

## 6 Metodologia de Instalação, Montagem e execução do Ensaio

### 6.1.

#### Equipamentos e Instrumentação para a Instalação dos Sensores de Deslocamento

##### 6.1.1.

#### Equipamentos de Perfuração e Brocas

Para a perfuração do furo central foi utilizada uma esmerilhadeira tipo Makita modelo GA9020 de 2,200 Watts de potência, com velocidade de 6600 rpm. Na esmerilhadeira foi adaptada uma válvula de controle (ver figura 6.1.b) para permitir a circulação de água dentro do sistema de perfuração e possibilitar a refrigeração das brocas no momento da execução do furo.

Foram utilizadas duas brocas diamantadas, uma de 60 mm de diâmetro e 50 mm de comprimento usada para direcionar e perfurar os primeiros centímetros do furo; e, uma broca maior de 60 mm de diâmetro por 450 mm de comprimento, com a qual se perfurou o comprimento completo do furo. Todos estes equipamentos foram adquiridos na empresa J. Morais Máquinas, e são mostrados na figura 6.1.

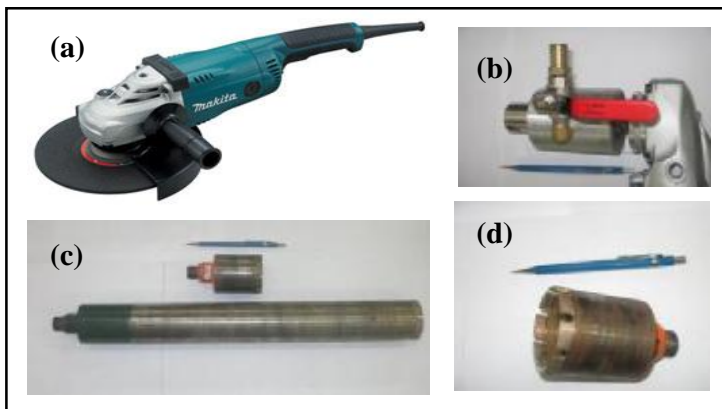


Figura 6.1 – (a) Esmerilhadeira modelo GA9020, (b) válvula para o controle da água do sistema de perfuração, (c) brocas diamantadas de 50 e 450 mm. De comprimento, (d) detalhe dos diamantes na coroa da broca.

### 6.1.2.

#### Martelete e Brocas de Encaixe

Os furos para a inserção dos pinos de aço na rocha foram feitos com um martelete tipo Makita modelo 2450T de 110Volts, com potencia de 780 Watts, 1.100 rpm e impacto de 4.500 ipm. Foram usadas duas brocas de encaixe SDS Plus, a maior de 12 mm de diâmetro e 40 mm de comprimento e uma menor de 12 mm de diâmetro por 10 mm de comprimento.



Figura 6.2 – Martelete e broca de encaixe.

### 6.1.3.

#### Fixador Químico dos Pinos

As fixações dos pinos de aço na rocha foram feitas com chumbadores químicos marca Ancora e aplicados com uma pistola de injeção. Nos chumbadores foi adicionado um catalisador para acelerar o processo de secagem, o qual é de aproximadamente 10 minutos, sendo sua secagem ótima de 12 horas.

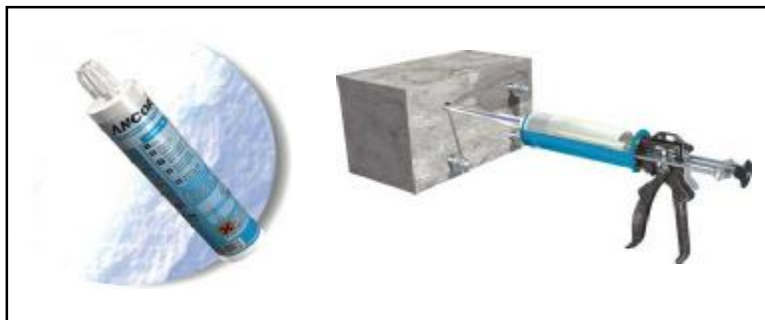


Figura 6.3 – Cimentante químico e pistola de injeção.

#### 6.1.4.

##### **Pinos de Aço e Chapas de Suporte**

Os pinos utilizados para a montagem dos LVDT's, são barras rosqueadas de aço inoxidável de 3/8"(0.95 cm) de diâmetro por 16 fios. Os LVDT's são montados sobre chapas de alumínio as quais são presas aos pinos por porcas de latão, as dimensões das chapas dependem da posição dos transdutores (radiais ou circunferenciais). A figura 6.4 mostra detalhes do sistema de suporte empregado.

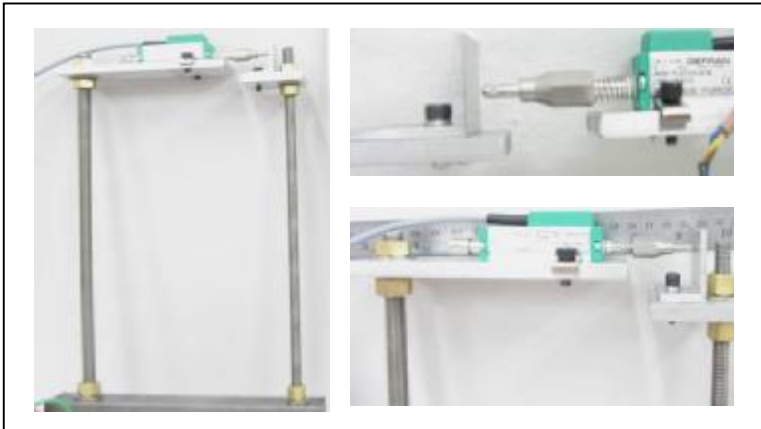


Figura 6.4 – Sistema de suporte para os sensores de deslocamento (LVDTs).

#### 6.1.5.

##### **Gabaritos.**

Para a instalação dos pinos foram utilizados dois gabaritos, o primeiro feito de madeira, no qual foi desenhada a malha usada para a distribuição dos pinos e serviu para marcar o ponto exato onde os pinos deviam ser colocados, na figura 6.5 mostra-se o gabarito mencionado e a forma em que foi empregado. O segundo gabarito é feito de aço e foi utilizado para a fixação dos pinos para garantir o paralelismo que necessariamente deve existir entre cada par de pinos que suporta um LVDT. Os gabaritos de aço e sua forma de emprego são mostrados na figura 6.6.

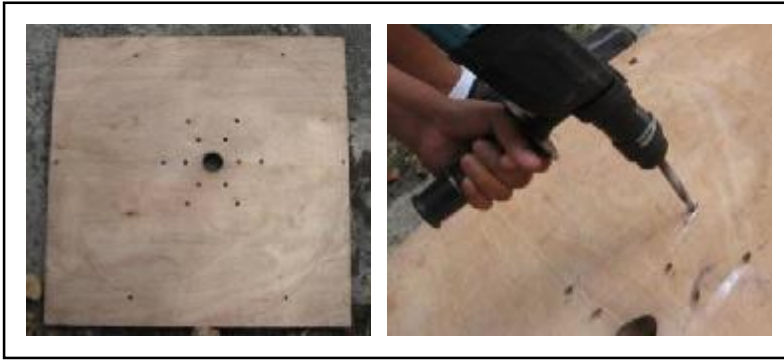


Figura 6.5 – Gabarito de madeira usado para a localização dos pinos e direção dos furos.



Figura 6.6 – Sistema de suporte para os sensores de deslocamento (LVDT's).

## 6.2.

### **Procedimentos para a Instalação dos Equipamentos e Execução do Ensaio**

A metodologia de instalação e montagem desenvolvida nesta pesquisa foi aperfeiçoada e foram feitas novas implementações conforme eram efetuadas experiências em campo.

O primeiro passo para a execução do ensaio foi a perfuração na rocha dos furos aonde vão ser inserido os pinos. Para a localização dos pontos a serem perfurados foi colocado um gabarito de madeira, o qual serve também como guia nos primeiros tramos da perfuração. Com o martetele e a broca de encaixe de 10 cm de comprimento foram feitos furos nos lugares onde posteriormente foram inseridos os pinos, também foi marcado com a broca adiamantada o lugar onde posteriormente ia ser executado o furo central.

Depois do marcados dos pontos, o gabarito foi retirado, e a perfuração foi continuada com as brocas de encaixe de 40 cm, até alcançar uma profundidade de 15 cm.

Logo após a perfuração procede-se à injeção do chumbador químico e a colocação dos pinos. Os pinos foram colocados conjuntamente com os gabaritos de aço para garantir o paralelismo entre eles. Depois do tempo de secagem (aprox. 10 m), procedeu-se à montagem dos suportes e dos LVDT's.

Na figura 6.7 se mostra um esquema com o sistema de fixação dos sensores.

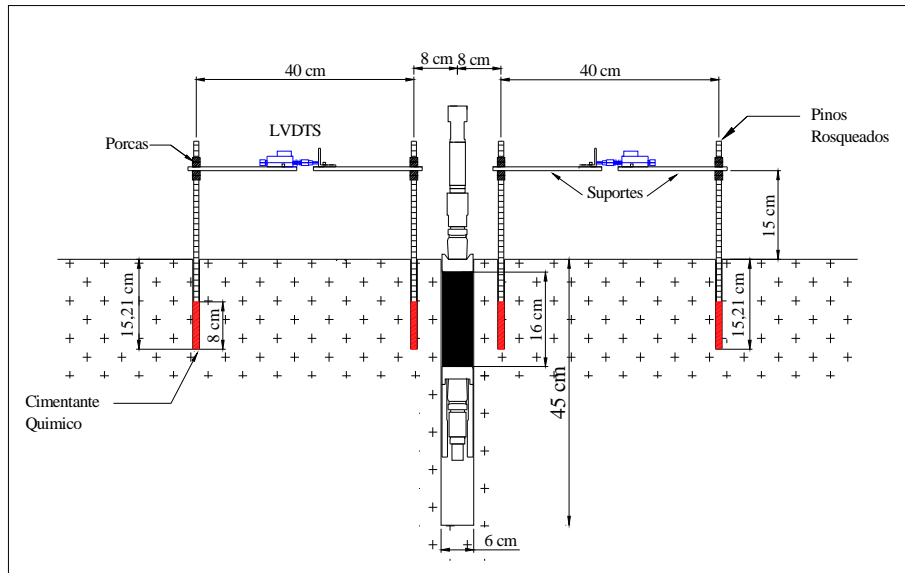


Figura 6.7 – Esquema mostrando o sistema de fixação dos sensores.

Na perfuração do furo central utilizou-se água como refrigerante das brocas adiamantadas, por esta razão os transdutores foram isolados com filme de PVC transparente para evitar que a água molhasse os transdutores.

As chapas que serviram de suporte para os LVDT's foram pressas aos pinos por porcas de latão; foram colocados dois pares (porca e contra porca) acima e abaixo das chapas para evitar que estas se mexessem com a vibração produzida pela esmerilhadeira no momento da perfuração do furo central.

O sistema de aquisição de dados foi ligado depois de montados os LVDT's. Foram tomadas leituras de voltagem em intervalos de tempo até que as leituras estabilizassem.

Adicionalmente dos isolantes colocados nos LVDT's, todo o sistema foi coberto com protetores plásticos para garantir a não entrada de água no sistema.

Após o tempo de estabilização, começou a etapa de perfuração do furo central. Os primeiros tramos foram perfurados com a broca adiamantada de 5 cm de comprimento, depois a broca foi trocada por outra de 45 cm. Durante a perfuração foram tomadas leituras de voltagem cada dois ou três minutos até que a

broca atingiu uma profundidade de 30 cm, nesse intervalo a perfuração foi parada e foram tomadas leituras de voltagem que seriam as correspondentes ao estágio de relaxação da rocha (resposta da rocha a solicitações de descarregamento por efeito da perfuração).

Em seguida o sistema de aquisição de dados foi desligado e desmontado, continuando-se a perfuração sem o monitoramento das deformações da rocha até alcançar uma profundidade de 45 cm, momento no qual foi retirado o testemunho de dentro do furo acabando assim o primeiro estágio que foi a de medição das tensões *in situ*.

O estágio da pressurização começou com a montagem dos LVDT's nos pinos e com o período de estabilização das leituras. Quando os transdutores apresentaram valores constantes de voltagem foi dado início à pressurização. O pressiômetro foi inserido dentro do furo e foi injetada pressão de óleo na membrana com o macaco hidráulico. O processo de pressurização foi feito em intervalos de pressão: quando foi atingido o valor de pressão requerida (geralmente estes valores dependem da faixa de pressão necessária para deformar a rocha) a válvula foi fechada e foram tomadas leituras de voltagem, depois a válvula foi aberta e continuou-se injetando pressão de óleo em valores maiores, sendo a válvula novamente fechada; o processo continua sucessivamente até que se atingissem valores de voltagem que representassem faixas de deslocamentos significativos da rocha. Depois a válvula foi aberta progressivamente (ciclo de descarregamento) e foram tomadas leituras em intervalos de pressão. Foram feitos vários estágios de carregamento e descarregamento, incrementando-se os valores de pressão em cada estágio.