

OBJECTIVOS DO PROJECTO DE TÚNEIS EM ROCHA*

Aims of the design of tunnels in rock

por

F. Mello Mendes**

RESUMO — São analisados, em termos que se pretendem realistas, os objectivos do projecto de túneis em rocha. Depois de considerar as diferentes finalidades possíveis dos túneis que lhes impõem determinadas características geométricas e de acabamento interior, passam-se em revista os parâmetros e os fenómenos geomecânicos envolvidos na construção, insistindo-se particularmente nas funções do sustimento. Conclui-se que, no estado actual de conhecimentos, a definição de convenientes tecnologias construtivas deve ser considerada como um objectivo do projecto dum túnel, geralmente mais importante que a fixação prévia das características de resistência do respectivo revestimento final.

SYNOPSIS — The aims of the design of tunnels in rock are analysed, in terms which are intended to be realistic. After considering the different possible purposes of the tunnels, which impose on them certain geometrical and interior finishing characteristics, the parameters and the geomechanical phenomena involved in the construction are reviewed, with particular emphasis on the functions of the support. It is concluded that, at the present state of knowledge, the definition of suitable constructive technologies must be considered as an aim of the project since, in general, it is more important than the settling of the strength characteristics of the final lining of the tunnel.

1 — INTRODUÇÃO

Os projectos de empreendimentos têm em vista alcançar determinados objectivos. Tratando-se de estruturas, tais objectivos correspondem, em regra, a assegurar que as mesmas, uma vez concluídas, fiquem dotadas de características que satisfaçam às respectivas finalidades. *Objectivos do projecto e finalidades da obra* encontram-se assim, na maior parte dos casos, ligados por uma relação mais ou menos nítida.

* Conferência de um ciclo sobre "Abertura de Trabalhos Subterrâneos Lineares em Maciços Rochosos", promovido pela Ordem dos Engenheiros em Lisboa (12.6.80) e Porto (13.6.80).

** Professor do Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa.

Estruturas há, todavia, para as quais esta relação não é bem clara, justificando algumas reflexões. Entre elas, os túneis constituem um caso típico, merecedor de atenção especial.

2 — TÚNEIS MINEIROS E TÚNEIS CIVIS

O vocábulo *túnel* não tem um significado universal, nem sequer significados específicos dentro de sectores profissionais. De universal, apenas tem corresponder sempre a um trabalho subterrâneo de características lineares, isto é, com comprimento várias vezes superior a qualquer das dimensões da secção recta. Para a engenharia civil, trata-se geralmente de um trabalho linear com secção não inferior a 2 m² e com inclinação pequena, em qualquer caso não superior a 30° pois, se tiver maior pendente, já passa a ser conhecido por *poço inclinado*. No sector mineiro, para ser túnel, e não *poço*, tem que ser horizontal ou sub-horizontal; mas só é túnel, e não *galeria*, se a sua secção for já apreciável, acima de 10 m², e se a duração que se lhe prevê não for muito breve. Esta imprecisão de definição não importa, todavia, às considerações que vão ser apresentadas.

Independentemente da grande variedade de tipos existente, os túneis podem considerar-se repartidos por dois grandes grupos: o dos *túneis mineiros* e o dos túneis não mineiros que, para simplificação, podem designar-se por *túneis civis*.

Os túneis mineiros têm como característica fundamental o serem previstos para manter-se, apenas, durante a vida das explorações que servem: esgotados os jazigos, os trabalhos mineiros são abandonados e, com eles, os túneis que englobam. Mesmo que os empreendimentos mineiros tenham vida prolongada*, estes túneis têm sempre, por isso, um carácter de obra provisória. Este carácter, de resto, é em regra acentuado e permitido por, quando em serviço, estarem associados a trabalhos mineiros activos e poderem, assim, beneficiar de eficientes meios de reparação, se tal for necessário.

Em contrapartida, os túneis civis são geralmente concebidos como obras definitivas, cuja conservação deve exigir cuidados mínimos e cuja reparação é sempre inconveniente e perturbadora da sua utilização.

* Por *vida prolongada* dum empreendimento mineiro pode entender-se a correspondente a um número elevado, mas ainda dígito, de dezenas de anos.

Há, sem dúvida, excepções de túneis civis com carácter provisório — por exemplo, túneis unicamente para desvio de cursos de água, quando da construção de barragens. As correspondentes características são então, geralmente, as de túneis mineiros, podendo ser considerados como tal.

Esta distinção entre túneis mineiros e túneis civis corresponde, assim, somente a diferentes ópticas quanto à duração prevista para as obras ou quanto às características que estas, após concluídas, devem possuir para se manterem no tempo, sem necessidade de reparações importantes.

As finalidades a que os túneis se destinam são aspectos diferentes a considerar.

Muitas das finalidades para que se constroem túneis são, de resto, comuns a túneis civis e a túneis mineiros; são frequentes, com efeito, tanto num como noutro domínio, os túneis para circulação de pessoal, para tráfego de materiais e circulação de equipamentos, etc.. O defender-se que a obrigatoriedade de perfeito cumprimento das suas finalidades é mais premente no caso dos túneis civis do que no dos túneis mineiros não é, no caso geral, justificável: para aqueles, uma interrupção de serviço provoca geralmente incómodos e prejuízos de carácter público, mas quase sempre com possibilidade de serem atenuados por recurso a vias alternativas; no caso dos últimos, interrupções análogas podem originar danos económicos elevadíssimos, embora de âmbito mais restrito, e com menos hipóteses de recurso a soluções alternativas para os reduzir.

Outras finalidades são mais específicas, umas dos túneis mineiros, outras dos túneis civis. Entre as primeiras, pode situar-se o estabelecimento de grandes correntes de ventilação, entre as segundas, a constituição de importantes condutas hidráulicas; raro é, todavia, o túnel civil cuja utilização não arrasta acessoriamente problemas de ventilação, assim como raro é o túnel mineiro em que não têm que circular caudais de esgoto.

Pode afirmar-se, então, que a distinção entre túneis mineiros e túneis civis é, em regra, meramente convencional.

Para que desempenhem as funções correspondentes às finalidades para que são previstos, os túneis são planeados para se ajustar a determinadas directrizes geométricas, tanto em planta como em altimetria, prevendo-se-lhes determinadas secções rectas de serviço, com formas e áreas convenientes.

Para a escolha da forma da secção recta dum túnel apresenta-se como de evidente influência a ocupação que essa mesma secção virá a ter, como consequência das finalidades da obra. Por outro lado, razões de segurança e de

economia poderão eventualmente aconselhar a adopção preferencial de configurações geométricas mais adequadas, condicionadas ou mesmo impostas pelas técnicas de escavação a utilizar, que proporcionem maior estabilidade do maciço circundante e que provoquem menores exigências de sustimento. Da ponderação e optimização das influências destas duas categorias de factores deverá resultar a forma mais aconselhável.

Quanto às dimensões que a configuração escolhida deverá ter, também dependerão logicamente da ocupação exigida para a secção recta.

No que respeita a estas dimensões, é sabido que, na maior parte dos casos, a superfície rochosa resultante do arranque tem que ser sustida ou revestida, por motivos de estabilidade ou por exigências ligadas às finalidades da obra. Sendo assim, há geralmente que distinguir entre dimensões finais da secção útil dum túnel e dimensões da secção de escavação. A diferença entre a área desta secção e a área da secção final, ou seja, a sobreescavação necessária em relação a esta última, dependerá não só das características e condições geomecânicas encontradas no maciço mas também do método de escavação utilizado.

3 — TENSÕES INSTALADAS NOS MACIÇOS

Como é sabido, nos locais do interior dum maciço rochoso, que vão ser atravessados por um túnel, encontram-se instaladas tensões. Os estados de tensão ocorrentes podem ser devidos a variados factores, entre os quais são geralmente dominantes o peso dos terrenos superjacentes e os esforços resultantes de tectonismos; acções térmicas provenientes do calor de profundidade ou da presença de águas quentes e contracções motivadas por arrefecimento da crosta terrestre são, entre outras, influências adicionais que também podem contribuir de maneira sensível para o estabelecimento de tais estados de tensão.

Dum modo geral, as tensões instaladas nos terrenos virgens de escavações são de compressão. Em casos relativamente raros, porém, podem encontrar-se tensões de tracção segundo determinadas direcções; é o que pode verificar-se, por exemplo, em algumas zonas da crosta afectadas por flexões devidas a orogenias activas.

Se se chama a atenção para estes particulares é para acentuar quanto pode ser contingente a prática corrente de estimar os estados de tensão instalados nos maciços à custa, unicamente, da influência do peso dos terrenos superjacentes e da impossibilidade física de expansões laterais, admitindo comporta-

mento puramente elástico do material rochoso. A negar a validade generalizada desse processo de estimação está, de resto, a evidência de, em grande número de maciços rochosos não superficialmente descomprimidos, as tensões horizontais, que se medem, apresentarem valores significativamente superiores aos das correspondentes tensões verticais.

Para além do referido processo de avaliação das tensões instaladas, com recurso unicamente ao peso dos terrenos, não existe qualquer outro que, com maior garantia de ajustamento em relação à realidade, permita estimar teoricamente aquelas tensões. Previsões mais seguras quanto às tensões instaladas nos maciços virgens de escavações só podem, assim, ser feitas à custa de medições directas de tais tensões.

Estas medições, todavia, não podem libertar-se das influências dos erros e imprecisões, por vezes muito grandes, inerentes aos métodos utilizados e, para caracterizarem razoavelmente os estados de tensão, em regra altamente heterogéneos, têm que ser feitas em número muito elevado. Este inconveniente é especialmente de considerar quando se pretendem estudar zonas que virão a ser afectadas por túneis, obras que se desenvolvem através de extensões de maciços por vezes muito grandes e, consequentemente, altamente susceptíveis que acusarem heterogeneidades não só dos terrenos como dos estados de tensão.

A previsão dos estados de tensão ocorrentes num maciço rochoso ao longo da zona em que se pretende vir a instalar um túnel nunca pode, assim, ser mais do que grosseiramente aproximada. Tais estados de tensão podem, todavia, vir a ser muito importantes para a obra a realizar.

4 — SITUAÇÕES GEOMECÂNICAS NA VIZINHANÇA DOS TÚNEIS

Com efeito, uma vez aberto um troço de túnel, cria-se um vazio e o terreno deixa de ter impossibilidade física de se expandir no sentido desse vazio, perpendicularmente à superfície que o limita. Nas direcções de possível expansão, as tensões de compressão, previamente instaladas, ficam com possibilidade de produzir trabalho, tendendo a dissipar-se. Por outro lado, a tendência para que se atinjam, tridimensionalmente, condições de equilíbrio de tensões e extensões leva umas e outras a redistribuir-se, criando, na vizinhança imediata do vazio, anulação das componentes das tensões que, através do mesmo, e normalmente ao respectivo contorno, não podem transmitir-se e,

circundando-o, uma zona comprimida que tende a funcionar com um anel de sustimento natural.

Este anel de auto-sustimento pode, ou não, instalar-se na vizinhança imediata do vazio. O situar-se ali só se verifica se, por um lado, a geometria do contorno é conveniente em relação ao estado de tensão previamente ocorrente e às características de anisotropia e heterogeneidade do terreno e se, por outro, não tendem a instalar-se tensões de corte que provoquem a deformação plástica ou a rotura do material rochoso ou tensões de tracção que o terreno não suporte. Se, na vizinhança imediata do vazio, o terreno é levado à rotura, as tensões que ali tendiam a instalar-se dissipam-se, por terem produzido trabalho, e o anel mais comprimido de auto-sustimento desloca-se para o interior do maciço; se o terreno, naquela vizinhança, se deforma plasticamente, também o trabalho produzido impede, ali, o crescimento das tensões e o anel de auto-sustimento afasta-se, igualmente, do contorno para o interior do terreno.

Para uma dada geometria e para dadas dimensões pretendidas para a secção recta dum túnel, o verificarem-se simples e limitadas expansões do contorno ou, diferentemente, deformações plásticas ou roturas depende, antes de mais, do estado de tensão previamente instalado e das características geomecânicas do terreno.

5 — IMPORTÂNCIA DAS CARACTERÍSTICAS DO TERRENO

Assim, se o maciço rochoso é pouco coerente, devido à sua litologia ou por se encontrar muito alterado ou compartimentado, como geralmente se verifica em zonas relativamente próximas da superfície, as respectivas resistências ao corte e à tracção são baixas; tende então a fracturar e mesmo a desagregar-se junto dos contornos das secções nele abertas, afastando-se destas, para o interior do maciço, os anéis de auto-sustimento proporcionados pelo próprio terreno. Mesmo sob estados, previamente instalados, de tensão bastante baixos, tais anéis de auto-sustimento podem chegar a intersectar a superfície do maciço, perdendo então esse auto-sustimento qualquer significado prático.

Sendo a coesão do terreno elevada, se as tensões, instaladas previamente no maciço, não são muito altas, só se verificarão roturas em torno da secção recém-aberta dum túnel se a respectiva geometria for especialmente desfavorável, se as suas dimensões forem bastante grandes ou se ocorrerem descontinui-

dades ou outros acidentes geológicos que, localmente, desestabilizem a situação.

Mas se as tensões previamente instaladas forem crescendo, o que, por vezes, se verifica se as profundidades a que o túnel é aberto vão aumentando, correspondendo a maiores recobrimentos, as tendências para roturas ou deformação plástica do terreno em torno da escavação vão aumentando também. O virem a verificar-se, preferencialmente, roturas ou deformações plásticas depende, fundamentalmente, das características reológicas dos maciços.

Os maciços rochosos, na realidade, só muito grosseiramente podem assimilar-se a sólidos elásticos puros, em que a uma modificação do estado de tensão corresponde, instantaneamente, um reajustamento do estado de deformação e em que a novas possibilidades de deformação correspondem, com o mesmo ritmo, redistribuições das tensões. Como é bem conhecido, estas redistribuições de tensões, consequência natural da progressão das escavações, raríssimas vezes são instantâneas: processam-se durante tempos sensíveis, à medida que as deformações do terreno, expandindo-se no sentido dos vazios que vão sendo criados, se vão verificando.

Os mineiros conhecem bem este facto e sabem que, na generalidade dos casos, para progredir com um trabalho subterrâneo, há uma determinada banda de velocidades de avanço que deve ser evitada; para "vencer" o terreno, há que ou avançar muito lentamente, deixando que ele "sossegue" após ataque anterior, ou muito rapidamente, para "passar" antes que as acções do maciço se manifestem.

Devido aos atrasos nas redistribuições dos estados de tensão e de deformação, pode acontecer que, durante a progressão dum túnel, após a criação de novo troço de vazio, as tensões de corte cresçam de modo suficientemente lento para que, atingido o nível correspondente à cedência plástica, esta se manifeste e o trabalho de deformação resultante, dissipando tensões, impeça que se chegue ao estado correspondente à rotura por corte. Esta ocorrerá, porém, se o ritmo de instalação das tensões for maior e, consequentemente, não houver tempo para que se verifiquem as deformações plásticas suficientes para que se dissipem as tensões que, concentrando-se, acabam por atingir os níveis em que tal rotura se processa.

Em qualquer dos casos referidos, o comportamento do maciço, em torno dum troço recém-aberto de túnel, tende para um estado final de estabilidade, a instalar-se a partir dum contorno com geometria conveniente que, em regra, se

situará não na superfície aparente da escavação mas mais para o interior do terreno.

À medida que, por deformação ou por fracturação no contorno do vazio, o maciço se vai descomprimindo na vizinhança do túnel, o correspondente material rochoso vai sendo, cada vez mais, sujeito à possibilidade de actuação de acções de peso. Estas, como é lógico, far-se-ão sentir predominantemente no tecto da escavação e, se houver fracturações, serão tanto mais importantes quanto maior for, aí, a espessura do terreno fracturado, ou seja, quanto maior for a distância a que se situar o anel envolvente de rocha comprimida, auto-sustida, em relação ao contorno rochoso aparente.

6 — FUNÇÕES DO SUSTIMENTO

Para evitar a queda do material rochoso fracturado, mais ou menos solto, recorre-se, como é bem conhecido, ao sustimento do terreno. Com esta técnica consegue-se não só diminuir os perigos, que a queda intempestiva de blocos de rocha pode motivar, mas também contrariar a tendência para a criação de sobre-escavações até à zona de terreno auto-sustido, com a consequente obrigatoriedade de remoção de quantidades adicionais de escombros que, por vezes, podem ser bastante elavadas. Tectos anormalmente altos, de resto, agravam desnecessariamente as dificuldades de fiscalização e de escombramento do terreno, aumentando a probabilidade de se soltarem blocos que, mesmo sendo pequenos, podem vir a causar acidentes graves.

A instalação de dispositivos de sustimento não serve apenas, todavia, para impedir a queda de material rochoso, por acções de peso. Aplicando esforços contra a periferia duma escavação, os elementos de sustimento contrariam a obrigatoriedade de serem aí nulas as tensões normais, na direcção do vazio, reduzindo assim, sobre o contorno deste, a possibilidade de criação de tensões de corte que venham a provocar deformações plásticas ou roturas do terreno; por outro lado, contrariando, também, em certa medida, a expansão do maciço no sentido do vazio, opõem-se à respectiva descompressão na vizinhança deste, contribuindo para que as características de auto-sustimento do terreno sejam mobilizadas mais perto do contorno aparente da escavação, e sejam mais importantes.

Acontece porém que, dadas as características reológicas da generalidade dos maciços rochosos, a maior parte das deformações e das roturas nos contornos

dos troços recém-abertos de túneis e, conseqüentemente, a perda de capacidade de auto-suporte dos maciços circundantes verificam-se logo após a escavação desses troços. Sendo assim, os sistemas de sustimento só conseguem contribuir eficientemente para a mobilização das características de auto-sustimento dos maciços se forem aplicados muito rapidamente após a criação dos vazios.

É neste particular que se baseia o tão falado *método austríaco* de abertura de túneis, método esse que só resulta satisfatoriamente se aquela rapidez de sustimento é respeitada. Se decorre tempo sensível entre a escavação e a aplicação do sustimento, é dada possibilidade ao maciço para se expandir no sentido do vazio, permite-se a eventual ocorrência de deformações plásticas ou de roturas, deixa-se o anel de terreno auto-sustido afastar-se para o interior do maciço e aumenta-se a importância dos volumes de rocha, descomprimida e fracturada, que actuam por acções de peso; conseqüentemente, passa a tornar-se necessário um sustimento mais resistente, por vezes mesmo muito mais resistente que o que poderia ser aplicado imediatamente após a escavação.

Em qualquer circunstância, nunca devem ser esquecidas as duas funções distintas do sustimento, que se apontaram: a) limitação da expansão do terreno e, conseqüentemente, da sua descompressão na vizinhança dos vazios; b) sustentação de material rochoso fracturado, devido à redistribuição de tensões nos contornos dos vazios, que actua por simples acção de peso.

Não deve ser igualmente esquecido que, conforme se frisou, o facultar-se ao sustimento, por aplicação oportuna, a possibilidade de exercer mais cabalmente a primeira daquelas duas funções tem como consequência poder geralmente esse sustimento ser menos resistente, por resultarem menos gravosas as condições em que tem de desempenhar a segunda função.

7 — INFLUÊNCIA DA METODOLOGIA DE AVANÇO DOS TÚNEIS

Compreende-se facilmente, pelo que acaba de ser dito, que o conveniente sustimento dum túnel está intimamente relacionado com a metodologia utilizada na respectiva abertura, principalmente no respeitante à articulação das operações de arranque e de sustimento.

Razões de segurança impõem que, acompanhando a progressão das operações de arranque, se realize, a menos que o terreno seja bastante firme, um sustimento que minimize os riscos para o pessoal e para os equipamentos utilizados. Tal sustimento — a que pode chamar-se *sustimento de 1.ª fase*

— poderá ou não depois vir a ser, se se pretende que o túnel venha a possuir características correspondentes a serviço de longa duração, substituído ou completado, de modo a constituir-se um *sustimento* (ou *sustimento-revestimento*) *definitivo*. Como, na maior parte dos casos, a segurança não aconselha e os custos operatórios não justificam a remoção, quando do sustimento definitivo, dos elementos de sustimento de 1.^a fase, não é conveniente chamar-lhes *sustimento provisório*.

Os sustimentos definitivos, necessários para que os túneis desempenhem convenientemente as funções correspondentes às respectivas finalidades, são pois, pelo exposto, altamente dependentes da constituição e da oportunidade de aplicação dos sustimentos de 1.^a fase; o mesmo é dizer que os sustimentos definitivos são, em larga medida, impostos pela metodologia tecnológica utilizada na progressão dos túneis.

Não é assim geralmente possível falar em sustimento ou em revestimento definitivo dum túnel sem abordar os processos a usar na respectiva construção, e isto não apenas em termos gerais mas já com um certo pormenor.

8 — OBJECTIVOS DO PROJECTO DE TÚNEIS EM ROCHA

As considerações apresentadas justificam que se medite um pouco sobre os objectivos a alcançar com os projectos dos túneis em rocha.

A tradição de considerar esses objectivos somente em função das finalidades a atingir pelas obras ou, mais propriamente, apenas em função das características que os túneis devem possuir depois de concluídos conduz geralmente, em termos de necessidades de sustimento, a exageros ou a carências.

Com efeito, para a determinação dos sustimentos (ou dos revestimentos) dos túneis parte-se, em regra, de hipóteses de carga que os pressupõem aplicados de uma só vez, numa fase final correspondente a determinadas situações de descompressão dos maciços nas vizinhanças dos vazios. Na prática, porém, quando das operações de arranque, é muitas vezes necessário aplicar sustimentos de 1.^a fase localmente mais fortes que aqueles, o que não é de estranhar por haver que instalá-los ou antes de o terreno ter atingido as suas condições de equilíbrio natural ou para obviar a anomalias de carga não previstas.

Chega-se assim, frequentemente, a situações em que existe um projecto que determina a instalação de um revestimento definitivo menos importante, quanto a resistência, que o sustimento de 1.^a fase, que se instalou quando da

escavação do túnel e que depois, por razões de segurança, não é aconselhável retirar.

Sob o aspecto económico, é também vulgar que, no projecto, se discuta exaustivamente o pormenor do revestimento definitivo quando, na prática, acabam por ser preponderantes para o custo final da obra os gastos inerentes ao sustimento de 1.^a fase, que aquele projecto pouco particulariza.

A incongruência destas situações é certamente devida, em grande parte, à falta, ainda hoje existente, de domínio dos fenómenos envolvidos na abertura dos túneis e na estabilização dos maciços rochosos em torno dos mesmos. Por um lado, está-se longe de poder caracterizar bem os maciços do ponto de vista reológico, por outro, mais longe se está ainda de poder determinar correctamente os estados de tensão pré-existent no terreno; em consequência, só muito grosseiramente pode avaliar-se a evolução, em redor dos vazios, dos estados de tensão e de deformação, desde que aqueles são abertos até que o terreno estabilize, quer naturalmente quer com aplicação dum sustimento. Para o projecto mais conveniente deste último recorre-se também a hipóteses, necessariamente simplificadas, de condições de carga, que raramente se consideram influenciadas pelo factor tempo e que assim, pelo que foi dito, mais não podem ser do que muito toscas e insuficientes reproduções da realidade.

Em termos práticos, o apontado corresponde a que, como regra quase geral, se verifique um desajustamento grande entre os túneis, depois de construídos, e os respectivos projectos, principalmente no respeitante aos custos finais das obras e aos prazos de execução. Parte importante dos afastamentos constatados têm por motivo uma óptica deformada quanto à definição correcta dos objectivos a atingir com os projectos dos túneis.

Em relação a estes objectivos, há que reconhecer com a necessária humildade que, actualmente, ainda o estado dos conhecimentos não permite que, antecipadamente, isto é, antes de se ter procedido à escavação dum comprimento apreciável de túnel, se possa determinar quais devam ser as características apropriadas do respectivo revestimento. Estas só podem ser estabelecidas, regra geral, em função dos sustimentos de 1.^a fase que se forem instalando até perfeito controle do terreno circundante, controle esse a comprovar por observação apropriada.*

* Para tal observação, pode hoje recorrer-se, como é sabido, a variados e mais ou menos sofisticados processos, cuja consideração sai fora do âmbito deste trabalho.

O que acaba de referir-se significa que o revestimento definitivo dum túnel só pode fixar-se correctamente à medida que a obra vai progredindo e que se vai podendo dispor de elementos sobre o sustimento de 1.^a fase aplicado e sobre o comportamento conjunto deste e do terreno. Por outras palavras, isto quer dizer que, no estado actual dos conhecimentos, o estabelecimento das características do revestimento definitivo dum túnel não deve constituir um dos objectivos do correspondente projecto inicial.

A esta afirmação pode objectar-se que, no entanto, o conhecimento prévio daquelas características é necessário para a avaliação antecipada do custo da obra. Não se nega que assim seja, mas insiste-se na humildade que é necessário ter para, uma vez que não se sabe resolver o problema com satisfatório rigor, afirmar que só é possível apresentar soluções grosseiramente aproximadas.

Em relação aos projectos de túneis, o não incluir, entre os seus objectivos, a fixação das características finais dos sustimentos ou revestimentos pode, todavia, ser em grande parte compensado pela consideração de outro objectivo, geralmente não tido em conta: a procura do mais aconselhável processo tecnológico de construção.

Com efeito, conforme foi atrás dito, por meio de uma conveniente articulação das técnicas de arranque e de sustimento de 1.^a fase, oportunamente aplicado, pode caminhar-se no sentido de minimizar os custos globais de construção dos túneis, considerando-se incluídos nestes custos os das parcelas correspondentes aos revestimentos finais.

Justifica-se pois que, ponderando com mais realismo o valor dos conhecimentos actuais, se encarem de maneira diferente do que é hábito os projectos dos túneis em rocha; importa torná-los mais úteis e menos desajustados em relação às obras de que se pretende constituam antecipações. Para isso, a adopção duma óptica mais mineira, isto é, visando mais a execução do trabalho do que a obra concluída, apresenta-se como vantajosa.