para limpeza e manutenção;

h) no caso de áreas do talude com materiais de erodibilidades muito diversas, estas devem ser tratadas de forma diferenciada, possivelmente com redes de drenagens individualizadas;

i) no caso de solos altamente erodíveis e que apresentem problemas para o estabelecimento de revestimento protetor, deve ser estudada a integração do sistema drenagem-revestimento protetor ao tipo de obra de estabilização programada, com o estabelecimento de cronograma de execução com todas as etapas previstas.

### 7.3.2 Procedimentos e obras de proteção contra avalanches

7.3.2.1 Deve ser apresentado o levantamento da encosta sujeita a avalanches, contendo:

- a) as linhas delimitadoras das bacias hidrográficas e os talwegues principais e secundários;
- b) a locação das áreas deslocáveis do terreno com a avaliação dos seus prováveis volumes e a indicação das trajetórias prováveis das avalanches;
- c) os perfis longitudinais e transversais do terreno nos locais previstos para as estruturas de retenção.

7.3.2.2 O projeto de cada estrutura de retenção de material deve apresentar:

- a) a capacidade de armazenamento;
- b) o dimensionamento para resistir ao impacto do material da avalanche; quando as estruturas não suportam esforços dinâmicos, devem ser previstos dispositivos que minimizem a ação do impacto;
- c) o detalhamento, inclusive das fundações;
- d) as condições de estabilidade, calculadas para armazenamento de material até o topo da estrutura, e cuja superfície tenha inclinação compatível com as suas características.

7.3.2.3 O "perfil de equilíbrio", formado pelos sucessivos "patamares" (correspondentes a cada estrutura de retenção), deve ser projetado:

- a) segundo linhas prováveis de deslocamento das avalanches;
- b) de maneira que haja progressiva diminuição da velocidade das avalanches, considerados o perfil natural do terreno, as alturas e as distâncias das estruturas;
- c) satisfazendo condições de escoamento da massa da avalanche, considerando-a fluida (em estado-limite), obedecendo a critérios hidráulicos e levando em conta a contribuição da bacia hidrográfica.

### 7.4 Projetos executivos de procedimentos e obras de proteção contra os efeitos de instabilidade de taludes

Devem ser apresentados, para as áreas instáveis e aque-

las com possibilidade de serem atingidas, os perfis topográficos com a avaliação do volume do material instável, bem como suas dimensões e características.

#### 7.4.1 Delimitação de áreas de segurança

7.4.1.1 Estas áreas são determinadas a partir da avaliação das áreas de risco e devem ter seu uso restrito ou proibido. As restrições devem ser explícitas, por exemplo, a edificações, a trânsito em épocas chuvosas, a trânsito acima de um determinado índice de precipitação pluviométrica, etc.

7.4.1.2 Para a determinação do uso, deve ser considerado o grau de risco da instabilidade, conforme a Tabela 9.

Tabela 9 - Uso de áreas de segurança

Uso	Grau de risco da instabilidade
proibido	alto
	médio (sem dispositivo de alerta)
restrito	médio (com dispositivo de alerta)
	baixo

7.4.1.3 A área de segurança deve ser locada e sinalizada de maneira clara e irremovível, com avisos esclarecedores.

#### 7.4.2 Obras de proteção

São normalmente utilizados:

- a) uma única muralha de impacto;
- b) anteparos em taludes rochosos (em dois níveis, no mínimo);
- c) cortinas sucessivas em taludes rochosos (em dois níveis, no mínimo).

7.4.2.1 A muralha de impacto deve delimitar uma área de segurança destinada a receber o material desprendido da encosta instável e deve atender ao seguinte:

- a) para sua locação e determinação das características geométricas, é necessário o levantamento topográfico, em planta e em perfil, do material deslocável e de toda a área a ser circunscrita;
- b) deve apresentar inércia suficiente para resistir ao impacto por ocasião do choque da massa desprendida; para o seu dimensionamento (corpo e fundação), adota-se o esforço horizontal correspondente a empuxo no repouso majorado do coeficiente de impacto determinado conforme 6.1.4.3.3. Considera-se que o material ocupa toda a altura da muralha e que sua superfície tem inclinação compatível com suas características;
- c) junto à muralha deve ser previsto contratalude de material terroso para absorção da energia de impacto;
- d) no caso de não se dispor de área suficiente para armazenamento e/ou o volume de material deslocável for de difícil determinação, deve ser espe-

cificada a limpeza periódica do local, para manter o volume de armazenamento previsto; podem ser adotados dispositivos adicionais, tais como estruturas auxiliares intermediárias, atendendo aos mesmos critérios de projeto da estrutura principal, e/ou obstáculos diversos, em vários pontos da área.

**7.4.2.2** Os anteparos são utilizáveis para encostas ou taludes rochosos com grande número de lascas de pequeno volume, devendo atender ao seguinte:

a) a área deve ser levantada por meio de perfis topográficos representativos da declividade de cada trecho da encosta, figurando-se as dimensões e forma das lascas potencialmente instáveis, assim como todas as mudanças de declividade na linha do perfil, visando à determinação de:

- peso e forma da lasca de maior frequência;
- "subpatamares", isto é, locais cujas declividades são menores do que a declividade geral da encosta, para a implantação dos anteparos nestes;

b) devem ser dimensionados para resistir à força de impacto da lasca mais freqüente, sendo que:

- esta força é o peso da lasca majorado do coeficiente de impacto previsto em 6.1.4.3.3;
- a fixação dos anteparos à encosta deve ser projetada de forma a evitar o seu desprendimento;

c) é admissível que cada anteparo sofra deformação, sem ruptura e destaque de qualquer parte de seu corpo;

d) devem ser previstas a revisão e a restauração periódica do sistema.

**7.4.2.3** As cortinas sucessivas em taludes rochosos são recomendáveis para encostas com grande número de blocos e/ou lascas de dimensões variadas e trajetórias de queda bastante diferenciadas, devendo atender ao seguinte:

a) a área deve ser levantada por meio de poligonal envolvendo-a ou com a adoção de linhas básicas, a inferior no sopé da encosta e a superior no topo ou acima da área instável; devem ser levantados perfis locados a partir da poligonal ou das linhas básicas, os quais devem ter espaçamento regular; devem ser levantados perfis especiais segundo linhas de talvegues e contrafortes; devem constar destes perfis as características locais, a posição, a forma e as dimensões de blocos e lascas, objetivando a determinação da estabilidade destes;

b) as trajetórias de queda, de blocos e/ou lascas rochosas, devem ser efetuadas verificando seus tipos prováveis:

- queda livre;
- rolamento com saltos (altura provável);

- escorregamento simples;

- escorregamento com saltos (pontos prováveis de saltos);

c) deve haver verificação da compatibilidade entre:

- altura, número e posição das cortinas;
- forma, dimensões, peso e trajetória de queda dos blocos e/ou lascas rochosas;

d) o dimensionamento das cortinas deve ser realizado de maneira que não haja ruína destas sob ação dos esforços dinâmicos a que serão submetidas, admitindo-se deformações e pequenos danos que não afetem sua estabilidade;

e) deve ser prevista no projeto executivo a possibilidade de limpeza periódica do material armazenado atrás de cada cortina; se esta condição não puder ser atendida, deve ser levado em consideração este fato, inferindo-se o comportamento do sistema após completado o armazenamento; neste caso, deve, também, ser verificada a eficiência da obra com o "perfil de equilíbrio" final da encosta;

f) deve ser prevista a revisão periódica do sistema, com acompanhamento dos danos às cortinas e dos estágios de armazenamento.

## 8 Execução da obra

### 8.1 Generalidades

**8.1.1** As obras devem ser executadas considerando-se:

- a) as normas de fiscalização técnico-administrativas;
- b) as especificações dos materiais a serem empregados;
- c) a metodologia de controle das soluções adotadas e dos seus sistemas executivos próprios, assim como da seqüência das etapas de execução;
- d) a segurança do trabalho.

**8.1.2** O acompanhamento do desenvolvimento da obra, com observação e controle do comportamento do maciço durante a implantação dos sistemas estabilizantes, pode ser por inspeção e/ou por instrumentação.

**8.1.2.1** O acompanhamento por inspeção consiste na observação cuidadosa e constante da obra, sem emprego de instrumentos de precisão, visando à prevenção de modificações no estado de equilíbrio do talude. É suficiente, apenas, no caso de:

- a) obras de pequeno porte;
- b) locais onde possíveis acidentes não ponham em risco trabalhadores da obra, assim como pessoas e bens na vizinhança;
- c) não haver possibilidade de ocorrência dos tipos de instabilidade descritos no Anexo A (A-2.3 e A-2.4);

d) não serem adotadas soluções como as mencionadas no Anexo B, a saber:

- drenos subhorizontais profundos, poços verticais de rebaixamento de nível d'água e galerias de drenagem em profundidade.

**8.1.2.2** O acompanhamento por instrumentação consiste na observação com emprego de instrumentos de precisão, segundo planejamento, operação e análise de resultados, para o tipo de problema e de solução adotada. A qualidade, quantidade e precisão dos resultados requeridos devem ser compatíveis com:

- a) a importância e o porte da obra;
- b) o local e o grau de segurança necessário.

Nota: A instrumentação deve ser sempre prevista quando forem utilizados métodos de avaliação de parâmetros de segurança com utilização de modelos experimentais (ver 6.1.4.2.2).

**8.1.3** No caso de adoção de projeto-tipo que exija detalhamento executivo durante a obra, o cronograma de suas etapas deve-se ater a esta situação, inclusive com a previsão de investigações de campo complementares. Deve ser prevista a assistência técnica do projetista diretamente à obra para revisões, adaptações e detalhamento de acordo com as peculiaridades locais.

**8.1.4** No caso de execução de obras com modificações substanciais no projeto executivo, deve haver análise das possíveis mudanças dos parâmetros e índices auxiliares de segurança.

**8.1.5** Ao término da obra, deve ser elaborado cadastro de obra "como construída".

## **8.2 Obras de estabilização**

### **8.2.1 Sem elementos de contenção**

#### **8.2.1.1 Soluções com mudança da geometria do talude**

**8.2.1.1.1** Em obras de retaludamento total ou parcial em solos ou rochas:

a) é necessário que:

- não haja acúmulo de material desagregado que possa sofrer deslizamento localizado;
- haja locais destinados à remoção do material desagregado das partes superiores, constituídos de valões ou calhas de descarga no sentido descendente, facilitando a retirada desse material e evitando a situação anterior;
- não haja, em fase alguma da execução, taludes parciais suscetíveis de rupturas localizadas;
- no caso de haver superfícies de ruptura muito pronunciadas, o descarregamento do material desmontado deve ser feito pelas áreas que não apresentem linhas de ruptura. Em situações extremas de perigo da instabilidade e em locais que

exijam alto grau de segurança, devem ser previstos anteparos ou mesmo estruturas provisórias de proteção, no pé do talude;

b) deve ser realizado o acompanhamento da obra para aquilatar-se, "pari passu", o desempenho da solução, constante de inspeção freqüente do terreno, verificando-se possíveis novas linhas de ruptura, principalmente no trecho a montante da terraplenagem, assim como da área em retaludamento e adjacências, verificando-se as surgências d'água na ocasião de precipitações pluviométricas intensas e/ou freqüentes. Observe-se que, se durante a obra ocorrem esses períodos, devem ser tomadas providências visando a minimizar os seus efeitos, tais como:

- valetamento, desviando águas a montante do local das linhas de ruptura e de terraplenagem;
- captação e condução de surgências d'água;

c) deve haver instrumentação no caso de obras de grande porte ou em local que exija alto grau de segurança, ou em que haja alto grau de risco de instabilidade (como previsto em 6.1.4.2.3). Esta instrumentação deve ser projetada preliminarmente e reavaliada periodicamente, em face de seus resultados, sendo necessário o controle de:

- abertura de fendas no terreno;
- movimento horizontal e vertical da superfície de deslizamento (relativo e absoluto a partir de marcos de referência colocados nas zonas estáveis próximas);
- surgências d'água nas zonas instáveis;
- movimentação da área do pé do deslizamento, com colocação de marcos de superfície;
- movimentação da área média do deslizamento, em casos de talude de solo, onde ocorre predominância relativa do movimento horizontal, com a colocação de equipamento que possibilite observação em profundidade do comportamento das superfícies de ruptura, aferição do valor do movimento e sua direção; é indispensável que, nos pontos de colocação de instrumentação de controle em profundidade (tais como inclinômetros), haja controle de superfícies desses pontos em relação a marcos colocados em áreas próximas estáveis (ver Figura 2).

#### **8.2.1.1.2** Em obras de desmonte de partes instáveis:

- a) são válidas as considerações do item anterior, no que couberem, para o caso de taludes de solo;
- b) para taludes em rocha, em locais que exijam alto grau de segurança, devem ser previstos anteparos e/ou estruturas provisórias de proteção durante o desmonte;
- c) no caso da utilização de explosivos, devem ser especificados:

- o plano de desmonte para possibilitar resultados precisos, com o mínimo de risco para a vizinhança, com emprego de técnicas como pré-fissuramento, utilização de espoletas de retardo e outros métodos, visando à redução de emissão de ruídos impulsivos, vibração pelo terreno e ultralanchamentos (ver NBR 9653);
- o plano de segurança dependente do sistema adotado e do grau de segurança necessário ao local, para evitar o ultralanchamento de fragmentos de rocha, com a previsão de redes, ou de outros sistemas, além de dispositivo para o aviso da ocasião de explosões; outras providências ainda podem ser indicadas;
- d) o desmonte por explosivos só pode ser realizado por profissionais habilitados pelas posturas legais e com credenciamento de responsabilidade perante os órgãos fiscalizadores;
- e) o acompanhamento da execução da obra será realizado:
  - por inspeção, com a colocação de selos nos locais de fratura ou nas superfícies de ruptura do terreno;
  - por instrumentação, em locais que exijam alto grau de segurança, visando ao controle preciso da movimentação.

Representação espacial bloco-diagrama

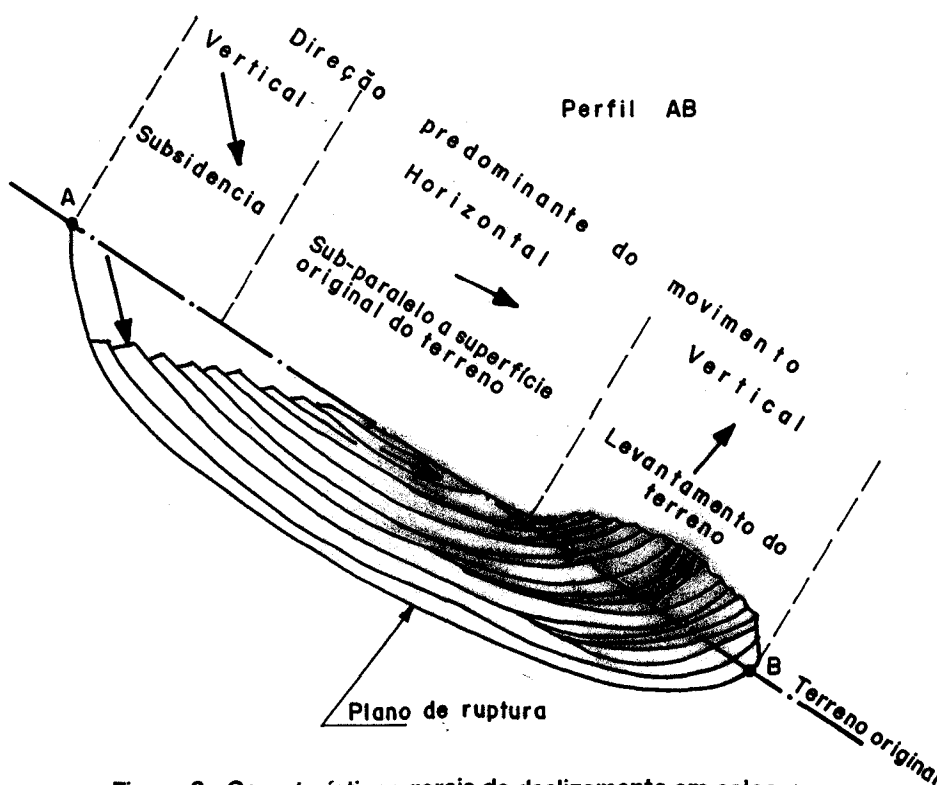
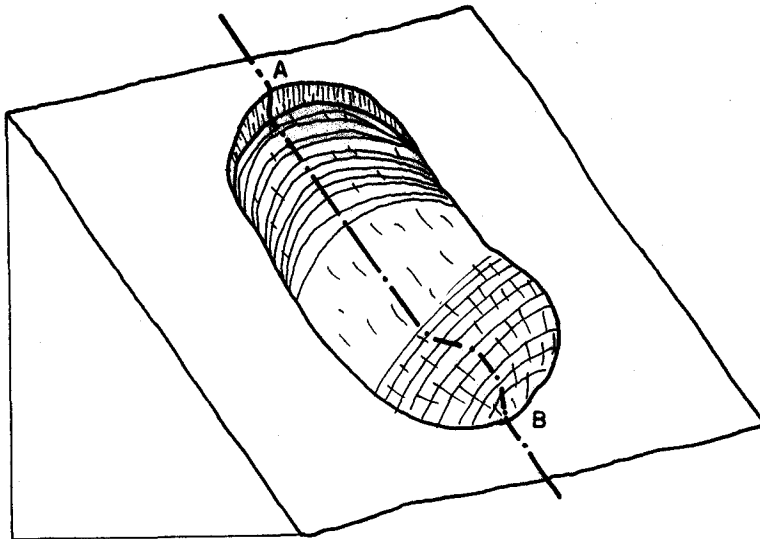


Figura 2 - Características gerais de deslizamento em solos



**8.2.1.1.3 Em aterro estabilizante de pé de talude:**

- a) devem ser atendidos as especificações do material, a técnica de execução e o respectivo controle tecnológico;
- b) deve ser tomado cuidado especial quanto à inclinação do talude de aterro quando houver impossibilidade de compactação conveniente deste;
- c) durante a execução do aterro, é necessária a inspeção cuidadosa, com observação de possível cunhas de deslizamento ou de abatimentos circunscritos;
- d) no caso de obras de grande porte e/ou locais que exijam alto grau de segurança, é necessária a instrumentação com:
  - marcos superficiais, com controle topográfico de precisão a partir de bases fora da área de aterro, possibilitando a detecção de movimentos horizontais e verticais;
  - inclinômetros.

**8.2.1.2 Soluções com mudança do regime geoidrológico**

A programação das soluções deve ser aferida com os resultados obtidos no campo, visando a adaptações e maior rendimento do sistema empregado.

**8.2.1.2.1 Em drenos subhorizontais profundos:**

- a) deve ser verificada a correspondência entre o comprimento, a vazão em cada tipo de terreno atravessado e a vazão de cada dreno, bem como a sua área de influência, pela análise da variação do nível d'água nos piezômetros;
- b) o controle da vazão individual de cada dreno deve possibilitar a previsão do seu regime de funcionamento, isto é, a tendência de continuidade, de colmatação e a influência recíproca de drenos vizinhos;

Nota: Havendo tendência à colmatação freqüente, devem ser estabelecidas práticas visando à recuperação periódica dos drenos.

- c) em obras de pequeno porte, serão suficientes inspeções periódicas com verificação de nível d'água nos piezômetros;
- d) em obras de grande porte e/ou em locais de alto grau de segurança, é necessária a instrumentação, visando:
  - ao registro sistemático de níveis piezométricos e de vazão individual dos drenos para previsão do seu funcionamento futuro;
  - à determinação da eficiência da solução com o estudo da movimentação do talude ou encosta, simultaneamente à instalação dos drenos, conforme 6.1.4.2.2 e 6.1.4.3.2.

**8.2.1.2.2 Em poços ou drenos verticais de rebaixamento de lençol freático:**

- a) no caso de obras de pequeno porte, deve ser adotada a inspeção periódica da variação de nível d'água nos poços ou drenos para constatação do rebaixamento;
- b) no caso de obras de grande porte e/ou em locais de alto grau de segurança, deve-se instrumentar a obra para:
  - teste da eficiência de cada poço ou dreno em relação aos coeficientes de permeabilidade dos diversos estratos de terreno atravessados;
  - registro sistemático da variação do nível do lençol freático e da influência do regime pluviométrico, ou outros.

**8.2.1.2.3 Em galerias de drenagem, devem ser usados controles semelhantes aos do item anterior.****8.2.1.2.4 Em trincheiras drenantes, no caso de obra de pequeno porte, devem ser feitas inspeções periódicas para se verificarem:**

- a) a diminuição de surgências d'água;
- b) a constância de fluxo nas trincheiras, sob as mesmas condições pluviométricas.

**8.2.1.3 Melhoria de terreno**

Abrange métodos de aumento da resistência de solos e de zonas de fraqueza de terrenos rochosos:

- a) na utilização de injeções de calda de cimento ou produtos químicos, devem ser considerados as características do terreno (granulometria e permeabilidade dos solos ou sistema de fendilhamento de meios rochosos) e o tipo de injeção;
- b) o tipo de injeção a ser utilizada e as condições de seu emprego devem considerar:
  - as características geológicas do material da injeção que deve ser adequado ao terreno a ser tratado;
  - a resistência mecânica após o endurecimento;
  - a profundidade a ser alcançada;
  - a pressão de injeção e compatibilidade com o resultado a ser alcançado; no caso de solos finos, a pressão máxima a ser utilizada deve levar em conta o possível fissuramento do solo por ela induzido, o que acarretaria não só a ineficiência do processo como, também, a redução da resistência do solo;
- c) no caso de uso de calda de cimento, a relação água/cimento deve ser analisada em relação à permeabilidade do meio e à resistência final a ser obtida;

- d) o resultado da utilização de aditivos (plastificantes, aceleradores, retardadores, expansores, etc.) deve ser verificado com a realização de testes;
- e) na utilização de argamassas de cimento, para taludes rochosos fendilhados, devem ser verificadas a granulometria da areia e sua compatibilidade com a abertura das fendas;
- f) o controle das injeções deve ser efetuado por meio de:
- perfuração rotativa, com recuperação de amostras para ensaios mecânicos, no caso de locais rochosos;
  - no caso de obras em solo, podem ser utilizados ensaios pressiométricos "in situ";
  - em locais de alto grau de segurança e/ou alto grau de risco da instabilidade, deve haver instrumentação que possibilite detectar o eventual soerguimento do terreno quando se utilizar pressão de injeção elevada.

## 8.2.2 Obras com elementos de contenção

### 8.2.2.1 Estruturas de alvenaria ou concreto

8.2.2.1.1 No caso de muros de arrimo, com escavação do terreno natural, e reaterro junto ao tardo, devem ser tomados os seguintes cuidados:

- a) escavar o terreno natural em condições que evitem a instabilidade local;
- b) executar o reaterro com material adequado e convenientemente compactado;
- c) instalar o sistema de drenagem interna, com filtro no tardo do muro e drenos no corpo deste.

8.2.2.1.2 Estruturas executadas diretamente na face do talude (muros de arrimo esbeltos inclinados, cortinas de concreto armado ancoradas e outras) devem ter programação de seqüência de execução, visando a evitar-se a instabilização do talude, por exemplo:

- a) escavação por módulos;
- b) o escalonamento por faixas horizontais e/ou verticais.

### 8.2.2.2 Estruturas chumbadas ou ancoradas

No caso de ancoragens injetadas e protendidas, elas devem ser executadas e controladas de acordo com a NBR 5629, especialmente quanto:

- a) aos ensaios, que são de três tipos:
  - básico, para verificar a adequação de um certo tipo de ancoragem, usando o recurso da escavação do terreno;
  - de qualificação, para verificar em um dado terreno o desempenho de um tipo de ancoragem já

credenciado pelo ensaio básico, sem o recurso da escavação;

- de recebimento, feito em todas as ancoragens instaladas, para verificar sua capacidade de carga e de deformação;

b) à corrosão do aço e às cargas nas ancoragens:

- deve ser feito o controle da proteção contra a corrosão e da carga das ancoragens permanentes após a conclusão da obra.

### 8.2.2.3 Estruturas e dispositivos diversos de reforço e proteção do terreno

Tais estruturas e dispositivos devem ser testados em laboratório ou "in situ", em ensaios recomendados pela técnica. No caso de elementos metálicos expostos, ou em contato com o terreno, deve haver controle rigoroso de sua resistência à corrosão, a partir da sua especificação precisa e dos materiais empregados no seu revestimento. O uso de materiais filtrantes (geossintéticos, etc.) deve ter sua eficiência verificada para o tipo de solo a ser drenado.

## 8.3 Obras e procedimentos de proteção contra os processos indutores de instabilidade

### 8.3.1 Erosão

8.3.1.1 A programação da obra deve prever que o acabamento do talude seja precedido da execução da canaleta de crista e de seus bueiros de descida laterais ao talude, de preferência em terreno natural de boa resistência à erosão. Este acabamento deve ser executado a partir da crista do talude.

8.3.1.2 No caso de grande volume de terraplenagem e/ou grande altura do corte, deve ser prevista a implantação, "pari passu", do sistema de drenagem e revestimento protetor, evitando-se grandes superfícies desprotegidas, sujeitas à erosão.

8.3.1.3 Deve ser estudada esta implantação da proteção e drenagem superficiais, inclusive com a previsão dos bueiros de descida intermediários, no caso de solo muito erodível e/ou em banquetas muito extensas.

8.3.1.4 Quando o material do talude se mostrar estéril ao revestimento vegetal, em trechos ou na sua totalidade, e se for adotado outro tipo de proteção, este deve ser implantado imediatamente após o término da terraplenagem, se o terreno for erodível.

8.3.1.5 Deve haver o cuidado, durante a implantação do sistema de drenagem, de evitar pontos localizados de erosão e, se necessário, prever dispositivos dissipadores de energia.

8.3.1.6 Na locação da canaleta de crista e dos bueiros de descida correspondentes, é necessário que:

- a) a canaleta e os bueiros captem quaisquer águas contribuintes de talvegues, subtalvegues ou valas naturais existentes em terrenos a montante ou adjacentes;

b) os bueiros de descida tenham suas paredes niveladas ao terreno adjacente para coleta de águas locais;

c) a canaleta de crista tenha sua parede a montante nivelada ao terreno adjacente, para possibilitar coleta total das águas provenientes deste, e que sua parede a jusante tenha altura suficiente para que não haja extravasamento de águas.

**8.3.1.7** Pequenas divergências entre o projeto e as condições locais poderão ser compatibilizadas durante a execução. As incompatibilidades implicarão revisão do projeto.

**8.3.1.8** No caso de adoção de revestimento protetor vegetal, é necessário que a espécie utilizada não invada as canaletas, para evitar o aumento do custo da manutenção do sistema e/ou a sua inoperância.

**8.3.1.9** O solo deve ser estudado do ponto de vista agrônomo, visando à adequação da espécie vegetal protetora e à previsão de técnicas para a melhoria da eficiência na implantação e na conservação do revestimento vegetal.

### **8.3.2 Avalanches**

**8.3.2.1** No caso de solução com formação de "perfis de equilíbrio" da encosta, com execução de estruturas de retenção, devem ser previstos:

a) a execução de drenos, no corpo destas estruturas, com capacidade de vazão correspondente à média calculada no talvegue e a adoção de vertedouros, com capacidade de vazão correspondente à máxima calculada;

b) a possibilidade da locação e da extensão das estruturas, assim como do sistema de drenagem sob vista da modificação do regime hidrológico local;

c) os acessos permanentes ao local das estruturas, para inspeção e revisão periódica do sistema;

d) o cronograma de obra, evitando-se sua execução em épocas de chuvas intensas, durante as quais é maior o risco de acidente;

e) as medidas de segurança para o trabalho no local, tais como as inspeções periódicas dos trechos mais perigosos da encosta, a instalação de sistema de alarme, etc.

**8.3.2.2** No caso de soluções com reflorestamento protetor, devem ser previstos a análise agrônoma do solo, os métodos que possibilitem a mais rápida e produtiva implantação vegetal, bem como o estudo de espécies mais adequadas (de preferência nativas). Também devem ser estudadas condições complementares visando à proteção local, sob o enfoque da preservação (inclusive legal), contra incêndios (mediante aceiros e outras disposições adequadas), contra devastações e contra invasões.

## **8.4 Procedimentos e obras de proteção contra os efeitos de instabilidade**

### **8.4.1 Condições de segurança de trabalho**

**8.4.1.1** Devem ser analisadas as condições de segurança

de trabalho no local, no caso de ameaça à integridade de pessoas e equipamentos, inclusive o estabelecimento de medidas de observação sistemática, de alarme e de locais de abrigo, fora das zonas críticas, para o caso de eventual agravamento da instabilidade.

**8.4.1.2** Com base nos exames e análises locais, nas diversas fases da obra, deve haver verificação das condições previstas no projeto.

**8.4.1.3** A previsão de facilidades para a execução da obra deve considerar os acessos aos locais de trabalho que, no caso de perigo, possibilitem fácil retirada do pessoal e equipamento, assim como a proteção provisória dos locais de trabalho por tapumes, anteparos, etc.

### **8.4.2 Áreas de segurança**

**8.4.2.1** Após a instalação de acesso aos locais instáveis, deve haver análise do processo de instabilidade e verificação da extensão da área ameaçada. A locação de um elemento físico de delimitação da área de segurança, por exemplo, um muro de alvenaria, deve ser tal que não seja alcançável pelos efeitos da instabilidade.

**8.4.2.2** Em locais onde é necessário alto grau de segurança, devem ser estudados sistemas de proteção adicionais, com dispositivos automáticos de alarme, etc.

**8.4.2.3** Deve ser estudada a drenagem da área.

### **8.4.3 Circunscrição de área de risco, com muralhas de impacto**

**8.4.3.1** Devem ser executados acessos ao local da instabilidade para o estudo de meios que possibilitem diminuir o seu grau de risco.

**8.4.3.2** É essencial que a área de risco disponha de sistema de drenagem adequado e de condições de acesso a essa área, para inspeções e limpezas periódicas, inclusive com equipamento mecânico.

### **8.4.4 Anteparos em taludes rochosos**

Devem ser previstos acessos para inspeção situados em áreas que apresentem menor risco e de maneira que sejam definitivos ou de fácil restauração, sistema de drenagem, medidas de segurança na base da área de trabalho (tapumes, defensas, etc., no caso de locais onde é exigido alto grau de segurança).

### **8.4.5 Cortinas de impacto sucessivas, em taludes rochosos**

**8.4.5.1** Os acessos devem atender às condições de 8.4.4.

**8.4.5.2** Devem ser previstos sistemas de drenagem no corpo das cortinas de impacto e a condução adequada das águas da encosta.

**8.4.5.3** Quaisquer adaptações do projeto devem levar em conta a locação, as condições de fixação das estruturas das cortinas e a capacidade de armazenamento de material.

**8.4.5.4** Durante o período de execução da obra, devem ser feitas recomendações complementares às do projeto, de maneira que possa ser estabelecido um programa de

futuras inspeções periódicas, assim como de recuperação das estruturas danificadas pelo choque de lascas e blocos.

## 9 Avaliação do desempenho da obra

### 9.1 Recomendações gerais para avaliação do desempenho

9.1.1 A avaliação deve ser realizada, obrigatoriamente, num período de observação, simultaneamente com a correção dos sistemas construtivos, visando a uma perfeita adequação da solução adotada.

9.1.2 A duração deste período e o tipo de observação (inspeção e/ou instrumentação) dependem do grau de risco da instabilidade, grau de segurança necessário ao local e do tipo da obra executada.

9.1.3 A correção por recomposição, recolocação, complementação, ou até por reformulação parcial dos sistemas de estabilização, deve garantir a obra contra imperfeições de desempenho futuro.

9.1.4 No caso de adoção de métodos de avaliação de parâmetros e índices de segurança, com utilização de procedimentos experimentais, tal período é implícito ao próprio método.

9.1.5 Quando houver caso de instabilidade de alto risco, em local de alto grau de segurança, ou em obra de grande porte, é necessária a programação de observação da obra, com projeto de instrumentação e de análise dos controles efetuados. O período de observação só poderá ser encerrado quando houver comprovação de desempenho eficiente do sistema.

9.1.6 Deve ser observado um período correspondente a um ciclo hidrológico, no mínimo, para qualquer grau de risco de instabilidade, e qualquer grau de segurança do local.

9.1.7 Quando completado o período de observação e correção, deve ser feita atualização do cadastro da obra, com registro de quaisquer modificações havidas, bem como a análise das ocorrências mais freqüentes que interferem no funcionamento do sistema.

### 9.2 Em obras de estabilização

#### 9.2.1 Sem elementos de contenção

Devem ser atendidas as recomendações do Capítulo 8 quanto à inspeção e instrumentação, com as recomendações adicionais:

##### a) galeria de drenagem:

- a instrumentação deve detectar quaisquer mudanças nas suas características, tais como perda de linearidade, deformação de seção transversal, etc.;

##### b) trincheiras drenantes:

- deve haver controle de possível movimentação residual, com marcos superficiais;

##### c) melhoria de terreno:

- deve ser adotada instrumentação de controle de possível movimentação residual do solo ou ao longo de fendas em rochas.

### 9.2.2 Com elementos de contenção

Devem ser observados:

- a) os possíveis abatimentos, ou a movimentação do aterro, no tardo de contenção;
- b) o funcionamento da drenagem no corpo da contenção, assim como o dos filtros executados no seu tardo;
- c) os possíveis deslocamentos da obra de contenção (translações, rotações ou desaprumos e suas combinações), assim como os desalinhamentos na direção longitudinal, no topo ou na base, abatimentos na fundação, etc.;
- d) no caso de obras com utilização de ancoragens injetadas protendidas, deve ser atendida a NBR 5629;
- e) qualquer problema de mau funcionamento ou deterioração do material empregado.

### 9.3 Em obras e procedimentos de proteção contra os processos indutores de instabilidade

A observação da obra deve ser realizada por meio de inspeções periódicas e após fortes precipitações pluviométricas.

#### 9.3.1 Erosão

9.3.1.1 Na rede de drenagem, devem ser verificados os extravasamentos, descalçamentos de canaletas e os bueiros de descida. No caso de mau funcionamento comprovado, devem ser providenciados reparos, recomposições ou reformulações parciais.

9.3.1.2 Na proteção superficial, devem ser corrigidos os danos verificados. Se estes forem sistemáticos, deve ser estudada modificação do tipo de proteção. Se a proteção for vegetal, com problemas de falhas constantes, deve haver revisão das técnicas agrônômicas empregadas.

#### 9.3.2 Avalanches

9.3.2.1 Nas estruturas de retenção de matéria sólida, para a formação de "perfis de equilíbrio" na encosta, devem ser verificados o funcionamento de seus drenos, a capacidade de vazão dos seus vertedouros e o comportamento geral do sistema, de acordo com o previsto. No caso de qualquer inadequação, devem ser realizadas adaptações do sistema, tais como o aumento da altura ou do comprimento das estruturas.

9.3.2.2 No reflorestamento protetor, devem ser verificados quaisquer problemas ou falhas na sua implantação e revisados os dispositivos de proteção (ver 8.3.2.2).

#### **9.4 Em obras e procedimentos de proteção contra os efeitos de instabilidade**

##### **9.4.1 Áreas de segurança**

Observar a possibilidade de ultrapassagem dos limites previstos, por meio de inspeções em épocas críticas e especialmente durante e após períodos de chuvas intensas e/ou de longa duração.

##### **9.4.2 Circunscrição de áreas de risco, com muralhas de impacto**

A eficiência do sistema deve ser avaliada por:

- a) exames periódicos do estado da estrutura;
- b) observação de possibilidade de ultrapassagem da estrutura;
- c) aferição da capacidade de a estrutura conter o material desprendido a montante, para possibilitar a previsão periódica de limpeza da área;
- d) o funcionamento do sistema de drenagem da área de risco.

##### **9.4.3 Proteção, com anteparos, em taludes rochosos**

As observações periódicas devem possibilitar a análise:

- a) dos danos mais comuns, visando à programação de obras de reparo, assim como o plano de inspeções normais e periódicas de manutenção da obra;
- b) do funcionamento do sistema de drenagem próprio da encosta.

##### **9.4.4 Cortinas de impacto sucessivas, em taludes rochosos**

Devem ser verificados:

- a) o sistema de drenagem geral e do corpo das cortinas, de maneira que não haja saturação do material acumulado;

- b) o volume de material acumulado, em épocas críticas de instabilidade e após fortes precipitações pluviométricas.

#### **10 Planejamento da conservação da obra**

**10.1** Este planejamento deve ser feito tomando-se por base a avaliação do desempenho da obra, no período de observação e correção dos sistemas implantados, definindo-se:

- a) a periodicidade para inspeções;
- b) o programa básico de conservação da obra e manutenção dos sistemas implantados.

**10.2** No caso de serem verificados indícios de instabilidade, em qualquer época após a implantação do projeto de estabilização, sendo o local de alto grau de segurança, ou a instabilidade originariamente de alto risco, ou ainda, obra de grande porte, deve ser instalada ou reinstalada instrumentação adequada, para se aferir a gravidade das ocorrências e possibilitar a tomada de providências.

**10.3** Quando for constatada deficiência de qualquer sistema de estabilização (inclusive elementos de drenagem, telas metálicas, geossintéticos, proteção da cabeça da ancoragem de tirantes e chumbadores), deve ser feita a sua restauração.

**10.4** Quando houver aumento de sobrecarga devido a construções a montante, desvio de cursos d'água, vazamentos de canalizações a montante ou imediatamente a jusante da obra, devem ser feitas a análise dos efeitos e a correção do que for necessário.

**10.5** No caso de haver, próximo ao local, vegetação de médio ou grande porte e, também, presença de habitações, deve ser analisada a possibilidade de incêndio e estudado um sistema de proteção com aceiros.

**10.6** Se houver interesse de recomposição paisagística, com programa de reflorestamento, deve haver o cuidado anteriormente descrito, além da verificação, em caráter constante, da ambientação das espécies vegetais ao clima local, assim como a avaliação da efetiva proteção oferecida.



## ANEXO A - Tipos de instabilidade de taludes

### A-1 Processos indutores de instabilidade

Compreendem os processos erosionais e os de liquefação de solos, os quais tendem a acentuar ou a induzir as instabilidades propriamente ditas.

#### A-1.1 Processos erosionais

Compreendem o carreamento de material por ação de águas (das chuvas, rios e caudais em geral) ou de ventos, constantes ou periódicos, causando o desgaste no talude, a saber:

- a) erosão laminar:
  - desgaste uniforme da superfície do terreno;
- b) ravinamento:
  - formação de pequenos canais na superfície do terreno;
- c) erosão por sulcos:
  - formação de canais com tendência a aprofundamento no terreno;
- d) erosão por cavernas:
  - formação irregular de cavidade com tendência a aumento de dimensões, inclusive com paredes aproximadamente verticais (subverticais);
- e) voçorocas:
  - processo caracterizado por progressão regressiva, isto é, na direção a montante do caudal de água, atingindo substratos do solo do talude e, em geral, assumindo aspectos de entubamento ("piping");
- f) erosão em estágios avançados:
  - geralmente progressão dos tipos por sulcos e cavernas, causando descalçamento de rocha ou instabilidades localizadas;
- g) erosão subterrânea, causadora de subsidências;
- h) erosão eólica;
- i) erosão diferencial devida à diferença local de resistência aos agentes externos.

#### A-1.2 Processos devidos à liquefação de solos superficiais

A massa liquefeita proveniente das partes superiores do talude pode provocar, ao se deslocar, instabilidade parcial ou total nas partes inferiores do talude por ela atravessadas. Ocorrem, em geral, em taludes de regiões sujeitas a altos índices de precipitações pluviométricas, intercalados a períodos de estiagem com incidência de altas temperaturas:

a) geomorfologicamente, a maior incidência ocorre em:

- áreas de talvegues;
- encostas íngremes com capa de solo residual de pequena espessura;
- encostas naturais constituídas de solo, sem revestimento vegetal protetor;

b) os tipos mais comuns são:

- enxurradas: transporte de material terroso, em consistência lamacenta;
- deslocamento de massa de solo saturado, contendo blocos de rocha e detritos diversos, geralmente segundo talvegues;
- liquefação de massa de solo, resultante de deslizamentos de capas de solo residual, situados no topo de encostas íngremes, percorrendo grande extensão.

### A-2 Processos de instabilidade propriamente ditos

O mecanismo de desenvolvimento dos processos e suas geometrias podem variar e condicionam o tipo de solução mais adequada a cada caso.

#### A-2.1 Instabilidade superficial

Ocorre nos casos em que, comparadas a profundidade e a extensão do terreno envolvido pela instabilidade, observa-se ser aquela muito menor, como nos casos de:

- a) "creep" ou rastejo, em talude ou encosta natural de solo;
- b) lasqueamento, em superfícies rochosas de taludes ou encostas, naturais ou artificiais;
- c) formação esporádica e errática de blocos instáveis, em taludes ou encostas naturais, em rocha, rocha alterada ou solo residual.

#### A-2.2 Instabilidade interna

Ocorre nos casos em que a profundidade e a extensão do terreno, envolvidas pela instabilidade, apresentam ordem de grandeza semelhante. Neste caso, os métodos de cálculo analítico têm a sua melhor e mais precisa aplicação, tanto os baseados no equilíbrio-limite, com determinação de um fator de segurança, quanto os de determinação de tensões-deformações-limites no terreno. Em geral, a aplicação de métodos analíticos deve ser condicionada a simplificações, entre estas a utilização de seção(ões) representativa(s) em duas dimensões, quando então devem ser considerados a influência favorável ou desfavorável da forma em planta e o desenvolvimento do talude. Devem ainda ser consideradas a influência da configuração do terreno a montante, principalmente quanto ao regime de escoamento pluvial superficial, assim como a instalação de rede de percolação interna.

### A-2.3 Instabilidade de grandes massas

**A-2.3.1** Ocorre quando a massa do solo instável atinge grande profundidade. Em geral, compreende movimentação de massas de solo, em grande amplitude de tempo após a deflagração do processo. A massa de solo se movimenta como um semifluido de alta viscosidade, apresentando velocidades que variam com a profundidade (em geral, maior velocidade na superfície, na zona média da área em movimentação). No topo e no pé da massa em movimento, há predominância de direção vertical do deslocamento (abatimento no topo e ascensão no pé). A deflagração do movimento pode ser devida:

- a) a pequenos cortes na massa;
- b) ao aumento de precipitação pluviométrica;
- c) ao aumento ou introdução de subpressões locais, na massa do solo, ocasionadas por infiltrações anormais.

#### A-2.3.2 Problemas deste tipo ocorrem:

- a) na movimentação de massas de solo amolgado previamente (argilas de alta sensibilidade ou outros solos contendo minerais argílicos facilmente alteráveis ou expansivos);
- b) em locais com massa de solo provenientes de antigos deslizamentos ou deslizamentos fósseis;
- c) em massas de solo de depósitos de detritos acumulados (coluvião), em terrenos inclinados;
- d) em massas de "talus", no sopé de escarpas rochosas.

### A-2.4 Instabilidade devida a particularidade geológica local

As características principais são deslizamentos rápidos e singulares restritos ao local de particularidade geológica. São, em geral, devidas à presença de uma ou mais das seguintes ocorrências:

- a) falhas, fraturas, diáclases e outras descontinuidades, intrusões, diques e derrames geológicos alterados, resultando em zonas de fraqueza e infiltração subterrânea;
- b) dobramentos intensos combinados com a ação da gravidade e do gradiente hidráulico;
- c) contatos entre rochas de natureza diversa, com inclinação favorável ao deslizamento e percolação de água segundo o plano deste;
- d) dissolução química de rochas calcárias.

### A-2.5 Colapsos ou deficiências de obras de estabilização

São devidos a inadequação de solução, a deficiência de projeto, a falha na execução da obra, assim como a falta de correção, conservação e manutenção, e também a fatores externos imprevistos que provocam:

- a) a deficiência do sistema de proteção superficial contra a erosão;
- b) a deformação exagerada de obras de contenção ou mesmo sua ruína (muros de arrimo, cortinas atirantadas);
- c) a deficiência do sistema de drenagem interna dos taludes ou a sua deterioração ao longo do tempo.



## ANEXO B - Obras de estabilização de taludes

**B-1 Obras e providências para proteção contra os processos indutores de instabilidade****B-1.1 Contra a erosão**

- a) rede de drenagem superficial com canaletas subhorizontais, descidas d'água, linhas de declive, para correção e prevenção de processos erosionais superficiais;
- b) revestimentos vegetais com gramíneas, leguminosas e outras espécies, desde que tenham sistemas radiculares densos, combinados com a rede de drenagem;
- c) revestimento de argamassa de cimento e outros produtos, em áreas de solos estéreis, combinados com a rede de drenagem;
- d) dispositivos, tais como elementos de contenção de matéria sólida, baciais de dissipação de energia, convenientemente distribuídos para combate a processos erosionais mais evoluídos, com tendência à erosão em cavernas ou mesmo envolvimento.

**B-1.2 Contra os processos de liquefação de solos superficiais em encostas de grande desenvolvimento**

- a) reflorestamento com espécies de enraizamento profundo;
- b) formação de perfis de equilíbrio da encosta, com a execução de estruturas de retenção de matéria sólida em vários níveis do talvegue (no mínimo três), os quais, paulatinamente assoreados, formam degraus que minimizam o processo e tendem a estabilizar a área.

**B-2 Obras de estabilização propriamente ditas****B-2.1 Obras de estabilização sem elementos de contenção****B-2.1.1 Mudança da geometria do talude**

**B-2.1.1.1** Retaludamento total ou parcial em solo ou terreno de transição solo-rocha, mediante a retirada de massas que se constituem em cargas desequilibrantes ou de cunhas instáveis.

**B-2.1.1.2** Desmonte de partes instáveis com possibilidade de destaque, queda e rolamento, em taludes de rocha, rocha alterada ou taludes de solo com blocos de rocha em sua superfície (núcleos rochosos residuais ou de outra origem, descalçados).

**B-2.1.1.3** Aterro ou berma estabilizante executado no pé de talude de solo, inclusive enrocamento.

**B-2.1.2 Mudança do regime geodrológico**

**B-2.1.2.1** Drenos subhorizontais profundos, executados a partir do pé ou da área de base do talude, para rebaixa-

mento de lençol freático aflorante ou de rede de percolação interna; e também para o alívio de subpressão em veios ou superfícies preferenciais de percolação, situados em estratos subjacentes ou no contato de massa de solo com horizonte rochoso.

**B-2.1.2.2** Poços verticais de rebaixamento de lençol freático onde a carga piezométrica se apresenta elevada.

**B-2.1.2.3** Galerias de drenagem para estabilização de grandes áreas, executadas, em geral, em terrenos estáveis subjacentes a área instável. A partir da galeria, podem ser executados drenos subhorizontais, dando grande amplitude de ação drenante ao sistema. Utilização em problemas descritos no Anexo A (instabilidade de grandes massas).

**B-2.1.2.4** Drenos superficiais, utilizáveis quando a instabilidade de talude abrange camada de pequena espessura, sobrejacente a estrato permeável. Geralmente, são executados em trincheiras, segundo linhas de maior declive do talude, tangenciando, em seu fundo, o estrato permeável, e preenchidos com material de alta permeabilidade.

**B-2.1.2.5** Canaletas de drenagem de pé de escarpa rochosa, no caso de taludes em áreas de depósito de grandes massas, para se evitar infiltração de águas pluviais na superfície preferencial de percolação (contato da rocha de embasamento com o material depositado).

**B-2.1.3 Melhoria da resistência do terreno**

**B-2.1.3.1** Injeção de calda de cimento em zonas de rocha alterada e/ou fraturada.

**B-2.1.3.2** Injeção com produtos químicos, por exemplo: silicatos e resinas epóxicas, em solos granulares.

**B-2.1.3.3** Preenchimento com argamassa de fendas delimitadoras de blocos sujeitos a instabilidade, em taludes rochosos.

**B-2.2 Obras de estabilização com elementos de contenção****B-2.2.1 Considerações gerais**

Nestas obras, a drenagem interna e os filtros correspondentes requerem cuidados especiais no projeto e na execução. No caso de utilização de estacas, como fundação da estrutura de contenção, elas podem ser consideradas no estudo da estabilidade do conjunto obra-talude.

**B-2.2.2 Estruturas de alvenaria ou concreto**

Deve ser estudada a estabilidade do conjunto talude-contenção e a do próprio corpo da estrutura. Os diversos tipos de solução e sua adequação a cada tipo de instabilidade devem ser considerados como indicados a seguir.

**B-2.2.2.1** Muros de arrimo de gravidade ou de peso, quando o fator estabilizante é, principalmente, o próprio peso da estrutura (adequado para os casos de instabilidade interna descritos no Anexo A). Devem ser verificadas a po-

sição e a profundidade da fundação do muro em relação à superfície de deslizamento provável. A sua maior eficiência é obtida quando o muro é localizado na base do talude. É contra-indicada a sua construção em zona superior do talude ou encosta, pelo conseqüente acréscimo de carga introduzida. Variações de projeto do corpo do muro podem ser:

- a) muros com paramento subvertical, adequados para solos sedimentares, aterros em locais onde já há escavações no pé do talude, geralmente executados com concreto ciclópico;
- b) muros de arrimo esbeltos de paramento inclinado na direção do talude, adequados a solos residuais de boas características de resistência.

**B-2.2.2.2** Muros de arrimo à flexão, de concreto armado ou protendido, com várias formas (podendo ser em paredes simples, com contrafortes, etc.).

**B-2.2.2.3** Muros constituídos de elementos pré-moldados (tipo "crib-wall") que apresentam, como vantagem, boa drenagem pelo corpo da estrutura, desde que haja graduação da granulometria do material de preenchimento das células.

#### **B-2.2.3 Cortinas e outras estruturas chumbadas ou ancoradas**

Têm como premissa básica a colocação de elemento de chumbamento ou de ancoragem em zona estável, considerando-se que:

- a) a ancoragem e/ou o chumbamento da estrutura na base são necessários no caso de existência de horizonte de rocha próximo, com forte inclinação;
- b) a ancoragem constituída de placas verticais ou de blocos enterrados, com a utilização de tirantes (protendidos ou não) de ligação entre o muro de contenção e a ancoragem, é adequada a taludes com terrapleno horizontal;
- c) as ancoragens injetadas protendidas, conforme a NBR 5629:
  - são adequadas para problemas de instabilidade interna de taludes, podendo ser executadas no topo destes por não se constituírem em sobrecarga;
  - podem ser empregadas no caso de instabilidade de grandes massas, desde que se tenha perfeitamente definida a zona estável, o valor do deslocamento previsto e comprovado por instrumentação (deslocamento e velocidade característicos de movimentação das massas), e que não haja possibilidade de deterioração dos parâmetros de resistência do terreno; esse emprego deve ser precedido de obras, tais como o desvio de águas superficiais, a drenagem interna e outras, visando à diminuição dos deslocamentos da massa, até que estes sejam compatíveis com a capacidade de carga e de alongamento dos tirantes;
  - têm na protensão uma característica favorável à redução de deformações ou movimentos resi-

duais, a qual é muito conveniente em locais onde é exigido alto grau de segurança.

#### **B-2.2.4 Estruturas e dispositivos diversos de reforço e proteção do talude**

Atuam principalmente em:

- a) proteção em caso de instabilidades superficiais;
- b) reforço do terreno visando ao restabelecimento do equilíbrio do talude;
- c) incorporação de bermas com estruturas diversas.

##### **B-2.2.4.1 Proteção superficial**

Esta proteção é feita:

- a) com telas de aço galvanizadas (plastificadas ou não), fixadas com chumbadores, sem gunitagem, em taludes rochosos fraturados ou com alterações localizadas, sujeitos a destaques freqüentes de lascas ou blocos;
- b) com gunitagem (concreto projetado), com ou sem malha (fixada por diversos dispositivos), em taludes rochosos fraturados, ou com alterações generalizadas, assim como em taludes de solos residuais jovens e estratos intermediários solo-rocha.

##### **B-2.2.4.2 Reforço do maciço**

Este reforço é feito por:

- a) chumbamento ou atirantamento da rocha sã, que apresenta fendas delimitadoras de trechos com risco de instabilidade;
- b) microestacas, estacas-raízes, presso ancoragens, etc., para estabilização de taludes de rocha em decomposição, em fendas ou graus diversos de alteração, com instabilidades generalizadas e diversificadas.

##### **B-2.2.4.3 Bermas com estruturas diversas**

O equilíbrio do talude é feito por:

- a) aterros de base do talude, reforçados com geosintéticos, com micro ancoragens, com terra-armada, etc.;
- b) gabiões que, por terem corpo com drenagem total, propiciam a captação de lençol freático nesta área do talude.

##### **B-2.2.5 Recuperação de obras de contenção**

O estudo compreende, entre outros aspectos:

- a) a verificação da estabilidade do conjunto talude-obra existente/obras de recuperação;
- b) o projeto da obra de recuperação.

**B-3 Procedimentos e obras de proteção contra os efeitos de instabilidade**

Compreendem providências contra os efeitos de instabilidade, sem a correção das causas desta instabilidade. Para tal, são necessários:

- a) a delimitação da área de risco;
- b) decidir sobre a execução, ou não, de obras que protejam os locais ameaçados (materialização da área de segurança).

**B-3.1 Procedimentos**

Visam à manutenção da segurança por meio de:

- a) aviso de área de risco;
- b) alarmes, de várias espécies, que denunciem a ocorrência da instabilidade;
- c) desvio, para além da área de risco, do traçado de

estradas, da localização de edificações, de instalações industriais, etc.

**B-3.2 Obras de proteção**

Consistem em:

- a) adoção de área de segurança com circunscrição da área de risco por muralha de impacto, de grande inércia, associada a bacia de amortecimento. Em diversos casos, este tipo de solução exige serviços periódicos de limpeza do local, para a manutenção do volume de armazenamento da bacia;
- b) anteparos isolados em taludes rochosos que apresentem grande número de lascas de pequeno volume;
- c) cortinas sucessivas de impacto em taludes rochosos ou escarpas, com inclinação em torno de 45°, visando à retenção de lascas e blocos desprendidos, que apresentem trajetórias em saltos, intercalados com rolamentos.

## Índice

1	Objetivo .....	1	3.27	Padrão .....	3
2	Documentos complementares .....	1	3.28	Parâmetro .....	3
3	Definições .....	1	3.29	Parâmetro de segurança .....	3
3.1	Altura do talude .....	1	3.30	Pé do talude .....	3
3.2	Ângulo médio do talude .....	1	3.31	Projeto básico .....	3
3.3	Ângulo parcial do talude .....	1	3.32	Projeto específico .....	3
3.4	Ancoragem injetada .....	1	3.33	Projeto executivo .....	3
3.5	Ancoragem passiva .....	2	3.34	Projeto-tipo .....	3
3.6	Ancoragem protendida .....	2	3.35	Retaludamento .....	3
3.7	Anteprojeto .....	2	3.36	Ruptura de talude .....	3
3.8	Área de risco .....	2	3.37	Subhorizontal .....	3
3.9	Área de segurança .....	2	3.38	Subsidência .....	3
3.10	Bueiros de descida ou descida d'água .....	2	3.39	Subvertical .....	3
3.11	Chumbador .....	2	3.40	Talude artificial .....	3
3.12	Depósito de "pé de monte" .....	2	3.41	Talude estável .....	3
3.13	Deslocamento e velocidade característicos de um movimento de massa .....	2	3.42	Talude natural .....	3
3.14	Encosta .....	2	3.43	Terreno .....	3
3.15	Extensão do talude .....	2	3.44	Topo do talude .....	3
3.16	Fator de segurança .....	2	3.45	Trecho do talude .....	3
3.17	Geometria de uma instabilidade .....	2	3.46	Velocidade característica .....	3
3.18	Geometria de um talude .....	2	3.47	Velocidade residual .....	3
3.19	Geossintéticos .....	2	4	Condições gerais .....	3
3.20	Grau de risco de uma instabilidade ....	2	4.1	Investigações preliminares .....	3
3.21	Grau de segurança necessário ao local (alto, médio ou baixo) .....	2	4.2	Investigações geotécnicas, geológicas e outras (inclusive geomorfológicas, topográficas e geoidrológicas) .....	4
3.22	Índice auxiliar de segurança .....	2	4.3	Diagnóstico definitivo e concepção do projeto básico .....	4
3.23	Liquefação .....	2	4.4	Projeto executivo, elaboração das especificações e detalhamento .....	4
3.24	Mecanismo de uma instabilidade .....	2	4.4.1	Projeto de obras de estabilização .....	4
3.25	Modelo geotécnico-geomorfológico ..	2	4.4.2	Projeto de obras de proteção contra os processos indutores de instabilidade	5
3.26	Observação .....	3			

4.4.3	Projeto de obras e de outras medidas para proteção contra os efeitos de instabilidade ..... 5	6.2	Projeto de obra em terreno originariamente estável ..... 16
4.5	Execução da obra ..... 5	6.2.1	Aplicabilidade ..... 16
4.6	Avaliação do desempenho da obra em período-teste ..... 5	6.2.2	Seqüência dos estudos ..... 16
4.7	Conservação da obra ..... 5	6.2.3	Análise do resultado das investigações ..... 16
5	Investigações do terreno ..... 5	6.2.3.1	Determinação das características intrínsecas do terreno ..... 16
5.1	Investigações preliminares ..... 5	6.2.3.2	Traçado de perfis geotécnicos básicos para análise de estabilidade.. 17
5.2	Investigações geotécnicas, geológicas e outras ..... 5	6.2.4	Anteprojeto de talude ..... 17
6	Diagnóstico definitivo e concepção de projeto básico ..... 6	6.2.5	Análise da estabilidade ..... 17
6.1	Procedimento e obras de estabilização de local com instabilidade já instalada ..... 6	6.2.5.1	Análise da estabilidade de conjunto ... 17
6.1.1	Definição do tipo de instabilidade ..... 6	6.2.5.2	Análise da estabilidade de obras de contenção ..... 19
6.1.2	Retroanálise de processos de instabilidade ..... 6	7	Projeto executivo (elaboração, especificações e detalhamento) ..... 19
6.1.3	Alternativas de soluções possíveis ..... 7	7.1	Generalidades ..... 19
6.1.4	Avaliação da eficiência de obras e de outros procedimentos ..... 7	7.2	Projeto executivo de obras de estabilização ..... 19
6.1.4.1	Grau de segurança necessário ao local ..... 7	7.2.1	Obras sem elementos de contenção .... 19
6.1.4.2	Crítérios de avaliação, campos de aplicação e metodologia básica ..... 7	7.2.2	Obras com elementos de contenção .... 20
6.1.4.3	Padrões para avaliação dos parâmetros e índices auxiliares de segurança ..... 14	7.3	Projeto executivo de obras de proteção contra os processos indutores de instabilidade ..... 20
6.1.5	Estudo comparativo técnico-econômico das soluções possíveis ..... 14	7.3.1	Obras contra erosão ..... 20
6.1.6	Escolha da solução mais adequada, quantificação e apresentação ..... 14	7.3.2	Procedimentos e obras de proteção contra avalanches ..... 21
6.1.7	Plano geral da execução da obra ..... 14	7.4	Projetos executivos de procedimentos e obras de proteção contra os efeitos de instabilidade de taludes ..... 21
6.1.7.1	Terraceamento de talude de solo ..... 14	7.4.1	Delimitação de áreas de segurança ..... 21
6.1.7.2	Desmonte a fogo de taludes de rocha ..... 15	7.4.2	Obras de proteção ..... 21
6.1.7.3	Obras de contenção ..... 15	8	Execução da obra ..... 22
6.1.7.4	Obras de proteção complementares ..... 15	8.1	Generalidades ..... 22
		8.2	Obras de estabilização ..... 23
		8.2.1	Sem elementos de contenção ..... 23
		8.2.1.1	Soluções com mudança da geometria do talude ..... 23

8.2.1.2	Soluções com mudança do regime geoidrológico .....	25	9	Avaliação do desempenho da obra .....	28
8.2.1.3	Melhoria de terreno .....	25	9.1	Recomendações gerais para avaliação do desempenho .....	28
8.2.2	Obras com elementos de contenção .....	26	9.2	Em obras de estabilização .....	28
8.2.2.1	Estruturas de alvenaria ou concreto .....	26	9.2.1	Sem elementos de contenção .....	28
8.2.2.2	Estruturas chumbadas ou ancoradas .....	26	9.2.2	Com elementos de contenção .....	28
8.2.2.3	Estruturas e dispositivos diversos de reforço e proteção do terreno .....	26	9.3	Em obras e procedimentos de proteção contra os processos indutores de instabilidade .....	28
8.3	Obras e procedimentos de proteção contra os processos indutores de instabilidade .....	26	9.3.1	Erosão .....	28
8.3.1	Erosão .....	26	9.3.2	Avalanches .....	28
8.3.2	Avalanches .....	27	9.4	Em obras e procedimentos de proteção contra os efeitos de instabilidade .....	29
8.4	Procedimentos e obras de proteção contra os efeitos de instabilidade .....	27	9.4.1	Áreas de segurança .....	29
8.4.1	Condições de segurança de trabalho .....	27	9.4.2	Circunscrição de áreas de risco, com muralhas de impacto .....	29
8.4.2	Áreas de segurança .....	27	9.4.3	Proteção, com anteparos, em taludes rochosos .....	29
8.4.3	Circunscrição de áreas de risco, com muralhas de impacto .....	27	9.4.4	Cortinas de impacto sucessivas, em taludes rochosos .....	29
8.4.4	Anteparos em taludes rochosos .....	27	10	Planejamento da conservação da obra .....	29
8.4.5	Cortinas de impacto sucessivas, em taludes rochosos .....	27			

## Índice do Anexo

Anexo		Anexo	
A	Tipos de instabilidade de taludes .....	A-2.5	Colapsos ou deficiência de obras de estabilização .....
A-1	Processos indutores de instabilidade .....	B	Obras de estabilização de taludes .....
A-1.1	Processos erosionais .....	B-1	Obras e providências para proteção contra os processos indutores de instabilidade .....
A-1.2	Processos devidos à liquefação de solos superficiais .....	B-1.1	Contra a erosão .....
A-2	Processos de instabilidade propriamente ditos .....	B-1.2	Contra os processos de liquefação de solos superficiais em encostas de grande desenvolvimento .....
A-2.1	Instabilidade superficial .....	B-2	Obras de estabilização propriamente ditas .....
A-2.2	Instabilidade interna .....	B-2.1	Obras de estabilização sem elementos de contenção .....
A-2.3	Instabilidade de grandes massas .....		
A-2.4	Instabilidade devida a particularidade geológica local .....		

Anexo		Anexo	
B-2.1.1	Mudança da geometria do talude.....33	B-2.2.4.1	Proteção superficial .....34
B-2.1.2	Mudança do regime geoidrológico .....33	B-2.2.4.2	Reforço do maciço .....34
B-2.1.3	Melhoria da resistência do terreno ....33	B-2.2.4.3	Bermas com estruturas diversas .....34
B-2.2	Obras de estabilização com elementos de contenção .....33	B-2.2.5	Recuperação de obras de contenção .....34
B-2.2.1	Considerações gerais .....33	B-3	Procedimentos e obras de proteção contra os efeitos de instabilidade .....35
B-2.2.2	Estruturas de alvenaria ou concreto ...33	B-3.1	Procedimentos .....35
B-2.2.3	Cortinas e outras estruturas chumbadas ou ancoradas .....34	B-3.2	Obras de proteção .....35
B-2.2.4	Estruturas e dispositivos diversos de reforço e proteção do talude .....34		

---