

CARTOGRAFIA GEOLÓGICA DE TÚNEIS*

Geological mapping in tunnel excavations

por
RICARDO OLIVEIRA**

RESUMO – Em regra, os estudos geológicos e geotécnicos visando informar o projecto de túneis são baseados em informações “pontuais” obtidas a partir da superfície do terreno, o que impede que se ultrapasse o nível de anteprojecto das obras antes do seu início.

Torna-se assim indispensável acompanhar os trabalhos de escavação dos túneis e recolher a informação geológica adicional que vai permitir completar o projecto de execução. Com esta finalidade, neste trabalho fazem-se algumas sugestões e recomendações quanto à condução da cartografia geológica das superfícies escavadas de túneis.

SYNOPSIS – The geological and geotechnical studies for the design of tunnels are usually based on “punctual” information obtained from boreholes drilled from ground surface which prevents the studies to go further than the stage of pre-design before the excavation of the tunnel starts.

It is thus indispensable to gather the additional geological information during construction which will enable the completion of the design. In this paper suggestions and recommendations are presented regarding the geological mapping of the tunnel excavated surfaces during construction.

1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

Este trabalho visa o estabelecimento de alguns princípios gerais para aplicação no levantamento geológico das superfícies de escavação de obras subterrâneas, nomeadamente de túneis.

Com exclusão das situações pouco comuns em que a prospecção para um túnel se faz a partir de galeria-piloto, o estudo geológico e geotécnico visando informar o projecto de uma obra desta natureza é sempre baseado em informações

* Manuscrito recebido em Janeiro de 1977. A discussão do trabalho está aberta durante um período de três meses.

** Especialista e chefe de Divisão do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Professor da Universidade Nova de Lisboa.

“pontuais” que impedem que se ultrapasse antes do início da obra o nível de anteprojecto do empreendimento. O respectivo projecto (projecto de execução) só poderá, assim, ir sendo completado no decorrer da obra a partir dos elementos obtidos e em face das situações que forem sendo detectadas. Essas situações, que condicionam o comportamento do maciço, são essencialmente função das características geológicas das formações atravessadas e, daí, a necessidade da cartografia adequada de todas as informações.

Dado que, como é óbvio, essa cartografia terá que ser feita entre o momento da escavação e o do revestimento (sempre que há necessidade de revestimento contínuo), torna-se indispensável que na equipa encarregada da construção esteja integrado, com ocupação permanente, um técnico habilitado à realização desse trabalho. Normalmente será mais indicado um geólogo familiarizado com os problemas de geologia de engenharia, que poderá ainda ocupar-se de outras tarefas complementares, nomeadamente respeitantes à observação do comportamento da obra nos trechos anteriormente escavados.

Antecedendo a observação, sobretudo quando a escavação se faz com métodos tradicionais (furação e explosivos), é indispensável proceder à lavagem das superfícies escavadas para as libertar das poeiras que sempre as recobrem e que dificultam, se não impedem, a correcta observação das características geológicas relevantes para o levantamento. O trabalho de cartografia é muito facilitado se forem sendo colocadas marcas com indicação das distâncias dos vários trechos à origem.

Para que a informação recolhida possa ser actuante na obra é necessário que ela atinja rapidamente os circuitos de decisão em tempo de adaptar as soluções-tipo às condições reais que vão sendo encontradas.

2 – REPRESENTAÇÃO DAS SUPERFÍCIES ESCAVADAS EM FUNÇÃO DA FORMA DA SECÇÃO DO TÚNEL

Embora ocorra um número apreciável de situações no que se refere à forma da secção do túnel a estudar, considera-se que a quase totalidade se pode esquematizar em 3 tipos, que se designarão por *arco*, *ferradura* e *circular*, que são representados nas Figs. 1, 2 e 3.

Na Fig. 1, a representação comporta três superfícies planas correspondendo a central aos elementos observados no tecto frequentemente projectadas no plano

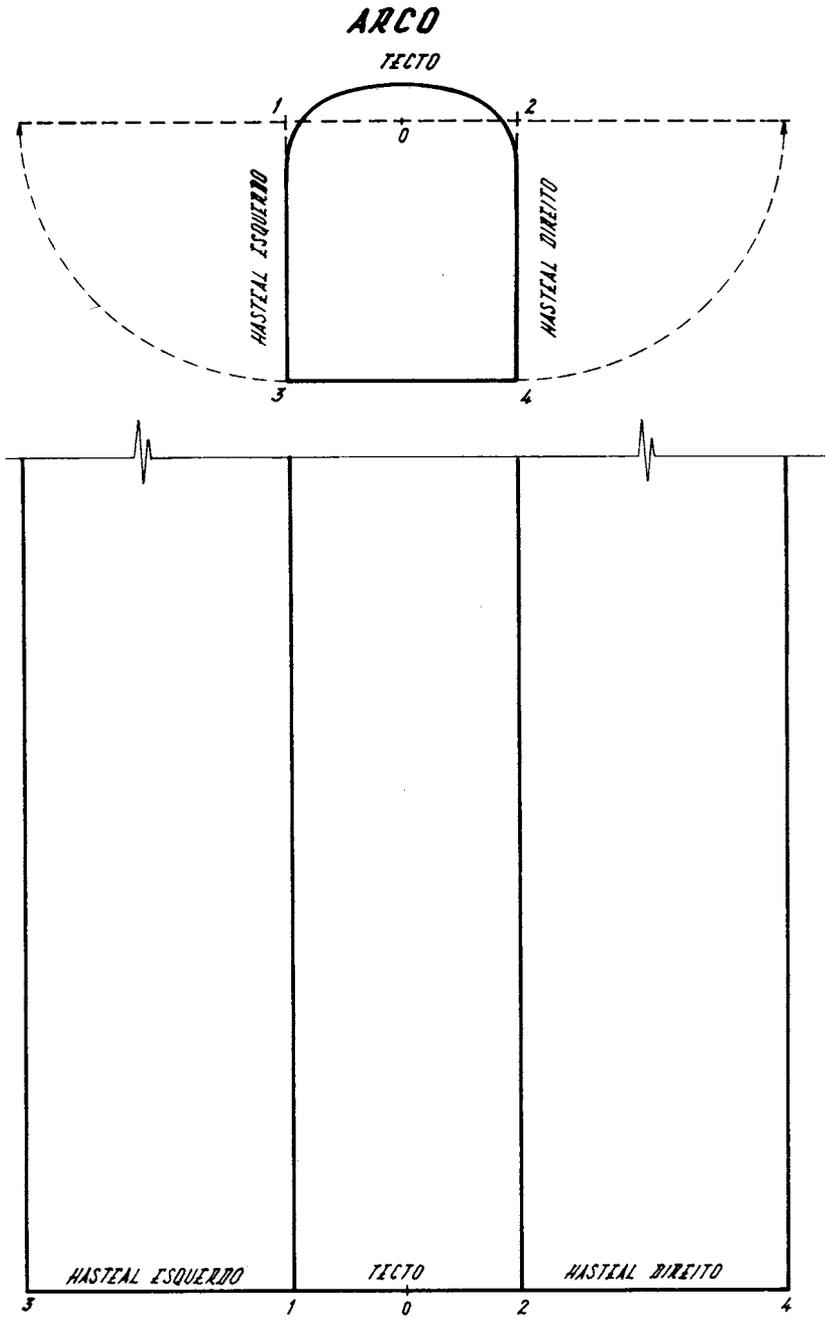


Fig. 1

FERRADURA

TECTO

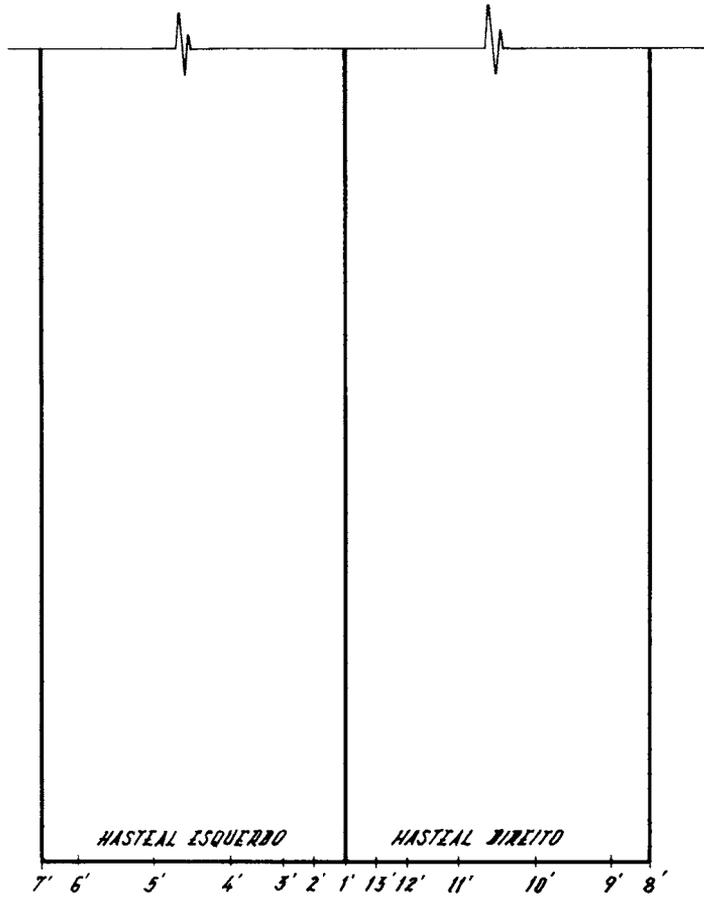
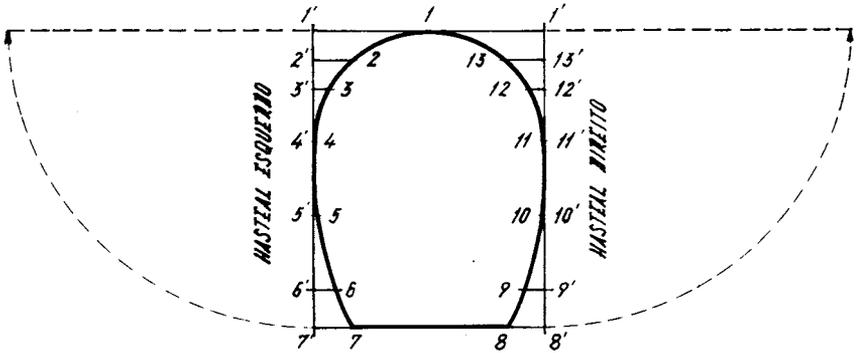


Fig. 2

SECÇÃO CIRCULAR

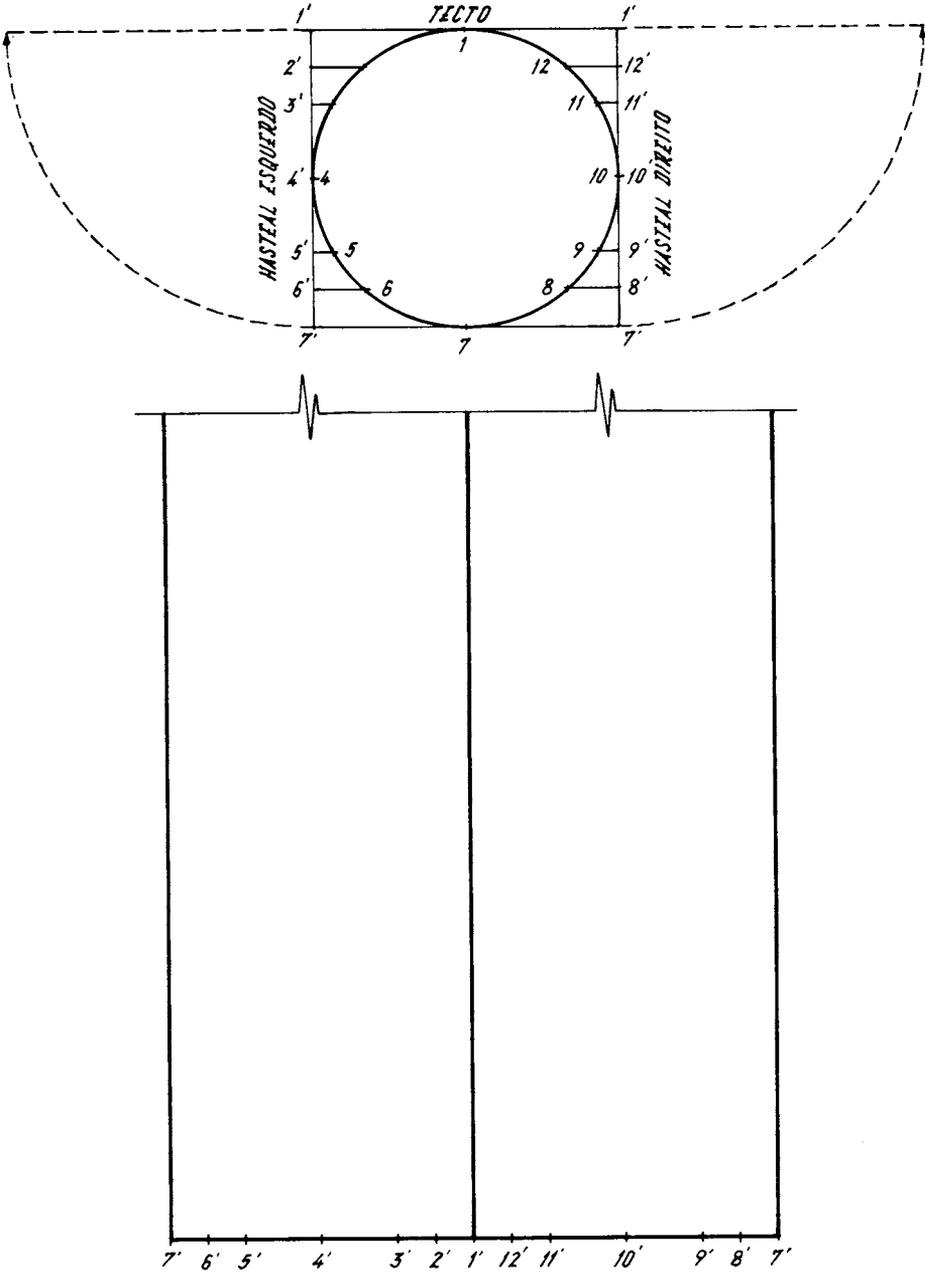


Fig. 3

horizontal tangente ao ponto da cota mais elevada do túnel e as laterais aos elementos observados nos hasteais. Atendendo a que as observações se fazem no tecto e nos hasteais do túnel e raramente ao chão, parece mais adequado que as projecções se façam como se representa no desenho, isto é, rebatendo as superfícies verticais sobre o plano correspondente ao tecto da cavidade.

Nas Figs. 2 e 3, a representação comporta duas superfícies planas correspondendo, cada uma delas, à projecção dos elementos observados num plano vertical tangente ao ponto mais afastado do eixo do túnel, de um e do outro lado. Como complemento, poderá representar-se ainda a informação obtida na metade superior da escavação projectando-a num plano horizontal contendo o eixo do túnel.

Outra questão com interesse prende-se com a escala de representação do trabalho. Embora essa escala dependa, em princípio, da quantidade de informação que se possa recolher em dado túnel e da sua dimensão, normalmente utiliza-se a escala 1/100 ou 1/200, para essa representação.

3 – CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS A CARTOGRAFAR

Embora as características geológicas relevantes para cada tipo de obra variem de caso para caso e estejam até relacionadas com o método de escavação, o tipo de revestimento e outros aspectos da obra, há características que terão sempre que ser consideradas e que a seguir se referem:

a) *Litologia e estrutura do maciço*

Deve fazer-se referência aos tipos de terreno presentes, à estrutura do maciço (estratificado, gnaisseide, etc.) e à eventual ocorrência de filões, e registar-se as atitudes das formações.

Acompanhando a designação dos tipos litológicos, deve ser feita referência à cor e ao estado de alteração do material rochoso. Para evitar interpretações desencontradas relativamente ao estado de alteração, deverá procurar utilizar-se um ensaio expedito que reaja adequadamente em cada caso em estudo e que permita quantificar o estado de alteração. Em grande parte dos casos de maciços rochosos a utilização da medição da dureza *in situ*, usando por exemplo um martelo de Schmidt, satisfará ao pretendido. Se se pretender quantificação mais adequada quanto à resistência do material rochoso, recomenda-se a utilização

do ensaio de carga pontual (“point load test”). No caso de solos, a utilização de um penetrómetro de bolso poderá dar indicação quanto à sua consistência ou compacidade.

b) *Descontinuidades*

As falhas e zonas de esmagamento, pela importância individual que assumem para a estabilidade de obras desta natureza, deverão ser registadas e descritas uma a uma.

As restantes superfícies de descontinuidade, tais como as diaclases, pela impossibilidade que normalmente existe de representação individual, serão estudadas em conjunto referindo-se as características das famílias que for possível definir. Nomeadamente, deve anotar-se a direcção e inclinação, a continuidade, a rugosidade, a abertura, o tipo de enchimento que existe e a ocorrência de estriamento nas superfícies respectivas. Para se obter informação com significado estatístico deve começar-se por definir zonas do maciço onde as descontinuidades exibam certa identidade no que se refere às suas propriedades e, em cada zona, considerar um número significativo de descontinuidades.

c) *Hidrogeologia*

Devem ser registadas todas as emergências nas superfícies de escavação e feitas referências às características de permeabilidade do maciço. Nos casos de percolação apreciável, deve proceder-se à medição dos caudais e analisar a sua evolução antes dos respectivos trechos do túnel serem revestidos. Estas referências são indispensáveis para a colocação de equipamentos mais sofisticados para medição de pressões e caudais.

4 – OUTRAS CARACTERÍSTICAS A REGISTAR

a) *Comportamento do maciço após escavação*

Constituem informações com muito interesse as referências ao comportamento do maciço tempos após a escavação, sobretudo antes do seu suporte. Comentários relativos a sobreescavações, a explosões de rocha e a outras evidências resultantes

da descompressão do maciço, permitirão ajuizar do comportamento deste e concluir sobre o acabamento a dar à obra e até sobre os processos de escavação e suporte nos trechos ainda a escavar.

b) *Características dos suportes*

Além de referências quanto aos métodos de escavação e avanços, que farão parte dos registos diários do construtor (incluindo, como é óbvio, os planos de fogo, nos casos de furação tradicional), o relatório sobre a cartografia das superfícies deve conter a descrição do revestimento ou suporte utilizados nos trechos que os requeiram: Nomeadamente deve referir-se o tipo de suporte provisório e definitivo (cambotas, cintas, betão projectado, ancoragens, etc.) as respectivas características geométricas (espessura de betão, afastamento entre cambotas, afastamento entre ancoragens, cumprimento das ancoragens, etc.) e os trechos onde esse tratamento mostra sinais de ruína como consequência de solicitações de natureza geológica.

c) *Instrumentação*

A observação do comportamento de túneis reveste dois aspectos importantes. Por um lado, é um meio de fazer progredir os conhecimentos, em geral, permitindo integrar experiência que poderá vir a ser utilizada em casos futuros em idênticas situações geológicas e de obra. Por outro lado, quando realizada desde o início de uma obra extensa, permite a intervenção desejada, não só nos trechos mais avançados da própria obra mas também nos próprios trechos em observação, no caso de suporte insuficiente.

Vários são os equipamentos de medida que podem ser instalados e diversas as grandezas que se poderão medir. A medição mais generalizada, contudo, é a da convergência das superfícies escavadas, reflexo das deformações do maciço, como consequência da escavação. A medição de convergência faz-se em regra em várias direcções contidas em planos normais ao eixo do túnel, de acordo com esquema definido em função do tipo de terreno e do suporte utilizado.

Além das medições de convergência é frequente fazerem-se outras, tais como medições de caudais e pressões de água (já referidas), de solicitações dos terrenos sobre o revestimento, de tensão nos cabos de ancoragem, etc.

Essas medições, enquanto duram os trabalhos de escavação poderão ser realizadas pelo geólogo encarregado do seu acompanhamento, que as incluirá no relatório periódico que faz circular pelas entidades interessadas.

5 – NOTAS FINAIS

Embora as considerações aqui apresentadas pretendam ser, essencialmente, recomendações quanto à cartografia das superfícies de escavação de obras subterrâneas, nomeadamente de túneis, parece adequado incluir também algumas referências a outros elementos de acompanhamento geológico da obra, com grande importância para o perfeito conhecimento do maciço e que terão igualmente que ir sendo obtidos à medida que progride a escavação e de preferência antecedendo o revestimento.

É o caso da colheita de amostras, quer das formações características do maciço, quer de zonas de esmagamento, de materiais de preenchimento de diaclases e falhas e de água. Os cuidados a observar na colheita dessas amostras são os referidos na especificação E-218 do LNEC, “Prospecção de terrenos–Colheita de amostras”.

É também o caso da obtenção de fotografias das superfícies escavadas, especialmente após a sua lavagem, se possível a cores e sob iluminação artificial intensa. Embora dependendo da extensão da obra, parece adequado recomendar que, após os primeiros metros onde se deverá procurar fotografar todos os aspectos das superfícies rochosas, as fotografias sejam tiradas em geral a distâncias de cerca de 100 a 200 m umas das outras e ainda sempre que surja qualquer singularidade digna de relevo.

A obtenção de toda a informação a que se faz referência nesta nota irá permitir proceder à classificação geotécnica das várias zonas do maciço e, com base nessa classificação, decidir sobre o suporte mais adequado para cada zona.

A escolha dos critérios de classificação sai do âmbito que se pretendeu dar ao presente trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bureau of Reclamation – Construction Geology Mapping in Tunnel Excavations. Office of Chief Engineer. Denver. March 1968.
- WAHLSTROM, E. E. – Tunneling in Rock. Developments in Geotechnical Engineering 3. Elsevier. Amsterdam. 1973.