

NOTAS SOBRE A CONSTRUÇÃO DE TÚNEIS EM PORTUGAL

Note on tunnelling in Portugal

por

ÚLPPIO NASCIMENTO*

RESUMO – Documenta-se a importância da construção de túneis em Portugal com números extraídos do relatório da Conferência da OCDE sobre túneis, realizada em Washington, em 1970; e apresenta-se a versão em português das recomendações dessa Conferência.

Apresentam-se e comentam-se a lista da bibliografia portuguesa sobre túneis bem como a lista dos temas de investigação com interesse para a construção de túneis em curso ou a iniciar no LNEC. Refere-se a Reunião Inaugural da Associação Internacional de Túneis, realizado em Oslo, em Abril de 1974, principalmente no que respeita à natureza da entidade que em cada país coordena as informações sobre túneis. Conclui-se fazendo considerações sobre a defesa dos interesses do País perante a cooperação tecnológica estrangeira e sugere-se o reforço da estrutura tecnológica nacional para melhorar essa defesa.

SYNOPSIS – The importance of tunnel construction in Portugal is corroborated by figures given in the report of the OCDE conference on Tunnels held in Washington in 1970. The Portuguese version of the Recommendations of that conference is given in this paper. A list of Portuguese bibliography on tunnels, as well as a list of research subjects concerning tunnel construction that are being or will soon be investigated at LNEC are presented and discussed herein. Reference made to the first meeting of the International Association on Tunnels in Oslo, April 1974, particularly as concerns the nature of organizations that in each country coordinate information. Lastly consideration is given to the aspect of protection of this country's interests as regards foreign technological cooperation. The author suggests the strengthening of the country's technological structure in order to build up that protection.

* Investigador do LNEC

Correspondendo ao pedido dos organizadores da 1.^a Reunião sobre Túneis da Sociedade Portuguesa de Geotecnia para abrir os trabalhos com uma breve introdução, aproveita-se a oportunidade para chamar a atenção para a importância que a construção de túneis vem adquirindo nos últimos anos em todo o Mundo e também em Portugal. E para documentar essa importância compilou-se alguma informação, principalmente da Reunião sobre Túneis da OCDE realizada em Washington em 1970 [1] e na qual participou activamente uma delegação portuguesa organizada pelo extinto Gabinete de Planeamento de Transportes Terrestres. Nos Anexos I e II apresentam-se essas compilações. As recomendações finais dessa Conferência [7] pareceram tão importantes que se promoveu a sua tradução para as apresentar à Reunião (Anexo III).

Pareceu também conveniente apresentar à Reunião a lista do Anexo IV com a bibliografia portuguesa sobre túneis.

No Anexo V apresenta-se finalmente a lista dos temas de investigação em curso ou a iniciar no LNEC.

Seguidamente fazem-se alguns breves comentários sobre os referidos anexos, sobre a recentemente criada Associação Internacional de Túneis e, finalmente, sobre a estrutura tecnológica do País.

1 – VOCABULÁRIO

No Vocabulário de Estradas e Aeródromos (LNEC, 1962) túnel é definido como uma galeria subterrânea destinada a dar passagem a uma via de comunicação ou a uma canalização. No entanto, no âmbito da citada Reunião da OCDE [7], o termo “tunneling” foi usado com o seguinte significado muito mais amplo: construção, por qualquer método, duma cavidade coberta, de geometria pré-estabelecida em projecto, cuja localização e uso finais se faz abaixo da superfície, e cuja área da secção transversal é superior a 2 m²”. Também cabem portanto nesta definição as cavidades subterrâneas destinadas a centrais, a depósitos, a parques de automóveis, etc., e de igual modo nela cabem os túneis ou cavidades construídas não apenas por escavação subterrânea como também pelos métodos da vala aberta (“cut-and-cover”) ou de imersão.

A Conferência, por outro lado, considerou que as galerias das minas estavam excluídas do seu âmbito de trabalho.

2 – CONSTRUÇÃO DE TÚNEIS EM PORTUGAL NA DÉCADA 1960-69

De acordo com os números apresentados na Conferência de Washington [1], dos quais se compilou o Anexo I, Portugal construiu na década 1960-69 103 km de túneis (292 km incluindo as minas), com um volume de escavação de 2781 milhares de metros cúbicos (3 529), tendo investido nessa construção 1212 milhares de contos (1 342). Os números entre parêntesis referem-se a minas, as quais, como já se disse, foram consideradas excluídas do âmbito da Conferência.

Em valores médios construiu-se portanto a uma cadência anual de cerca de 10 km, correspondente a 280 000 m³ e a um investimento de 120 000 contos.

Tirando as minas, cerca de 70% da extensão referida diz respeito a condutas de água; e os outros 30% são repartidos em partes sensivelmente iguais por transportes, por esgotos e outros serviços, e por outros usos. Em custos, cerca de 50% corresponde a condutas de água, 40% a transportes e os outros 10% são repartidos em partes sensivelmente iguais pelas outras duas finalidades (esgotos e outros serviços, e outros usos). Quanto às condições de terreno, cerca de 95% da extensão foi construída em rocha, 1% em terreno mole e 4% em vala aberta.

Talvez haja interesse em que seja divulgada lista que identifique os túneis que integram aqueles dados estatísticos globais.

3 – PREVISÃO DA CONSTRUÇÃO DE TÚNEIS EM PORTUGAL NA DÉCADA 1970-79

Com base em elementos da mesma Conferência [1] compilou-se no Anexo II a previsão da construção de túneis em Portugal na década 1970-79. Prevê-se assim construir 170 km (411), com um volume de escavação de 6 246 milhares de m³ (7 210) e um custo de 3 525 milhares de contos (3 729). Em relação à década 1960-69 prevê-se portanto um aumento que faz passar o volume de trabalho para cerca do dobro e o volume do investimento para cerca do triplo. Nessa previsão continuam a preponderar as condutas de água (57% em extensão) seguidas pelos transportes (17%), pelos outros usos (16%) e pelos esgotos, etc. (10%). Em custos porém é nos túneis para transportes que se prevêem as maiores despesas (59%), seguidos pelas condutas de água (28%), dos destinados a outros usos (9%) e pelos esgotos, etc. (4%).

Conviria também conhecer a lista identificadora das obras que conduziu àqueles números globais e, além disso, as recentes alterações que a actualizem.

4 – AS RECOMENDAÇÕES DA CONFERÊNCIA DA OCDE SOBRE TÚNEIS, WASHINGTON, 1970

No Anexo III apresenta-se uma versão portuguesa completa das recomendações da Conferência [7]. De acordo com o inquérito preparatório da Conferência, na década 1960-69 foram construídos pelos países da OCDE cerca de 13 000 km de túneis com um volume de escavação de 300 milhões de m³. Em 1970 o investimento anual desses países em construção de túneis andava pelos 28 milhões de contos. E previa-se nessa data que na década 1970-79 o mercado de construção de túneis duplicasse, pelo menos. Em face dessa importância crescente da construção de túneis, a Conferência fez recomendações incidindo sobre os seguintes pontos:

- 1.^a – Necessidade duma entidade coordenadora (“focal agency”) em cada país.
- 2.^a – Planeamento do uso do subsolo.
- 3.^a – Uso do conceito de custo/benefício total nas decisões de investimento e planeamento.
- 4.^a – Encorajamento do avanço tecnológico.
- 5.^a – Cooperação internacional.

No Anexo III justificam-se e concretizam-se as recomendações feitas e inclui-se um apêndice com as investigações consideradas necessárias, subdivididas nos seguintes capítulos:

- 1.^o – Geologia e Hidrologia
- 2.^o – Mecânica dos solos e das rochas
- 3.^o – Processos de escavação
- 4.^o – Movimentação de materiais
- 5.^o – Suporte do terreno e revestimento de túneis
- 6.^o – Controle do ambiente e segurança
- 7.^o – Sistemas de construção de túneis

Destas recomendações considera-se de salientar como mais importante a que se refere à criação em cada país duma entidade coordenadora. A criação em Portugal dessa entidade parece efectivamente necessária e urgente.

5 – BIBLIOGRAFIA PORTUGUESA SOBRE TÚNEIS

Reconhecendo-se a necessidade de fazer o ponto da posição do País no que respeita a construção de túneis, apresenta-se no Anexo IV numa lista da

bibliografia portuguesa sobre o assunto elaborada com base no ficheiro do LNEC. Essa lista mostra que as obras que, pela sua importância ou pela natureza dos problemas que levantaram, justificaram notícia técnica, se situam nos domínios dos transportes (Túnel do Rossio, Metropolitano de Lisboa, marginal do Douro), aduções de água (canais do Tejo, Vale Matança) ou das centrais subterrâneas (Cabora Bassa). Nota-se no entanto que o pequeno número de publicações relativas a túneis de aproveitamentos hidráulicos não está de acordo com o grande volume dessas construções na década 1960-69, conforme se mostra no Anexo I.

As recentes construções de parques subterrâneos em Lisboa (Praça dos Restauradores e Alameda D. Afonso Henriques) também não originaram ainda, salvo erro, qualquer notícia técnica.

O comentário óbvio a esta falta de documentação é o de que convém atenuar esta carência de notícias técnicas, mesmo que essas notícias possam já não parecer oportunas por se referirem a obras antigas.

6 – A INVESTIGAÇÃO SOBRE TÚNEIS EM PORTUGAL

No Anexo V apresentam-se os temas das investigações em curso ou a iniciar brevemente no LNEC. Todos praticamente incidem apenas em três dos sete capítulos sugeridos pela Conferência de Washington. Com efeito os temas sobre Geologia, Hidrologia e Mecânica dos Solos e das Rochas são razoavelmente cobertos. O suporte de terrenos e o revestimento de túneis ainda é contemplado num ou outro ponto. Mas sobre os outros quatro capítulos (Processos de construção, movimentação de materiais, controle do ambiente e segurança, e sistema de construção de túneis) não se prevê praticamente nenhuma investigação. Os referidos temas de investigação resultaram do ajustamento das capacidades de investigação do Laboratório aos problemas considerados prioritários, ajustamento esse feito em reuniões conjuntas do LNEC e das entidades interessadas.

Apresentando o referido temário a esta Reunião, solicitam-se críticas e sugestões que permitam melhorá-lo.

Considera-se ainda pertinente que se ponha à Reunião a seguinte pergunta: Poderá o País colher mais benefícios dessas investigações? Haverá alguma coisa a fazer nesse sentido?

7 – A ASSOCIAÇÃO INTERNACIONAL DE TÚNEIS

De 24 a 25 de Abril deste ano, teve lugar em Oslo a Reunião Inaugural da Associação Internacional de Túneis (ITA) cujos fins estatutários são encorajar o planeamento do uso do subsolo e promover o avanço em investigações preparatórias sobre túneis e no respectivo projecto, construção e conservação, reunindo informações e estudando questões relativas ao assunto.

A Associação está organizada como federação de associações nacionais, sendo a cotização de base fixada para 1974 em 500 dólares.

Da documentação da Conferência faz parte uma lista onde se dão indicações relativas a 22 países sobre o estado em que se encontra a constituição da entidade coordenadora (“focal agency”) cuja criação foi recomendada pela Conferência de Washington. Num país (Suécia) essa entidade é pública; em quatro (Austrália, Holanda, Noruega e Inglaterra) ela é privada; em oito (Bélgica, Canadá, França, Alemanha Ocidental, Itália, Japão, África do Sul e USA) ela é mista de pública e privada; e nos restantes seis países (Áustria, Dinamarca, Finlândia, Grécia, Hungria, Irlanda, Polónia, Portugal e Suíça) ela ainda não é conhecida.

Qual é a forma que mais convém a Portugal? É esta a interrogação que se deixa à consideração dos participantes da Reunião.

8 – REFORÇO DA ESTRUTURA TECNOLÓGICA DO PAÍS

É óbvio que neste domínio dos túneis, como noutros aliás, a tecnologia portuguesa deve estruturar-se de forma a servir o melhor possível os interesses do País. No que respeita à cooperação internacional, a defesa desses interesses requer por vezes uma coordenação entre as diferentes entidades que constituem a referida estrutura tecnológica, coordenação essa que, segundo me parece, nem sempre é eficaz.

Concretizemos o caso da cooperação de empresas estrangeiras na realização de obras em Portugal. As entidades mais directamente ligadas ao assunto são o *dono da obra*, o *projectista* e o *empreiteiro*; mas indirectamente estão também interessadas a *indústria*, a *investigação* e o *ensino*. Suponhamos que o dono duma complexa obra subterrânea, envolvendo diversas tecnologias, algumas delas a importar, resolve adjudicar o respectivo projecto a uma entidade estrangeira que, segundo lhe parece, domina essas tecnologias e lhe oferece, portanto, as necessárias garantias contratuais. Teriam sido assegurados os legítimos interesses dos projectistas, da indústria, da investigação e do ensino nacionais? Será o dono da obra

a entidade mais indicada para zelar por tais interesses do País?

Mas suponhamos que não é o dono da obra mas sim o projectista ou o empreiteiro que, por sua iniciativa, se associa com empresas estrangeiras para determinado projecto ou obra. Terão sido assegurados os legítimos interesses dos outros projectistas ou empreiteiros nacionais? Apoiar-se-ão adequadamente essas associadas estrangeiras na investigação e indústria portuguesas? Serão os projectistas ou os empreiteiros as entidades mais indicadas para zelar por tais interesses?

Com estes exemplos julga-se ter mostrado a conveniência em examinar a eventual necessidade de reforçar a estrutura tecnológica nacional com uma entidade coordenadora. A intervenção dessa entidade iniciar-se-ia logo a partir do planeamento geral do fomento do País e articularia a sua acção, por um lado, com os donos das obras e, por outro lado, com os representantes dos projectistas, dos empreiteiros, da indústria, da investigação e do ensino.

Já existe alguma entidade que possa, sem embaraços prejudiciais, desempenhar essas funções?

Existem os instrumentos legais que permitam essa acção?

São perguntas que, concluindo, se põem aos participantes da Reunião.

AGRADECIMENTO

O autor agradece à Dr.^a Maria de Lourdes Eusébio a colaboração prestada na tradução das Recomendações da Conferência de Washington, (Anexo III)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 – OECD, Advisory Conference on Tunnelling. Report on Tunnelling Demand 1960-1980, Washington, 1970.
- 2 – SCHMIDHAUDER, J., Report on Cut-on-Cover Construction, OECD, Advisory Conf. on Tunnelling, Washington, 1970.
- 3 – HOWARD, T. E., Report on Hard Rock Tunnelling, OECD Advisory Conf. on Tunnelling, Washington, 1970.
- 4 – DESHAMPS, M. J., Rapport sur la Construction des Tunnels en Terrain Meuble, OECD Advisory Conf on Tunnelling, Washington, 1970.
- 5 – WENTINK, H. C., Report on Immersed Tunnel Construction, OECD Advisory Conf. on Tunnelling, Washington, 1970.
- 6 – OECD Advisory Conf. on Tunnelling, Report on Research and Development Related to Tunnelling, Washington, 1970.
- 7 – OECD Advisory Conf. on Tunnelling, Conference Recommendations, Washington, 1970.

NEXO I

ESTIMATIVA DA CONSTRUÇÃO DE TÚNEIS (EM PORTUGAL)
NA DÉCADA 1960-69

(Segundo elementos da Conferência da OCDE sobre Túneis – Washington, 1970)

ANEXO II

PREVISÃO DA CONSTRUÇÃO DE TÚNEIS EM PORTUGAL
NA DÉCADA 1970-79

(Segundo elementos da Conferência da OCDE sobre túneis, Washington, 1970)

ANEXO I - ESTIMATIVA DA CONSTRUÇÃO DE TÚNEIS EM PORTUGAL NA DÉCADA 1960-69
(Segundo elementos da Conferência da OCDE sobre Túneis - Washington, 1970)

		Secção dos túneis												Custo	
Usos	Condições do terreno	2 a 10 m ²		10 a 30 m ²		30 a 100 m ²		Mais que 100 m ²		Totais		Custo			
		Compt. km	Vol. 10 ³ m ³	Comp. km	Vol. 10 ³ m ³	Comp. km	Vol. 10 ³ m ³	Comp. km	Vol. 10 ³ m ³	Comp. km	Vol. 10 ³ m	Milhões de US\$	Milhares de contos*		
Totais		202,9	814,6	66,9	1464,1	21,89	1130,1	0,20	120	291,9	3529	46,97	1342		
Minas		189,0	748,0	-	-	-	-	-	-	189,0	748,0	4,58	130		
Transportes		-	-	-	-	10,95	560,9	-	-	10,9	560,9	16,02	457		
Água		7,5	30,0	55,0	1210,0	10,40	535,0	0,20	120	73,1	1895,0	23,10	660		
Esgotos, Electricidade, etc.		5,4	14,3	4,5	165,2	-	-	-	-	9,93	179,5	1,78	50		
Novas estruturas subterrâneas		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Outros usos		1,0	22,3	7,4	88,9	0,54	34,2	-	-	8,95	145,4	1,49	42		
Rocha		201,7	793,8	62,6	1303,1	12,32	642,4	0,20	120	276,9	2859	-	-		
Terreno mole		0,5	3,5	1,0	16,0	0,87	64,7	-	-	2,4	84	-	-		
Vaia aberta		0,7	17,3	3,3	145,0	8,70	423,0	-	-	12,7	585	-	-		

* - 1 escudo = 0,035 US\$

ANEXO II - PREVISÃO DA CONSTRUÇÃO DE TÚNEIS EM PORTUGAL NA DÉCADA 1970-79
(segundo elementos da Conferência da OCDE sobre túneis, Washington, 1970)

		Secção dos túneis												Totais		Custo		
		2 a 10 m ²			10 a 30 m ²			30 a 100 m ²			Mais que 100 m ²			Totais		Custo		
		Compt. km	Vol. 10 ³ m ³	Compt. km	Vol. 10 ³ m ³	Compt. km	Vol. 10 ³ m ³	Compt. km	Vol. 10 ³ m ³	Compt. km	Vol. 10 ³ m ³	Compt. km	Vol. 10 ³ m ³	Compt. km	Vol. 10 ³ m ³	Milhões de US\$	Milhares de contos [■]	
Usos	Totais	268,7	1167,4	82,6	1742,6	56,75	3217,0	2,61	1083	411	7210	130,52	3729					
	Minas	241,0	964,0	-	-	-	-	-	-	241	964	7,17	204					
	Transportes	-	-	0,1	1,6	26,25	1905,0	2,36	933	29	2840	74,99	2142					
	Água	14,0	133,0	70,0	1500,0	13,00	690,0	0,25	150	97	2473	34,65	980					
	Esgotos, gás, etc.	13,0	69,0	3,0	23,0	-	-	-	-	16	92	3,15	90					
	Novas estruturas subterrâneas	0,7	1,4	-	-	-	-	-	-	1	1	0,05	1,4					
	Outros usos	-	-	9,5	218,0	17,50	622,0	-	-	27	840	10,50	300					
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%				
		90	82	87	89	59	48	68	50									
	Condições do terreno	Rocha	8	17	10	10	38	50	32	50								
Terreno mole		2	1	3	1	3	2	-	-									
Terreno mole de grande permeabilidade ou imerso																		

■ - 1 escudo = 0,035 US\$

ANEXO III

RECOMENDAÇÕES DA CONFERÊNCIA SOBRE TÚNEIS DA OCDE (Washington, 25/6/70)

INTRODUÇÃO

Estas recomendações foram estabelecidas pela “OECD Advisory Conference on Tunnelling”, na qual participaram os seguintes países:

Austrália	Alemanha	Noruega
Áustria	Grécia	Portugal
Bélgica	Islândia	Espanha
Canadá	Itália	Suécia
Dinamarca	Japão	Suíça
França	Holanda	Reino Unido
Estados Unidos		

A necessidade mundial de construção de túneis*, que presentemente já é considerável, supõe-se que aumentará progressivamente. De acordo com inquéritos realizados antes da Conferência, verificou-se que um total de pelo menos 13000 km (430000 km incluindo mineração) de túneis, com um volume de escavação de pelo menos 300 (4000) milhões de metros cúbicos foram construídos durante a década 1960-1969 em países da OCDE. Na data da Conferência, as despesas realizadas na construção de túneis nestes países estavam calculadas numa média anual de cerca de \$1000 (\$3000) milhões. Os números entre parêntesis incluem construção de túneis associada com abertura de minas, o que aliás está excluído. Durante a década 1970-1979 supõe-se que, em comparação com a década anterior, a necessidade de abertura de túneis será duplicada.

Esta necessidade cada vez maior deriva não só das exigências cada vez mais premente de escavação subterrânea nos sectores tradicionais – extracção mineral, construções de utilidade pública, transportes, desenvolvimento hidro-eléctrico – mas também de exigências novas especiais das áreas urbanas. Como as populações urbanas se agregam em centros cada vez maiores e mais densos, torna-se cada vez mais necessário preservar a superfície exterior e proteger a qualidade do meio

* Construção de túneis (“Tunnelling”) significa, no âmbito desta Conferência “construção, por qualquer método, duma cavidade coberta, de geometria pré-estabelecida em projecto, cuja localização e uso finais se faz abaixo da superfície, e cuja área da secção transversal é superior a 2 m²”.

ambiente colocando subterraneamente muitas funções e serviços essenciais que até agora tinham sido deixados à superfície (por exemplo centrais eléctricas, parques de automóveis, reservatórios, esgotos). Como as cidades continuam a desenvolver-se esta necessidade de construção de túneis continuará a aumentar cada vez mais rapidamente pondo um difícil desafio àqueles que têm de planear e melhorar o desenvolvimento urbano.

O objectivo essencial da “OECD Advisory Conference on Tunnelling” é aconselhar os diferentes organismos governamentais no que respeita às medidas a tomar para responder satisfatoriamente a este desafio. Neste sentido, a Conferência difere de qualquer outro encontro internacional anterior sobre construção de túneis e, até mesmo neste aspecto, de qualquer outra conferência técnica anterior. A maior parte das reuniões técnicas de hoje em dia, têm como objectivo rever o grau de conhecimento num determinado campo e servir como ponto de encontro ideal para troca de informações, pontos de vista e experiência. Esta Conferência é deliberadamente organizada para chamar a atenção sobre as necessidades sociais no que respeita a uma tecnologia específica, neste caso a construção de túneis. A Conferência diz portanto respeito à avaliação das potencialidades de construção de túneis e ao estudo das linhas de acção que possam permitir pôr estas potencialidades em execução.

Nos últimos dez anos tem-se conseguido um progresso considerável em tipos específicos de construção de túneis; nos locais onde têm sido aplicados esforços mais conjugados, tem-se conseguido uma redução de cerca de 50% ou mais nas despesas e prazos de construção de alguns tipos específicos de túneis. Não obstante todas as nações que participaram nos inquéritos preparatórios desta conferência foram unânimes em afirmar que ainda é possível e necessário conseguir aperfeiçoar substancialmente a arte de construir túneis. Não só as despesas e os prazos de construção poderão ser significativamente reduzidos mas também poderão ser significativamente reduzidos impactos indesejáveis, especialmente no meio urbano, tais como ruído, poeira, vibrações e movimentos do solo. Espera-se que, com acções apropriadas dos governos se acelere o progresso desta acção, sendo nalguns casos considerada tal actuação como essencial, principalmente se se têm de ultrapassar obstáculos particularmente importantes.

Isto não quer dizer que o progresso seja repentino e fácil pois não há remédios simples para os problemas existentes. A importância dominante da diversidade das condições de terreno, o diferente grau de progresso técnico em tipos especiais de construção de túneis, os numerosos processos envolvidos na

construção de túneis, para além do aumento do seu comprimento, a variabilidade de condições de trabalho, a relação entre a grandeza do projecto e o esquema óptimo de construção, todos estes factores contribuem para a complexidade de tarefa e impedem soluções simples de aplicação universal.

O desenvolvimento rápido na arte de construção de túneis é impedido também por uma grande variedade de factores institucionais. Tem-se impedido esse desenvolvimento, por exemplo, pela tendência de considerar a construção de túneis para diferentes fins como necessitando de diferentes técnicas e experiências; tem-se dado demasiado ênfase às diferenças e tem-se dado muito pouca importância às semelhanças essenciais nos métodos de construção de túneis. Em segundo lugar, há uma grande tendência para considerar a construção de túneis como uma amálgama de técnicas separadas em vez de a considerar como um sistema unificado. O esforço de investigação tem sido distribuído desigualmente entre os vários elementos do processo de construção de túneis, dando comparativamente pouca atenção a algumas áreas importantes. Finalmente o facto de o mercado de construção de túneis ter um carácter intermitente e imprevisível não é propício à rápida introdução de inovações. As inovações mais notáveis e recentes têm geralmente ocorrido onde tem havido uma promoção permanente da construção de túneis para um determinado fim durante vários anos.

Os factores acima descritos, tais como dificuldades técnicas inerentes à construção de túneis, obstáculos institucionais e conhecimento inadequado das alternativas do subsolo, têm todos contribuído para que tenha havido um progresso muito lento na arte de construção de túneis. O objectivo a ser alcançado é portanto fazer um melhor uso da arte de construção de túneis no sentido de favorecer os interesses da sociedade. Os obstáculos que impeçam este esforço devem portanto ser identificados, definidos e sempre que possível ultrapassados.

1. Necessidade de uma entidade coordenadora ("Focal Agency") em cada país

O primeiro passo a dar para se conseguir progredir nesta arte e criar condições propícias para um uso mais lato de construções subterrâneas seria o estabelecimento ou designação em cada país de uma entidade organizadora que serviria como ponto de convergência da actividade de construção de túneis dentro do país. Evidentemente que tal organização tomaria formas diferentes de acordo com os países respectivos. Nalguns, a organização poderia ser pequena, com a função primária de coordenar as actividades de outros grupos de trabalho e assegurar

que cada grupo de trabalho fosse responsável pela realização de cada uma das actividades essenciais. Noutros países, essa entidade poderia ser um grupo muito mais numeroso com a responsabilidade de realizar muitas das tarefas essenciais.

Recomendação 1

Recomenda-se portanto que cada país designe uma entidade a nível nacional com responsabilidade de coordenar a actividade de construção de túneis e, sempre que apropriado, estimular o desenvolvimento da respectiva tecnologia. Tal entidade deveria pelo menos tomar a seu cargo ou providenciar que fossem tomadas as seguintes medidas:

i) Recolha e disseminação de informações técnicas relacionadas com a construção de túneis, incluindo investigações em curso, actividades de desenvolvimento e inovação, assim como elementos sobre o custo e “performance” de componentes e sistemas de construção de túneis.

ii) Avaliação contínua do estado da arte de construir túneis para identificar as necessidades técnicas que pudessem ter sido satisfeitas por meio de acções de investigação e desenvolvimento, para determinar o nível global e o tipo das acções de investigação e de desenvolvimento, e para rever periodicamente até que ponto tais acções são apropriadas às necessidades futuras de acordo com os diferentes tipos de construção de túneis e para estimular a utilização na construção de túneis de tecnologia avançada, ainda que desenvolvida para outros fins.

iii) Previsão estatística periódica das necessidades de túneis e recolha dos dados relativos à previsão da quantidade de futuras construções subterrâneas planeadas para todos os fins classificados por condições de terreno, tamanho, finalidade e tipo de estrutura, dividindo-se estas informações em duas categorias:

a) a curto-prazo (digamos 5 anos) necessidades resultantes de usos convencionais, tecnologia corrente e preferências correntes;

b) a médio-prazo (digamos 10 anos) necessidades incluindo usos convencionais, nova tecnologia e mudanças potenciais nos modelos usados.

iv) Compilação sistemática de dados geológicos referentes às áreas geográficas em que se prevê a construção de túneis, principalmente áreas em que se prevê um desenvolvimento urbano.

v) Rever os requisitos legais existentes e as normas tradicionais de construção de túneis de modo a que se consiga o máximo benefício para a colectividade.

vi) Estudo das práticas contratuais em relação ao presente estado da arte de construção de túneis incluindo a consideração de divisão de riscos entre as

respectivas partes contratantes.

vii) Tomar a acção necessária para aperfeiçoar o conhecimento dos planeadores, dos organismos oficiais e do público em geral sobre os benefícios a serem alcançados com uma utilização devidamente planeada e crescente do subsolo.

viii) Rever a adequação da preparação dos engenheiros no domínio da construção de túneis.

ix) Participação em actividades internacionais respeitante à aplicação, planeamento e prática da construção de túneis.

2. Planeamento da utilização do subsolo

O subsolo de uma cidade ou doutro centro populacional tem grande valor e por conseguinte é altamente desejável que a sua utilização seja determinada por um planeamento positivo e claro. Como ponto de partida, deverá encarregar-se uma única agência em cada localidade, de manter um registo detalhado da posição e finalidade de todos os serviços e estruturas existentes no subsolo. O planeamento futuro da utilização do subsolo deveria ser coordenado com vista a estabelecer prioridades entre necessidades sobrepostas e promover a realização no subsolo de estruturas e serviços destinados a vários fins, tanto no que respeita às necessidades futuras como às presentes.

Recomendação 2

É desejável que em qualquer área urbana haja uma entidade que mantenha registos detalhados da utilização presente do subsolo e que, para coordenar as construções subterrâneas, prepare um plano-base que deve ser periodicamente actualizado. Recomenda-se portanto que cada governo tome as medidas apropriadas para tal fim.

3. Utilização do conceito custo total/benefício para tomar decisões relativas a investimento e planeamento

A prática corrente de avaliar os investimentos propostos apenas em termos de despesas de construção sem tomar em consideração a diferença entre as despesas e os benefícios sociais e do meio-ambiente das construções subterrâneas e à superfície, tende a fazer parecer maior do que realmente é a despesa de uma construção subterrânea em relação a uma construção semelhante feita à

superfície. No entanto tal alternativa pareceria mais interessante se se tomasse em devida conta, por exemplo, o custo social das actividades à superfície, incluindo dificuldades de acesso, obstáculos à utilização futura do solo, inconveniências e perdas de tempo durante a construção, redução do valor tributável pela ocupação permanente do solo e os benefícios para a qualidade do ambiente por se estabelecer no subsolo determinado serviço, ocasionando assim uma redução de ruídos, vibração, fumos e perturbação visual.

Recomendação 3

Recomenda-se portanto que, ao avaliar, comparar e decidir fazer um investimento público, se tome em conta os custos e benefícios tanto directos como indirectos das duas alternativas, construção à superfície e construção subterrânea. A fim de facilitar a execução desta recomendação pelos diversos departamentos governamentais e públicos que são responsáveis pelas decisões de planeamento, deveria ter-se dados mais definidos e desenvolver-se métodos mais adequados para medir os impactos sociais da utilização mais intensa e efectiva do subsolo urbano. Para tal aconselha-se:

i) Estudos do efeito dos processos de construção alternativos sobre o ambiente urbano e o habitante urbano a fim de desenvolver uma base para determinar os custos totais, incluindo custos indirectos como por exemplo, quebra de negócios e impacto sobre a saúde e bem-estar da população urbana.

ii) Estudos dos impactos psicológicos ou sociais por maior utilização do subsolo incluindo utilizações não convencionais, tais como, fábricas subterrâneas.

iii) Estudos dos efeitos diferenciais sobre o ambiente urbano, incluindo a sua ecologia derivada da muito ampliada utilização do subsolo, tanto durante como depois da construção, por exemplo, mudança do nível freático, utilização do material escavado, susceptibilidade aos danos provocados por sismos, mudanças na vida urbana, etc.

iv) Comparação dos custos de todas as alternativas ou seja, de construção à superfície em vala aberta e subterrânea, tomando em consideração todas as despesas, incluindo despesas sociais.

4. Encorajamento de progresso tecnológico

Em resposta ao inquérito, expressou-se uma opinião geral de que deve ser alargado o âmbito de investigação e desenvolvimento relacionado com a cons-

trução de túneis e deve ser aumentado o esforço nesse sentido. Devido às diferenças geológicas e outras diferenças existentes entre os países e devido à variedade de técnicas de construção de túneis, não é surpreendente que tenham sido expressas opiniões diferentes relativas às prioridades para tal investigação.

Uma frequente observação nas respostas individuais ao inquérito chamava a atenção para a dificuldade aparente em aplicar os resultados da investigação aos problemas de projecto e construção de túneis. Um problema relacionado com isto é a utilização insuficiente das melhores técnicas disponíveis na prática real.

Claro que às vezes faltam as ligações ou há ligações fracas na cadeia de trâmites que começa com a investigação, continua através do desenvolvimento, ensaios, apreciação, modificação e nova apreciação, terminando finalmente na difusão, ampla aceitação e utilização geral de uma dada tecnologia em circunstâncias apropriadas. Em certa medida isto é devido a condições variáveis encontradas na construção de túneis e à conseqüente diversidade das áreas dos problemas. Além disso há em geral uma falta de finalidade comum na investigação, projecto e construção de túneis, dando origem em muitos casos, a um insucesso na tentativa de conseguir uma solução mais apropriada para a respectiva finalidade e a uma tendência para considerar cada aspecto separadamente dos outros.

Pode verificar-se que, na apresentação do “OECD Demand Report on Tunnelling”, com excepção do sector mineiro, os projectos de construção de túneis são largamente baseados nos fundos públicos, para posse ou utilização pública, isto é, fornecimento de água, esgotos, ou transporte. É evidente que o investimento de fundos públicos para investigação e desenvolvimento de construção de túneis deveria resultar em economia de despesas para a organização que dispense esses fundos.

Recomendação 4

Recomenda-se portanto que cada país deva, logo que isso seja praticável, tomar as medidas necessárias para promover uma utilização mais rápida, efectiva e ampla do progresso técnico no campo da construção de túneis. Os elementos básicos de tal acção deveriam incluir:

i) Um programa de observações das cargas do terreno, comportamento do lençol de água, comportamento sísmico, tensões e movimentos associados com túneis, incluindo estudos a longo prazo de túneis já terminados para comparação com as previsões.

ii) Encorajar e, sempre que seja apropriado, exigir o uso das melhores técnicas e equipamento existente para os projectos de construção, incluindo uma investigação “in situ” bem adequada às diferentes fases de planeamento e de realização de um projecto.

iii) Encorajamento de projectos de investigação relacionados com os problemas práticos de construção e manutenção de túneis.

iv) Patrocínio ou promoção de ensaios à escala natural e demonstrações de técnicas e equipamento novos ou não convencionais sobre os projectos efectivos de construção.

v) Participação no desenvolvimento de ensaios à escala natural de serviços no âmbito de condições de terreno apropriadas para o país para desenvolvimento de ensaios e apreciação de protótipos, de componentes e sistemas.

5. *Cooperação internacional*

As acções directas deverão ser normalmente tomadas mais a nível nacional que internacional. Deste modo, a acção mais efectiva que poderia ser tomada internacionalmente é o encorajamento da livre informação, levando à compreensão e cooperação na solução de problemas comuns.

Recomendação 5

Recomendam-se portanto que se estabeleçam fortes laços de trabalho entre as entidades coordenadoras nacionais, quer directamente quer através duma Comissão internacional, para que os esforços internacionais possam ser dirigidos em direcção a:

i) Estabelecer e manter laços com outras organizações internacionais que tenham interesse na tecnologia da construção de túneis.

ii) Promover o estabelecimento de normas e terminologia (em conjunto com as organizações internacionais estabelecidas, tais como as Sociedades Internacionais de Mecânica dos Solos e de Mecânica das Rochas) para uma recolha nacional e análise de dados respeitantes às necessidades de construção de túneis, condições geológicas, estatísticas, técnicas de projecto e construção.

iii) Providenciar a coordenação do progresso na construção de túneis conseguido por cada nação, para que todas as necessidades de investigação possam ser mais facilmente identificadas a uma escala internacional.

iv) Investigar a conveniência de estabelecer normas de tamanhos e formas

de túneis, particularmente em relação à adopção de normas para máquinas de abrir túneis.

v) Considerar uma adopção mais lata de normas contratuais.

vi) Organizar periodicamente conferências internacionais a fim de rever o estado de arte da construção de túneis.

APÊNDICE

NECESSIDADES DE INVESTIGAÇÃO

Prioridades correntes da Investigação

Apesar de uma inesperada falta de concordância nos detalhes, há no entanto concordância, em princípio, na necessidade de melhoramento em todos os aspectos de construção de túneis, sendo essa necessidade urgente em certos aspectos. No seguimento dos estudos propostos mencionados nas recomendações 1 e 3 pensa-se que seria útil enumerar as áreas em que o progresso não tem sido satisfatório e onde é mais sentida a necessidade de melhoramento.

Evidentemente que as prioridades individuais para qualquer país, dependerão largamente do programa e necessidades específicas da construção de túneis nesse país.

Além disso as medidas necessárias para iniciar e apoiar um programa de R&D variarão com os países, dependendo do tipo de trabalho e das leis, costumes e instituições que comandam as relações governo-indústria. Considerando que a comunidade receberá, directa ou indirectamente, benefícios dos melhoramentos previstos, os métodos de financiar a investigação e desenvolvimento podem tomar a forma de:

– Um auxílio directo do Governo aplicado de maneira a evitar uma redução da iniciativa privada no que respeita a inovação e desenvolvimento.

– Estimulação do investimento privado na investigação e desenvolvimento, quer por diminuição de taxa ou por adequada comparticipação nas despesas; ou

– encorajamento de inovações para evitar despesas, por meio de esquemas para partilhar os benefícios conseguidos em trabalhos de construção de túneis.

As áreas principais em que a investigação é considerada como um assunto de prioridade são enumeradas a seguir.

1. *Geologia e Hidrologia*

1.1 – Desenvolvimento de métodos geofísicos para prospectar o terreno a partir da superfície e a partir da frente de escavação do túnel.

1.2 – Desenvolvimento de técnicas para obter mais e melhor informação das sondagens feitas em solo ou rocha, por métodos geofísicos.

1.3 – Melhoramentos nos métodos de obtenção de amostras intactas de solo ou rocha, incluindo amostragem contínua.

1.4 – Desenvolvimento de terminologia normalizada e classificação geotécnica para rochas e solos.

1.5 – Desenvolvimento de métodos aperfeiçoados para determinar as condições da água no subsolo e a permeabilidade do solo em todas as direcções, para calcular o afluxo de água nas escavações e os efeitos do rebaixamento e subida do nível freático.

1.6 – Desenvolvimento de melhores técnicas para detectar e identificar cabos e canalizações enterradas, cavidades e obstáculos submersos.

1.7 – Estudos dos efeitos de ondas e correntes na construção de túneis submersos.

1.8 – Desenvolvimento de técnicas aperfeiçoadas para determinar o transporte de sedimentos e para prever a taxa e a extensão dos respectivos depósitos nas valas dos túneis imersos.

2. *Mecânica de Rochas e de Solos*

2.1 – Estudos básicos de mecânica das rochas e mecânica dos solos para ampliar e consolidar a compreensão dos princípios fundamentais.

2.2 – Desenvolvimento de métodos mais seguros e económicos para avaliar “in situ” as propriedades do solo ou rocha.

2.3 – Estudo do efeito do tempo no comportamento “in situ” da interacção do terreno com a estrutura do túnel.

2.4 – Aperfeiçoamento dos actuais conhecimentos sobre compactação de solos em espaços restrictos.

2.5 – Estudo dos efeitos dos sismos sobre túneis construídos em diferentes tipos de terreno.

2.6 – Aperfeiçoamento dos métodos de previsão da estabilidade de taludes debaixo de água para túneis submersos.

3. *Processo de escavação*

3.1 – Estudos básicos de fracturação de rocha.

3.2 – Desenvolvimento de coroas e ferramentas de corte, aperfeiçoadas para máquinas de perfuração, para aumentar a gama de dureza de terrenos em que as máquinas possam operar eficientemente.

3.3 – Desenvolvimento de tipos de equipamento, processos, etc. que sejam adaptáveis às variações da natureza do terreno e das condições adversas de água.

3.4 – Avaliação de novos processos para escavação, incluindo métodos não convencionais de usar explosivos.

3.5 – Desenvolvimento de métodos de escavação e equipamento que minimizem efeitos prejudiciais sobre o material envolvente e estruturas adjacentes e o meio-ambiente urbano.

3.6 – Normalização das dimensões dos túneis para permitir uma utilização mais intensiva das máquinas e equipamento.

3.7 – Desenvolvimento de sistemas de orientação simples e precisos para a escavação de túneis (ver também 6.3 abaixo).

3.8 – Melhor correlação dos dados de mecânica das rochas e dos solos com a performance das máquinas de escavação.

3.9 – Desenvolvimento de métodos de construção de túneis que suportem a frente de avanço em terreno aquífero sem necessidade de trabalhar em ar comprimido.

3.10 – Investigação mais intensiva da possibilidade de utilizar técnicas não convencionais para desintegração e escavação da rocha e solo.

3.11 – Desenvolvimento de equipamento e processos aperfeiçoados para escavação precisa de valas debaixo de água para túneis imersos.

3.12 – Desenvolvimento de métodos aperfeiçoados para medir a profundidade das valas para os túneis imersos.

4. *Movimentação de materiais*

4.1 – Estudo do comportamento básico de partículas de material com respeito às características de escoamento, efeito do tamanho da partícula, etc.

4.2 – Desenvolvimento de sistemas mais compactos de movimentação de materiais.

4.3 – Desenvolvimento de meios de levar a depósito, materiais escavados apropriados às áreas urbanas.

4.4 – Estudo de sistemas hidráulicos e pneumáticos de levar a depósito materiais escavados.

4.5 – Desenvolvimento de sistemas integrados aperfeiçoados de escavação, carga, transporte e colocação em depósito de materiais escavados.

4.6 – Desenvolvimento de sistemas auxiliares para colocar areia a grande profundidade debaixo de elementos de túneis imersos.

5. *Suporte do terreno e revestimento de túneis*

5.1 – Métodos aperfeiçoados para calcular o suporte de terrenos e a estabilidade de taludes debaixo de água.

5.2 – Desenvolvimento de métodos mais racionais para avaliar a capacidade de sistemas de suporte especialmente “shotcrete”, pregações, ancoragens, paredes moldadas, estacas cravadas e moldadas, muros de suporte.

5.3 – Iniciação dum amplo programa para recolha de dados referentes ao comportamento “in situ” de maciços de solo ou de rochas (incluindo os aterros dos túneis em vala aberta), o sistema de suporte, e a interacção entre os dois para usar no desenvolvimento ou verificação dos métodos de projecto para todos os tipos de construção de túneis (ver também alínea 2.3).

5.4 – Desenvolvimento de sistemas de suporte temporário para túneis que possam ser instalados mais rapidamente e mais perto da frente e que possam ser incorporados no sistema de suporte permanente.

5.5 – Desenvolvimento de sistemas aperfeiçoados de suporte dos túneis que minimizem os problemas de manuseamento e de construção.

5.6 – Desenvolvimento de material e métodos aperfeiçoados para estabilização do terreno por injeção ou congelação.

5.7 – Aperfeiçoamento dos esquemas de suporte temporário para túneis em vala aberta, minimizando os movimentos adjacentes do solo.

5.8 – Melhoramento de técnicas para projecto e utilização de revestimentos de túneis pré-fabricados, particularmente aquelas que repressãoem o terreno.

5.9 – Desenvolvimento de técnicas de explosivos, para minimizar o estrago da rocha, particularmente em escavações subterrâneas.

5.10 – Desenvolvimento de muros de suporte aperfeiçoados para construções em vala aberta e de (i) equipamento bate-estacas com reduzidos ruídos e características vibratórias, próprio para ser usado em espaços estreitos e confinados; (ii) paredes com estacas moldadas para proporcionar uma maior exactidão de

trabalho, menores condicionamentos para trabalhar num espaço reduzido e para melhorar a impermeabilidade; (iii) muros de suporte de paredes moldadas para utilização em terrenos com obstáculos; (iv) muros de suporte com vigas I para conseguir maior economia e melhor transferência de carga à base.

5.11 – Desenvolvimento de elementos pré-fabricados aperfeiçoados para túneis imersos para poder reduzir os custos e os problemas das juntas.

5.12 – Desenvolvimento de métodos de ligação dos elementos de túneis imersos às estacas sem intervenção de mergulhadores.

5.13 – Desenvolvimento de métodos para prever os efeitos do rebaixamento do nível freático.

6. *Controle do ambiente e segurança*

6.1 – Desenvolvimento de instrumentação aperfeiçoada para avaliar a intensidade de concentração de ruídos, poeira e gás.

6.2 – Desenvolvimento de normas de qualidade ambiental para operações subterrâneas, particularmente para novos processos de escavação.

6.3 – Desenvolvimento de sistemas de controle remoto para orientação das máquinas de escavação para eliminar tanto quanto possível a necessidade da presença humana em áreas perigosas. (Ver também 3.7).

6.4 – Desenvolvimento de técnicas novas e aperfeiçoadas para controlar poeira, perigos electromecânicos, fumos, cabos, ruídos de vibração e água.

6.5 – Estudo e redução de riscos médicos no trabalho em ar comprimido.

7. *Sistemas de construção de túneis*

7.1 – Desenvolvimento de expressões e modelos matemáticos para representar os processos do sistema de construção de túneis, para ajudar a identificar inadequações.

7.2 – Estudo e desenvolvimento da capacidade de exprimir factores geológicos em termos que permitam a sua representação em modelos matemáticos.

7.3 – Estudo das vantagens em aumentar a automação na construção de túneis para reduzir os perigos pessoais e os custos.

ANEXO IV

BIBLIOGRAFIA PORTUGUESA SOBRE TÚNEIS

(Lista a completar com outras eventuais contribuições)

- CHOFFAT, P. – Étude Geologique du Tunnel du Rocio. Contribution à la Connaissance du Sous-sol de Lisbonne Geol. de Port., Lisboa 1889
- VEIGA DA CUNHA, L. – Túneis da Canal do Tejo, “Técnica”, Lisboa, Nov. 1940.
- CARLOS, A. P. – O Túnel de Vale de Matança do Canal G. P. M. e o Problema do seu Revestimento em Face das Dificuldades Técnicas e Económicas Encontradas. Ed. do autor, Porto, 1948
- BATISTA, Jr. J. R. – Notas sobre Túneis, Revista da Ordem dos Engenheiros, Lisboa, N.º 68, 1949
- COUTINHO, A. S. e FERREIRA, M. G. – Estudo Relativo à Impermeabilização do Revestimento do Túnel da Marginal do Douro, LNEC, Relat. Proc. 150-II, Jan. 1951
- FIGUEIRA, J. M. C. – Bases Geotécnicas do Metropolitano de Lisboa, s. edi., s. d., Lisboa
- FARINHA, J. S. B. – Elementos-Base dos Cálculos de Estabilidade das Estruturas do Metropolitano de Lisboa, Revista da Ordem dos Engenheiros, Lisboa, 1951
- HENRIQUES, F. D. G. – Túnel de Caniçada, “Técnica” N.º 248, Lisboa, 1955
- ROCHA, M., COUVREUR, C. e FOLQUE, J. – Relatório duma Missão aos Estados Unidos, Relativa ao Estudo das Ligações Rodoviárias e Ferroviárias entre Lisboa e a Margem Sul do Tejo, Relat. N.º 1177, LNEC, Lisboa, 1956
- LIMA, J. R. – O Túnel Rodoviário da Marginal do Douro, Junta Autónoma de Estradas, Lisboa, 1957
- FARINHA, J. S. B. – O Metropolitano de Lisboa. Enquadramento e Construção, 1.ª Jornadas Luso-Brasileiras de Engenharia Civil, LNEC, 1960
- NUNES, J. M. O. – Les Travaux Souterrains des Aménagements Hydroelectriques de Picote et Miranda, VII Congrès des Grands Barrages, Question 25, Rome, 1961. Versão em português, “Engenho”, 1964.
- SERAFIM, J. LAGINHA – Internal Stresses in Galleries, 7th Int. Cong. ou Large Dams, Rome, 1961. LNEC, Mem. n.º 204, Lisboa, 1962.
- CERVEIRA, A. – A Ventilação Natural em Minas Silicogénias, “Engenharia”, Porto, Jan. 1964.
- RODRIGUES, A. O. – Iluminação de Túneis, Pontes e Estradas, “Binário”, Lisboa, Jan. 1966.
- FARINHA, J. S. B. – Considerações sobre Túneis Rodoviários Urbanos, “Urbanização, Lisboa, Março de 1967.
- CARDOSO, ROGÉRIO, P. – Iluminação de Túneis Rodoviários. “Engenho”, Lisboa, 1973.
- SILVEIRA, A. F., AZEVEDO M. C. e COSTA C. P., – Contribuição para o Estudo da Central Subterrânea de Cabora Bassa, Lisboa, “Electricidade”, 1973, LNEC, Mem. N.º 430, 1974.

OLIVEIRA, R. – Engineering Geological Exploration and in Situ Testing, Panel report of the Theme VII “Engineering Geology and Underground Construction”, Proc. II Int. Cong. Asso. Eng. Geology, Vol. 2, São Paulo, 1974.

GAMA, C. D. – Avanço Rápido de Galerias. “Geotecnia”, Lisboa, Junho-Julho de 1974.

ANEXO V

INVESTIGAÇÃO COM INTERESSE PARA A CONSTRUÇÃO DE TÚNEIS EM CURSO OU A INICIAR NO LNEC

PLANO DE ESTUDOS DE ESTRADAS, CAMINHOS DE FERRO E AERÓDROMOS (PECFA)

B.1 – ESTUDO E APERFEIÇOAMENTO DE NOVAS TÉCNICAS DE RECONHECIMENTO E PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA

Desenvolvimento e aperfeiçoamento de métodos de reconhecimento e prospecção geotécnica já utilizados no país; e estudo e apropriação de novos métodos e técnicas que ultimamente surgiram no estrangeiro.

C.4 – ESTUDOS RELATIVOS À ESTABILIZAÇÃO DE SOLOS COM ADITIVOS

Estudos relativos à viabilidade prática e económica de utilizar aditivos na estabilização de solos a empregar em estradas, aeródromos e caminhos de ferro.

E.1 – ESTUDOS RELATIVOS A TÚNEIS E OBRAS SUBTERRÂNEAS

Estudo dos métodos de dimensionamento de túneis e obras subterrâneas tendo em conta os processos utilizados na sua construção. Estudo das solicitações a considerar nos dimensionamentos e desenvolvimento de técnicas para observação destas obras.

- E.2 – ESTUDOS RELATIVOS À CONSTRUÇÃO DE PARQUES SUBTERRÂNEOS.

Estudo dos métodos de dimensionamento de parques subterrâneos, procurando considerar convenientemente as solicitações actuantes nas diversas fases da vida da obra, a fim de ser possível prever o seu comportamento e as repercussões que a sua realização tem em estruturas e outras obras vizinhas. Desenvolver-se-ão métodos de observação que esclareçam sobre a qualidade das previsões efectuadas.

- F.1 – ESTUDOS RELATIVOS A AQUEDUTOS E CONDUTAS ENTERRADAS

Estudo dos métodos de dimensionamento de aquedutos e condutas enterradas tendo em conta os processos seguidos na construção destas obras. Estudo das solicitações que devem ser consideradas, desenvolvimento de programas de cálculo automático para determinação dos campos de tensões e deslocamentos das obras, e observação do seu comportamento.

- H.3 – VIBRAÇÕES PRODUZIDAS PELO TRÁFEGO RODOVIÁRIO E FERROVIÁRIO

Desenvolvimento e aperfeiçoamento dos métodos, já utilizados em Portugal, de medição e análise das vibrações e estudo e apropriação de novas técnicas desenvolvidas no estrangeiro.

PLANO DE ESTUDO DE OBRAS HIDRÁULICAS (PEOH)

- A.1.2 – COMPORTAMENTO DE TERRENOS SOB A ACÇÃO DE SOLICITAÇÕES VIBRATÓRIAS

Estudo dos parâmetros que caracterizam o comportamento dinâmico dos solos em ensaios que simulem convenientemente os sismos.

A.1.4/A.1.7 – ESTUDO DA DISTRIBUIÇÃO DE PRESSÕES NEUTRAS EM MACIÇOS TERROSOS

Efectuar programas que permitam conhecer a distribuição das pressões neutras, velocidades e forças de percolação em maciços aplicando o método dos elementos finitos.

Generalizar estes programas para casos de regimes não permanentes de percolação.

A.4.1 – APERFEIÇOAMENTO DA TÉCNICA DE AMOSTRAGEM INTEGRAL E SUA UTILIZAÇÃO PARA A CARACTERIZAÇÃO DA PERMEABILIDADE, DA DEFORMABILIDADE E DA RESISTÊNCIA AO CORTE DE MACIÇOS ROCHOSOS

Pretende-se com este estudo continuar a exploração das aplicações da amostragem integral à caracterização da permeabilidade, da deformabilidade e da resistência dos maciços rochosos, bem como desenvolver um processo de utilização de resinas de reacção rápida para substituição do cimento na aplicação da técnica.

A.4.2 – PROSPECÇÃO GEOFÍSICA DE FUNDAÇÕES DE BARRAGENS E OBRAS SUBTERRÂNEAS

Desenvolvimento e aperfeiçoamento dos métodos e técnicas de prospecção geofísica para obtenção de informações globais relativas às características geológicas e geotécnicas das formações interessadas por aquelas obras, principalmente em casos em que os métodos e técnicas até agora utilizados têm apresentado algumas limitações.

A.4.4 – ESTUDO DO COMPORTAMENTO DE MACIÇOS ROCHOSOS ATÉ À ROTURA PELO MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS

Pretende-se prosseguir o estudo, pelo método dos elementos finitos, dos equilíbrios (planos e tridimensionais) que se desenvolvem em maciços de fundações de grandes obras hidráulicas, em taludes e em obras subterrâneas.

A.4.5 – ESTUDO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE ROCHAS E DE MACIÇOS ROCHOSOS

O objectivo deste programa de investigação é estudar a influência do comportamento inelástico de rochas quando se pretende resolver problemas de abertura de obras subterrâneas.

Dada a variedade de rochas existentes, o trabalho restringir-se-á ao estudo dos granitos, nos quais, em Portugal, se constroem muitas obras.

A.4.6 – INFLUÊNCIA DAS DESCONTINUIDADES NA DEFORMABILIDADE DOS MACIÇOS ROCHOSOS

Estudar a influência das descontinuidades na deformabilidade dos maciços rochosos.

A.4.8 – ESTUDO DA DEFORMABILIDADE DOS MACIÇOS ROCHOSOS ATRAVÉS DO DILATÓMETRO

Obtenção dum melhor método de interpretação dos resultados do dilatómetro, do ponto de vista quantitativo.

A.4.8 – OBSERVAÇÃO DE DESLOCAMENTOS E DE TENSÕES EM OBRAS SUBTERRÂNEAS

Conclusão da aferição experimental das expressões analíticas estabelecidas para o defórmetero tubular que realiza o método, com eventual introdução das modificações que venham a impor-se.

A.4.9 – ESTUDO DA PERCOLAÇÃO DA ÁGUA ATRAVÉS DAS FUNDAÇÕES DAS BARRAGENS DE BETÃO

Caracterização dos escoamentos (regime permanente) através das fundações entrando em linha de conta com a fissuração. Consequências sobre as soluções de impermeabilização, cortina de estanqueidade e drenagem a adoptar.

A.4.9 – ESTUDO DA PERMEABILIDADE DE MACIÇOS ROCHOSOS FRACTURADOS

O objectivo do estudo visa essencialmente dois aspectos ligados ao problema de determinação das características de permeabilidade de maciços rochosos fracturados, a partir de ensaios realizados na fase de prospecção desses maciços. O primeiro refere-se às técnicas e equipamentos de medida dos vários parâmetros que vão permitir definir aquelas características a partir de ensaios de injeção de água sob pressão. O segundo aspecto prende-se com a definição de critérios de selecção dos vários parâmetros que constituem o ensaio tais como dimensões dos obturadores, escolha das orientações dos trechos de ensaio, pressões de injeção de água, tempo de duração do ensaio, etc., tendo atenção às dimensões e aos tipos de obras.

A.4.10 – TRATAMENTO DOS MACIÇOS ROCHOSOS POR INJEÇÕES

Pretende-se com este estudo aprofundar os conhecimentos nos domínios da penetrabilidade de suspensões de cimento e das condições de preparação de caldas de injeção baseadas em cimento.

A.4.10 – ESTUDOS REFERENTES À UTILIZAÇÃO DE ANCORAGENS EM OBRAS GEOTÉCNICAS

Estudo da tecnologia de execução de ancoragens e métodos para o seu dimensionamento. Desenvolvimento de novos métodos de dimensionamento de ancoragens e verificação da estabilidade do conjunto onde elas se inserem.

PLANO DE FOMENTO (PF)

– DETERMINAÇÃO DA DEFORMABILIDADE DE MACIÇOS ROCHOSOS POR MEIO DE MACACOS PLANOS DE GRANDES DIMENSÕES

Determinação do módulo de elasticidade da rocha ou do maciço rochoso.

- INFLUÊNCIA DO EFEITO DE ESCALA NA SEGURANÇA À DEFORMABILIDADE DOS MACIÇOS ROCHOSOS

Contribuição para o conhecimento da influência das dimensões das fundações das obras na segurança, à deformabilidade dos maciços rochosos.

- ESTUDO DA RESISTÊNCIA AO CORTE DE ROCHAS FISSURADAS

Contribuição para o problema da estabilidade das fundações rochosas das barragens de betão e dos taludes rochosos das albufeiras. Ensaio de provetes em torsão e aperfeiçoamento da máquina desenvolvida no LNEC para o efeito.

- APERFEIÇOAMENTO DO MÉTODO DE COLHEITA DE AMOSTRAS

Adquirir prática no manuseio de novos amostradores actualmente disponíveis e estudar o grau de deformabilidade das amostras com ele conseguidas.

- ESTUDOS DE ALTERAÇÃO E ALTERABILIDADE DE ROCHAS

Aplicação dos estudos de alteração e alterabilidade de rochas aos campos da Engenharia Civil. Estudo dos mecanismos de alteração das rochas e previsão do seu comportamento futuro. Estudo das rochas como material de construção. O caso dos enrocamentos marítimos. Critérios de aceitação do material.

- ESTUDOS RELATIVOS AO ATRITO INTERNO DE MATERIAIS GRANULARES E MACIÇOS DE BLOCOS

Progredir no conhecimento racional das relações entre a resistência de materiais granulares e maciços de blocos e os parâmetros básicos de que ela efectivamente depende.

– ESTUDO DO ESTADO DE TENSÃO DE MACIÇOS POR MÉTODOS ITERATIVOS

Calcular o estado de tensão e os deslocamentos em maciços de terreno utilizando o método dos elementos finitos de forma iterativa.