

PROBLEMÁTICA ASSOCIADA À FURAÇÃO E PREPARAÇÃO DO ENSAIO STT (STRESS TENSOR TUBE) EM FUROS PROFUNDOS

THE STT TEST (STRESS TENSOR TUBE) DRILLING AND PREPARATION IN DEEP DRILL HOLES

Oliveira, José, *Tecnasol FGE – Fundações e Geotecnia, S.A., Amadora, Portugal, joliveira@tecnasol-fge.pt*

Muralha, José, *LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal jmurilha@lnec.pt*

Rodrigues, Paulo, *Tecnasol FGE – Fundações e Geotecnia, S.A., Amadora, Portugal prodrigues@tecnasol-fge.pt*

RESUMO

Este documento trata da problemática associada à furação e preparação dos ensaios STT (Stress Tensor Tube) quando realizados em furos profundos e inclinados, com diâmetro de amostra de 120 mm. Retrata a experiência vivida em trabalhos realizados, com ênfase nas dificuldades encontradas para atingir todos os requisitos inerentes a este tipo de ensaio, nomeadamente no que se refere à centralização do furo que vai receber a célula, sua limpeza e manutenção até à colagem da célula, passando pelo guiamento da mesma e pela manutenção da integridade do conjunto célula, varas e cabo de ligação até ao final da sobre-carotagem.

ABSTRACT

This paper is about the difficulties related to rock drilling and preparation of STT tests (Stress Tensor Tube) when in deep and inclined drill holes, with 120 mm. of diameter. It reports the experience gained in some works, with special emphasis to the difficulties to meet all the requirements of this kind of tests, namely regarding drill hole centralization, cleaning and maintenance until the final gluing of the cell, going through the guiding and the integrity preservation of all the equipment (STT cell, rods and connection cable).

1. INTRODUÇÃO

A escavação de uma estrutura subterrânea, nomeadamente de aproveitamentos hidroeléctricos ou de órgãos a eles ligados, leva à libertação do estado de tensão do maciço que se encontra na sua envolvente, pelo que a variação desse estado de tensão constitui a acção dominante (LNEC 1990). Tendo em vista a determinação do estado de tensão “*in situ*” de maciços rochosos, o LNEC desenvolveu um defórmetro tridimensional designado abreviadamente por STT (Stress Tensor Tube). Trata-se de um equipamento constituído essencialmente por um tubo cilíndrico de resina epoxídica de parede relativamente fina (2 mm) com cerca de 20 cm de altura, em cujo interior (meia espessura) se encontram embebidos 10 extensómetros eléctricos de resistência dispostos segundo direcções que permitem a determinação do estado de tensão completo (tridimensional) por meio de uma técnica de sobre-carotagem dentro de furos de sondagem (LNEC 1984).

O tubo de resina com os extensómetros está ligado a uma peça metálica que permite a ligação às varas de posicionamento, no interior das quais se encontra o cabo dos fios condutores que permitem as leituras das extensões por meio de um equipamento apropriado

A realização destes ensaios segue uma série de procedimentos relacionados com a preparação e execução dos furos e que vão desde o diâmetro de furação, à centralização, execução e limpeza do furo que vai acolher a célula do STT, bem como à carotagem e recuperação do testemunho que a contém. O cumprimento destes requisitos, associado às condições particulares de execução encontradas em trabalhos recentes, nomeadamente profundidade e inclinação dos furos, levaram à ocorrência de algumas dificuldades, que foram solucionadas graças à estreita colaboração entre as equipas da Tecnasol FGE e do LNEC. Este artigo, pretende assim ilustrar algumas destas dificuldades e a forma como foram solucionadas.

2. REQUISITOS PARA O ENSAIO STT

2.1 Requisitos gerais

- Furação com amostragem contínua, com um diâmetro tal que a amostra resultante apresente cerca de 120 mm de diâmetro (furo largo).
- Descida até à cota de ensaio, de um tubo guia com diâmetro interno de 47 mm, perfeitamente centrado no furo de maior diâmetro.
- Furação com amostragem contínua, pelo interior do tubo guia, numa extensão mínima de 40 cm e diâmetro de 37 mm (furo estreito).
- Lavagem do furo, a partir do fundo, durante 60 minutos, imediatamente antes do posicionamento do STT.
- Posicionamento do STT e aguardar a polimerização da cola por um período de 24 a 48 horas, dependente das condições de temperatura locais.
- Recuperação do tubo guia de 47 mm.
- Sobrecarotagem da amostra, com diâmetro 120 mm, até uma profundidade que ultrapasse em cerca de 25 cm a extremidade do furo de 37 mm, onde se encontra a célula do STT.

2.2 Requisitos particulares

- As varas de furação deverão ter 2 ou 3 m de comprimento e um diâmetro interior de cerca de 20 mm, sem irregularidades nas suas uniões.
- O tubo guia de 47 mm de diâmetro interno, além dos adaptadores de centralização relativamente ao furo de maior diâmetro, não deverá apresentar quaisquer irregularidades, devendo as suas uniões estar perfeitamente alinhadas.
- O caroteiro de 37 mm deverá estar munido de um dispositivo de centralização relativamente ao tubo guia de 47 mm.
- O tubo de lavagem deverá ser capaz de entrar até à base do furo de 37 mm.
- Aquando da descida da célula do STT, deverá ser utilizada uma peça que facilite a entrada no furo de 37 mm.
- A sobrecarotagem deverá ser realizada utilizando uma cabeça de água especialmente adaptada para a passagem das varas de ligação ao STT.
- A velocidade de rotação durante a sobrecarotagem deverá ser da ordem das 120 rpm e com um avanço de cerca de 10 mm por minuto.

3. TRABALHOS REALIZADOS

Os ensaios STT que estão directamente na origem deste trabalho foram realizados em furos com inclinações entre 65° e 70° e com uma profundidade máxima da ordem dos 80 m. A furação foi executada com um caroteiro duplo tipo T6, com \varnothing 146 mm, e que garantiu um testemunho de 123 mm de diâmetro.

Quando a furação de \varnothing 146 mm atinge uma cota próxima da cota prevista para a execução de um ensaio, antes de ser descido o centralizador (Figura 1), deve ser observado o tarolo de 123 mm de diâmetro com o objectivo de assegurar, na medida do possível, que a zona do maciço onde a célula STT vai ser instalada não se encontra fracturada.



Figura 1 – Caroteiro centralizador

O centralizador utilizado consistiu num caroteiro idêntico ao da furação do furo largo, mas adaptado de forma a garantir a passagem e centralização do caroteiro tipo T com \varnothing 36 mm equipado com um sistema centralizador e ligado a um conjunto de tubos guia (Figura 2).



Figura 2 – Caroteiro \varnothing 36 mm colocado no centralizador

O caroteiro utilizado foi, como se referiu, um caroteiro tipo T \varnothing 36 mm, pelo que foi necessário proceder ao fabrico de uma coroa com mais 1mm de diâmetro que o *standard*, de forma a garantir os 37 mm para o furo estreito exigidos pelo ensaio. O testemunho recuperado com este amostrador apresenta um diâmetro de 21,5 mm (Figura 3). Este tarolo deve mostrar que na zona do maciço rochoso em que a célula STT vai ser instalada não ocorrem discontinuidades que, para além de provocarem alterações significativas no estado de tensão, podem levar à fracturação do tarolo da sobrecarotagem e da própria célula, inviabilizando completamente o ensaio.



Figura 3 – Testemunho recuperado com o caroteiro \varnothing 36 mm

A necessidade de garantir um diâmetro mínimo de 47 mm, sem irregularidades nos tubos/varas guia, obrigou face aos *standards* existentes, a uma situação de compromisso. Foi utilizado um tubo de revestimento diâmetro \varnothing 64 (64,25 mm x 57,25 mm), o que obrigou ao incremento das guias da célula STT (Figura 4).



Figura 4 – Guias da célula STT

Por outro lado o guiamento do caroteiro \varnothing 36 mm, foi efectuado por um caroteiro \varnothing 56 mm (Figura 5), o que além de facilitar o guiamento, possibilitou a adaptação de uma peça que permitiu efectuar o alargamento em forma de cone da boca do furo 37 m (Figura 6), de modo a facilitar a entrada da célula STT no furo estreito, evitando assim uma manobra adicional na fase de instalação.



Figura 5 – Caroteiro \varnothing 36 mm adaptado no caroteiro \varnothing 56 mm



Figura 6 – Peças alargadoras do furo de \varnothing 37 mm

Com o decorrer dos primeiros ensaios, constatou-se que apesar dos 60 minutos de lavagem, a limpeza do furo de \varnothing 37 mm não era eficiente, pois entre a retirada do material de limpeza e a descida da célula, verificava-se a queda e deposição de sedimentos que provocavam o preenchimento de um comprimento apreciável do furo de 37 mm e, em consequência, não permitiam que a célula entrasse totalmente no furo.

Esta situação foi resolvida com a adaptação de uma sapata diamantada de diâmetro \varnothing 113 mm, ao centralizador (Figura 7) de tal modo que ao penetrar ligeiramente na rocha, (Figura 8) evitava a entrada de sedimentos provenientes das paredes do furo e, por outro lado, permitia uma limpeza mais eficaz devido à redução do diâmetro da zona de percolação da água.



Figura 7 – Sapata \varnothing 113 mm adaptada ao centralizador \varnothing 146 mm



Figura 8 – Efeito da sapata \varnothing 113 mm no testemunho \varnothing 123 mm

Depois de colocada a célula STT, e passadas pelo menos 24 h para garantir a polimerização da cola, procede-se à retirada do tubo guia e à descida do caroteiro duplo de \varnothing 146 mm. A cabeça do caroteiro e a cabeça de adução de água, utilizados no processo de sobrecarotagem têm de ser perfurados de modo a permitir a passagem das varas de \varnothing 17 mm, que fazem a ligação entre a célula do STT e a superfície (Figura 9).



Figura 9 – Cabeça do caroteiro e de adução de água.

A operação de sobrecarotagem com diâmetro de 146 mm e a recuperação do testemunho com a célula STT colada no seu interior é um processo delicado e difícil, na medida em que a furação é efectuada com as varas de \varnothing 17 mm, onde se encontra o cabo ligado aos sensores, no interior da coluna de furação (Figura 10). Todas estas movimentações no furo de sondagem, com composições a trabalharem dentro de outras com pequenas folgas, obrigam a que não existam quaisquer ressaltos nas uniões entre varas.



Figura 10 – Testemunho \varnothing 123 mm com a célula STT e varas de ligação

A retirada do tarolo com a célula STT do interior do furo (Figura 11) permite a realização de um ensaio de deformabilidade numa câmara biaxial especialmente desenvolvida para o efeito. Neste ensaio são determinadas as características de deformabilidade da rocha (módulo de elasticidade e coeficiente de Poisson), que possibilitam a determinação do estado de tensão a partir das extensões medidas pela célula durante a sobrecarotagem.



Figura 11 – Testemunho \varnothing 123 mm com a célula STT

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As soluções adoptadas para responder aos requisitos do ensaio STT, aqui descritas, vieram revelar alguns aspectos que deverão de futuro ser tidos em conta:

As dimensões exigidas, nomeadamente ao nível dos diâmetros de furação e dos tubos guia, revelam algum desfasamento face aos *standards* actuais, sendo que uma melhor adaptação a estes facilitaria (e muito) a execução do ensaio.

A transposição do ensaio para furos de grande diâmetro e profundidade, veio revelar algumas dificuldades, cujas soluções técnicas adoptadas devidamente amadurecidas poderão constituir a base para um novo procedimento normativo a adoptar no futuro.

A estreita colaboração entre a equipa que executou a furação e a equipa que realizou o ensaio, permitiu além de cumprir todos os requisitos do mesmo, desenvolver soluções válidas, que não se limitaram à mera resolução ocasional dos mesmos.

Como resultado dessa colaboração, resultou um faseamento algo diferenciado do original e que se pretende resumir graficamente na Figura 12.

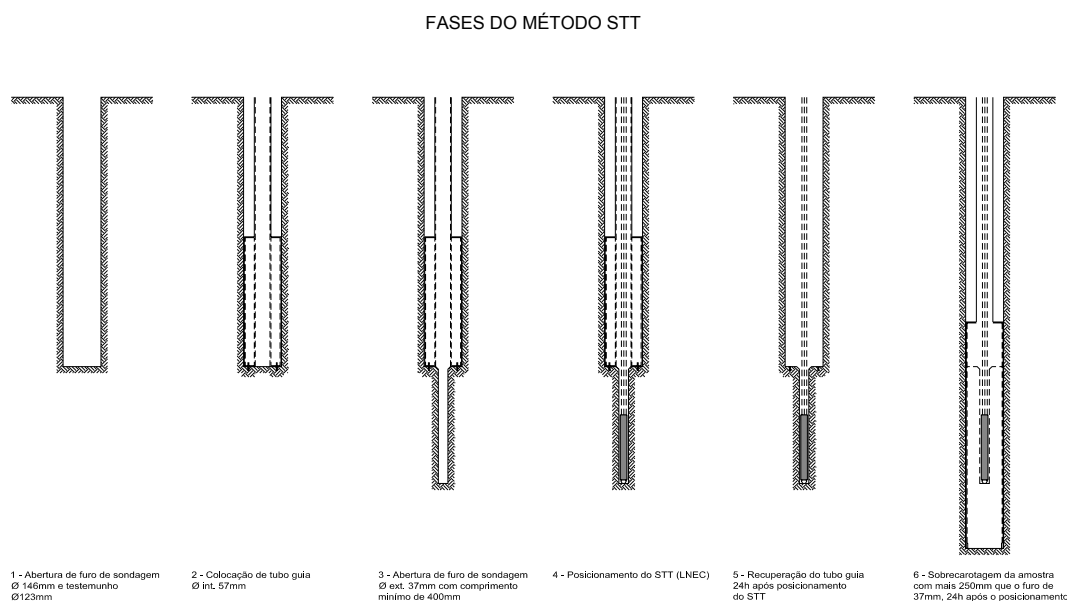


Figura 12 – Faseamento do Ensaio STT

Algumas das principais dificuldades deste tipo de ensaios prendem-se com o cabo eléctrico e com a necessidade de garantir a sua integridade durante todas estas manobras, pois o seu corte, mesmo que parcial, conduz ao insucesso do ensaio. Com o objectivo de eliminar o cabo, está em fase de desenvolvimento no LNEC uma célula que, mantendo as características das anteriores possui no seu interior um circuito integrado que realiza e armazena em memória todas as leituras das extensões. O procedimento a desenvolver para esta nova célula será idêntico ao apresentado até ao posicionamento da célula no furo estreito de $\varnothing 37$ mm. Nessa altura, as varas que servem para o posicionamento podem ser retiradas, o que vai permitir que toda a sobrecarotagem seja executada sem o constrangimento da existência de uma composição no interior e possibilitando o desenvolvimento de um procedimento mais simples e, conseqüentemente, com menos possibilidades de insucesso.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à EDP – Produção, EM, Engenharia e Manutenção, S.A., a autorização para a publicação do presente artigo, bem como pelo desafio para a realização dos referidos ensaios. Agradecem igualmente a dedicação das equipas que no terreno se empenharam em aplicar as soluções encontradas.

6. REFERÊNCIAS

LNEC 1984 (Charrua Graça, J.G.). O novo STT e a sua interpretação. Relatório LNEC, Lisboa.

LNEC 1990 (Loureiro Pinto, J.). Estado de tensão dos maciços rochosos. Relatório LNEC 14/90 NFR, Lisboa.