



## A Solotrat Engenharia esclarece

Os métodos construtivos descritos neste Manual Técnico retratam a nossa prática cotidiana de pesquisa e desenvolvimento de métodos mais eficazes de execução. Por este motivo, algumas metodologias executivas aqui descritas estão sendo modificados em CAMPO e podem não refletir a mesma Metodologia que consta no Manual Técnico, porem refletirão uma metodologia mais moderna e eficiente. Um exemplo é a injeção dos grampos, onde no início eram utilizadas mangueiras em todo o comprimento do grampo e que de uns anos para cá introduzimos a SETORIZAÇÃO das mangueiras de injeção.

Hoje as injeções setorizadas são realizadas de uma só vez, observando sempre o consumo excessivo e possíveis vazamentos na bainha, quando a injeção será interrompida.

A NORMA TÉCNICA de SOLO GRAMPEADO está prestes a ser editada, e nosso Manual continuará a dar detalhes executivos, que a NT deixa a critério dos Projetistas e Executores.

As mudanças ora em uso e outras que virão, serão incorporadas na sétima edição do Manual Técnico Solotrat.

Eng.º George Joaquim Teles de Souza  
Diretor

# Solo Grampeado

## ÍNDICE

1. Definição
2. Norma
3. Método construtivo
4. Chumbador
5. Revestimento em Concreto Projetado
6. Drenagem
7. A importância do Chumbador Vertical
8. Controle
9. Equipe de Trabalho
10. Manutenção do Solo Grampeado
11. Modelo de Boletim de Execução

## 1. DEFINIÇÃO

Solo grampeado é uma técnica de melhoria de solos, que permite a contenção de taludes por meio da execução de chumbadores, concreto projetado e drenagem. Os chumbadores ou grampos, promovem a estabilização geral do maciço, o concreto projetado dá estabilidade local junto ao paramento e a drenagem age em ambos os casos (Figura 1).



Figura 1 - Estabilidade geral do maciço.

Esta técnica se aplica a:

- Cortes para implantação de subsolos ou cortes com geometria instável (Figura 2).



Figura 2 - Implantação de shopping.

- Taludes existentes sem estabilidade satisfatória (Figura 3)



Figura 3 - Taludes Instáveis

- Taludes rompidos (Figura 4).



Figura 4 - Taludes rompidos



Figura 5 - Fases construtivas em corte. Exemplo de escavação mecanizada.

## 2. NORMA

A norma específica da ABNT, está sendo preparada.

## 3. MÉTODO CONSTRUTIVO

O solo grampeado tem início com a execução de chumbadores verticais, como medida de melhoria do solo e pré contenção. Segue com o corte descendente do solo na geometria do projeto (Figura 5), excetuando-se os casos de taludes pré-existentes. Continua com a execução da primeira linha de chumbadores e aplicação do revestimento de concreto projetado.

Caso o talude já esteja cortado pode-se trabalhar de forma descendente ou ascendente, conforme a conveniência. Simultaneamente ao avanço dos trabalhos, são executados os drenos profundos e os de paramento, assim como canaletas ou descidas d'água, conforme especificado no projeto.

## 4. CHUMBADOR

### 4.1 Definição

Chumbadores ou grampos conforme mostra a Figura 6, são peças moldadas no local por meio de operações de perfuração feitas com equipamento sobre carreta ou de porte manual, e instalação e fixação de armação metálica, com injeção de calda de cimento sob pressão.

A figura 7, mostra os passos para sua construção.

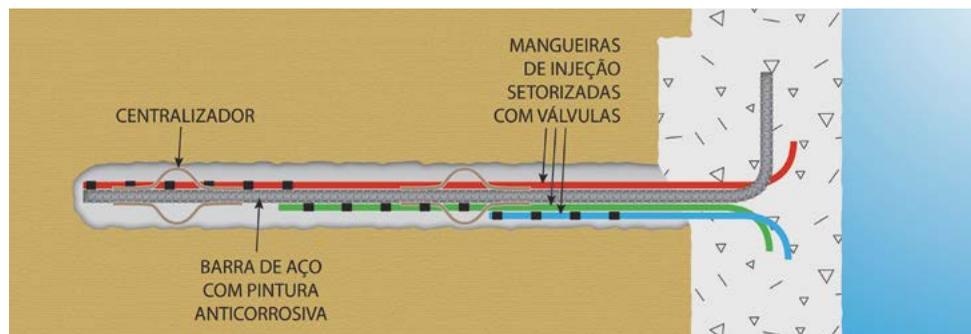


Figura 6 - Partes constitutivas do Chumbador

#### 4.2 Perfuração

Os grampos, na grande maioria dos casos, são moldados "in loco", por meio das operações de perfuração e fixação de armação com injeção de calda de cimento. As perfurações são normalmente executadas por equipamentos, pesando entre 50 e 1000 kgf, portanto leves, de fácil manuseio, instalação e trabalho sobre qualquer talude. Como fluido de perfuração e limpeza do furo, poderá ser utilizada água, ar, lama, ou nenhum deles em se optando por trados helicoidais contínuos. O sistema mais comum é aquele por lavagem com água. A depender da profundidade do furo, diâmetro, área de trabalho, pode-se optar por perfuratrizes tipo sonda, "crawlair", "wagon drill", ou até perfuratrizes manuais. Os chumbadores têm usualmente inclinação abaixo da horizontal variando de 5° a 30° com diâmetro de perfuração de 75 mm.

A escolha do método de perfuração deve ser tal que a cavidade perfurada permaneça estável até que a injeção esteja concluída. Caso se utilize lamas estabilizantes, deve-se assegurar o não prejuízo do atrito lateral. Normalmente a lavagem da cavidade com calda de cimento atinge este objetivo. Recomenda-

se nestes casos maior frequência dos ensaios de arrancamento.

#### 4.3 Armação

Concluída a perfuração, segue-se a instalação e fixação das barras. Estas podem ser metálicas, de fibras de vidro resinadas, ou similares. O elemento fixado no furo não deverá perder suas características de resistência ao longo do tempo. No caso de peças metálicas, elas deverão receber tratamento anticorrosivo adequado, usualmente resinas epóxicas, ou proteção eletrolítica e a calda de cimento. No caso das barras de fibra dispensa-se tal cuidado. Ao longo destes elementos deverão ser instalados dispositivos centralizadores, que garantam seu contínuo e constante recobrimento com a calda de cimento. Usualmente são utilizadas barras de aço de construção civil. As mangueiras de injeção são fixadas ao longo das barras. Estas devem dividir os trechos de injeção conforme especificado em projeto. Caso não esteja definido sugere-se em pelo menos três trechos. Esta mangueira comumente de polietileno, tem de 8 a 10 mm de diâmetro ao longo da qual estão dispostas válvulas de injeção instaladas entre 30 e 50 cm, até 1,5m da boca do

furo. A figura 7 ilustra a construção do grampo.

#### 4.4 Injeção

A injeção do grampo em fases ou setores, poderá ser realizada por fluido cimentante qualquer. Usualmente são empregadas calda de cimento ou resinas. Normalmente se utiliza uma calda com elevado teor de cimento para solos, reservando as resinas para materiais rochosos.

A primeira fase de injeção denominada bainha, compreende o preenchimento do furo e a introdução da barra. Alternativamente pode-se realizar o preenchimento do furo com calda de cimento após a instalação da barra. Por meio de tubulação acessória cuja extremidade é posicionada na parte inferior da perfuração é injetada a calda de cimento de baixo para cima preenchendo totalmente a cavidade.

A injeção por fases ou setores, se dá por meio das mangueiras perdidas que foram instaladas juntamente com a barra de aço. É executada em fase única, medindo-se para cada trecho a pressão de injeção e o volume injetado.

Seguem as ações básicas utilizadas no processo da injeção:

- Entre 6 e 24 horas após o término da bainha inicia-

se as fases de injeção.

- Adota-se o traço da calda a/c entre 0,5 e 0,7 em peso.
- Prepara-se um volume de calda equivalente ao traço produzido por 1 a 2 sacos, ou seja, entre 40 e 100 litros em misturador de alta turbulência, maior ou igual a 1750 rpm.
- Inicia-se a injeção na região do setor mais inferior, 1ª fase, considerando como expectativa de consumo o valor prático entre 5 e 15 litros por metro linear de chumbador.
- Mede-se a pressão necessária para injeção daquele volume. Mesmo não

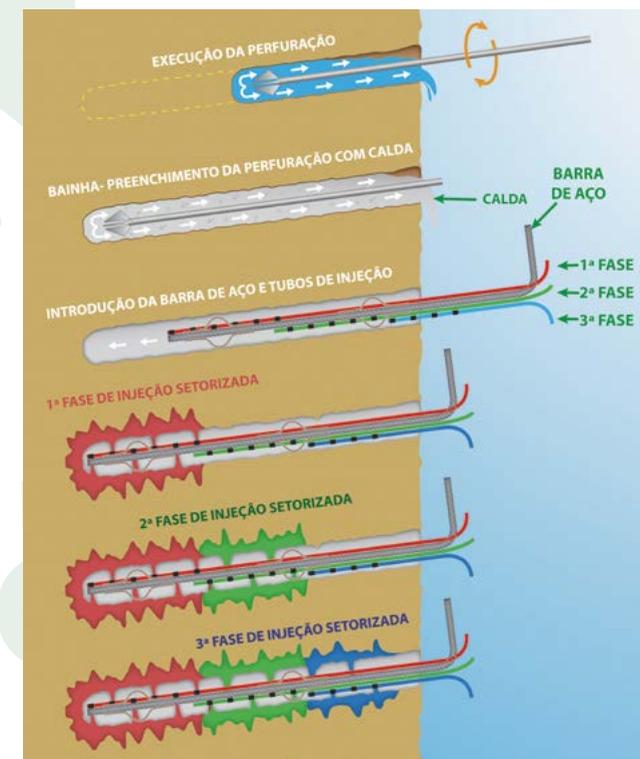


Figura 7 - Fases construtivas do Chumbador: Perfuração, execução da bainha, introdução da barra de aço e tubos de injeção e injeção setorizada.

sendo na mesma região convém aguardar entre 4 e 8 horas para realizar a 2ª fase.

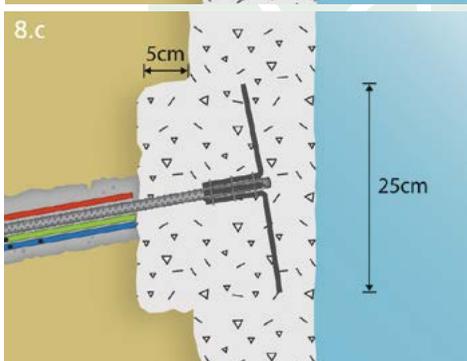
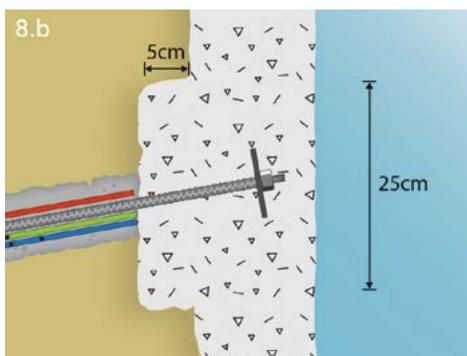
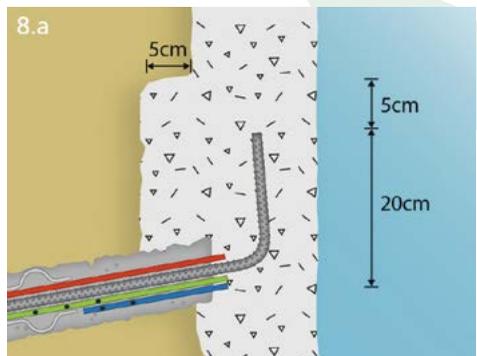
- Observa-se que as pressões poderão ser muito baixas ou até nulas. Neste caso poderão ser necessárias mais fases de injeção, portanto uma nova montagem do chumbador deverá ser preparada na bancada. E ainda, os volumes de injeção acima citados poderão ser ajustados à condição específica do solo.

- Repete-se o passo anterior para 2ª, 3ª, tantas fases quanto previstas no projeto.

- Executor e projetista analisam os dados e definem a continuidade ou ajuste deste procedimento.

Sabe-se que as tensões mobilizadas ao longo do grampo variam ao longo de sua extensão, podendo a carga junto a cabeça se apresentar nula ou muito pequena. As armações normalmente têm sua extremidade superior acabada por meio de uma dobra a 90 graus, podendo também receber placa metálica, rosca e porca, ou ferragem de ligação. Nestes casos são embutidas no revestimento de concreto projetado, sendo neste ponto criada uma escavação pontual adicional para uma melhor acomodação, figura 8.

Os grampos poderão também resultar da cravação de barras, cantoneiras ou



**Figura 8 - Possibilidades de acabamento junto a cabeça do chumbador**

tubo de aço utilizando-se martelos pneumáticos ou manualmente. Não é entretanto a prática brasileira.

## 5. REVESTIMENTO EM CONCRETO PROJETADO

### 5.1 Definição

O concreto projetado é o material com que se reveste o paramento do talude.

Existem duas maneiras de se produzir o concreto projetado: por via seca e por via úmida. A diferença básica está no preparo e condução dos componentes do concreto:

- Via seca: preparo a seco. A adição de água é feita junto ao bico de projeção, alguns instantes antes da aplicação;

- Via úmida: preparado com água e assim conduzido até o local da aplicação.

Ambas as vias utilizam traços e equipamentos com características especiais.

O concreto usual para solo grampeado é o de via seca. O concreto seco deve preferencialmente ser preparado no canteiro de obras, pois sempre haverá concreto à disposição, na quantidade e na hora em que for necessário, figura 9.



**Figura 9 - Arranjo de equipe e equipamento para Concreto Projetado.**

### 5.2 Concreto para Concreto Projetado

O "concreto por via seca" é o resultado da aplicação da mistura do cimento e agregados secos até o ponto de aplicação, onde a água é adicionada. Cimento, areia, pedrisco e aditivos em pó são misturados em betoneira. Aditivos líquidos podem ser misturados na água. Esta mistura é colocada na bomba de projeção, com os aditivos. A massa é então conduzida por ar comprimido em mangote até o local de aplicação. Na extremidade do mangote há um bico de projeção, onde é acrescentada água. Esta mistura é

lançada pelo ar-comprimido, com grande energia, na superfície a ser moldada. Ainda podem ser adicionados ao traço microssilica e fibras de polietileno ou metálicas. Normalmente, a resistência solicitada nos projetos é da ordem de 15 MPa.

Componentes do concreto projetado:

- Agregados: pedrisco ou pedra zero, e areia média. Ambos devem ter a umidade controlada.

- A areia, com umidade em torno de 5%, e nunca inferior a 3%, pois assim não causa poeira. Tampouco superior a 7%, pois assim evita entupimentos do mangote e o início de hidratação do cimento. A areia média não pode ter umidade acima de 5% de grãos finos, e deve ser composta por 60% de grãos médio e de até 35% grãos grossos. Para o pedrisco, a umidade de 2% é suficiente.

- Cimento: pode ser Comum, Pozolânico, Alto Forno, ARI ou ARI-RS, etc dependendo das especificações do projeto. Conforme a necessidade da obra, podem ser utilizados aditivos aceleradores de pega em pó ou líquidos.

- Água: deve estar de acordo com o que recomenda a tecnologia do concreto. Sua dosagem, entretanto, é feita pelo mangoteiro, por meio de registro, instalado junto ao bico de projeção. O volume é o resultado da sensibilidade e experiência adquiridas pelo operador noutras obras.

O controle da resistência do concreto é feito pela extração de corpos de prova de placas moldadas na obra.

### 5.3 Equipe de aplicação de Concreto Projetado

Os aplicadores de concreto têm extrema importância na qualidade do serviço. Neste trabalho é usual termos dois especialistas: o mangoteiro e o bombeiro. O bombeiro está sempre junto à bomba de projeção, ajustando-a conforme os desgastes ocorrem e verificando o correto fornecimento do volume e pressão do ar comprimido.

O mangoteiro é quem aplica o concreto, em movimentos contínuos, circulares, dirigidos ortogonalmente à superfície, dela distante de 1 m. Além disso, o mangoteiro regula a água e tem sensibilidade para perceber oscilações nas características de vazão e pressão do ar.

### 5.4 Equipamentos

Para via seca são necessários, pelo menos, os equipamentos e acessórios, conforme a montagem convencional mostrada na Figura 9.

- Bomba de projeção: recebe concreto seco adequadamente misturado e o disponibiliza para aplicação. Os equipamentos devem estar em perfeitas condições de trabalho. Peças de consumo devem estar com desgaste aceitável e a máquina sempre bem ajustada.
- Compressor de ar: acoplado à bomba de projeção, fornece ar comprimido em vazão e pressão corretas para conduzir o concreto até o local da aplicação. A prática brasileira é de que para qualquer diâmetro de mangueira ou vazão de trabalho, a pressão característica do

compressor seja de 0,7 MPa. Este valor lido no compressor, quando da projeção do concreto, não pode ser inferior a 0,3 MPa. Desta forma, para distâncias de até 50 m temos, como condição mínima, os valores expressos na Figura 10.

- Bomba de água: fornece água em vazão e pressão junto ao bico de projeção. Pode ser substituída pela rede pública de fornecimento de água. Deve fornecer água junto ao bico de projeção com pressão pelo menos 0,1 MPa superior àquela dos materiais em fluxo.

Vazão do compressor (pcm)	Diâmetro do mangote da máquina de projetado	Pressão de ar necessária (MPa) máx
350	1½"	0,7
600	2"	0,7
700	2½"	0,7

Figura 10 - Condição de operação do compressor

- Mangote: duto de borracha por onde o concreto é conduzido desde a bomba até o ponto de aplicação.
- Bico de projeção: peça instalada na extremidade de saída do mangote junto à aplicação.
- Anel de água: componente do bico de projeção pelo qual se adiciona água ao concreto.
- Bico pré-umidificador: instalado a cerca de 3 m do bico de projeção, visa fornecer água ao concreto seco antes do ponto de aplicação. Sua utilização é ocasional.

Acessórios como mangotes, bicos, anéis d'água, pré-umidificadores e discos devem estar em plenas condições de uso, conforme especificação de fabricantes e fornecedores.

### 5.5 Armação do Concreto Projetado

A tendência da armação do concreto projetado é a aplicação de fibras de polietileno ou metálicas, ao invés da tela eletrosoldada. Este procedimento se iniciou na década de 90, quando as fibras de aço passaram a ser adicionadas diretamente na betoneira. A partir de 2001, as fibras metálicas foram substituídas por fibras sintéticas de polietileno. Em nenhum dos casos houve necessidade de mudança nos equipamentos. Ocorreu redução na equipe de trabalho, pois não mais houve necessidade de mão-de-obra para preparo e instalação das telas.

O concreto aplicado com as fibras se ajusta perfeitamente ao corte realizado no talude, acompanhando as superfícies

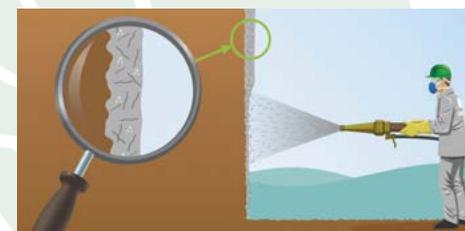


Figura 11 - Aplicação do Concreto Projetado com fibras adaptando às irregularidades do terreno.

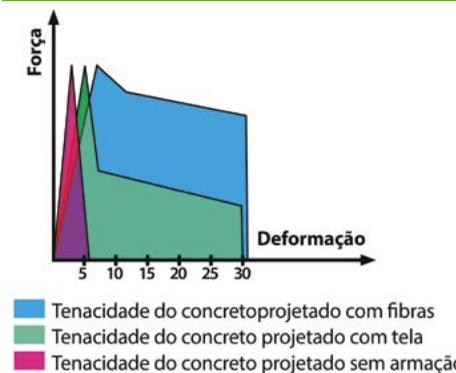


Figura 12 - Comparação entre a tenacidade do Concreto Projetado, com fibras e sem armação.

irregulares, figura 11.

A presença das fibras produz concreto extremamente tenaz com baixa permeabilidade. A figura 12 apresenta valores de tenacidade do concreto projetado com fibras, tela e sem armação.

As fibras agem homoganeamente, no combate às tensões de tração desde o início da cura. Mesmo para a fibra metálica, não há cuidado especial com a corrosão, pois se limita àquela fibra que está em contato com a atmosfera, não afetando as outras imersas no concreto.

As telas eletrosoldadas têm sua instalação feita em uma ou duas camadas, conforme especificado em projeto. Aplica-se o concreto em fases conforme a instalação das telas. A primeira camada com a primeira tela, a segunda camada entre a primeira e a segunda tela, e a camada final. Telas podem ser instaladas antes do concreto. Entretanto, é preciso cuidado especial para evitar que elas funcionem como anteparo e promovam vazios atrás das mesmas, figura 13.

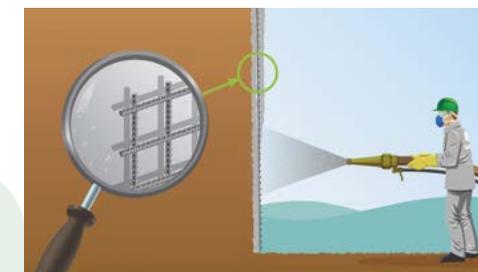


Figura 13 - Vazios atrás da tela.

### 5.6 Juntas do Concreto Projetado

Não existe uma regra para a execução de juntas para o concreto projetado. Raros projetos sugerem sua aplicação, mas quase sempre quando não é feita, a

natureza a faz. Desta forma a aparência fica muito feia, com sensação de problema de instabilidade. Por isso sugerimos que sempre sejam feitas juntas.

### 5.6.1 Juntas horizontais

A prática da execução das juntas horizontais é que sejam frias. A camada de concreto deve ser aplicada de cima para baixo em forma de cunha a cada fase de aplicação sucessivamente, figura 14.

#### Sequência de aplicação do concreto projetado: juntas frias 1, 2, 3...

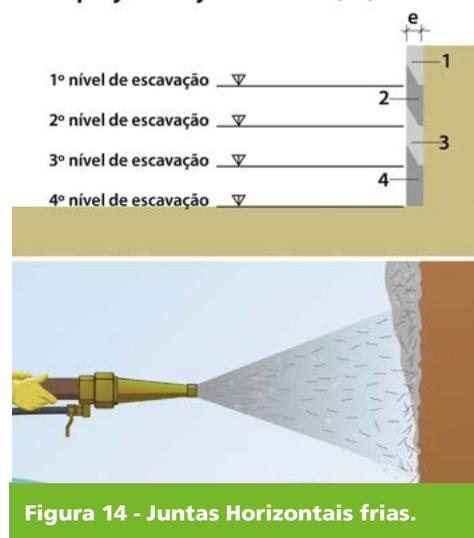


Figura 14 - Juntas Horizontais frias.

### 5.6.2 Juntas Verticais frias

A prática é que sejam sempre executadas juntas verticais. Sugere-se a construção de juntas com espessura entre 1 a 2 centímetros de largura. Sua profundidade não precisa ter a espessura total do concreto projetado, pode variar entre 3 e 6 cm, completada com o risco feito com a colher de pedreiro ou fria com molde de madeira. O espaçamento entre juntas varia entre 2 e 10 espaçamentos de uma

coluna de chumbadores sempre no eixo do dreno vertical de paramento. Assim sendo eventuais fluxos de água terão um caminho preferencial muito fácil, figura 15.

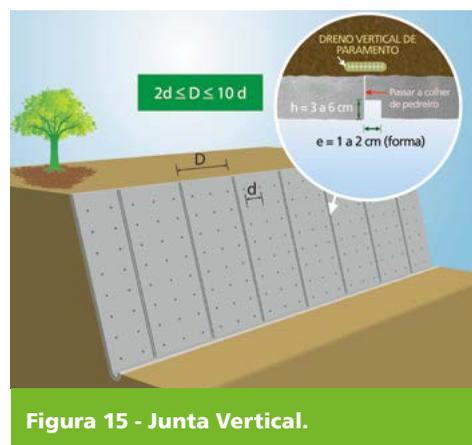


Figura 15 - Junta Vertical.

## 6. DRENAGEM

### 6.1 Definição

O sistema de drenagem do Solo Grampeado objetiva oferecer um fluxo ordenado para as águas internas ou externas que a ele convergem. Durante a execução devem ser conferidas e ajustadas as posições dos drenos previstos na fase do projeto. Desta forma haverá um correto sistema de drenagem. Para a drenagem profunda usa-se o Dreno Sub-Horizontal Profundo, DHP.

Para a drenagem de superfície aplicam-se os drenos de paramento e as canaletas.

### 6.2 Dreno Profundo

É um elemento que capta as águas profundas e distantes da face do talude antes que nele aflorem. Ao captá-las, são conduzidas ao paramento e despejadas nas canaletas. Tem comprimentos variáveis normalmente, entre 6 e 24 metros, conforme figura 16.

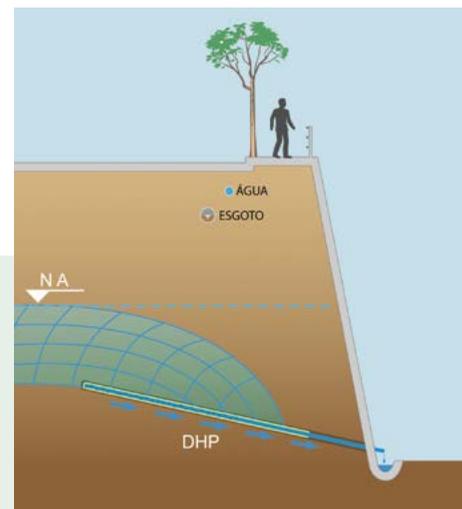


Figura 16 - Drenagem Profunda - DHP.

Os "drenos sub-horizontais profundos", DHP, resultam da instalação de tubos plásticos drenantes, de 32 a 50 mm, em perfurações no solo de 64 a 100 mm. Estes tubos podem ter somente microrranhuras em torno de 0,4 mm, sem recobrimento por manta ou tela, ou perfurações recobertas por manta geotêxtil ou por tela de nylon. Visando comparar o tipo de tubo drenante que pode ser usado no DHP, foi realizado um estudo comparativo entre o "dreno Geotécnica" e o "dreno ranhurado". O dreno Geotécnica era o dreno executado pela empresa Geotécnica S.A, precursora na execução de serviços geotécnicos no Brasil. O "dreno Geotécnica" resulta de se executar perfurações de 12,5mm diametralmente opostas a cada 60 milímetros, duas a duas ortogonais, em tubo PVC de 50mm. São cobertas por duas camadas de tela de nylon, malha 30. Para um comprimento de 50cm resulta numa área perfurada de 20,44 cm<sup>2</sup>. O "dreno ranhurado" resulta da execução de rasgos de 0,4 mm com 35 mm de extensão a cada

19 mm, sem envolvimento por qualquer tipo de tela. Resulta em 50cm numa área perfurada de 3,36 cm<sup>2</sup>. Observa-se que no "dreno ranhurado" as ranhuras são somente executadas na parte superior do tubo, conforme figura 17.

Testes comparativos de medida de vazão dos dois tipos de dreno estão ilustrados



Figura 17 - Dreno Geotécnica ou Dreno Ranhurado

na figura 18. Foi adaptado num tambor o dreno a ser ensaiado. Com camada de areia de 20cm acima da geratriz superior do tubo e gradiente hidráulico de 30cm, as vazões obtidas foram muito próximas entre 0,4 e 1,0 litro por minuto. Desta forma consideramos indiferente o uso de um tipo ou outro.

### 6.3 Dreno de Paramento

São peças que pretendem promover o adequado fluxo às águas do talude que chegam ao paramento. Temos o dreno linear contínuo e o barbacã, conforme figura 19.

O dreno linear contínuo é resultado da instalação, numa escavação, de calha

plástica drenante revestida por manta geotêxtil comercialmente chamada "PVD" ou "dreno fibroquímico", figura 19a. Estende-se continuamente ao longo da direção vertical, da crista até o pé do talude, aflorando na canaleta de pé. É considerada uma drenagem linear.

O dreno tipo barbacã é resultado da

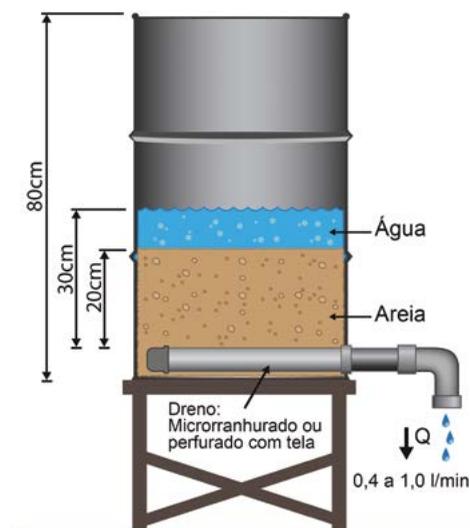


Figura 18 - Teste de vazão.

escavação de cavidade com cerca de 30 x 30 x 30 cm, revestida com geotêxtil e preenchida com material granular, brita ou areia. Do seu interior parte um tubo conforme o dreno geotécnico com diâmetro entre 32 e 50mm, e inclinação horizontal descendente. É considerada uma drenagem pontual, conforme figura 19b.

### 6.4 Dreno de Superfície

São considerados drenos de superfície as canaletas de crista e pé, bem como as de descida d'água. Como nestas peças ocorre acúmulo de águas, seu efeito erosivo

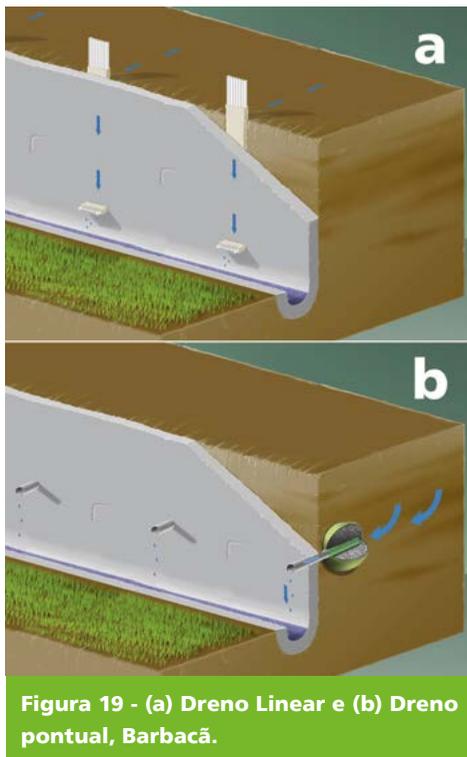


Figura 19 - (a) Dreno Linear e (b) Dreno pontual, Barbacã.

no despejo deve ser cuidadosamente analisado.

### 6.5 Dicas para a Drenagem

A prática usual recomenda que sempre se execute drenagem profunda, de paramento e de superfície, mesmo que não tenha havido indicação de água quando do preparo do projeto. Especialmente nas áreas urbanas onde são reais as possibilidades de vazamentos de redes públicas de águas, esgoto e drenagem. Sugere-se que sempre sejam executados DHP junto à superfície. É fato que as camadas superficiais são muito drenantes, mesmo cobertas com calçadas, justificando sua aplicação, conforme Figura 20.

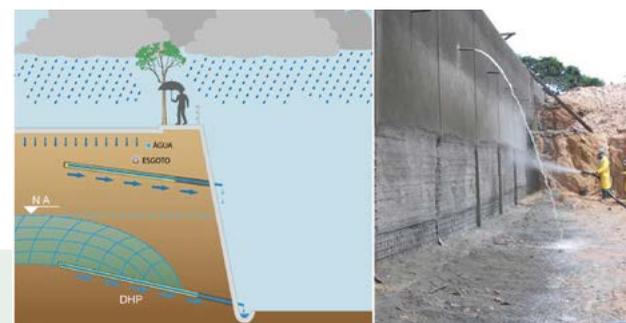


Figura 20 - DHP junto a superfície.

## 7. A IMPORTÂNCIA DO CHUMBADOR VERTICAL

O solo Grampeado tem a característica de ter uma elevada produtividade. Isto demanda uma grande velocidade de escavação. Para tanto cuidados devem ser tomados. Escavar alternadamente entre chumbador de um nível qualquer de escavação deixando bermas é recomendável. Porém assim teremos na obra o maior inimigo da produtividade.

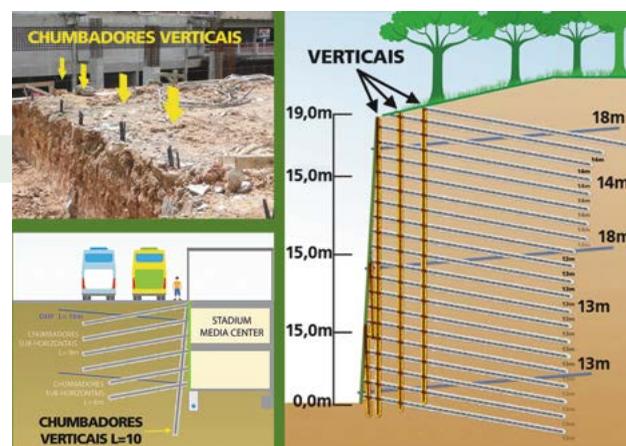


Figura 21 - Exemplos de aplicação do chumbador Vertical.

Visando uma ótima produtividade passou-se a executar chumbadores verticais, previamente a escavação junto ao alinhamento da contenção. Estes têm o mesmo espaçamento horizontal do chumbador, e o comprimento mínimo igual a altura da escavação acrescido de cerca de 1,0 metro, conforme figura 21.

## 8. CONTROLE

### 8.1 De execução

Não existe até o presente momento normalização brasileira que regule o controle de execução. Para construção do grampo considera-se de fundamental importância que a armação esteja centrada e com o recobrimento totalmente seguro. Garantir-se que não tenha havido perda de calda ou resina, observando-se minutos após a injeção junto à boca do chumbador se não houve decantação.

Aceita-se um erro de deslocamento local de até 15% da distância horizontal ou vertical, no posicionamento do grampo. Porém deverá ser mantida a quantidade de grampos prevista no projeto para a área contida. Não há necessidade de qualquer controle rigoroso quanto à variação de inclinação podendo-se aceitar valores em torno de 5 graus.

A calda de injeção deverá atender ao projeto, não contendo cimentos agressivos à armação do grampo. O fator água/cimento é ajustado em campo, em função das condições da estabilidade da cavidade perfurada e sua permeabilidade.

A proteção anticorrosiva com tinta epóxica, pintura eletrolítica ou qualquer processo de inibição da corrosão, deverá ser eficiente, mesmo com o manejo das barras. Cada projeto deve avaliar e sugerir como combater a corrosão da barra de aço.

O concreto projetado deverá ter sua espessura controlada por meio de marcos aplicados a cada 4 m<sup>2</sup>. Deverão ser seguidas as Normas Brasileiras de concreto projetado, naquilo que couber.

### 8.2 Ensaio de Tração

Considera-se que somente será possível compreender o mecanismo de trabalho do solo grampeado, e portanto perfeitamente equacioná-lo para as reais condições brasileiras, a partir de análise de resultados de ensaios de campo com medição de tensão e deformação em todos os elementos que compõem o Solo Grampeado.

Ensaio de tração dos grampos devem ser realizados, para a determinação da resistência ao arrancamento, que varia significativamente com o tipo de solo e sua compacidade. Este tipo de ensaio ainda não está normatizado no Brasil. Idealmente, sugere-se que devam ser executados ensaios de arrancamento em grampos curtos com 3 m de comprimento de aderência no solo e 2 m ou mais de trecho livre, especialmente executados para tal. Os ensaios devem ser em número suficiente que possibilite considerar

os diferentes materiais envolvidos na contenção. A Figura 22 indica detalhes de uma montagem.

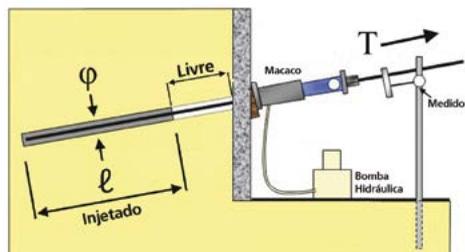


Figura 22 - Montagem de um Ensaio de Tração

Pelo menos devem ser controladas as movimentações através de leituras topográficas em três prumadas do muro. O procedimento ideal inclui também a monitoração por inclinômetros, que permitem o acompanhamento das diferentes etapas construtivas, favorecendo a um entendimento mais completo do comportamento. Sugere-se que tais recomendações sejam adotadas quando não houver orientações específicas no projeto.

Durante a execução devem ser avaliadas e determinadas as posições e fluxos do lençol freático, que dificilmente o são na fase do projeto. Desta forma haverá um correto ajuste no sistema de drenagem.

Também durante a execução devem ser observadas as posições estruturais das camadas de solo em função do corte, ajustando, se necessário, o posicionamento dos grampos.

### 8.3 Medidas de Deformações do Solo Grampeado

O parâmetro internacional que caracteriza a estabilidade do Solo Grampeado é a deformação horizontal da crista.

Usualmente este valor é representado pela relação em porcentagem entre a deformação medida e a altura escavada naquele momento, conforme figura 23.

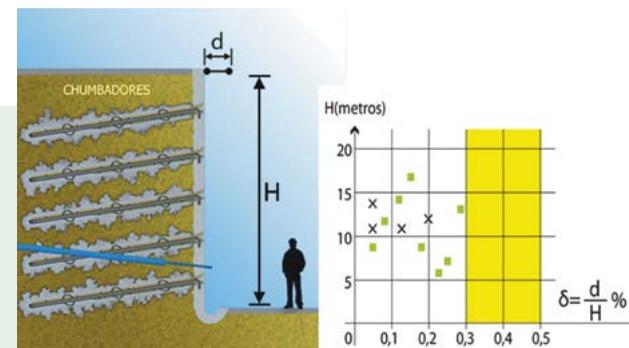


Figura 23 - Índice de Deformação

Embora seja um parâmetro simples de ser obtido no campo, depende de medição por parte de topógrafo ou empresa especializada, freqüentemente na obra. Por isso foi desenvolvido um sistema de medição simples, que pode e tem oferecido dados valiosos. São os extensômetros múltiplos. Construídos como se fossem um tirante composto por 3 fios de 8mm, com cada fio ancorado em pontos diferentes e livres na cabeça. Seus

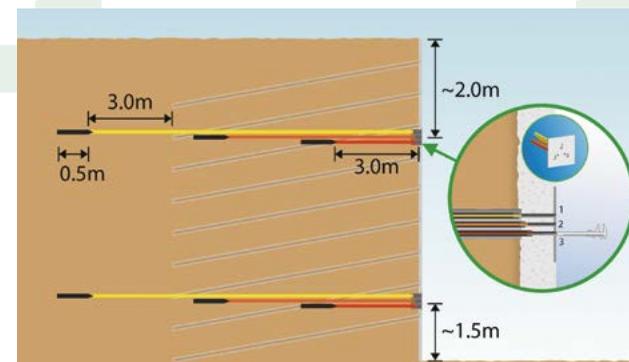


Figura 24 - Extensômetro múltiplo, sua ancoragem e detalhe junto à cabeça.

alongamentos são medidos com relação a parede de concreto, conforme figura 24.

O comprimento de ancoragem das barras é de no mínimo 50cm. Os trechos livres das três barras do extensômetro devem ter os seguintes comprimentos:

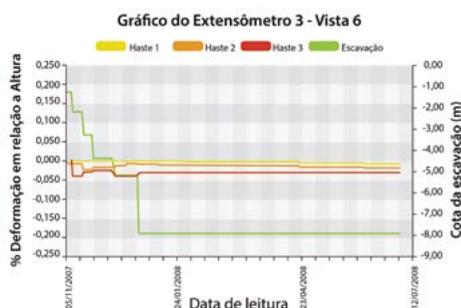
- O maior, 3m além do comprimento do segundo maior chumbador.
- O intermediário, com comprimento médio entre o maior e o menor.
- O menor com, pelo menos, 3m de trecho livre.

A instalação de pelo menos dois conjuntos de extensômetros numa mesma prumada, a 2 metros da crista e outro a 1,5m da base do paramento, pode nos indicar o comportamento da cortina como um todo. As leituras dos extensômetros devem ser diárias durante o avanço da contenção e semanais nos três primeiros meses após o término dos trabalhos. Convém posicioná-los de tal forma que possam ser feitas leituras ao longo da construção da obra, conforme figura 25. Sua apresentação num único quadro indica a posição de escavação, a deformação ou o índice de deformação de cada haste, conforme figura 26.

A despeito de haver na obra o extensômetro múltiplo, sempre devem ser medidas as deformações absolutas da crista em ao menos 3 prumadas representativas da obra.



**Figura 25 - Leitura de Deformação Horizontal.**



**Figura 26 - Apresentação dos dados.**

A execução de inclinômetro sempre que possível oferecerá a melhor informação sobre os movimentos. Durante a obra são fundamentais as visitas constantes do projetista ou do consultor para que se observe a qualidade executiva. Estas visitas visam avaliar premissas de projeto bem como analisar pressões e consumos das injeções dos chumbadores, e ensaios realizados. As propostas acima visam a compilação de informações quando não há recomendações específicas no projeto em execução.

## 9. EQUIPE DE TRABALHO

A equipe mínima para execução do solo grampeado deve ser composta por:

### 9.1 Encarregado geral de serviços

a) Verifica: condições de entrada e movimentação de equipamentos no canteiro da obra; descarregamento de equipamentos, utensílios e ferramentas; instalação da central de trabalho e implantação geral da obra.

b) Verifica programação de execução (sequência executiva) de acordo com características da obra e necessidades do cliente.

c) Coordena o DDS (diálogo diário de segurança) antes do início das atividades diárias e instrui em relação à segurança durante a execução dos serviços.

d) Orienta a locação dos chumbadores, bem como inclinação, direção e instalação do equipamento.

e) Orienta em relação aos procedimentos e acompanhamento de perfuração e injeção.

f) Verifica condições de drenagem superficial e retirada do material escavado da obra, para permitir o livre trânsito dos equipamentos e do pessoal na obra.

g) Obtém do responsável pela obra liberação formal dos serviços a executar, no tocante à sua locação e cotas, à medida que os trabalhos são desenvolvidos.

h) Mantém contato com o representante do cliente no campo com relação às solicitações e providências para a continuidade normal da obra.

i) Aprova o boletim, que é elaborado pelo perfurador e pelo injetador.

### 9.2 Operador de perfuratriz

a) Movimenta o equipamento de acordo com a sequência executiva.

b) Instala o equipamento no furo, observando locação e inclinação.

c) Verifica quantidade e tamanho das hastes ou dos tubos de revestimento colocados para acompanhar a profundidade perfurada.

d) Verifica mudanças de camadas do solo à medida que a perfuração avança.

e) Verifica eventuais perdas d'água durante a perfuração.

f) Elabora registro dos dados de perfuração para inclusão no boletim.

g) Orienta auxiliares de perfuração na utilização do ferramental necessário.

### 9.3 Injetador

a) Prepara calda de cimento, atendendo determinação do projeto.

b) Coordena a conexão da mangueira com o tubo de injeção.

c) Injeta calda em volumes e pressões definidos no projeto.

d) Lança no Boletim os valores de pressão e volumes injetados.

e) Monta e instala barbacãs, drenos de paramento e DHPs.

### 9.4 Mangoteiro

a) Verifica instalação de mangotes, bico projetor e mangueira d'água.

b) Posiciona o bico projetor para que este fique perpendicular entre a superfície e o jato de concreto, mantendo distância da parede entre 1 e 1,5 metro, e fazendo

sempre movimentos circulares.

c) Regula visualmente a água de hidratação do concreto.

d) Controla a espessura final da camada, conforme o projeto.

### 9.5 Operador de bomba de projeção

a) Verifica a instalação adequada do equipamento, conforme recomendação do fabricante.

b) Regula a pressão de contato dos discos e o abastecimento da bomba.

c) Regula a vazão de ar ideal para a projeção do concreto.

d) Realiza procedimentos recomendados tanto no início quanto no término da projeção.

e) Executa desentupimentos eventuais do mangote.

f) Quando o concreto é produzido na obra, fiscaliza a dosagem da mistura.

### 9.6 Auxiliar geral

Auxilia os especialistas nas atividades principais.

### 9.7 Armador (Auxiliar geral)

Distribui, amarra e mantém os espaçamentos entre os ferros e a face do terreno, conforme especificado no projeto.

Obs. Devido à não simultaneidade das tarefas, um mesmo funcionário pode exercer várias funções, desde que esteja qualificado.

Não existe, até o momento, normalização brasileira que regulamente os controles

