

SIMULAÇÃO DA ESTABILIDADE DE UM TÚNEL EM MACIÇO ROCHOSO

Yann Freire Marques Costa¹, Danilo Segall Cesar², Klinger Senra Rezende³, Adonai Gomes Fineza⁴, Daniel Silva Jaques⁵

Resumo: O presente trabalho tem como objetivo realizar uma análise de estabilidade em túnel fictício, de acordo com dados pré-definidos referente aos parâmetros do maciço rochoso. Para se realizar o estudo de estabilidade, foi utilizado o software Unwedge do pacote Rocscience, onde o programa utilizado gerou 10 combinações distintas das regiões instáveis, cada combinação possuindo 3 juntas, de 5 utilizadas no trabalho; sendo possível criar uma análise entre estas combinações, para definir qual a melhor estrutura de contenção necessária para solucionar o problema e redefinir a estabilidade do maciço. Após a análise dos locais instáveis, foram definidos dois mecanismos para gerar a estabilidade da região, como opção de cravamento de tirantes de aço no corpo do material rochoso e a utilização de camadas de concreto projetado. Com a utilização destes dois métodos de obras de contenção, pode-se observar que os locais que se encontravam instáveis se tornaram estáveis..

Palavras-chave: Contenção, escavação subterrânea, geotecnia, rocscience.

Introdução

Segundo Gomes (2012), a construção de túneis e obras subterrâneas sempre foi particularmente afetada por incidentes, nomeadamente colapsos com consequências trágicas, a que nos

¹ Graduado em Engenharia Civil – FAVIÇOSA/UNIVIÇOSA. e-mail: yann-marques@hotmail.com

² Graduado em Engenharia Civil – FAVIÇOSA/UNIVIÇOSA. e-mail: danilosegall@hotmail.com

³ Professor do curso de Engenharia Civil – FAVIÇOSA/UNIVIÇOSA. e-mail: klingers15@hotmail.com

⁴ Professor do curso de Engenharia Civil – FAVIÇOSA/UNIVIÇOSA. e-mail: adonaifineza@yahoo.com.br

⁵ Professor do curso de Engenharia Civil – FAVIÇOSA/UNIVIÇOSA. e-mail: danielsjamb@hotmail.com

últimos anos se tem dado uma maior importância. O elevado grau de incerteza que caracteriza este tipo de obra, devido à variável e complexa envolvente geológica, pode muitas vezes sujeitá-la a problemas que colocam em risco a sua estabilidade e consequentemente a sua segurança e sustentabilidade econômica.

De acordo com Carvalho (1995), diz que as características do maciço normalmente não podem ser escolhidas, pois os túneis geralmente são locados em função do traçado, podendo acarretar em condições geológicas pouco favoráveis. Entretanto, nas últimas décadas têm-se experimentado um grande desenvolvimento nas técnicas de estabilização e reforço das condições do maciço a ser escavado.

Segundo França (2006) *apud* Rocha (2006), a abertura de um túnel em um maciço previamente em equilíbrio, submetido a um estado inicial de tensões, pode ser entendida como a remoção das tensões existentes no contorno da escavação realizada. Essa remoção acarreta em um rearranjo do estado de tensões do maciço, que busca uma nova situação de equilíbrio. O equilíbrio estabelecido pode ser alcançado com a adoção de um sistema auxiliar de suporte, se tratando nesse caso de um maciço classificado com autoportante; ou, ocorre na maioria dos casos, com o auxílio de um sistema de suporte, por exemplo, a adoção de uma estrutura de concreto projetado no contorno da escavação para conter as deformações do maciço.

Materiais e Métodos

A realização deste projeto teve como base a análise de um conjunto de informações geológico-geotécnicas a partir de um conjunto fictício de dados, informações dos parâmetros de resistência da rocha, pressão da água, orientação e propriedades das juntas; a fim de possuir dados suficientes para gerar a estabilidade através do programa Unwedge 3.0, do pacote da Rocscience, como mostra o exemplo na Figura 1. A partir destes dados, foi realizada a análise

de estabilidade do maciço através de cunhas formadas pelo encontro de discontinuidades existentes no trecho considerado. Sendo assim, com a estabilidade definida referente a este determinado trecho analisado, foi determinada qual medida de contenção será a mais segura e eficaz a ser aplicada.

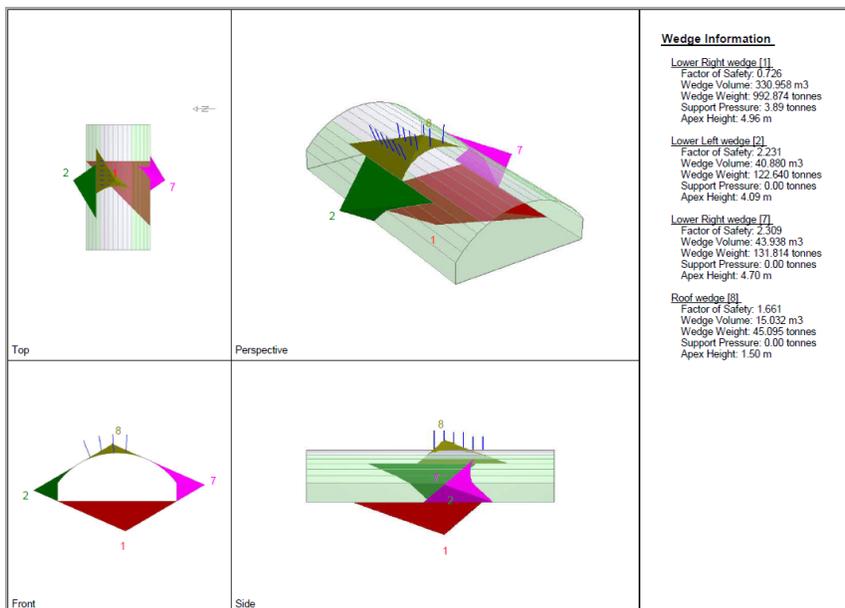


Figura 1 – Cunhas formadas pela combinação 3. Fonte: Software Unwedge.

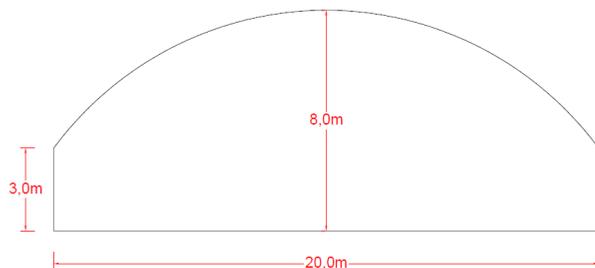


Figura 2 – Seção transversal do túnel. Fonte: Autor.

Resultados e Discussão

Com o intuito de gerar uma estabilidade perante aos locais instáveis, foram necessárias a utilização de tirantes e ou a aplicação de concreto projetado nas paredes do túnel.

A utilização do atirantamento na rocha se deu por uma orientação normal na seção de abertura, com tirantes possuindo 3,00 m de comprimento e uma distribuição padrão das peças, com medidas no espaçamento transversal entre cada barra de 1,50 m e espaçamento longitudinal de 2,50 m. A ancoragem dos tirantes no maciço é do tipo mecânica, onde uma máquina específica crava as hastes de aço na rocha, sendo considerada algumas características de resistência do tirante, como: capacidade de tração de 100,00 ton, capacidade da placa de 75,00 ton e capacidade de ancoragem de 100,00 ton.

Para a aplicação do concreto projetado, foi necessário definir características para o material, de forma que atendesse as cargas aplicadas sobre o mesmo, sendo assim, a força de cisalhamento foi definida em 200 t/m², a resistência do concreto em 2,4 t/m³ e a espessura do material aplicado de 5 cm.

Como exemplo, na combinação 3 representada na Figura 3, para a contenção completa das cunhas formadas foram utilizados 13 tirantes, sendo estes todos localizados na cunha 8, que suportam a carga de 45.095 toneladas da mesma; além de uma camada de concreto projetado de 5 cm de espessura.

Considerações Finais

Usando o Software Unwedge 3.0 da Rocscience, juntamente com o conhecimento prévio no assunto, foi realizada as análises de estabilidade necessárias, a fim de determinar que possíveis pontos no interior do túnel estavam completamente instáveis, o que causaria sérios problemas na construção. Com esses pontos

localizados, foi determinado a utilização de tirantes e/ou o uso do concreto projetado; chegando assim ao fator de segurança igual ou maior do que 1,5, como definido em projeto, o que caracteriza a estabilidade da região.

Portanto, conclui-se a partir deste trabalho que a utilização de tirantes e/ou concreto projetado de forma correta e coerente, demonstrou ser o suficiente para estabilizar os locais onde havia algum tipo de instabilidade; as variações entre as porções de rocha estabilizadas está na quantidade de tirantes aplicados e na espessura da camada de concreto projetado que envolve o maciço de rocha.

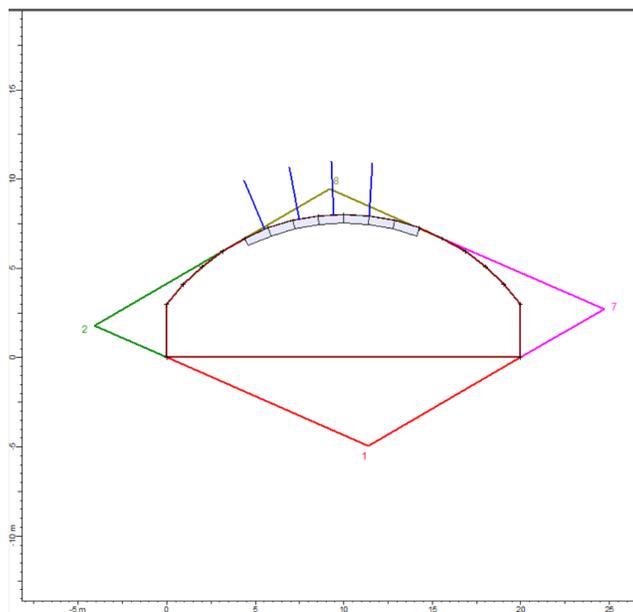


Figura 3 - Cunhas formadas pela combinação 3 e contenções necessárias.

Fonte: Software Unwedge.

Referências Bibliográficas

DE CARVALHO, L. C. Análise de Estabilidade da Frente de Escavação e de Deslocamento do Túnel do Metrô/DF. Universidade de Brasília – Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil. Dissertação de mestrado em geotecnia. Brasília/DF, 1995.

FRANÇA, P. T. Estudo do Comportamento de Túneis – Análise Numérica Tridimensional com Modelos Elasto-Plásticos. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Dissertação para obtenção do título de Mestre em Engenharia. São Paulo, 2006.

GOMES, D A. P. Gestão de Riscos na Construção de Túneis e Obras Subterrâneas. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa (ISEL). Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil na Área de Especialização em Estruturas. Lisboa, 2012.