

# METODOLOGIA PARA ADAPTAÇÃO DO MÉTODO DE ESCAVAÇÃO E SUPORTE DE UM TÚNEL BASEADO NO MÉTODO OBSERVACIONAL

## METHODOLOGY FOR THE ADAPTATION OF THE EXCAVATION AND SUPPORT SYSTEM OF A TUNNEL BASED ON THE OBSERVATIONAL METHOD

Miranda, Tiago; *Universidade do Minho, Guimarães, Portugal, tmiranda@civil.uminho.pt*  
 Dias, Daniel; *Universidade Joseph-Fourier/LTHE, Grenoble, França, daniel.dias@ujf-grenoble.fr*  
 Pinheiro, Marisa; *Universidade do Minho, Guimarães, Portugal, marisamotapinheiro@gmail.com*  
 Eclaircy-Caudron, Stéphanie; *EDF França, França, stephanie.eclaircy@insa-lyon.fr.*

### 1 - ENQUADRAMENTO E OBJETIVOS

O presente artigo aborda uma nova aplicação do método observacional na engenharia de túneis para a adaptação em tempo real do método de escavação e suporte. A metodologia proposta possibilitará a otimização do sistema de suporte e do custo total da obra, tal como um aumento da segurança nos trabalhos de escavação. Surge assim, como uma alternativa à abordagem tradicional adotada para a concessão de túneis, na qual por razões de segurança, as características do terreno são normalmente subestimadas e não é executada nenhuma adaptação do sistema de suporte.

Aliado ao Método Observacional (MO) são usadas técnicas de retroanálise para a reavaliação dos parâmetros geomecânicos e atualização dos trabalhos. A dificuldade/desvantagem inerente ao MO está associada à falta de formalização dos limites observacionais para os quais deverão ser realizadas as adaptações, enquanto as técnicas de retroanálise consomem tempos de cálculo elevados. Assim, este trabalho tem por objetivo contribuir para uma melhoria prática da aplicação do MO em tempo real na adaptação do método de escavação e do sistema de suporte.

Inicialmente, foram definidos critérios limites de deslocamentos e tensões instalados no maciço com base nos resultados de 5 túneis analisados. Estes limites permitiram, em fase de projecto, a definição de gráficos de consulta rápida que, por sua vez, possibilitam a realização da adaptação ou validação do sistema de suporte, indicando, os níveis de segurança e verificação da correcta estimação dos parâmetros. Na eventualidade de nenhum gráfico estar disponível, são realizados cálculos de retroanálise para executar essa adaptação ou validação. Para a aplicação desta metodologia é necessário, numa primeira etapa, recolher um conjunto de dados normalmente necessários para a realização do projeto de uma obra subterrânea com base no MO (Dias e Kastner, 2012). Com base nessas informações e considerando os diferentes cenários, são efectuados cálculos numéricos, que irão permitir o traçado dos gráficos que resumem de forma consistente os resultados obtidos através da definição de 4 zonas.

Usando o gráfico adequado é possível localizar o cenário de segurança em que se situa a secção nesse instante, relativamente aos limites de deformações e tensões pré-definidos. A metodologia geral está representada na Figura 1.

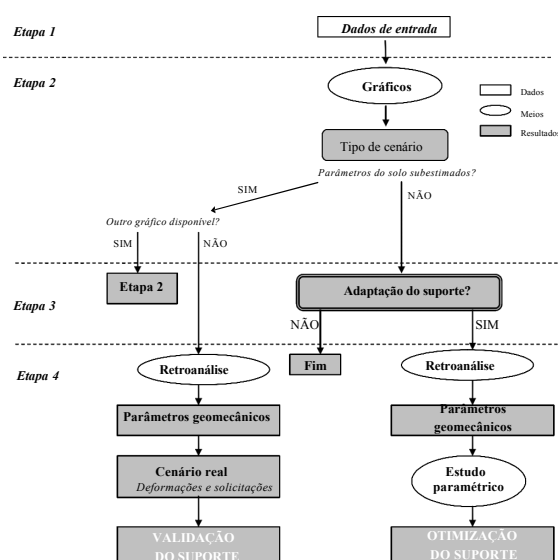


Figura 1 – Metodologia proposta para a adaptação do sistema de suporte.

A metodologia foi aplicada ao túnel de "Bois de Peu", composto por dois túneis paralelos com um comprimento superior a 500 m. Este caso de estudo apresentava um elevado nível de incerteza relativa à heterogeneidade do solo e consequentemente à definição dos parâmetros geomecânicos. A metodologia foi analisada em 2 secções, M4 e M6. Em ambos os casos, a retroanálise dos parâmetros do maciço foi levada a cabo e dois algoritmos de otimização foram utilizados para esta tarefa, um determinístico e um probabilístico. Traduzindo-se num algoritmo híbrido no caso determinístico (SiDolo, 2003) e num algoritmo com base em estratégias evolutivas no caso probabilístico (Moreira et al., 2013).

## **2 - ANÁLISE DE RESULTADOS**

Através da aplicação da metodologia às duas secções, foi possível concluir que a secção M4 era estável, no entanto as propriedades do maciço encontravam-se ligeiramente sobrestimadas, sendo porventura necessário um ajuste do perfil de suporte. A retroanálise foi empregue para identificar valores dos parâmetros geomecânicos mais próximos dos reais, mas não foi possível identificar um único conjunto de parâmetros geomecânicos, devido à existência de apenas medições de convergência nesta secção. No entanto, e analisando os resultados, principalmente os cálculos com menor valor da função erro, os parâmetros identificados apresentam variações não muito significativas, com exceção da coesão. Usando os parâmetros identificados o sistema de suporte poderia ser validado ou reforçado.

Para a secção M6, não existia gráfico disponível. Deste modo, foi necessário recorrer à retroanálise para validar os parâmetros geomecânicos. Para esse efeito foram utilizados modelos numéricos 2D e 3D e um conjunto relevante de dados de monitorização. Ainda assim não foi possível em nenhum dos casos encontrar uma solução única. O processo de retroanálise permitiu, no entanto, identificar um intervalo de variação para cada parâmetro que foi muito mais reduzida no caso do cálculo com o modelo 3D por utilizar mais dados de monitorização. Concluiu-se que a formação apresenta melhor qualidade geomecânica do que a definida no projeto. Com a identificação deste novo conjunto de parâmetros geomecânicos o sistema de suporte poderia ser adaptado para uma alternativa mais leve.

## **3 - CONCLUSÕES**

Foi possível confirmar o potencial da aplicação da metodologia na adaptação em tempo real do sistema de suporte, assim como a importância de existir um plano de monitorização específico e de qualidade no aperfeiçoamento dos processos de retroanálise.

Os resultados da retroanálise nas duas secções apontam para a importância não só do número, mas também para o tipo de medições realizadas na monitorização de estruturas subterrâneas, para o sucesso dos processos de retroanálise. Esta questão deve ser tida em consideração na definição dos planos de monitorização caso exista a intenção de implementar processos de identificação.

Em conclusão, com a aplicação desta metodologia fica destacado o seu potencial para a adaptação em tempo real do sistema de suporte, tal como, a importância de uma monitorização específica e de boa qualidade com o fim de melhorar os procedimentos inerentes à retroanálise.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores gostariam de agradecer ao CETu pelo financiamento desta pesquisa em parceria com a INSA Lyon, e ao Professor Richard Kastner pelas discussões científicas.

## **REFERÊNCIAS**

- Dias D. (2011). Convergence-confinement approach for designing tunnel face reinforcement by horizontal bolting. *Tunneling and Underground Space Technology*, Vol. 26-4, pp. 517–523.
- Moreira, N., Miranda, T., Pinheiro, M., Fernandes, P., Dias, D., Costa, L. and Sena-Cruz, J. (2013). Back analysis of geomechanical parameters in underground works using an Evolution Strategy algorithm. *Tunnelling and Underground Space Technology*, Vol. 33 (2013), pp. 143–158.
- SiDolo version 2.4495 (2003). Instructions. Laboratory of Mechanical Engineering and Materials, *University of South Brittany*, Lorient, France (in French).