



**ABNT-Associação
Brasileira de
Normas Técnicas**

Sede:
Rio de Janeiro
Av. Treze de Maio, 13 - 28º andar
CEP 20003-900 - Caixa Postal 1680
Rio de Janeiro - RJ
Tel.: PABX (021) 210-3122
Fax: (021) 220-1762/220-6436
Endereço Telegráfico:
NORMATÉCNICA

Copyright © 1985,
ABNT—Associação Brasileira de
Normas Técnicas
Printed in Brazil/
Impresso no Brasil
Todos os direitos reservados

SET 1985

NBR 9061

Segurança de escavação a céu aberto

Procedimento

Origem: Projeto NB-942/1984
CB-02 - Comitê Brasileiro de Construção Civil
CE-02:004.06 - Comissão de Estudo de Segurança de Escavações
NBR 9061 - Safety - Open-pit excavation - Procedure
Reimpressão da NB-942 de JUN 1985

Palavras-chave: Escavação. Segurança

31 páginas

SUMÁRIO

- 1 Objetivo
- 2 Documentos complementares
- 3 Definições
- 4 Condições gerais
- 5 Projeto
- 6 Proteção das escavações
- 7 Escavações taludadas
- 8 Escavações protegidas
- 9 Escavações em solo
- 10 Escavações em rocha
- 11 Medidas de proteção aos operários
- 12 Escavações padronizadas
- 13 Acompanhamento e instrumentação

1 Objetivo

Esta Norma fixa as condições de segurança exigíveis a serem observadas na elaboração do projeto e execução de escavações de obras civis, a céu aberto, em solos e rochas, não incluídas escavações para mineração e túneis.

2 Documentos complementares

Na aplicação desta Norma é necessário consultar:

NBR 5629 - Estrutura ancorada no terreno - Ancoragem injetada no terreno - Procedimento

NBR 6118 - Projeto e execução de obras de concreto armado - Procedimento

NBR 6122 - Projeto e execução de fundações - Procedimento

NBR 6484 - Execução de sondagens de simples reconhecimento dos solos - Método de ensaio

NBR 7190 - Cálculo e execução de estruturas de madeira - Procedimento

NBR 7250 - Identificação e descrição de amostras de solos obtidas em sondagens de simples reconhecimento dos solos - Procedimento

NBR 8044 - Projeto geotécnico - Procedimento

NBR 8800 - Projeto e execução de estruturas de aço de edifícios (método dos estados limites) - Procedimento

3 Definições

Para os efeitos desta Norma são adotadas as definições de 3.1. a 3.5.

3.1 Cortinas

Elementos estruturais destinados a resistir às pressões laterais devidas à terra e à água; são flexíveis e têm o peso próprio desprezível em face das forças atuantes.

3.2 Empuxo de terra

Ação produzida pelo maciço terroso sobre as obras com ele em contato. A variação dos empuxos em função dos deslocamentos é dada pela Figura 1.

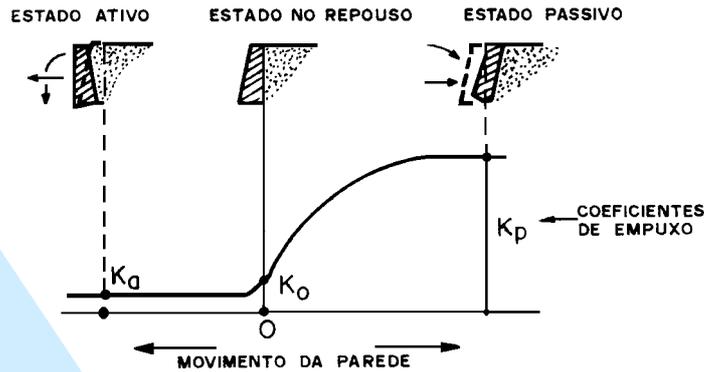


Figura 1

3.3 Escora

Peça estrutural para amparar e sustentar. Trabalha fundamentalmente à compressão.

3.4 Ficha

Trecho da cortina que fica enterrada no solo abaixo da cota máxima da escavação em contato com a cortina.

3.5 Talude

Superfície inclinada do terreno natural, de uma escavação ou de um aterro, conforme a Figura 2.

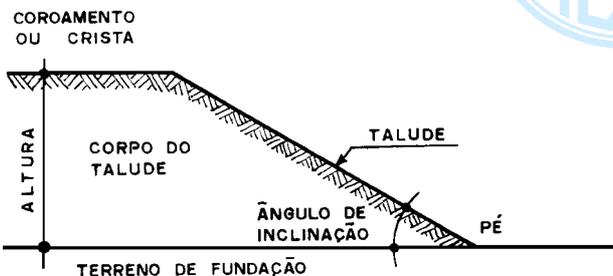


Figura 2

4 Condições gerais

4.1 Investigações geotécnicas-geológicas

Tais investigações são necessárias para a determinação das condições geológicas e dos parâmetros geotécnicos do terreno onde será executada a escavação. Devem ser executadas de acordo com as normas ABNT aplicáveis, levando-se em consideração as peculiaridades da obra.

4.2 Águas subterrâneas

Esta Norma pressupõe que a presença de lençóis aquíferos, existentes na região onde será executada a escavação, já foi devidamente estudada e equacionada de acordo com as normas ABNT aplicáveis.

4.3 Edificações vizinhas e redes de utilidades públicas

É indispensável o levantamento topográfico do terreno, o levantamento das edificações vizinhas (tipo de fundações, cotas de assentamento das fundações, distância à borda da escavação) e das redes de utilidades públicas, não só para a determinação das sobrecargas como, também, no estudo das condições de deslocabilidade e deformabilidade que podem ser provocadas pela execução da escavação. Os levantamentos devem abranger uma faixa, em relação às bordas, de pelo menos duas vezes a maior profundidade a ser atingida na escavação.

4.4 Observações da obra

O controle das edificações vizinhas e da escavação deve obedecer a um plano de acompanhamento, através de inspeção e de instrumentação adequada ao porte da obra e das edificações vizinhas.

a) inspeção:

- tem por finalidade observar qualquer evento cuja análise permite medidas preventivas ou considerações especiais para a segurança da obra;

b) instrumentação:

- visa a medida direta de grandezas físicas necessárias à interpretação e previsão do desempenho das obras, com referência aos critérios de segurança e econômicos adotados na fase de projeto.

5 Projeto

5.1 Fases do projeto

O projeto tem grau de detalhamento variável com o tipo e característica de cada obra. Deve ser compatível com a NBR 8044 e pode desenvolver-se, de uma maneira geral, em quatro fases:

a) viabilidade;

b) projeto básico;

c) projeto executivo;

d) projeto "como executado".

5.1.1 Viabilidade

Nesta fase o projeto deve ter o nível de detalhamento suficiente para permitir a previsão de custos e prazos das diversas alternativas.

5.1.2 Projeto básico

Nesta fase procede-se ao detalhamento de forma a quantificar os serviços necessários ao desenvolvimento do projeto executivo.

5.1.3 Projeto executivo

Nesta fase o projeto define claramente os diversos componentes da obra, incluindo memoriais descritivos, cálculos estruturais, desenhos, especificações técnicas e executivas, planilhas de orçamento e cronogramas básicos.

5.1.4 Projeto "como executado"

Esta fase compreende o acompanhamento sistemático da execução da obra, reexame dos critérios de dimensionamento em função de dados obtidos durante a execução e elaboração de um relatório final, comentando a execução com as dificuldades encontradas, sendo recomendada a complementação com fotografias.

5.2 Caracterização do subsolo

5.2.1 O subsolo na região onde vai ser executada a escavação deve ser caracterizado pelos seus parâmetros geotécnicos, determinados através de análises e interpretação dos resultados obtidos pelas investigações geotécnicas.

5.2.2 Devem ser elaboradas seções geotécnicas-geológicas longitudinais e transversais, tantas quantas forem necessárias à perfeita caracterização da forma e dimensões da escavação, figurando a descrição de terrenos atravessados e respectivas profundidades, descontinuidades superficiais de escorregamento e indicação de níveis aquíferos.

5.2.3 No caso de maciço rochoso, detalhamento e análise dos sistemas de fraturamento e descontinuidades, e classificação em grupos com características homogêneas.

5.2.4 A execução de sondagens é normalizada pela NBR 6484, e a identificação e descrição das amostras de solo é normalizada pela NBR 7250.

5.3 Cargas e carregamento

5.3.1 As cargas atuantes são agrupadas em duas categorias, a saber:

- a) cargas estáticas:
 - empuxo lateral do solo;
 - pressão hidrostática;

- cargas provenientes de construções próximas;
- acúmulo de material escavado na borda da escavação;

b) cargas dinâmicas:

- tráfego de veículos;
- máquinas e equipamentos.

5.3.2 Os casos de carregamento obtidos com a combinação das cargas atuantes devem ser feitos não só para a configuração final da escavação, mas também para as fases intermediárias a serem atingidas durante a execução da escavação, bem como as fases intermediárias durante o reaterro da cava da escavação, se existirem.

5.4 Cálculo do empuxo

5.4.1 O empuxo das terras deve ser calculado de acordo com as teorias consagradas na mecânica dos solos.

5.4.2 Quando a proteção da parede da escavação, pela sua própria rigidez e pelo sistema de apoios previsto, puder ser considerada indeslocável, o empuxo deve ser calculado no estado de repouso. Em caso contrário, o empuxo é calculado no estado ativo. Qualquer proteção da parede da escavação, que vier a ser incorporada a uma estrutura permanente, deve ser verificada também para o empuxo no estado de repouso.

5.4.3 No cálculo do empuxo passivo, é fundamental considerar a compatibilidade entre a sua mobilização e a deformação da proteção da parede da escavação.

5.5 Distribuição de pressões

5.5.1 As pressões decorrentes do empuxo das terras, nos estados de repouso, ativo e passivo, são consideradas com uma distribuição triangular nos casos da proteção da parede da escavação em balanço ou com um único ponto de apoio.

5.5.2 Quando a proteção da parede da escavação tiver dois ou mais apoios, a distribuição do empuxo deve ser admitida segundo um diagrama trapezoidal ou retangular equivalente.

5.6 Estabilidade das escavações

5.6.1 As condições de estabilidade das paredes de escavações devem ser garantidas em todas as fases de execução e durante a sua existência, devendo-se levar em consideração a perda parcial de coesão pela formação de fendas ou rachaduras por ressecamento de solos argilosos, influência de xistividade, problemas de expansibilidade e colapsibilidade.

5.6.2 A verificação de estabilidade deve atender aos seguintes casos:

- a) ruptura localizada do talude;
- b) ruptura geral do conjunto;
- c) ruptura de fundo;
- d) ruptura hidráulica.

5.6.3 A verificação de estabilidade deve ser feita pelos métodos de análise das tensões, métodos de equilíbrio limites ou outros consagrados pela mecânica dos solos.

5.6.4 As superfícies de ruptura podem ser consideradas como formas planas, curvas, ou poligonais.

5.6.5 Nas escavações em encostas, devem ser tomadas precauções especiais para evitar escorregamentos ou movimentos de grandes proporções no maciço adjacente, devendo merecer cuidados a remoção de blocos e pedras soltas.

5.7 Fatores de segurança

5.7.1 O projeto de escavações deve adotar fatores de segurança, globais ou parciais, compatíveis em cada fase de seu desenvolvimento, considerando:

- a) grau de conhecimento das solicitações e materiais a serem utilizados;
- b) caracterização do subsolo pelos dados disponíveis e sua dispersão;
- c) complexidade das condições geotécnicas;
- d) complexidade da execução do projeto;
- e) confiabilidade dos métodos adotados, cálculos e execução;
- f) permanência das condições previstas durante o tempo da existência da escavação;
- g) conseqüências em caso de acidentes envolvendo danos materiais e humanos;
- h) caráter transitório ou permanente.

5.7.2 No projeto de escavações, devem ser escolhidos métodos e processos de execução, tendo-se em vista obter o máximo grau de segurança.

5.7.3 Para os casos gerais, os coeficientes de segurança devem atingir no mínimo o valor de 1,5, sendo necessária a justificativa técnica para a adoção deste valor.

5.7.4 Para os casos especiais, fatores de segurança menores que 1,5 (no mínimo 1,2) podem ser aceitos se devidamente comprovadas as características geotécnicas, geológicas e hidrológicas do terreno.

5.8 Fenômenos decorrentes das escavações

No projeto de escavações devem ser considerados os seguintes fenômenos:

- a) escoamento ou ruptura do terreno de fundação;
- b) descompressão do terreno de fundação;
- c) carregamento pela água;
- d) rebaixamento do nível d'água.

5.8.1 Escoamento ou ruptura do terreno de fundação

Quando a escavação atinge nível abaixo da base de fundações num terreno vizinho, este terreno pode deslocar-se para o lado da escavação produzindo recalques ou rupturas. Se a escavação não ultrapassa a cota de base das fundações vizinhas, pode ocorrer diminuição da pressão normal confinante, causando deformação do terreno vizinho.

5.8.2 Descompressão do terreno de fundação

Quando a proteção das paredes de uma escavação se deslocar ou se deformar, pode causar perturbação no terreno de fundação vizinho, produzindo recalques prejudiciais à construção.

5.8.3 Carregamento pela água

Quando a escavação tiver de atingir cota abaixo do nível d'água natural e houver necessidade de esgotamento, esta pode causar instabilidade ou mesmo carregamento das partículas finas do solo e solapamento do terreno das fundações vizinhas.

5.8.4 Rebaixamento do nível d'água

Quando o terreno for constituído de camada permeável sobrejacente a camadas moles profundas, deve ser verificada a possibilidade de efeitos prejudiciais de recalques nas construções vizinhas, decorrentes do adensamento das camadas moles, provocadas pelo aumento, sobre estas, da pressão efetiva da eliminação da água na camada permeável.

5.9 Documentação técnica

Durante toda a fase de execução e durante a existência da escavação, é indispensável ter-se no canteiro de obra um arquivo contendo os seguintes documentos:

- a) resultados das investigações geotécnicas;
- b) perfis geotécnicos do solo;
- c) profundidade e dimensões da escavação, bem como as etapas a serem atingidas durante a execução e reaterro;
- d) condições da água subterrânea;
- e) levantamento das fundações das edificações vizinhas e redes de serviços públicos;
- f) projeto detalhado do tipo de proteção das paredes da escavação;
- g) caso haja necessidade das ancoragens penetrarem em terrenos vizinhos, deve-se ter autorização dos proprietários para permitir a sua instalação.

5.10 Cálculo das cortinas

5.10.1 As cortinas são elementos estruturais e se destinam a resistir às pressões laterais devidas ao solo e à água. As cortinas diferem estruturalmente dos muros de sustentação por serem flexíveis e terem peso próprio desprezível, em face das demais forças atuantes.

5.10.2 Baseado em seu tipo estrutural e esquema de carregamento, as cortinas se classificam em dois grupos principais:

- a) cortinas sem apoio ou em balanço;
- b) cortinas apoiadas ou ancoradas.

5.10.3 Conforme a cortina tenha ou não uma pequena profundidade (ficha) abaixo da escavação, são ditas:

- a) de extremidade livre;
- b) de extremidade fixa.

5.10.4 Para o cálculo estrutural das cortinas, admite-se para os esforços atuantes a distribuição das pressões ativas e passivas, tal como prevêm as teorias consagradas da mecânica dos solos.

5.10.5 Os elementos fundamentais a serem determinados são:

- a) comprimento da ficha;
- b) esforços atuantes nos apoios;
- c) momentos fletores, esforços cortantes e normais.

5.10.6 Conhecidos estes valores, escolhe-se o tipo de cortina a ser utilizado bem como as suas dimensões, o que deve ser detalhado para todas as fases de execução.

6 Proteção das escavações

As medidas de proteção das paredes das escavações são adotadas com a finalidade de que, durante a execução das escavações, não ocorram acidentes que possam ocasionar danos materiais e humanos. As proteções adotadas são classificadas:

- a) quanto à forma da proteção;
- b) quanto ao tipo de apoio das cortinas;
- c) quanto à rigidez estrutural das cortinas.

6.1 Classificação quanto à forma da proteção

Quanto à forma da proteção das paredes da escavação, para fins desta Norma, são classificadas em três grupos, a saber:

- a) escavação taludada - com as paredes em taludes;
- b) escavação protegida - com as paredes protegidas com estruturas denominadas "cortinas";
- c) escavação mista - com as paredes em taludes e paredes protegidas por cortinas.

6.1.1 Escavações taludadas

As escavações são executadas com as paredes em taludes estáveis, podendo ter patamares (bermas ou plataformas), objetivando somente melhorar as condições de estabilidade dos taludes. A fixação do ângulo de inclinação dos taludes depende fundamentalmente das condições geotécnicas do solo.

6.1.2 Escavações protegidas

Quando as escavações não permitem ou justifiquem o emprego de taludes, as paredes são protegidas por cortinas como meio de assegurar a estabilidade das paredes da escavação. As cortinas usuais de proteção das paredes das escavações são dos seguintes tipos:

- a) cortinas com peças de proteção horizontal apoiadas em elementos verticais introduzidos no solo, antes da escavação;
- b) cortinas de estacas-pranchas, constituídas pela introdução no solo, antes da escavação, de peças que se encaixam umas nas outras;
- c) cortinas de estacas justapostas, constituídas por estacas executadas uma ao lado da outra, antes da escavação;
- d) cortinas de concreto armado executadas com a utilização de lamias, antes da escavação;
- e) cortinas e concreto armado ancoradas, executadas à medida que a escavação vai sendo executada.

6.1.3 Escavações mistas

Quando na mesma escavação são utilizadas paredes em taludes e paredes protegidas.

6.2 Classificação quanto à forma dos apoios

Quanto à forma de apoio das cortinas de proteção das escavações, para fins desta Norma são classificadas em quatro grupos, a saber:

- a) cortinas escoradas;
- b) cortinas ancoradas;
- c) cortinas chumbadas;
- d) cortinas em balanço.

6.2.1 Cortinas escoradas

Utilizam como apoio elementos estruturais horizontais ou inclinados dentro da área escavada, denominadas "escoras".

6.2.2 Cortinas ancoradas

Utilizam como apoio elementos estruturais horizontais ou inclinados ancoradas no terreno através de injeções e protensão-ancoragens.

6.2.3 Cortinas chumbadas

Utilizam como apoio elementos estruturais horizontais ou inclinados, ancorados no terreno através de injeções, não protendidos, atuando passivamente.

6.2.4 Cortinas em balanço

Não utilizam apoios, possuem o topo livre. A sua estabilidade é garantida pelo trecho que fica enterrado no solo abaixo da cota máxima de escavação, ou seja, pela ficha

da cortina. Neste tipo de cortina é necessário que seja calculada a deformação no seu topo, a fim de ser verificado se esta deformação não introduz descompressão no terreno.

6.3 Classificação quanto à rigidez da cortina

Quanto à rigidez da cortina, para fins desta Norma, são classificadas em:

- a) cortinas flexíveis;
- b) cortinas semi-rígidas;
- c) cortinas rígidas.

6.3.1 Cortinas flexíveis

São aquelas que permitem deformações sem se romperem.

6.3.2 Cortinas semi-rígidas

São aquelas onde as deformações são limitadas a pequenos valores.

6.3.3 Cortinas rígidas

São aquelas que não permitem, ou são mínimas, as deformações.

7 Escavações taludadas

7.1 Generalidades

7.1.1 O uso de escavações com as paredes em taludes pressupõe que se possa obter taludes estáveis que não interfiram com construções vizinhas, bem como as redes de utilidades públicas.

7.1.2 A fixação do ângulo de inclinação dos taludes depende fundamentalmente das condições geotécnicas do subsolo.

7.2 Tipos de ruptura das paredes em talude

As formas de instabilidade das paredes das escavações nem sempre se apresentam bem caracterizadas e definidas. Entretanto, pode-se classificar estes tipos de movimento nos seguintes grupos:

- a) desprendimentos;
- b) escorregamento;
- c) rastejo;
- d) complexo.

7.2.1 Desprendimento

É uma porção de um maciço terroso ou fragmentado de rocha que se destaca do resto do maciço, caindo livre e rapidamente, acumulando-se onde estaciona.

7.2.2 Escorregamento

É o deslocamento de uma massa de solo ou de rocha que, rompendo-se do maciço, desliza para baixo e para o lado, ao longo de uma superfície de deslizamento, pre-

dominantemente por uma rotação ou por uma translação, denominando-se respectivamente:

- a) escorregamento rotacional;
- b) escorregamento translacional.

7.2.3 Rastejo

É o deslocamento lento e contínuo de camadas superficiais sobre camadas mais profundas, com ou sem limite definido entre a massa do terreno que se desloca e a que permanece estacionária.

7.2.4 Complexo

É o deslocamento que não pode ser classificado em nenhum dos casos anteriores.

7.3 Proteção das paredes em taludes

7.3.1 Os taludes das escavações devem ser convenientemente protegidos, em todas as fases executivas, e durante toda a sua existência, contra os efeitos de erosão interna e superficial.

7.3.2 Nas bordas da escavação deve ser mantida uma faixa de proteção de no mínimo 1,00 m, livre de cargas, bem como a execução de uma pequena mureta de 0,30 m, para evitar a entrada de águas superficiais na cava da escavação.

7.3.3 As camadas de solos argilosos superficiais expostas aos raios solares são sujeitas à formação de rachaduras ou fendas, que devem ser imediatamente preenchidas com material impermeável, para se evitar a penetração da água no talude junto às bordas das escavações.

7.3.4 Para escavações com profundidade superior a 5,00 m é obrigatório o uso de patamares (bermas ou plataformas), objetivando não só melhorar as condições de estabilidade como também reduzir a velocidade de escoamento das águas superficiais do talude.

7.3.5 Nos patamares (bermas ou plataformas) devem ter valetas revestidas para coleta das águas superficiais. As valetas devem conduzir as águas para pontos preestabelecidos, de onde são esgotadas com a utilização de bombas.

7.3.6 Para escavações com talude em solo e em rocha, na região do início da rocha, deve ser feito um patamar para melhorar as condições de segurança do talude em solo.

8 Escavações protegidas

As proteções dos taludes de escavação são utilizadas como meio para assegurar a estabilidade dos referidos taludes, quando as condições locais peculiares a cada obra não permitem ou justifiquem o emprego do taludamento.

8.1 Cortinas com peças de proteção horizontal apoiadas em elementos verticais

8.1.1 Generalidades

8.1.1.1 As cortinas deste tipo quanto a sua rigidez são consideradas como flexíveis.

8.1.1.2 As cortinas são sempre executadas de cima para baixo, devendo ser executadas progressivamente com a realização da escavação.

8.1.1.3 A escavação no trecho junto da cortina, em uma faixa de no mínimo 0,50 m, tem de ser executada manualmente, a fim de possibilitar a colocação, um a um, dos elementos horizontais.

8.1.1.4 As cortinas deste tipo formam uma superfície contínua no trecho superior da escavação e um trecho descontínuo (apenas os elementos verticais) abaixo do nível da escavação.

8.1.1.5 Para o cálculo considera-se o trecho abaixo do nível da escavação, onde atua o empuxo passivo descontínuo, atuando apenas em um trecho igual a três vezes a largura do elemento estrutural vertical.

8.1.2 Elementos verticais

8.1.2.1 Os elementos estruturais verticais são introduzidos no solo por cravação ou colocados em furos executados previamente antes da execução da escavação. A execução destes elementos deve obedecer à normalização contida na NBR 6122.

8.1.2.2 O seu comprimento deve ser determinado pelo cálculo dos esforços a que estão sujeitos, sendo que o comprimento abaixo da cota de escavação, denominado "Ficha", deve ser de no mínimo 1,50m.

8.1.2.3 Se o elemento estrutural vertical for colocado em furos executados previamente no solo, após a sua colocação o furo deve ser preenchido com a finalidade de se evitar vazios entre o elemento colocado e o solo natural, de acordo com os critérios de projeto:

- a) argamassa de cimento: quando se deseja um perfeito enchimento do furo;
- b) próprio solo.

8.1.2.4 Quanto à natureza dos materiais utilizados para os elementos verticais, estes podem ser de:

- a) perfis metálicos - laminados ou soldados;
- b) concreto pré-moldado;
- c) madeira.

Nota: A utilização destes materiais deve obedecer às normas pertinentes, respectivamente: NBR 8800, NBR 6118 e NBR 7190.

8.1.2.5 A forma da seção geométrica, bem como a natureza do material a ser utilizado, são determinadas pelo cálculo estrutural da peça. Considerando o seu melhor aproveitamento nas condições como vai ser executada a escavação.

8.1.2.6 O espaçamento entre os elementos verticais é determinado em função do tipo de material e dimensões das peças horizontais que vão ser utilizadas entre eles, bem como em função dos empuxos atuantes na cortina.

8.1.2.7 Os elementos verticais podem ser solidarizados por vigas horizontais de solidarização. Os apoios da cortina devem estar situados sobre a viga de solidarização, se esta existir.

8.1.2.8 O número de vigas de solidarização é determinado pelo cálculo da cortina e é igual ao número de linhas de apoios da cortina.

8.1.3 Elementos horizontais

8.1.3.1 Os elementos horizontais são colocados no solo entre os elementos verticais, apoiados nestes a montante e comprimidos contra o solo por meio de cunhas. Se não se utilizar cunhas, deve ser procedido um perfeito enchimento entre o elemento horizontal e o solo.

8.1.3.2 O comprimento, espessura e largura da peça devem ser determinados pelo cálculo estrutural em função dos esforços solicitantes a que estão sujeitos.

8.1.3.3 Quanto à natureza dos materiais, os mais utilizados são os seguintes:

- a) madeira: pranchão;
- b) concreto armado: peças pré-moldadas;
- c) metálicos: chapas de aço.

8.1.3.4 Cada peça tem de ser colocada uma a uma, quando tiver sido escavado o correspondente à sua largura. No reaterro da cava procede-se analogamente para a retirada das peças quando for possível.

8.1.3.5 Para solos argilosos moles que sequer permitem escavar o correspondente à largura de uma prancha, devem-se utilizar chapas metálicas cravadas com reação de macacos hidráulicos e depois soldadas entre si, para não permitir a fuga de material pelas emendas das pranchas.

8.1.3.6 Entre as peças horizontais e o solo não pode existir vazios.

8.1.3.7 Para o caso de se querer evitar o carreamento de partículas de solo pela água, quando se utilizar pranchões de madeira, deve-se colocar entre as juntas estopa, serragem ou capim e depois pregar uma ripa de madeira denominada "mata-junta".

8.1.3.8 Quando se empregam peças horizontais de madeira, as peças devem ser solidarizadas entre si com a utilização de peças verticais de madeira com a finalidade de mantê-las unidas caso haja um acidente com vazamento de água, ruptura brusca de canos, provocando um vazio no solo por trás da cortina. Este acidente deve ser imediatamente sanado com o conserto do vazamento e preenchimento do solo por trás da cortina antes de se prosseguir na escavação.

8.2 Cortinas de estacas-pranchas

8.2.1 As cortinas deste tipo são constituídas pela cravação no solo, antes da escavação, de peças que se encaixam uma na outra, formando uma superfície de proteção contínua.

8.2.2 Quanto à natureza dos materiais utilizados para a confecção das estacas-pranchas, os mais usados são:

- a) metálico;
- b) concreto armado;
- c) madeira.

8.2.3 A cravação das estacas-pranchas não pode ser executada totalmente uma a uma e sem uma seqüência, onde vai-se cravando um conjunto de peças a uma determinada profundidade, dependendo do tipo e natureza do solo, com cuidados requeridos para se manter o perfeito encaixe entre as peças.

8.2.4 Os apoios, escoras ou ancoragens só devem apoiar-se em vigas horizontais de solidarização das estacas-pranchas. Se estas não ficarem em contato direto com toda a parede da cortina, o espaço intermediário entre a viga e a cortina deve ser preenchido; normalmente é utilizada uma argamassa de cimento.

8.2.5 O tipo de material e a forma do perfil da cortina são determinados pelo cálculo estrutural em função dos esforços atuantes na cortina.

8.2.6 As cortinas deste tipo quanto a sua rigidez são consideradas flexíveis e são contínuas tanto no trecho do empuxo ativo como no trecho do empuxo passivo.

8.3 Cortinas de estacas justapostas

8.3.1 As cortinas deste tipo são constituídas pela execução no solo antes da escavação, de estacas de concreto moldadas no solo ou pré-moldadas, executadas uma ao lado da outra sem encaixes.

8.3.2 As estacas podem ser tangentes ou secantes.

8.3.3 Neste tipo de cortina, durante a fase de execução da escavação tem de ser procedida uma inspeção detalhada para se verificar a continuidade da cortina no trecho escavado.

8.3.4 Durante a fase da escavação, se for constatada uma separação pronunciada entre estacas, deve-se proceder a um fechamento desta com concreto estrutural para se evitar fuga de material do solo.

8.3.5 As estacas são armadas para resistir aos esforços a que estão sujeitas.

8.3.6 Os apoios das cortinas são constituídos por vigas horizontais de solidarização, que devem ficar perfeitamente apoiadas em todas as estacas.

8.3.7 As cortinas deste tipo, quanto a sua rigidez, são consideradas como semiflexíveis e são contínuas tanto no trecho do empuxo ativo como no trecho do empuxo passivo.

8.4 Cortinas de concreto armado executadas com a utilização de lamas (Parede diafragma)

8.4.1 Generalidades

8.4.1.1 As cortinas deste tipo são de concreto armado concretado *in situ* ou pré-moldadas executadas dentro de valas perfuradas no solo, com equipamento e fer-

ramentas especiais apropriadas e simultânea circulação de uma suspensão estabilizadora - lama tixotrópica.

8.4.1.2 A cortina é executada antes do início da escavação.

8.4.1.3 As cortinas deste tipo, quanto à sua rigidez, são consideradas rígidas e são contínuas tanto no trecho do empuxo ativo como no trecho do empuxo passivo.

8.4.1.4 Durante a fase de escavação tem de ser procedida uma inspeção detalhada para se verificar a continuidade de cortina no trecho escavado.

8.4.1.5 Se for constatada uma falha de concretagem na cortina, no trecho escavado, deve-se proceder a um fechamento da abertura com concreto estrutural para se evitar a fuga de material do solo.

8.4.2 A lama de escavação

8.4.2.1 A lama de escavação é uma mistura em água de uma argila especial (bentonita) da família das montmorilonitas de sódio (alcalina).

8.4.2.2 A concentração coloidal da mistura água + bentonita deve ser obtida pela expressão:

$$C_c = \frac{\text{massa da bentonita}}{1000 \text{ L de água}} \times 100 (\text{em porcentagem})$$

8.4.2.3 A lama para a escavação deve apresentar a propriedade da tixotrópica, ou seja, um comportamento fluido quando agitada, mas é capaz de formar um gel quando em repouso.

8.4.2.4 A lama durante a escavação da vala deve ter as seguintes funções:

- a) suportar a face da escavação;
- b) formação de um selo para impedir a perda da lama no solo;
- c) deixar em suspensão partículas sólidas do solo escavado, evitando que elas depositem no fundo da escavação.

8.4.2.5 A lama para a escavação é preparada numa instalação especial denominada "central de lama" e deve ter características especiais para poder ser utilizada na escavação.

8.4.2.6 As características físico-químicas obedecem:

- a) concentração coloidal: 2% a 6%;
- b) massa específica: 1,025 g/cm³ a 1,106 g/cm³;
- c) teor de sólido em suspensão: 3% em volume;
- d) pH da água filtrada: 7 a 11;
- e) residuo em peneira nº 200: 1%;
- f) limite de liquidez: 440.

8.4.2.7 As características tixotrópicas obedecem:

- a) *cake*: 1,0 mm a 2,5 mm;
- b) filtrado API (água separada por pressofiltração) de 450 cm³ da suspensão a 6% nos primeiros 30 min, à pressão de 0,7 MPa: 15 cm³ a 20 cm³;
- c) viscosidade da suspensão a 6% em água destilada, conforme a Tabela 1;
- d) resistência ao cisalhamento,
 - resistência do gel a 10 min: 1,4 Pa a 10 Pa.

Tabela 1 - Viscosidade Marsh

Tipo de solo	Solo seco	Solo com água
Argila	29 - 35	-
Silte arenoso		
Argila argilosa	32 - 37	38 - 43
Areia siltosa		
Areia fina	38 - 43	41 - 47
Areia grossa e pedregulho	45 - 52	60 - 70

8.4.2.8 Quando na presença de água, a bentonita apresenta um inchamento muito acentuado, por isto, antes da utilização da lama na escavação, é necessário um período de pelo 12 h para que seja atingido total inchamento de bentonita. Este tempo é denominado maturação.

8.4.2.9 Durante o tempo de maturação da lama, esta deve ser mantida em agitação por meio de uma bomba de circuito fechado.

8.4.2.10 A lama deve ser submetida aos seguintes ensaios:

- a) determinação da massa específica:
 - utiliza-se um densímetro ou a balança Baroid;
- b) teor de sólidos em suspensão:
 - o ensaio é realizado com auxílio de Baroid Sand Content;
- c) pH (concentração hidrogeniônica):
 - utilizam-se tiras de papel indicador de pH (são tiras impregnadas com substâncias colorimétricas que desenvolvem cores características para vários valores de pH);
- d) *cake* e filtrado API:
 - utiliza-se o *filter press*;

e) viscosidade:

- utiliza-se o funil Marsh;

f) resistência do gel:

- utiliza-se o viscosímetro de Fann V-G.

8.4.3 Escavação da vala

8.4.3.1 A escavação é guiada com auxílio da mureta-guia, que é uma estrutura de concreto armado executada na diretriz onde se procede à escavação, e cujas principais funções são:

- a) locar a posição de parede onde deve ser escavada;
- b) guiar o equipamento de escavação;
- c) conter o solo no trecho inicial da escavação;
- d) garantir uma altura de lama compatível com o nível do lençol freático.

8.4.3.2 Antes do início da escavação é indispensável a execução de ensaios com a lama, para saber se ela está em condições de ser utilizada, tendo em vista o tipo de solo a ser atingido durante a escavação.

8.4.3.3 A escavação é produzida pela penetração da ferramenta de escavação no solo, e o corte pode ser feito por movimento de rotação ou movimento vertical das mandíbulas do *clam-shell*.

8.4.3.4 É fundamental para a estabilidade das paredes que sempre seja mantido o nível da lama, dentro da escavação, o mais alto possível.

8.4.3.5 Se ocorrer uma perda acentuada da lama no solo, tal que seja possível manter o nível estável da lama, a escavação deve ser interrompida para uma análise do motivo que está provocando a anormalidade constatada.

8.4.3.6 Durante a operação de escavação deve ser mantido um controle rigoroso na verticalidade. Se for constatado um início de desvio, esta deve ser imediatamente paralisada e ser executada uma raspagem com ferramenta apropriada, a fim de se evitar progresso no desvio.

8.4.4 Troca da lama

8.4.4.1 Terminada a fase de escavação, a lama deve ser ensaiada para se determinar a quantidade de sólidos (grãos de areia) em suspensão. Se o ensaio determinar um teor maior que 3,0% em volume, a lama deve ser trocada antes da operação de concretagem.

8.4.4.2 A troca da lama de escavação por uma lama nova pode ser feita de duas maneiras:

a) substituição:

- a lama contaminada deve ser bombeada para o tanque de decantação na central de lama. Si-

multaneamente deve ser colocada na cava, lama nova;

b) desarenação:

- a lama contaminada deve ser bombeada através de desarenadores, onde, por centrifugação, são separadas as partículas sólidas da lama, voltando esta para a cava. A operação deve ser feita até ser constatado, através de ensaios, que o teor de sólidos em suspensão está dentro das especificações da lama nova.

8.4.4.3 No tanque de decantação a lama deve ser deixada em repouso para que as partículas se depositem no fundo (decantado). Depois a lama deve ser bombeada através de desarenadores onde, por centrifugação, são separadas as partículas sólidas restantes na lama.

8.4.4.4 Concluída a operação da troca da lama, efetua-se a limpeza de fundo da escavação da vala para se ter certeza que não houve deposição de partículas de areia no fundo da escavação.

8.4.5 Concretagem

8.4.5.1 A armadura é constituída por barras longitudinais e estribos montados em forma de gaiola. Em função da operação de manobra e içamento da gaiola, é indispensável que ela tenha ferros adicionais de enrijecimento para garantir a sua rigidez. Deve-se também prever alças de posicionamento para a gaiola da armadura ser colocada dentro da escavação.

8.4.5.2 No detalhamento da gaiola da armadura, deve sempre ser considerado que a concretagem é submersa.

8.4.5.3 No caso da gaiola da armadura ser de grande comprimento, deve-se prever uma emenda que é efetuada durante a colocação desta na vala da escavação.

8.4.5.4 Terminada a operação de colocação da armadura na escavação, esta deve ser presa na mureta-guia, a fim de se evitar que suba, devido à tendência natural de subida do concreto na concretagem submersa.

8.4.5.5 O processo de concretagem é o submerso, ou seja, aquele executado de baixo para cima, de maneira contínua e uniforme.

8.4.5.6 O concreto utilizado na concretagem submersa tem como característica principal uma alta plasticidade - *slump test* entre 18 a 22. O consumo de cimento deve ser de no mínimo 400 kg/m³, e os agregados utilizados devem ser areia e brita 1.

8.5 Cortinas escoradas

8.5.1 Vigas de solidarização

8.5.1.1 São elementos estruturais destinados a materializar uma condição de apoio previsto nos cálculos das cortinas de proteção das escavações.

8.5.1.2 Quanto à natureza dos materiais utilizados para as vigas de solidarização, estes podem ser:

- a) metálicos;
- b) madeira;
- c) concreto armado.

8.5.1.3 A forma da seção geométrica, bem como a natureza do material a ser utilizado são determinados pelo cálculo estrutural da peça.

8.5.1.4 As vigas de solidarização devem ficar totalmente apoiadas, em toda a sua extensão, na cortina. No caso de a cortina ser constituída de peças de proteção horizontal apoiadas em elementos verticais, a viga de solidarização só é apoiada nos elementos verticais.

8.5.1.5 A viga de solidarização deve ser calculada como viga contínua, e os esforços atuantes são as reações de apoio provocadas pelas cortinas.

8.5.2 Escoras

8.5.2.1 São elementos estruturais destinados a absorver os esforços horizontais da reação de apoio das cortinas de proteção das escavações.

8.5.2.2 Quanto à natureza dos materiais utilizados para as escoras, estes podem ser:

- a) metálicos - perfis compostos, laminados ou soldados;
- b) madeira;
- c) concreto - elemento pré-moldado ou moldado no local.

8.5.2.3 A forma da seção geométrica da escora, bem como a natureza do material a ser utilizado são determinadas pelo cálculo estrutural da peça.

8.5.2.4 O principal esforço atuante nas escoras é o esforço de compressão; a peça deve ser verificada fundamentalmente aos esforços de flambagem.

8.5.2.5 Durante a execução da escavação, podem ocorrer casos de carregamentos verticais nas escoras (p.ex.: equipamentos de rebaixamento do nível d'água, passarelas para pessoas e transportes de materiais, depósito de materiais, etc.), portanto as peças devem ser verificadas também à flexão composta.

8.5.2.6 As escoras devem ser colocadas sob tensão, com a finalidade de se evitar uma deformação excessiva na cortina, para se diminuir o recalque superficial do solo adjacente.

8.5.2.7 As escoras podem ter os seus comprimentos de flambagem diminuídos com o emprego de apoios internos constituídos por peças horizontais, verticais, e inclinadas, formando com as escoras um nó indelocável.

8.5.2.8 Quando a escavação é muito larga, para se evitar de escorar uma cortina contra a outra, pode-se recorrer ao procedimento de colocar as escoras apoiadas em trechos das estruturas já construídas.

8.5.2.9 Para o caso de escoras metálicas, quando o seu comprimento for maior que 10,00 m, deve ser feita uma verificação, considerando-se o efeito da variação de temperatura na escora.

8.5.2.10 Cada escora deve ser protegida nas suas extremidades contra escorregamento, torção e deslocamento axial.

8.5.2.11 As posições das escoras devem ser determinadas levando-se em consideração a menor perturbação possível na estrutura a ser construída na escavação.

8.5.2.12 As escoras devem ser inspecionadas com frequência, principalmente após chuvas ou outras ocorrências que aumentem o risco de desabamento.

8.6 Cortinas ancoradas

8.6.1 São cortinas delgadas de concreto armado, pré-moldadas ou não, que são fixadas ao terreno através de ancoragens protendidas instaladas no terreno.

Nota: O uso de ancoragens está normalizado pela NBR 5629.

8.6.2 As cortinas vazadas ou grelhas ancoradas são constituídas de vigas de concreto armado e ancoragens, sendo aplicadas em taludes de rocha fraturada ou como reforço de muros.

8.6.3 O número de apoios (ancoragens) da cortina ancorada é calculado, devendo satisfazer aos seguintes critérios:

a) ruptura externa da cortina:

- ruptura onde o pé da cortina desloca-se para fora e o conjunto cortina-solo gira como um corpo único, em torno do centro de rotação interior;

b) ruptura interna:

- ruptura caracterizada por superfície profunda, ao longo da qual o equilíbrio é investigado.

8.6.4 O sistema estático adotado para o cálculo estrutural considera as ancoragens como pontos de apoio da estrutura.

8.6.5 Os processos executivos são os seguintes:

a) processo convencional (método ascendente):

- a escavação do terreno deve ser executada, deixando o talude com ângulo de inclinação adequado quanto à estabilidade e em época não chuvosa. Após a escavação, a estrutura é construída, sendo o tardoz aterrado e incorporado à

camada drenante. O método é utilizado para casos de trechos que necessitem de aterro.

Nota: As ancoragens podem ser instaladas antes ou durante a execução das fases citadas.

b) processo brasileiro:

- é a execução de cima para baixo (método descendente) em submuroamento. Neste processo, que oferece segurança em taludes instáveis, em deslizamentos já ocorridos ou em processo de deslizamento, a obra é realizada em faixas horizontais. Utilizam-se as fases de execução constantes do esquema da Figura 3.

Nota: O método é utilizado para trechos em corte.

8.6.6 As etapas na execução de cortinas são as seguintes:

8.6.6.1 Execução de cortinas em trechos que necessitem de corte no terreno

Deve ser programada de modo a não haver problema durante a execução da obra.

a) a cortina pode ser executada por faixas horizontais, conforme o esquema básico da Figura 3;

b) no caso de utilização de placas pré-moldadas associadas às ancoragens, as placas devem ser providas de ferros de espera, para complementação posterior da cortina com enchimento, entre placas, de concreto moldado *in loco* (ver Figura 3). A superfície do concreto colocado previamente, e que é ligada ao concreto novo, deve ser apicoada e chanfrada de maneira adequada (emendas).

8.6.6.2 Execução de cortinas em trechos que necessitem de aterro

Deve-se obedecer o disposto a seguir:

a) na região onde deve ser lançado o aterro, o terreno deve encontrar-se limpo, isto é, totalmente desprovido de mato, pedaços de madeira, etc.;

b) o lançamento de aterro deve ser sistemático, de acordo com a programação estabelecida, permitindo a imediata compactação do solo, evitando-se acúmulos de terra que, em períodos chuvosos, podem acarretar sérios problemas;

c) antes do início do serviço, deve-se observar se o período de cura do concreto foi obedecido, como também se todos os tirantes estão incorporados à cortina, inclusive os dispositivos de axialidade (cunhas, arruelas, etc.);

d) em hipótese alguma a terra deve ser lançada sobre os tirantes instalados e sim nos intervalos correspondentes, sob o risco de dano aos tirantes;

e) quando o aterro atingir o nível dos tirantes, deve ser feita uma proteção adicional destes, através

da argamassa. Na parte correspondente ao trecho livre podem ser usados tubos de plástico (100 mm) injetados com calda de cimento

- antes da execução da proteção adicional do trecho livre descrita acima, o tirante deve ser untado com óleo fino;

- o recobrimento mínimo deve ser da ordem de 4 cm em todo o trecho a ser aterrado;

- f) à medida que o aterro é executado, a drenagem deve ser feita, simultaneamente, com a colocação do material filtrante de acordo com o projeto;
- g) quando toda uma linha horizontal de tirantes encontrar-se aterrada, deve ser programado o equipamento de protensão para a obra;
- h) salvo autorização especial, o aterro de uma segunda linha horizontal de tirantes só pode ser executado quando a linha inferior encontrar-se protendida;
- i) a programação de cargas deve ser obedecida rigorosamente, de acordo com as especificações do projeto;
- j) o aterro atrás de cortinas atirantadas deve ser feito de preferência com compactação mecânica de controle manual (sapos), sendo tolerável o emprego de soquetes manuais com massa mínima de 15 kg e superfície de contato com o solo de 400 cm²;
- l) a compactação deve alcançar 90% do ensaio Proctor Normal, sendo elevada para 95% nos aterros com solos predominantemente arenosos;
- m) devem ser feitos previamente ensaios de compactação dos materiais de aterro, em um número mínimo de três ensaios para cada volume de aterro até 500 m³ e mais três ensaios para cada 500 m³ excedentes ou fração. Esses ensaios definirão a umidade ótima e a densidade máxima a utilizar;
- n) durante a obra, ocorrendo materiais diferentes, os ensaios de compactação devem ser repetidos, de acordo com as especificações acima, para cada tipo de material;
- o) a qualidade do aterro deve ser controlada por determinações *in situ* da massa específica e umidade do aterro compactado, na base de um ensaio para cada área compactada de 30 m x 30 m, a cada altura de camada a seguir indicada;
- p) até o aterro atingir 1m de espessura, as determinações (alínea anterior) são feitas para cada 0,30 m de altura do aterro ou sempre que houver dúvidas. Após aquilatada a qualidade dos ensaios de controle iniciais, estes podem ser feitos para cada 0,50 m de camada executada, ao mes-

mo tempo que se exerça cuidadosa fiscalização visual;

- q) em aterros onde não haja viabilidade prática para atendimento das alíneas *l*, *m*, *n*, *o* e *p*, as consequências devem ser analisadas pelo projetista, que documentará a nova solução, anexando-a ao projeto.

8.6.6.3 Considerações gerais

Deve-se observar o seguinte:

- a) o conjunto de fixação da ancoragem à estrutura, chapa de distribuição de tensões, arruelas, calços e porcas deve ficar protegido contra corrosão por cobertura de concreto, moldada no local ou constituída de caixa pré-moldada preenchida com argamassa ou pasta de cimento. Antes da execução desta proteção, deve ser feita a injeção de cimento complementar de tirante, para total envolvimento do tirante, após a protensão;
- b) no caso de cortina fechada devem ser previstos furos de drenagem e, se for o caso, devem também ser previstos drenos profundos;
- c) o programa de escavação deve ser dirigido pela fiscalização da obra, para evitar acidentes;
- d) no caso de protensão de encontro à estrutura preexistente, deve-se verificar se a estrutura é capaz de resistir, sem danos, à força de protensão do conjunto de ancoragens;
- e) devem ser previstas juntas de dilatação para trechos de cortina com extensão superior a 12 m, obedecendo-se o detalhe do projeto;
- f) as ancoragens devem ser mantidas retilíneas e as cargas nelas aplicadas rigorosamente axiais com o auxílio das cunhas, placas, etc.;
- g) é recomendável o uso de instrumentação específica com a finalidade de avaliar o comportamento da estrutura em execução, como também de construção adjacente tais como: controle de recalques, determinação de carga residual das ancoragens, medições de deslocamento, etc.

8.6.7 Quando as ancoragens, por necessidade de execução, tiverem de invadir terrenos de terceiros, elas só podem ser executadas com autorização expressa por escrito dos proprietários dos terrenos a serem invadidos. Na autorização devem constar as finalidades estruturais (provisória ou definitiva), processos executivos e plantas detalhadas do projeto total de ancoragens a serem executadas.

8.6.8 A execução de ancoragens em solos expansivos, rochas muito alteradas, rochas com fissuras ou diáclase devem ser executadas com a utilização de ar comprimido, devido às condições de estabilidade precárias apresentadas por estes maciços.

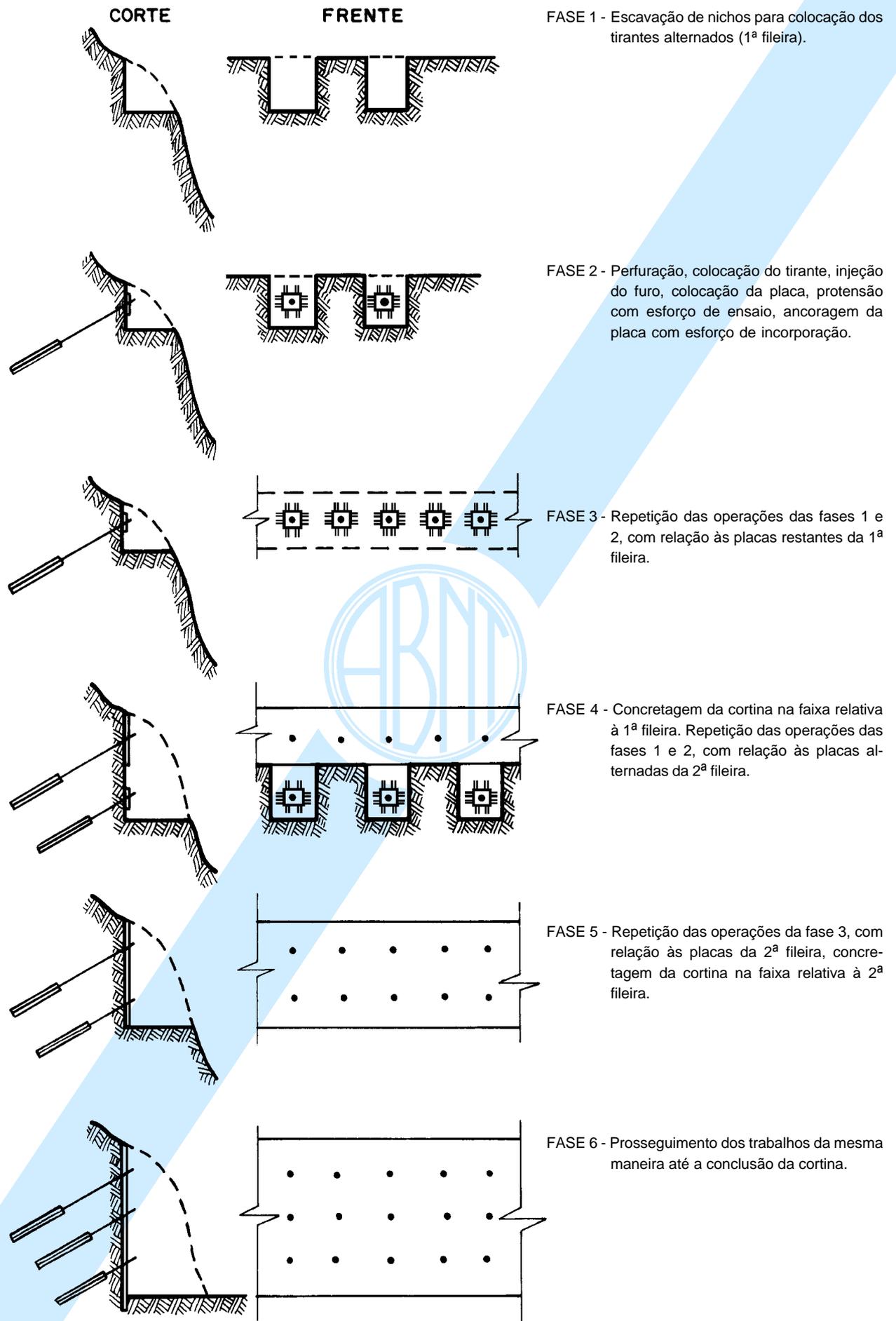


Figura 3

9 Escavação em solo

9.1 Generalidades

9.1.1 A seqüência executiva de escavação deve seguir integralmente o plano de escavação previsto no projeto.

9.1.2 É recomendável que se elabore seções transversais que sejam representativas da escavação a ser executada. Nestas seções devem constar informações sobre o tipo e qualidade do material a ser escavado.

9.1.3 Os métodos e equipamentos a serem utilizados dependem do tipo de material a ser escavado, seqüência prevista da execução e área do canteiro de obra.

9.1.4 Durante a execução de uma escavação pode-se encontrar obstáculos tais como árvores, raízes, blocos de rocha, fundações antigas. A retirada destes obstáculos deve ser efetuada com precaução, principalmente se for necessário o uso de explosivos.

9.1.5 Os acessos para permitir a entrada, circulação e saída de operários devem ser amplos e permanentemente desobstruídos, para permitir um fluxo contínuo de pessoas em casos de emergência.

9.1.6 Em uma escavação pode-se ter as seguintes diferentes operações:

- a) escavação propriamente dita;
- b) transporte do escavado: horizontal e vertical;
- c) colocação de material (para aterro);
- d) compactação.

9.1.6.1 Escavação propriamente dita

9.1.6.1.1 O material a ser escavado deve ser retirado por meios manuais ou mecânicos, da cava, com o devido cuidado para não provocar acidentes pessoais ou com materiais.

9.1.6.1.2 Para materiais arenosos deve-se verificar fundamentalmente: ruptura hidráulica (fenômeno da areia movediça), carreamento ou fuga de partículas finas do material.

9.1.6.1.3 Para materiais argilosos muito moles deve-se verificar fundamentalmente a estanqueidade da proteção dos taludes adotada no projeto.

9.1.6.2 Transporte do escavado

O transporte deve ser feito com equipamentos adequados, sendo que o vertical é mais sujeito a acidentes; portanto, devem ser adotadas medidas para se evitar tais acidentes.

Nota: Quando a escavação é realizada em regiões urbanas, o transporte do escavado deve ser efetuado de modo a não provocar sujeira nas vias urbanas com a queda do material transportado.

9.1.6.3 Colocação de material (aterro)

A colocação do material para aterro deve seguir os mesmos cuidados que os adotados durante a escavação. Os materiais empregados devem ser sempre de qualidade igual ou superior ao existente no solo. Quando o solo for inconsistente ou mole, deve ser substituído por outro de melhor qualificação.

9.1.6.4 Compactação

As operações mecânicas ou manuais de compactação devem seguir o plano estabelecido no projeto.

9.2 Medidas de proteção

9.2.1 As escavações em regiões urbanas devem ser cercadas e sinalizadas com cartazes de advertência. Durante a noite devem ser colocados sinais luminosos.

9.2.2 As passarelas provisórias que se fizerem necessárias para a circulação de pessoas devem ser resistentes e ter guarda-corpo de ambos os lados.

9.2.3 As rampas de acessos que estejam sujeitas a uso constante devem ser sempre inspecionadas.

9.3 Escavações superficiais

Neste grupo estão incluídas as cavas de fundações e as valas para condutos e canais. Tais escavações exigem uma cuidadosa preparação e execução; só devem ser realizadas por especialistas que disponham dos necessários conhecimentos e experiência para garantir uma correta execução.

9.3.1 Profundidade das escavações

9.3.1.1 Escavações até 1,50 m de profundidade podem, em geral, ser executadas sem especial segurança com paredes verticais. Isto se as condições de vizinhança e tipo de solo permitirem.

9.3.1.2 Escavações com mais de 1,50 m de profundidade devem, em geral, ser protegidas com taludes ou escoramento.

9.3.1.3 Para menores alturas pode ser necessária a utilização de proteção como nos casos de:

- a) cargas de tráfego;
- b) o solo foi afogado por trabalhos anteriores;
- c) são esperadas vibrações junto a escavações.

9.3.2 Largura dos espaços de trabalho (cavas de fundação)

9.3.2.1 Para trabalhos em cavas de fundação que devem ser pisadas por pessoas, é indispensável que haja espaço de trabalho com no mínimo 0,50 m de largura.

9.3.2.2 O espaço de trabalho é definido como:

- a) para cavas de fundação em talude
 - a distância horizontal livre medida no pé do talude à face externa de alvenaria ou face externa da forma da construção;

b) para cavas de fundação escorada

- a distância livre entre a face externa (lado da obra) do escoramento e a face externa da alvenaria ou face da forma da construção. Se existirem vigas de solidarização ou longarinas a menos e 1,80 m do fundo da cava de fundação, a distância livre é medida da face da viga ou longarina.

9.3.3 Largura dos espaços de trabalho (valas para condutos e canais)

9.3.3.1 Para trabalhos em valas para condutos e canais onde há tráfego de pessoas, é indispensável que haja as larguras livres indicadas abaixo:

D = diâmetro externo do fuste do tubo, largura do canal ou largura da seção a ser executada

L = largura livre

$D \leq 0,40 \text{ m}$ $L = 0,80 \text{ m}$

$0,40 \text{ m} < D \leq 0,80 \text{ m}$ $L = D + 0,60 \text{ m}$

$D > 0,80 \text{ m}$ $L = D + 0,40 \text{ m}$

Estes valores devem ser utilizados para valores até 4,00 m. Para maiores profundidades, a largura livre deve ser estabelecida em cada caso pelo projeto de escavação.

9.3.3.2 A largura livre é definida como:

a) para valas em taludes

- a distância entre os pés dos taludes no fundo da vala;

b) para valas escoradas

- a distância livre entre as faces das vigas ou longarinas.

9.3.4 Escavações em logradouros públicos e vias urbanas

9.3.4.1 Qualquer escavação em logradouro público e vias urbanas somente pode ser iniciada após o cumprimento do rito processual normativo das repartições públicas competentes.

9.3.4.2 A escavação se inicia pela remoção do revestimento, que deve ser sempre repostado e cujo acabamento deve ser sempre executado para se obter ao final a mesma textura de superfície que o pavimento adjacente.

9.3.4.3 A escavação, quer se utilizem processos mecânicos ou manuais, deve ser feita com cuidado, de forma a se resguardar a integridade de sistemas públicos instalados que, por deficiência de informações ou cadastros, não tenham sido previamente detectados.

9.3.4.4 Nos casos de logradouros cuja infra-estrutura seja conhecida, por informações ou cadastros, indicando a existência de grande densidade de redes públicas, a es-

cavação é sempre de execução cuidadosa e manual, para não danificar tais redes, bem como possibilitar o seu remanejamento pelas concessionárias públicas competentes.

9.3.4.5 As escavações, tanto em sua fase de execução como no período entre sua abertura e fechamento, devem ser preservadas secas, visando-se com isto não só a preservação higiênica ambiental como também garantir-se a estabilidade de suas paredes.

9.3.4.6 O reenchimento da escavação deve ser realizado imediatamente após a conclusão dos serviços que deram origem à escavação.

9.3.4.7 Os materiais empregados no reenchimento ou aterro das escavações devem ser sempre de qualidade igual ou superior ao existente no subleito. Quando ocorrer a existência de solos inconsistentes ou moles, devem ser substituídos por outros de melhor qualificação.

10 Escavação em rocha

10.1 Generalidades

10.1.1 A escavação em rocha ou desmonte é feita com técnicas específicas e pode ser executada a frio (sem a utilização de explosivos) com o fissuramento prévio ou a fogo (com a utilização de explosivos).

10.1.2 A escavação de rocha a céu aberto é feita através de bancadas. Nas bancadas são encontradas três regiões características: praça, face e topo.

a) praça

- superfície na qual operam os equipamentos de carga e transporte do material escavado;

b) face

- superfície vertical ou levemente inclinada deixada pelo desmonte;

c) topo

- superfície onde operam os equipamentos de perfuração, carregamentos de explosivos e drenos.

10.1.3 Os serviços de escavação devem obedecer rigorosamente aos alinhamentos, declividade e taludes indicados nos desenhos do projeto.

10.1.4 As superfícies que ficam expostas permanentemente devem ter um acabamento tal que assegure uma perfeita drenagem, proporcione um aspecto agradável do ponto de vista estético e não ocasione eventuais quedas de blocos.

10.1.5 O projeto do corte em rocha apresenta diferentes dificuldades e é indispensável que se leve em consideração os seguintes fatores: tipo da rocha, características da rocha, presença de falhas e diáclases, veios de solo, presença de água e direção de escoamento.

10.2 Perfuração na rocha

10.2.1 Os furos na rocha são feitos por equipamentos especiais denominados perfuratrizes ou martelotes. Na perfuratriz são acopladas uma ou mais hastes (broca) em uma das extremidades. Na extremidade inferior da(s) haste(s) acopla-se uma coroa ou *bets* na qual é normalmente cravado material duro (pastilha) usualmente de tungstênio.

10.2.2 As perfuratrizes, quanto ao modo de perfurar a rocha, se classificam em: percussivas, rotativas, percussivo-rotativas e de furo-abaixo.

10.3 Explosivos

10.3.1 Os explosivos classificam-se em três categorias: iniciadores ou primários, altos explosivos e baixos explosivos.

10.3.2 As propriedades dos explosivos são: força, velocidade, resistência à água, densidade e segurança no manuseio.

10.3.3 Os principais acessórios de detonação utilizados nas escavações a céu aberto são: estopim, espoleta comum, espoleta elétrica, cordel detonante e acendedores.

10.3.4 O armazenamento, o manuseio e o transporte de explosivos devem obedecer estritamente aos regulamentos ditados pelo Ministério do Exército.

10.3.5 Os explosivos e espoletas devem ser conservados em suas embalagens originais. As espoletas devem ser guardadas em depósitos separados dos explosivos, cordéis e retardadores.

10.4 Uso de explosivos e acessórios

10.4.1 A escavação com emprego de explosivos só deve ser executada sob orientação e controle de pessoas especializadas e autorizadas após terem sido observados todos os dispositivos de segurança, visando a proteção do elemento humano, da obra e das propriedades públicas e particulares.

10.4.2 Em todas as detonações deve ser respeitado o limite máximo da quantidade de explosivo que pode ser detonado por meio de retardo (carga máxima por espera), a fim de evitar danos causados pelas vibrações provenientes da onda de choque propagada através da rocha às construções existentes nas proximidades. Esta carga deve ser determinada através de testes com emprego de vibrógrafos, para registro das vibrações ou fixada por meio de valores obtidos em obras similares para o mesmo tipo de material a ser escavado.

10.4.3 Durante a execução de escavações, devem ser efetuadas medidas de controle dos efeitos das vibrações sobre estruturas vizinhas, para verificar se os limites de carga por espera adotados estão seguros. Devem, ainda, ser considerados os efeitos da onda de choque transmitida através do ar sobre as estruturas.

10.4.4 Nenhum fogo pode, em hipótese alguma, ser detonado sem que o plano geral de execução dos ser-

viços e o esquema de fogo específico tenham sido aprovados. Tais planos devem ser efetuados para cada detonação contendo todos os elementos necessários para a sua perfeita caracterização, tais como: quantidade, disposição, diâmetros, comprimento e inclinação dos furos, altura de bancada, tipo de explosivos e acessórios, carga de fundo, carga de coluna, carga total, seqüência de detonação, carga por espera, modo de iniciação, volume *in situ*, localização do fogo, dispositivos de proteção contra lançamento ou projeção de fragmentos, data e hora prevista para a detonação.

10.4.5 Em zona urbana, a frente da bancada, em cada detonação, deve ser coberta por meio de rede de cabos de aço, correntes, lonas ou pneus, de modo a evitar o lançamento de fragmentos de rocha sobre pessoas ou edificações vizinhas.

10.4.6 Antes do início da perfuração da rocha, deve ser verificado com cuidado que não existam minas não detonadas oriundas de fogos anteriores (negas) no local da perfuração. No caso da existência de restos de explosivos, estes devem ser afastados cuidadosamente por pessoal habilitado, com jato d'água ou saca, observando que o material deve ser inerte, tipo alumínio ou cobre.

10.4.7 Deve ser evitada a perfuração junto com carregamento dos furos com explosivos. Em casos especiais, pode ser admitido o carregamento de furos a uma distância mínima de 10 m do local da perfuração, ou igual à profundidade do furo, se este exceder o limite indicado anteriormente.

10.5 Carregamento de explosivos

10.5.1 Após o término da perfuração, deve ser verificada a existência de obstrução no furo, por meio de uma vara de madeira ou tubo plástico. Antes de ser introduzida a carga, os furos são expurgados a ar comprimido.

10.5.2 A espingarda para limpeza pneumática dos furos deve ser de latão, alumínio, cobre ou plástico, sendo terminantemente proibido o uso de tubo de ferro ou aço. Todo o pessoal que operar com explosivos à base de nitroglicerina deve ser equipado com luvas protetoras.

10.5.3 O carregamento dos furos deve ser efetuado imediatamente antes da detonação.

10.5.4 Os atacadores utilizados para o carregamento de explosivos só podem ser de madeira ou plástico. Eventuais luvas ou pinos de conexão dos atacadores são de latão, alumínio ou plástico. O diâmetro do atacador deve ser sempre, pelo menos, 1 cm inferior ao diâmetro do furo.

10.5.5 O cartucho-escorva é sempre colocado primeiro, até o fundo do furo. Para eventual tampão, é utilizada areia ou terra completamente livres de fragmentos de rocha de qualquer tamanho.

10.5.6 Não é permitido fumar ou acender fogo de qualquer espécie no local do carregamento.

10.6 Detonação

10.6.1 Se a detonação for iniciada com espoletas elétricas de retardo, não é permitido que as ligações ou o tronco principal cheguem a uma distância menor do que 10 m

de linhas elétricas, de qualquer tipo, e devem estar à distância segura de água corrente ou empoçada. Todos os cabos não podem ter emendas. Durante o carregamento os fios das espoletas devem ser mantidos em curto, até o momento do uso.

10.6.2 A utilização de espoleta elétrica, quando conjuntamente na obra forem utilizados radiotransmissores móveis com potência inferior a 50W e frequência superior a 30 MHz (radiotransmissores instalados em carros), só é permitida a uma distância mínima de 15 m do transmissor ou de estrada trafegada por carros com rádio. Devem ser colocadas placas e aviso para desligar o rádio, em lugar bem visível, a uma distância de 150 m do local do carregamento.

10.6.3 No caso de transmissores de frequência inferior a 30 MHz, não é permitido o carregamento com espoletas a distâncias da antena inferiores às indicadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Distância mínima para detonação

Potência do transmissor (W)	Distância mínima do local da detonação do transmissor (m)
25	30
100	70
500	150
1.000	200
5.000	400
10.000	600

10.6.4 Podem ser usadas espoletas elétricas de alta ou baixa sensibilidade e de micro ou macroespera, ligadas em série ou série-paralelo, mas nunca exclusivamente em paralelo.

10.6.5 As características dos dispositivos elétricos e detonadores devem ser sempre testados conforme indicações dos fabricantes, para que seja verificado seu grau de eficiência.

10.6.6 A ligação da corrente elétrica em nenhum caso será executada com baterias ou pilhas, ou outras fontes de energia com pólos descobertos. Não será permitido também a utilização de corrente alternada sem uso de retificador de corrente.

10.6.7 A determinação da voltagem e amperagem necessárias em cada caso, de acordo com o número de espoletas, comprimento e resistência dos condutores, é objeto de exame cuidadoso. Antes do fogo, deve ser medida a resistência do circuito com galvanômetro de tipo aprovado para o trabalho desta natureza.

10.6.8 Em nenhum caso, autorizada a detonação de um fogo quando a resistência medida no circuito não conferir com a resistência indicada no esquema apresentado.

No caso em que o exame rigoroso do circuito não permita localizar e corrigir qualquer defeito de ligação, devem ser cuidadosamente retirados os tampões dos furos com jatos d'água e espingarda, e os furos com espoletas falhas são outra vez escorvados na parte superior da carga com um novo circuito de espoletas.

10.6.9 No caso de utilização de cordel detonante, este não deve ser aprovado quando se apresentar danificado mecanicamente ou por óleo, umidade, querosene ou gasolina.

10.6.10 As ligações devem ser feitas de acordo com as instruções do fornecedor, utilizando as conexões por ele indicadas. O tronco principal de detonação deve ser colocado em forma de anel, de modo que a detonação alcance cada fileira sempre pelos dois lados.

10.7 Evacuação e vigilância do local do fogo

10.7.1 Na obra devem ser instalados os devidos sinais de alerta em número e tamanho adequados, de que está sendo realizada na área operação de escavação a fogo. Esta sinalização deve estar claramente visível por todos que entrem na área ou passem perto da obra.

10.7.2 Durante o carregamento, o local deve ser abandonado por todo pessoal não diretamente ligado à operação. Deve ser completamente evacuada uma área mínima limitada por 250 m a jusante e 200 m a montante, 10 min antes da detonação. Nos caminhos de acesso devem ser colocados elementos do serviço de segurança com bandeiras vermelhas. Esses elementos têm suficiente autoridade para impedir a passagem de qualquer pessoa não diretamente ligada à operação de carregamento e controle final.

10.7.3 O aviso final da detonação é feito por meio de sirene, de intensidade de som, tal que seja ouvido em todos os setores de obra e vizinhança; deve ser efetuado segundo o esquema seguinte:

- a) 10 min antes do fogo um apito de 10 s;
- b) 5 min antes do fogo dois apitos de 10 s, com 5 s de intervalo entre os apitos;
- c) 1 min antes do fogo três apitos de 10 s, com 5 s de intervalo entre os apitos.

10.7.4 Logo após a detonação são liberados os caminhos de acesso. Somente após 5 min da detonação é permitido o acesso ao local da detonação.

10.7.5 Os explosivos e espoletas não utilizados devem ser recolhidos após cada fogo aos seus respectivos depósitos.

10.7.6 Os resíduos de explosivos não explodidos, como as espoletas que falham, são destruídos mediante explosão em local afastado, conforme legislação específica.

11 Medidas de proteção aos operários

11.1 Tráfego na área de escavação

11.1.1 Os pontos de acesso de veículos e equipamentos à área de escavação devem ter sinalização de advertência permanente.

11.1.2 O tráfego próximo às escavações deve ser desviado. Quando não for possível, deve ser reduzida a velocidade dos veículos.

11.2 Andaimos

11.2.1 Os andaimos devem ser dimensionados e construídos de modo a suportar com segurança, as cargas de trabalho a que estão sujeitos.

11.2.2 Os estrados de andaimos devem ter largura mínima de 1,20 m e ser formados por pranchas de madeira de 0,025 m de espessura mínima, ser de boa qualidade, isentas de nós, rachaduras e outros defeitos capazes de diminuir sua resistência.

11.2.3 As pranchas devem ser colocadas lado a lado, sem deixar intervalos, de modo a cobrir todo o comprimento da travessa.

11.2.4 As pranchas não devem ter mais de 0,20 m de balanço, e sua inclinação não deve ser superior a 15%.

11.2.5 Os andaimos devem ser amarrados a estruturas firmes, estaiados e ancorados em pontos que apresentem resistência. Os montantes dos pontaletes devem apoiar-se em partes resistentes, e as cargas transmitidas ao solo devem ser compatíveis com a sua resistência.

11.2.6 Os andaimos devem dispor de guarda-corpo de 0,90 m a 1,20 m de altura e rodapé de 0,20 m de altura mínima.

11.2.7 Quando o vento ameaçar a segurança dos operários, deve ser determinada a suspensão do trabalho no andaime.

11.2.8 É obrigatório o uso de corda e cinto de segurança, nos operários que trabalham em andaimos.

11.3 Escadas, passagens e rampas

11.3.1 Escadas, passagens e rampas provisórias, para circulação de operários, devem ser de construção sólida com 0,80 m de largura mínima, dotadas de rodapé e guarda-corpo laterais.

11.3.2 As escadas de mão sem guarda-corpo devem ser firmemente apoiadas no plano inferior e superior, ultrapassando o plano de acesso, no mínimo, de 0,90 m.

11.3.3 As vias de circulação devem ser mantidas limpas e desimpedidas, visando a livre circulação dos operários em caso de emergência.

11.4 Instalações elétricas

11.4.1 Todas as instalações elétricas no canteiro de obra devem ser executadas e mantidas por pessoal habilitado, empregando-se material de boa qualidade.

11.4.2 As partes vivas expostas dos circuitos e equipamentos elétricos devem ser protegidas contra contatos acidentais.

11.4.3 As redes de alta-tensão devem ser instaladas em altura e posição de modo a evitar contatos acidentais com veículos, equipamentos e operários.

11.4.4 O sistema de iluminação do canteiro de obra deve fornecer iluminação suficiente e em condição de segurança. Atenção especial deve ser dada à iluminação de escadas, aberturas, passagens e rampas.

11.5 Proteção individual

11.5.1 É obrigatório o uso de equipamentos de proteção individual pelos operários.

11.5.2 Os equipamentos de proteção individual utilizados pelos operários em uma obra de escavação são:

- a) capacete de segurança, todos os operários;
- b) cinto de segurança, nos trabalhos em que houver perigo de queda;
- c) máscara de soldador, luvas, mangas, perneiras e avental de raspa de couro, nos trabalhos de solda elétrica;
- d) óculos de segurança, nos trabalhos com ferramentas de apicoamento;
- e) luva de couro ou lona plastificada, para a proteção das mãos no manuseio de materiais abrasivos ou cortantes;
- f) luva de borracha, para trabalho em circuitos e equipamentos elétricos;
- g) botas impermeáveis, para trabalho em terrenos encharcados;
- h) sapatos adequados que ofereçam proteção contra pregos.

12 Escavações padronizadas

12.1 Generalidades

12.1.1 Quando as condições de vizinhança permitirem (construções vizinhas, redes de utilidades públicas, etc.), bem como a ausência do nível d'água no trecho a ser escavado, pode-se utilizar as prescrições deste capítulo sem que seja feito um cálculo mais rigoroso.

12.1.2 Estas prescrições, a serem utilizadas, pressupõem um solo homogêneo; se houver dúvida quanto à homogeneidade do solo, então o cálculo deve ser realizado, e estas prescrições não utilizadas.

12.2 Escavações não protegidas para cava de fundações e valas

12.2.1 Escavações no máximo de 1,25 m de profundidade podem ser construídas com paredes verticais sem medidas de proteção especiais se a inclinação da superfície do solo adjacente é:

- a) menor que 1:10, em solos não coesivos;
- b) menor que 1:2, em solos coesivos.

Em solos coesivos é permitido escavar a uma profundidade de até 1,75 m, conforme as Figuras 4a e 4b.

12.2.2 Escavações com profundidades maiores que as já vistas no item anterior, até uma profundidade de 3,00 m, devem ser executadas com as paredes em taludes cujo ângulo com a horizontal β não deve exceder:

- a) em solos não coesivos ou coesivos médios $\beta \leq 45^\circ$;
- b) em solos coesivos resistentes $\beta \leq 60^\circ$;
- c) em rocha $\beta \leq 80^\circ$.

12.2.3 Escavações com profundidades menores ou iguais a 5,00 m devem utilizar patamares (bermas ou plataformas) com largura superior a 1,50 m (ver Figura 5).

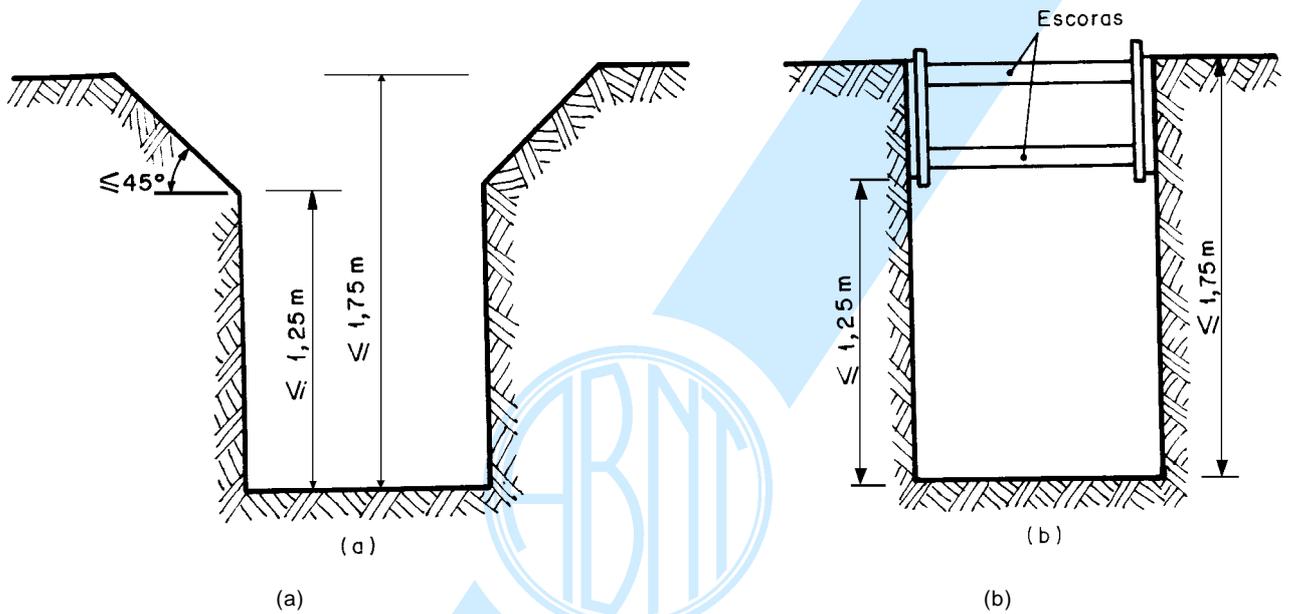


Figura 4

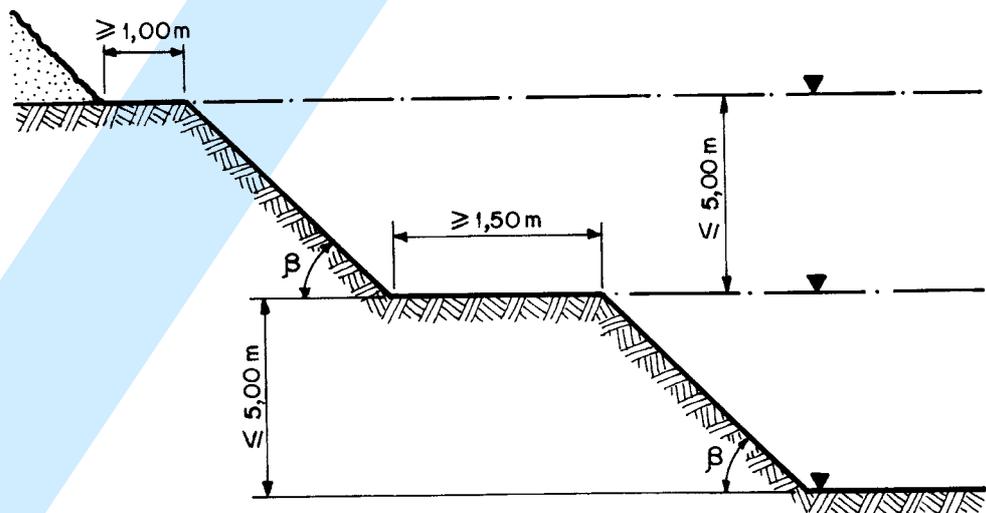


Figura 5

12.3 Escavações protegidas para cava de fundações e valas

As escavações devem ser protegidas se as especificações de 12.2 não forem obedecidas. Os escoramentos padronizados dados em 12.3.1 e 12.3.2 podem ser utilizados, sem especial verificação estática, se as seguintes condições forem verificadas:

- a superfície do terreno apresenta-se aproximadamente horizontal;
- ocorre solo não coesivo ou solo coesivo que, no seu estado natural apresente uma consistência rija ou semidura ou por meio de rebaixamento do nível d'água adquira essa consistência;
- cargas estruturais não têm influência na distribuição de pressão do solo;
- veículos de carga e equipamentos da obra mantêm uma adequada distância de pelo menos 3,00 m até a face das pranchas de madeira.

12.3.1 Escoramento com pranchas horizontais (ver Figura 6)

12.3.1.1 Até uma profundidade de, pelo menos, 0,50 m abaixo da superfície do terreno devem ser colocadas pranchas duplas.

12.3.1.2 Os vãos e os comprimentos em balanço das pranchas, o diâmetro, a distância vertical e o comprimento admissível de flambagem das estroncas regulam-se pela espessura das pranchas e pela altura da parede.

12.3.1.3 Para pranchas de 2,50 m a 4,50 m de comprimento com travas de 8,0 cm x 16,0 cm e estronca de diâmetro com 10,0 cm, as especificações podem ser obtidas na Tabela 3, segundo as indicações contidas na própria Tabela.

12.3.1.4 Para pranchas de 2,50 m a 4,50 m de comprimento com travas de 12,0 cm x 16,0 cm e estronca de diâmetro com 12,0 cm as especificações podem ser obtidas na Tabela 4, segundo as indicações contidas na própria Tabela.

12.3.1.5 Se os comprimentos em balanço l_4 das travas de madeira indicadas nas Tabelas 3 e 4, linha 5, não bastam para se conseguir um suficiente espaço de trabalho, devem ser utilizadas travas adicionais com, pelo menos, 1,50 m de comprimento. Além disto, a distância l_u da estronca inferior ao fundo da vala deve ser, no máximo, tão grande quanto a distância daquela estronca a que está imediatamente acima, contudo não maior que as indicadas nas Tabelas 3 e 4, linha 6.

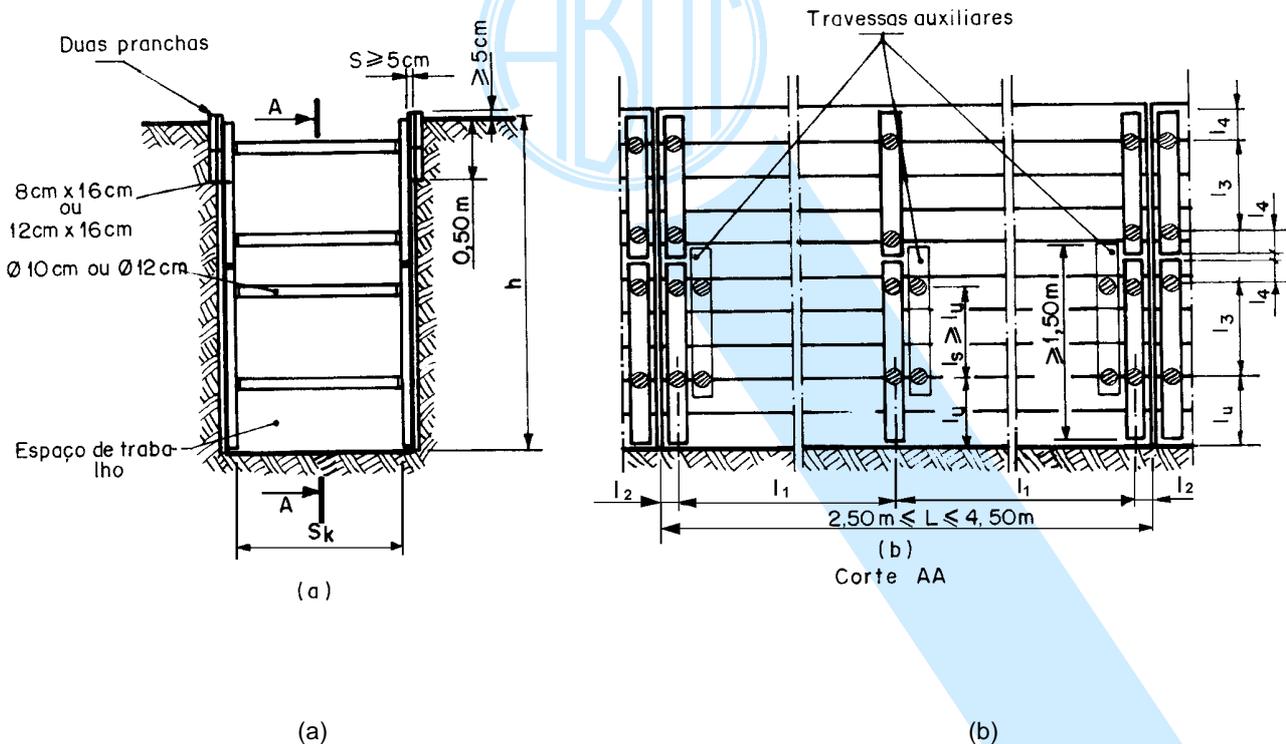


Figura 6

Tabela 3 - Escoramento com pranchas horizontais
Travas de 8,0 cm x 16,0 cm - Estronca ϕ 10,0 cm

Linha	Grandezas dimensionadas	Espessura S das pranchas				
		5 cm	6,3 cm			7,6 cm
1	Altura máxima h	3,00 m	3,00 m	4,00 m	5,00 m	5,00 m
2	Vão máximo l_1	1,90 m	2,10 m	2,00 m	1,90 m	2,10 m
3	Comprimento máximo do balanço l_2	0,50 m	0,50 m	0,50 m	0,50 m	0,50 m
4	Vão máximo das escoras l_3	0,70 m	0,70 m	0,65 m	0,60 m	0,60 m
5	Balanço l_4 das travessas	0,30 m	0,30 m	0,30 m	0,30 m	0,30 m
6	Balanço l_u das travessas	0,60 m	0,60 m	0,55 m	0,50 m	0,50 m
7	Comprimento S_k das estroncas	1,65 m	1,55 m	1,50 m	1,45 m	1,35 m
8	Carga máxima nas estroncas	31 kN	34 kN	37 kN	40 kN	43 kN

Tabela 4 - Escoramento com pranchas horizontais
Travas de 12,0 cm x 16,0 cm - Estronca ϕ 12 cm

Linha	Grandezas dimensionadas	Espessura S das pranchas				
		5 cm	6,3 cm			7,6 cm
1	Altura máxima h	3,00 m	3,00 m	4,00 m	5,00 m	5,00 m
2	Vão máximo l_1	1,90 m	2,10 m	2,00 m	1,90 m	2,10 m
3	Comprimento máximo do balanço l_2	0,50 m	0,50 m	0,50 m	0,50 m	0,50 m
4	Vão máximo das escoras	1,10 m	1,10 m	1,00 m	0,90 m	0,90 m
5	Balanço l_4 das travessas	0,40 m	0,40 m	0,40 m	0,40 m	0,40 m
6	Balanço l_u das travessas	0,80 m	0,80 m	0,75 m	0,70 m	0,70 m
7	Comprimento S_k das estroncas	1,95 m	1,85 m	1,80 m	1,75 m	1,65 m
8	Carga máxima nas estroncas	49 kN	54 kN	57 kN	59 kN	64 kN

12.3.2 Escoramento com pranchas verticais (ver Figura 7)

12.3.2.1 Para longarinas ou vigas de solidarização de madeira com dimensões de 16 cm x 16 cm e para estroncas de madeira com diâmetro de 12 cm, as especificações podem ser obtidas na Tabela 5, segundo indicações contidas na própria tabela.

12.3.2.2 Para longarinas ou vigas de solidarização de madeira com dimensões de 20 cm x 20 cm e para estroncas de madeira com diâmetro de 14 cm, as especificações podem ser obtidas na Tabela 6, segundo indicações contidas na própria tabela.

12.3.2.3 A distância l_0 da superfície do terreno até o primeiro nível de escora, não deve ser maior que a distância

do primeiro ao segundo nível de escoras, nem maior que os valores indicados nas Tabelas 5 e 6, na linha 2.

12.3.2.4 A distância l_u do fundo da cava até o nível de escora inferior, não deve ser maior que a distância eixo a eixo daquele nível ao nível imediatamente acima, nem maior que os valores indicados nas Tabelas 5 e 6, na linha 4.

12.3.2.5 Se as longarinas ou vigas de solidarização são apoiadas pelas escoras nos pontos correspondentes às quintas partes de seu comprimento, então os espaçamentos l_2 indicados nas Tabelas 5 e 6 podem ser aumentados de um terço.

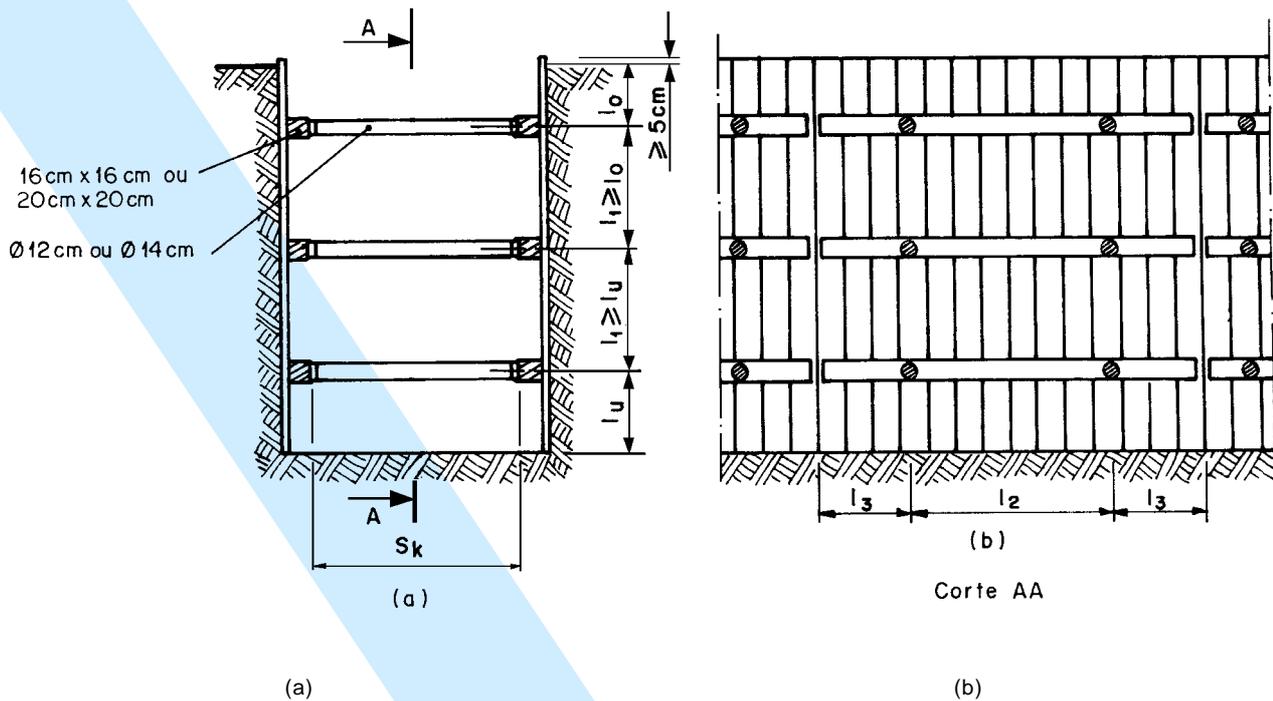


Figura 7

Tabela 5 - Escoramento com pranchas verticais
 Longarinas (vigas) de 16 cm x 16 cm - Estronca $\varnothing 12$ cm

Linha	Grandezas dimensionadas	Espessura S das pranchas				
		5 cm	6,3 cm		7,6 cm	
1	Altura máxima h	3,00 m	3,00 m	4,00 m	5,00 m	5,00 m
2	Comprimento máximo do balanço l_0	0,50 m	0,60 m	0,60 m	0,60 m	0,70 m
3	Vão máximo l_1	1,80 m	2,00 m	1,90 m	1,80 m	2,00 m
4	Comprimento máximo do balanço l_u	1,20 m	1,40 m	1,30 m	1,20 m	1,40 m
5	Vão máximo l_2 das longarinas	1,60 m	1,50 m	1,40 m	1,30 m	1,20 m
6	Comprimento máximo do balanço l_3	0,80 m	0,75 m	0,70 m	0,65 m	0,60 m
7	Comprimento S_k das estroncas	1,70 m	1,65 m	1,50 m	1,30 m	1,25 m
8	Carga máxima nas estroncas	61 kN	62 kN	70 kN	79 kN	80 kN

**Tabela 6 - Escoramento com pranchas verticais
Longarinas (vigas) de 20 cm x 20 cm - Estronca ϕ 14 cm**

Linha	Grandezas dimensionadas	Espessura S das pranchas				
		5 cm	6,3 cm			7,6 cm
1	Altura máxima h	3,00 m	3,00 m	4,00 m	5,00 m	5,00 m
2	Comprimento máximo do balanço l_0	0,50 m	0,60 m	0,60 m	0,60 m	0,70 m
3	Vão máximo l_1	1,80 m	2,00 m	1,90 m	1,80 m	2,00 m
4	Comprimento máximo do balanço l_u	1,20 m	1,40 m	1,30 m	1,20 m	1,40 m
5	Vão máximo l_2 das longarinas	2,30 m	2,20 m	2,00 m	1,80 m	1,70 m
6	Comprimento máximo do balanço l_3	1,15 m	1,10 m	1,00 m	0,90 m	0,85 m
7	Comprimento S_k das estroncas	1,90 m	1,85 m	1,65 m	1,45 m	1,40 m
8	Carga máxima nas estroncas	88 kN	91 kN	100 kN	111 kN	114 kN

13 Acompanhamento e instrumentação

Entende-se por acompanhamento a observação detalhada da escavação e de sua área de influência. A necessidade de instrumentação deve ser analisada para cada caso, devendo haver no projeto de escavação uma justificativa para sua utilização ou não. No caso da necessidade de utilização de instrumentação, devem ser definidos os objetivos a que se propõe, que basicamente podem pertencer aos seguintes grupos:

a) relacionada à segurança:

- visa acompanhar possíveis alterações no estado de equilíbrio da área de escavação e de estruturas próximas, durante e após a execução da obra. As medições realizadas podem permitir a tomada, em tempo hábil, de providências eventualmente necessárias, tendo em vista o risco de perda de vidas, vias e propriedades;

b) relacionada à verificação das hipóteses adotadas no projeto de escavação e pesquisa:

- visa permitir a comparação dos valores medidos com os adotados ou calculados no projeto e o aperfeiçoamento dos métodos de previsão, bem como a reavaliação dos projetos, durante a execução.

13.1 Programa de instrumentação

13.1.1 Função do que se pretende observar em cada caso, sendo portanto necessário fixar inicialmente os pontos críticos a serem medidos, os elementos necessários à interpretação e então definir o programa de instrumentação adequado. Para a definição deste programa, deve ser levado em consideração:

a) presença de máquinas e construções vizinhas (fundações, dutos, galerias, etc.);

b) complexidade geológica, geotécnica e hidrologia do subsolo;

c) tipo de solução de escavação e/ou de contenção adotada e fases de execução, com detalhes;

d) porte e importância da obra, incluindo o risco de perdas de vidas, vias e propriedades.

13.1.2 O programa de instrumentação, caso necessário, deve acompanhar o projeto de escavação, devendo apresentar:

a) definição dos pontos a serem medidos, do objetivo da instrumentação proposta e dos elementos necessários à interpretação (tempo, cotas, proximidades de rios, etc.);

b) localização dos instrumentos (em planta e seção transversal);

c) detalhamento dos instrumentos; deve ser levado em consideração:

- características físicas do aparelho, incluindo sensor e sistema de medida;

- procedimento de instalação;

- influências externas, como por exemplo: temperatura, corrosão, efeito de vibrações, etc.;

- processos de cálculo, incluindo o processo numérico empregado e o processo de análise das leituras, para seleção daquelas que vão ser efetivamente utilizadas;

- cronograma de leituras; a frequência do acompanhamento é função das etapas da escavação, devendo ser observada a tendência dos resultados obtidos.

13.1.3 Na elaboração do programa de instrumentação, devem ser conhecidas as potencialidades e limitações de cada sistema de medida a ser empregado. Usualmente são utilizados os seguintes termos em instrumentação:

- a) acurácia (ou correção):
 - indica quanto uma medida aproxima de seu valor real;
- b) precisão:
 - a precisão do aparelho de medida indica quanto cada uma, de um conjunto de observações para o mesmo evento, se aproxima da média do conjunto de observações;
- c) sensibilidade:
 - menor unidade de medida detectável pelo aparelho;
- d) erro:
 - diferença entre o valor observado e o valor real da quantidade que está sendo medida.

13.2 Resultados

Os resultados obtidos com a instrumentação da escavação e estruturas próximas visam em geral quantificar:

- a) deslocamentos verticais (recalques) e horizontais de estruturas;
- b) movimentos de abertura de fissuras;
- c) deslocamentos relativos de estruturas;
- d) deslocamentos superficiais e profundos de maciços de solo e rocha;
- e) distribuição de tensões em regiões críticas na área de influência da escavação ou em estruturas a ela associadas;
- f) tensões e deformações em tirantes, no caso de obras ancoradas;
- g) demais grandezas necessárias à interpretação de alguma informação específica.

13.3 Tipos de instrumentação

Os tipos de instrumentação mais difundidos no acompanhamento são:

13.3.1 Pinos de referência (ver Figura 8)

Utilizados em estruturas para o controle de recalques, medindo-se deslocamentos em relação a um marco de referência (Bench-Mark).

13.3.2 Marco de referência (Bench-Mark) (ver Figura 9)

Deve ser instalado, fora ou dentro do perímetro da obra, a salvo de influências de vibrações ou quaisquer outros fatores que possam alterar suas características de referencial.

13.3.3 Medidores de convergência

São medidores de deslocamentos relativos (geralmente horizontais) entre duas estruturas ou entre partes da mesma estrutura.

13.3.4 Fios de prumo

Utilizados para medições de deslocamentos horizontais de pontos da estrutura, com relação a um ponto da fundação suficientemente profundo para poder ser considerado como referência fixa. Os fios de prumo podem ser invertidos ou não, e o sistema de medições dos deslocamentos deve ser feito em função da precisão desejada.

13.3.5 Inclinômetros

13.3.5.1 Utilizados para medir deslocamentos horizontais do maciço ou estruturas, a partir da medida dos deslocamentos de tubo instalado no terreno ou estrutura.

13.3.5.2 Basicamente consiste de um pêndulo agindo sob ação da gravidade, que mede a inclinação de um "torpedo" (no interior do qual está instalado) em relação à vertical, por meio de sinal elétrico, transmitido a um equipamento de leitura, na superfície do terreno.

13.3.6 Tassômetros (ver Figura 10)

Utilizado na medição de recalques, com a finalidade de se controlar as movimentações do terreno em profundidade prefixadas.

13.3.7 Instrumentação de obras ancoradas

Deve ser feita através de dois tipos de medições:

- a) de deslocamentos;
- b) de cargas nas ancoragens.

13.3.7.1 Para medição de deslocamentos (ver Figura 11):

- a) com instrumentos topográficos de precisão;
- b) fio de prumo;
- c) ancoragens de referência
 - mede-se deslocamentos horizontais absolutos das estruturas ancoradas;
- d) observação do movimento de juntas
 - através de marcos, selos de gesso ou de argamassa de cimento e placas metálicas coladas na estrutura.

13.3.7.2 Para medições de cargas (ver Figura 12):

a) células de carga:

- instaladas entre a cabeça da ancoragem e a placa de distribuição de tensões, apresentam, em geral, formato de anel achatado ou de almofadada plana, perfurada na parte central, sendo instaladas conjuntamente com a ancoragem. Podem ser, quanto ao funcionamento: mecânicas, fotoelásticas, elétricas e hidráulicas;

b) conjunto macaco-bomba aferido:

- o mesmo sistema utilizado para dar protensão às ancoragens;

c) ancoragem instrumentada com Strain-gages:

- mede-se a carga atuante na barra ou fio, através do deslocamento do aço;

d) alongômetros:

- haste instalada dentro do tubo de injeções. Mede-se a variação do alongamento do trecho livre da ancoragem.

13.3.8 Piezômetros

Utilizados para medição de pressões de água em profundidades fixadas. Devem ser escolhidos em função do tempo de resposta da leitura desejado, devendo ser instalados com certa antecedência ao início das escavações. Os tipos de piezômetros mais utilizados são:

a) de tubo aberto - tipo Casagrande (ver Figura 13);

b) hidráulicos;

c) elétricos.



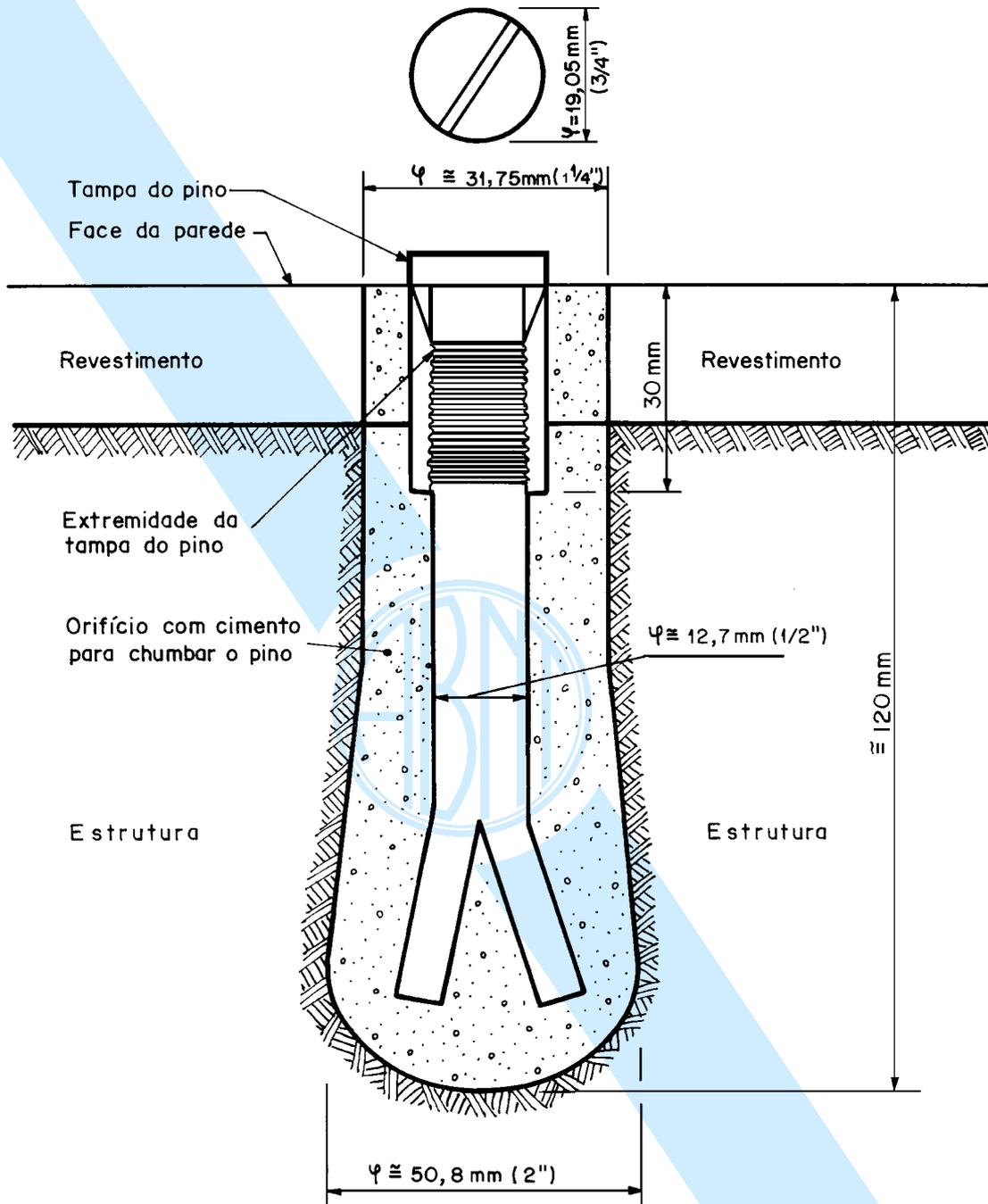


Figura 8 - Esquema do pino e instalação

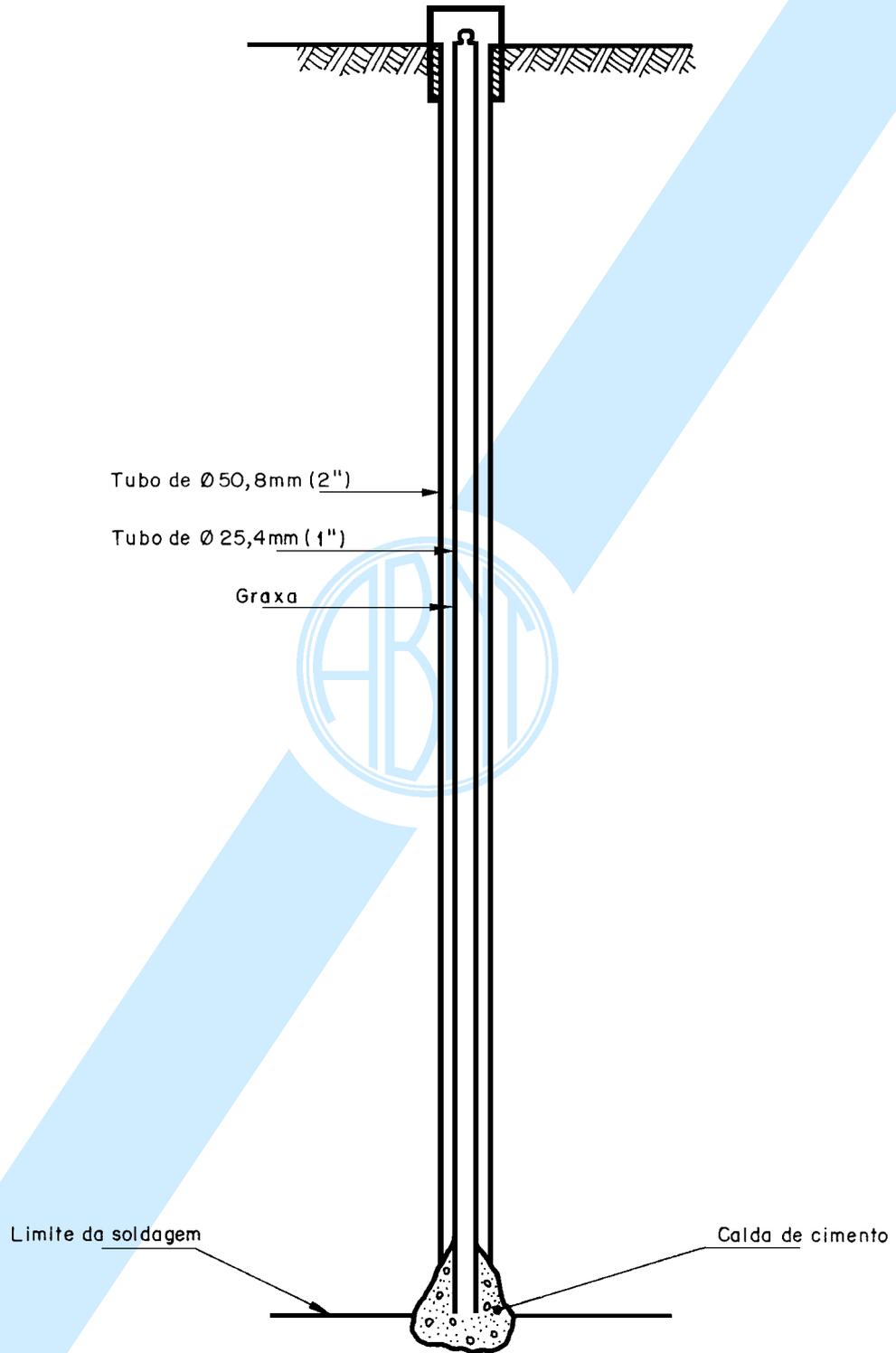


Figura 9 - Esquema do marco de referência (Bench-Mark)

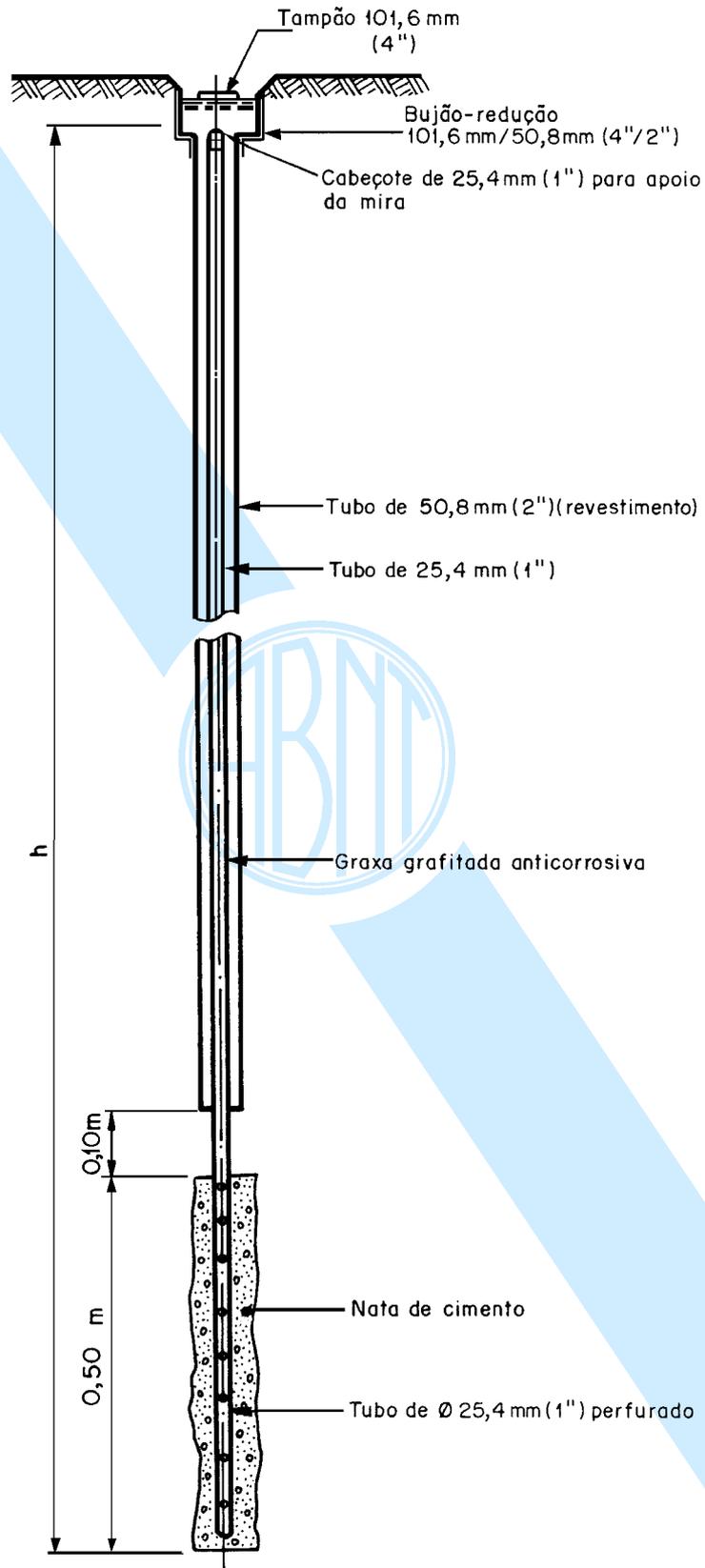


Figura 10 - Esquema do tassômetro de haste (medidor de recalques)

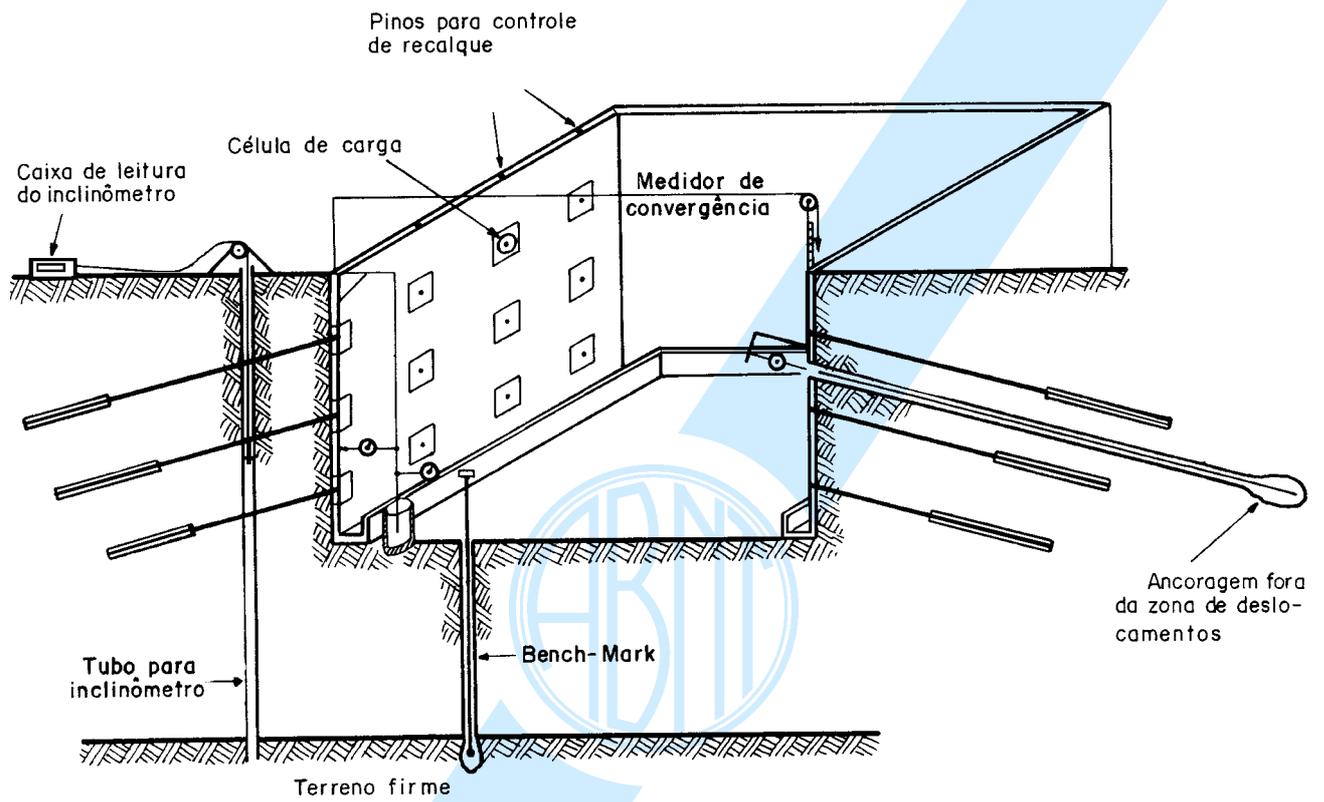
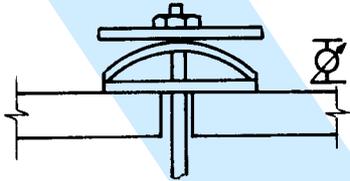


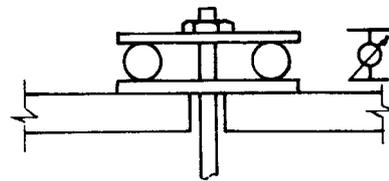
Figura 11 - Esquema de instrumentos de medição de deslocamentos

CÉLULAS MECÂNICAS

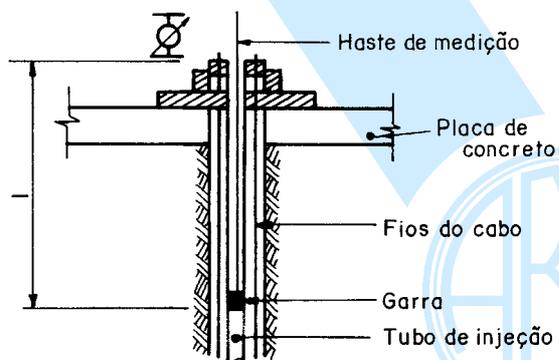
SISTEMA DE MOLAS PRATO



SISTEMA DE CILINDROS METÁLICOS



ALONGÂMETRO



EXTENSÔMETROS ELÉTRICOS OU ACÚSTICOS FIXADOS À ANCORAGEM

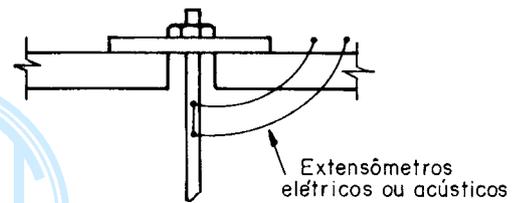
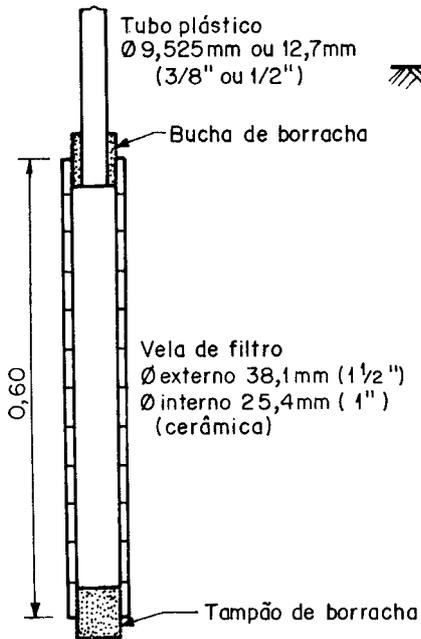


Figura 12 - Esquemas de instrumentos de medição de cargas em ancoragens

Unid.: m

DETALHE A
Ponteira do piezômetro
(vela de filtro)



DETALHE B
Ponteira do piezômetro
(tubo com tela)

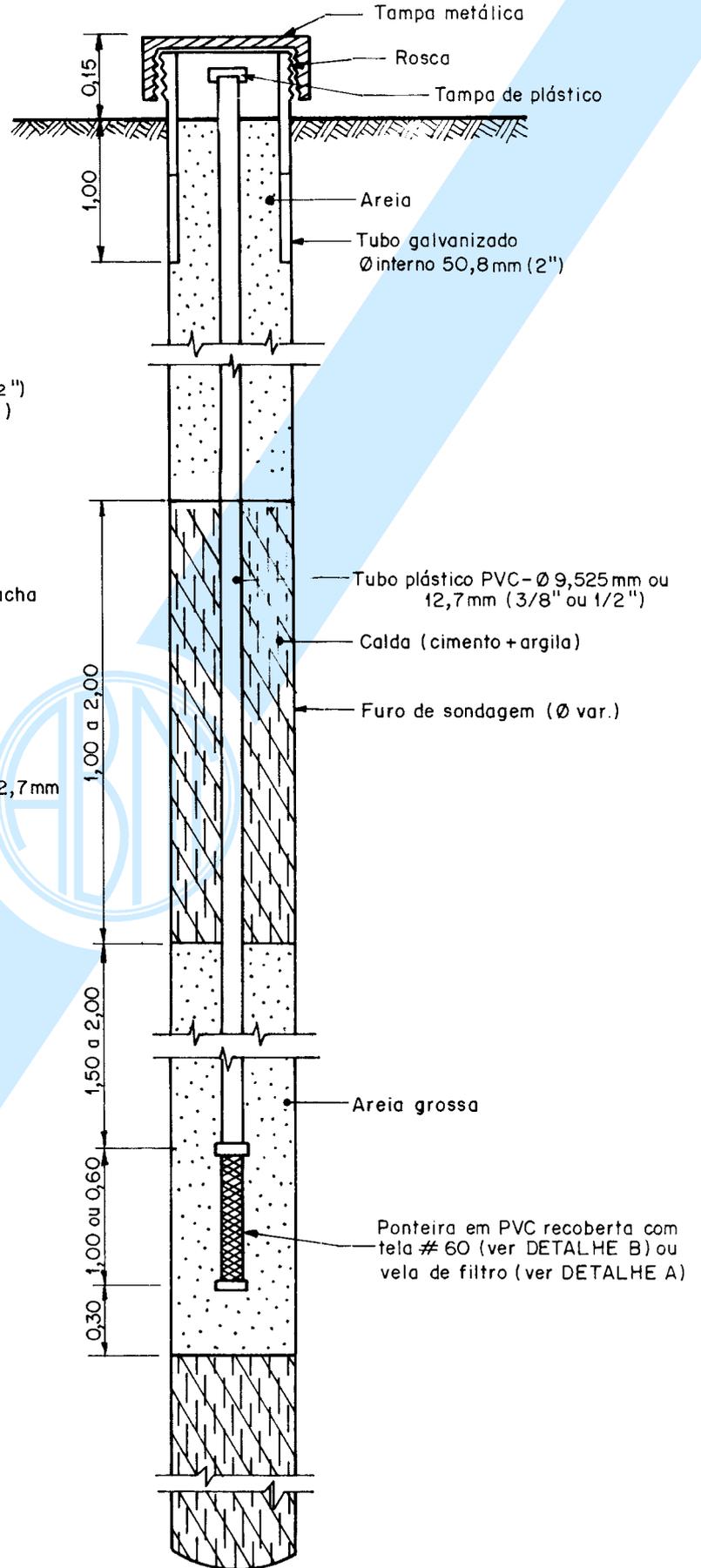
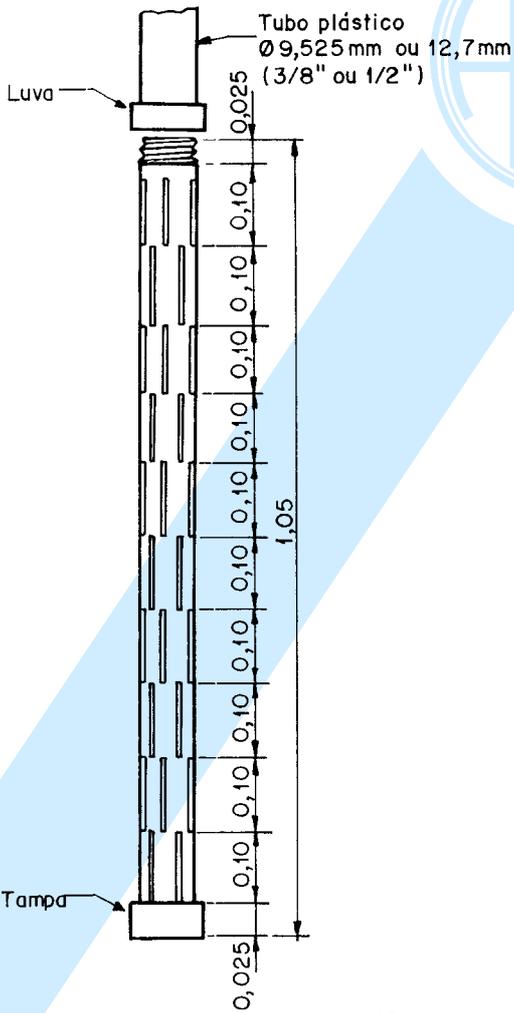


Figura 13 - Esquema do piezômetro tipo Casagrande