AS PREGAGENS COMO MÉTODO DE TRATAMENTO DE MACIÇOS ROCHOSOS

ROCK BOLTING TO IMPROVE ROCK MASS PERFORMANCE

por

A.S.COSTA PEREIRA (*)

RESUMO: Apresentam-se os diversos tipos de pregagens usados no tratamento de maciços rochosos e, principalmente como método de suporte provisório em obras subterrâneas. Tecem-se considerações sobre tipos de pregagens comercializadas recentemente em Portugal e apresenta-se a prespectiva do autor quanto ao desenvolvimento futuro da utilização de pregagens no suporte provisório de obras subterrâneas.

SYNOPSIS: Different types of rock bolts used to improve geotechnical quality of rock masses, specially to create a preliminary support of underground excavations are described. Some considerations are presented concerning new types of rock bolts recently comercialized in Portugal. The author presents a prespective for further develoments of the use of rock bolts for the preliminary supports of underground excavations.

(*) Geologo de engenharia. CEGE Lda - Lisboa.

Assistente convidado da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

1 - INTRODUÇÃO

O uso de pregagens no controlo de movimento de encostas especialmente em maciços rochosos bem como suporte inicial em tuneis é uma técnica que tem evoluido nos ultimos 30 anos passando da fase de cepticismo à de aceitação universal.

Tendo como principal polo de utilização as minas, dos 250 milhões de pregos vendidos anualmente, apenas uma percentagem inferior a 10% é usada em trabalhos de Engenharia Civil, é sem dúvida nas minas que vamos encontrar os materiais mais modernos e as técnicas mais avançadas.

As primeiras pregagens de que há conhecimento foram executadas em França, em explorações de ardósia da região de Angers e eram constituidas por barras de madeira de castanheiro sendo a sua solidarização ao maciço feita provocando, com água, o inchamento da madeira.

Os pregos em aço foram desenvolvidos a partir de 1950 e, no início, a técnica limitava-se ao uso de aço de construção com um dispositivo de fixação muito simples, constituido pelo sistema ranhura-cunha.

A seguir, surge o sistema de selagem com injecção de calda de cimento e mais tarde com resina, e mais recentemente aparecem pregos à base de fibra de vidro e selagem com resina polimerizada "in situ", decorrendo estudos para o desenvolvimento de pregagens usando fibras vegetais ou sintéticas e ainda pregagens à distância (remote control roof bolting) e pregos auto perfurantes.

Em Portugal, foram introduzidas nos últimos anos novas técnicas de pregagens comercializadas com a designação Split-Set e Swellex, e oriundas respectivamente dos Estados Unidos e Suécia, bem como processos de selagem com resinas polimerizadas "in situ".

Apesar de toda esta evolução dos materiais usados, a técnica de suporte de obras subterrâneas com pregagens é ainda muito empirica e, neste domínio como em muitos outros, a experiência precedeu a teoria. Os mecanismos de acção dos pregos estão ainda mal conhecidos, mas a pratica tem demonstrado que este método de suporte é particularmente eficaz e económico.

2 - TIPOS DE PREGAGENS

Duma maneira geral pode considerar-se que existem dois grandes tipos de pregagens, a pregagem pontual e a pregagem repartida.

2.1 - Pregagem pontual

Neste tipo de pregagem, a solidarização do tirante ao terreno é parcial, e visa a obtenção da ligação de uma zona superficial do maciço, no geral descomprimida, a uma zona mais profunda de rocha intacta.

O modo de solidarização do tirante ao maciço, é assegurado por um dispositivo mecânico, que no início era obtido pelo sistema de cravação de uma cunha que se introduzia por compressão no fundo do furo numa ranhura previamente executada no tirante e que, mais modernamente, é constituido por um sistema mecânico de expansão, designado por vezes no mercado como "bucha" (Fig. 1).

Este último sistema permite que a pregagem se possa transformar em ancoragem, pela introdução de esforços nos tirantes.

Poderá ainda aqui, citar-se como exemplo de pregagens pontuais, aquelas em que a solidarização do tirante ao maciço é feita quer à custa de calda de cimento quer de resina, desde que o com

primento da zona de selagem não ultrapasse 1/4 do comprimento do prego.

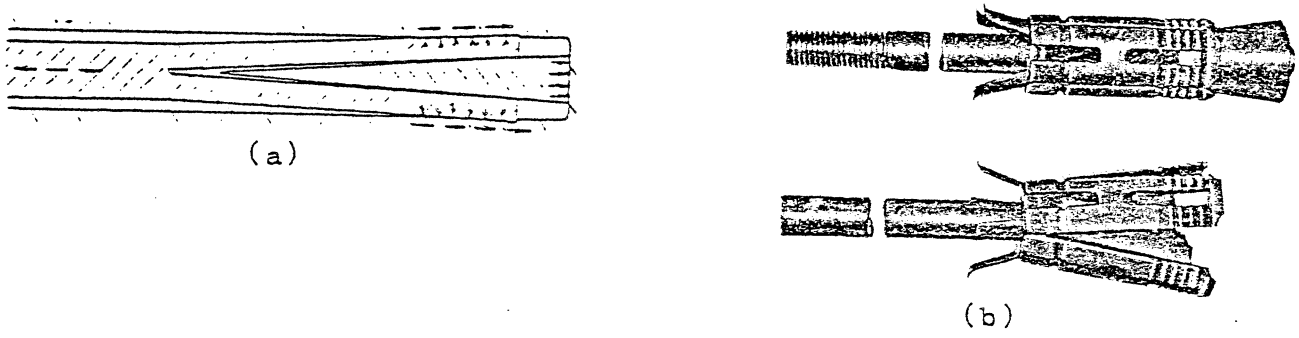

Fig. 1 - Pregagem tipo cunha (a)
e de bucha (b)

2.2 - Pregagem repartida

Neste tipo de pregagem, a solidarização do tirante ao maciço é feita ao longo de todo o comprimento, aparecendo assim o maciço como que armado com barras metálicas.

A solidarização pode ser feita quer à custa da injecção de calda de cimento, ou de resina, ou ainda recorrendo a novas técnicas que em seguida se descrevem.

2.2.1 - Selagem com resina

Permitindo uma boa e rápida solidarização do tirante ao maciço, tem como inconveniente o seu preço, pelo que só deverá ser usada em maciços pouco permeáveis.

Neste método, haverá que ter em conta que a diferença

de diâmetro entre o furo e o tirante, não deverá ultrapassar os 4mm para que o volume de resina a utilizar não seja excessivo. Hoje em dia, quando se pretende que a solidarização do tirante ao maciço, total ou parcial, seja feita com resinas, usa-se o processo de polimerização "in situ", sendo a resina introduzida previamente no furo por intermédio de cartuchos. Estes cartuchos, que se encontram comercializados em diversos diâmetros, são constituidos por um poliester dissolvido num monomero, um catalizador e acelerador de presa e cargas minerais neutras. Os diâmetros variam de 25 a 36 mm e o comprimento de 40 a 60 cm (Fig. 2).

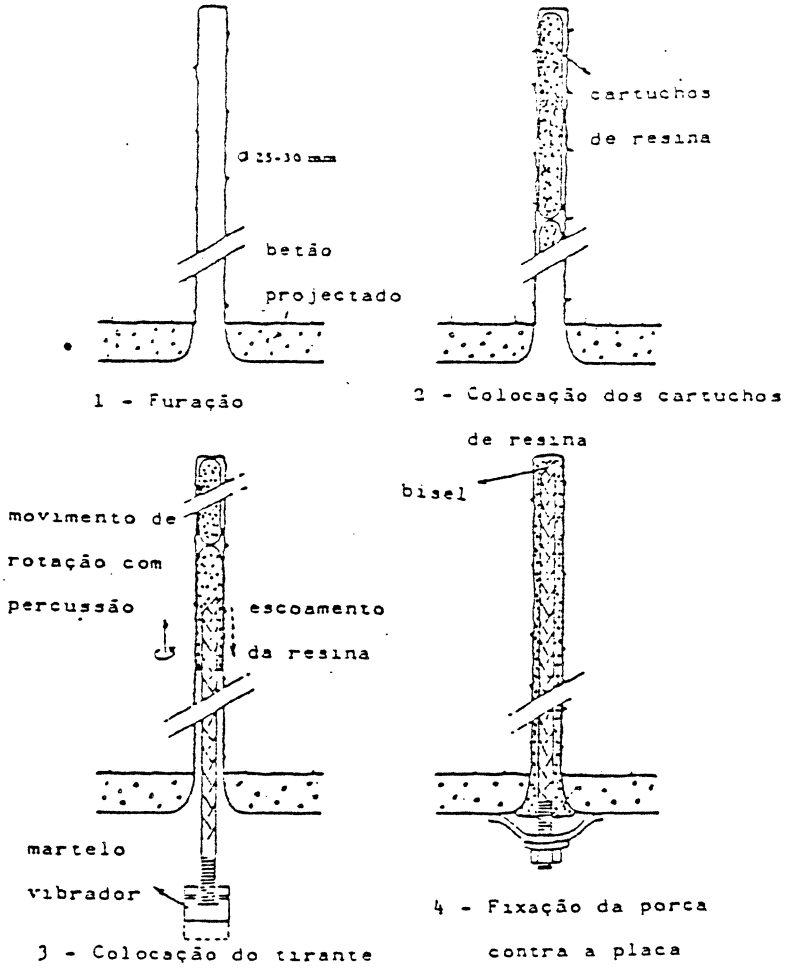

Fig. 2 - Esquema de colocação de pregagem com selagem com resina

2.2.2. - Selagem com cimento

A selagem dos tirantes com calda de cimento, que se injecta nos furos, é particularmente recomendada no caso de maciços rochosos muito permeáveis (Fig. 3).

A utilização da calda de cimento, pelo seu baixo custo, permite uma muito maior tolerância no diâmetro dos furos.

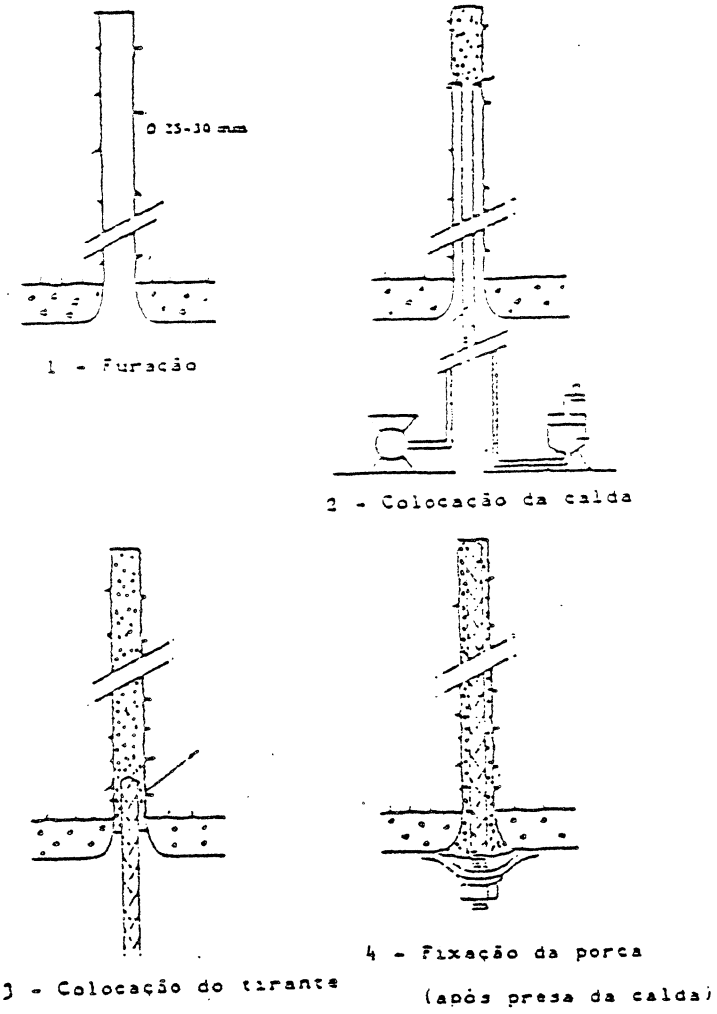

Fig. 3 - Esquema de colocação de presagem com selagem com cimento

Poder-se-á aqui fazer uma menção especial à técnica PERFO, (Fig. 4) que consiste em introduzir no furo um tubo cilíndrico com perfurações laterais, "tubo Perfo", cheio de argamassa de cimento. O tirante é então introduzido no tubo Perfo, funcionando como um embolo que expulsa a argamassa pelas perfurações laterais

do tubo, fazendo-se assim o enchimento do espaço entre o tubo Perfo e o maciço.

2.2.3 - Novas técnicas

Far-se-à em seguida uma referência a dois sistemas de pregagens, introduzidos em Portugal há apenas 3 anos, designados por Split-Set e Swellex, e desenvolvidos o primeiro por uma empresa americana e o segundo por uma empresa sueca.

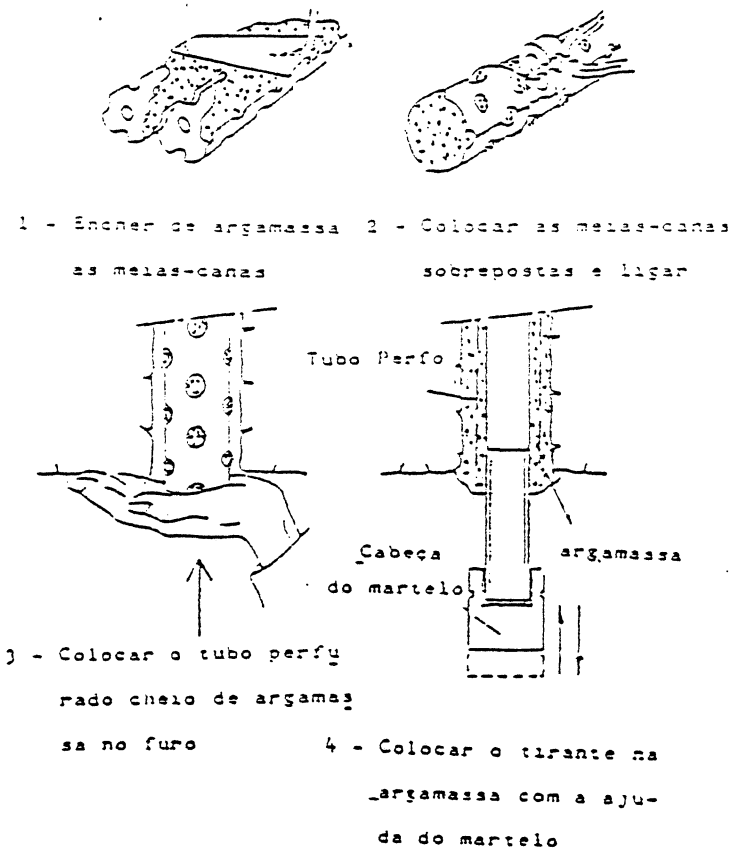

Fig. 4 - Esquema de colocação de pregagem com selagem com cimento pela técnica PERFO

a - Sistema Split-Set

Trata-se de um sistema de suporte do tipo pregagem repartida, e pode ser descrito como um tubo com 39,1 mm de diâmetro exterior, feito em chapa de aço com espessura de 2,4 mm, dispondo de uma fenda longitudinal, possuindo uma ponta cónica e terminando

na extremidade oposta por um anel de aço (Fig. 5).

O Split-Set é instalado à percussão dentro de um furo previamente feito no maciço rochoso, com um diâmetro entre 34 e 38 mm.

O tubo Split-Set, ao ser introduzido no furo, cujo diâmetro é inferior ao diâmetro exterior do tubo, vai ser apertado contra as paredes do furo, ficando em compressão, tipo mola, perpendicularmente ao eixo do tubo.

Esta tensão de compressão instalada, combinada com o atrito lateral tubo-rocha, cria um estado de tensão triaxial de compressão, em torno do Split-Set que, quando adicionado ao bolbo de pressão da placa colocada de encontro à parede rochosa, leva ao desenvolvimento de uma zona de compressão em forma de pera, tendo o tubo Split-Set como eixo.

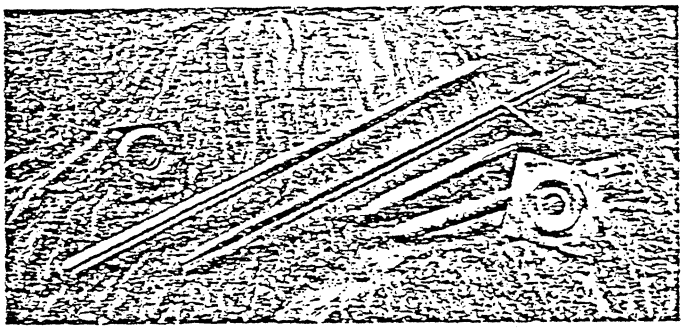

Fig. 5

O fabricante aponta dois aspectos extremamente importantes no comportamento do Split-Set, que são o facto de ser extremamente flexível e de a sua carga ir aumentando com o tempo, a partir da sua instalação. Ensaios executados mostram que estes tubos deslizam a tensões inferiores à rotura de outros sistemas de suporte, que contudo rompem sem admitirem grandes deformações (Fig. 6).

No que se refere ao incremento da tensão de deslizamento com o tempo, ensaios realizados durante os últimos 8 anos mostram que é uma realidade.

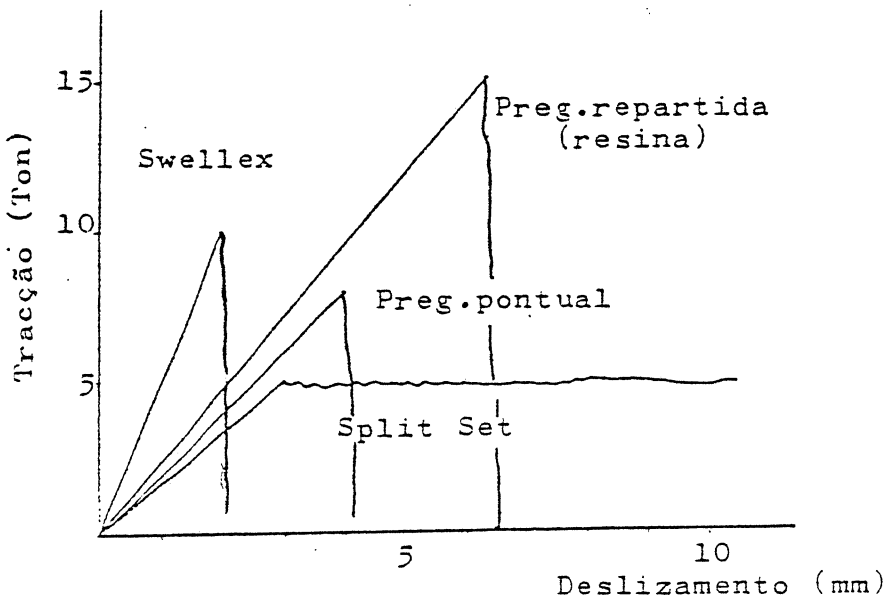

Fig. 6

b - Sistema Swellex

Igualmente se trata de um sistema de suporte do tipo pregagem repartida. É constituido por um tubo com diâmetro exterior de 41 mm feito em chapa de aço com 2 mm de espessura, que é novamente "enrolado" ficando com o diâmetro exterior final, de 25,5 mm. Nos extremos do tubo são colocadas buchas (Fig. 7).

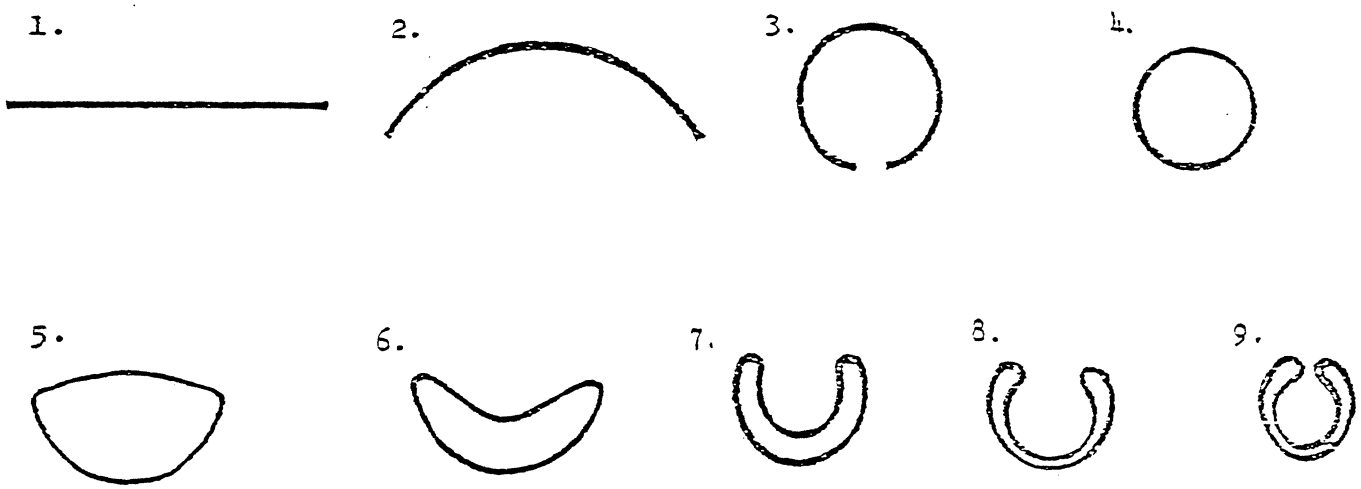

Fig. 7

O prego Swellex é introduzido após abertura de um furo no maciço que se quer pregar, recomendando o fabricante um diâmetro de 38 mm. Pela bucha exterior, que é perfurada permitindo o contacto do exterior com o espaço entre os dois tubos, é introduzida água à pressão de 300 atmosferas; que faz com que se produza a expansão do tubo de aço, contra as paredes do furo.

Segundo o fabricante, o tubo começa a expandir-se a uma pressão de 70-90 atmosferas, dando-se a solidarização com o maciço à excepção dos extremos. Quando a pressão aumenta o tubo expande-se mais um pouco nos extremos (Fig. 8) fazendo com que a placa colocada à superfície do maciço seja comprimida contra este, instalando-se uma tensão de compressão variável, no entanto da ordem dos 10 KN.

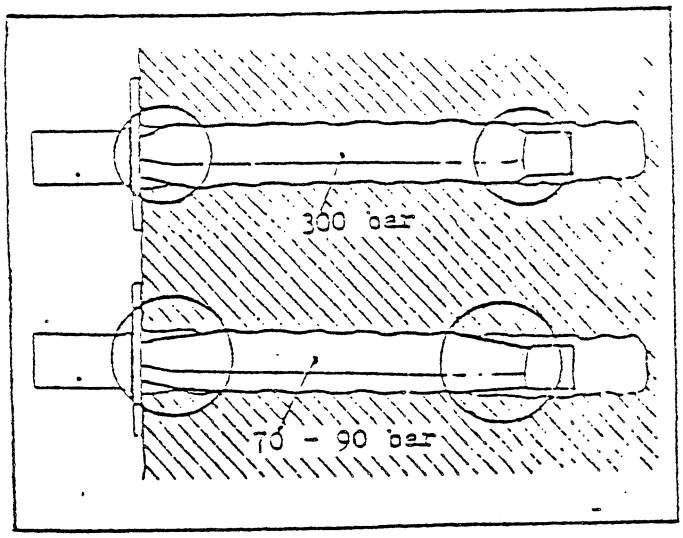

Fig. 8

Dada a diferença entre a pressão de água utilizada (300 atm) e aquela a que o tubo se expande e se solidariza com a parede do furo (70-90 atm) afirma o fabricante que a pressão radial contra a rocha é de 230 atm, provocando um alargamento do furo, que em rochas duras atinge cerca de 0,2 mm, devido a deformação elástica.

Diz ainda o fabricante, que após cessar a pressão de água, a rocha se contrai, ficando instalada uma tensão residual.

Obtem-se assim, um estado de tensão triaxial no maciço, idêntico ao já descrito para o sistema anterior.

Ensaios realizados pelo fabricante, indicam que a resistência à extracção de tubos Swellex, varia conforme o diâmetro do furo, sendo máxima e da ordem dos 200 KN/m, para diâmetro de 38 m/m.

3 - UTILIZAÇÃO NO TUNEL DO CASTELO DO BODE

Como se disse no início, as pregagens como método de estabilização de maciços rochosos, e em especial em obras subterrâneas, incluindo nesta designação também as minas, vem sendo largamente usadas em Portugal. Têm vindo a ser utilizados os diversos tipos descritos, mais de acordo com as preferências pessoais dos técnicos encarregados das obras e das melhores condições de preço, do que com as características técnicas de cada um dos sistemas.

Ainda muito recentemente, na abertura do tunel do Castelo do Bode, integrado no abastecimento de água a Lisboa, e com cerca de 960 m de comprimento e 4,10 m de diâmetro de escavação, o uso de pregagens como sistema de suporte provisório, foi largamente utilizado. Foram aí utilizados cerca de 2000 pregos com comprimentos variando entre 2,00 m e 3,50 m, dos quais cerca de 500 eram do tipo Swellex e os restantes de fixação pontual do tipo "bucha".

No final da obra constatou-se que nos 960 m de tunel se utilizou, como suporte inicial, cambotas metálicas em 40 m, cambotas e pregagens em 30 m e, nos restantes 890 m apenas pregagens e betão projectado, numa média de 3 a 4 pregagens por perfil, em perfis afastados de cerca de 2 m.

O comprimento dos pregos utilizados, o seu afastamento e orientação, foram ditados pelo acompanhamento da obra por técnico especialista em geologia de engenharia que, em cada "pega" e fa

ce ao diaclasamento observado (orientação, distância entre fracturas e número de familias de diaclases), determinava qual o suporte a utilizar. Ao fim de cerca de uma centena de metros de escavação e dispondo-se assim de um conhecimento mais profundo do maciço, que uma prospecção por maior e mais trabalhada não consegue dar, foi redefinido o zonamento geotécnico do maciço, tornando-se possível como que estabelecer "receitas" para cada zona de maciço encontrada.

4 - CONCLUSÕES

Pela sua flexibilidade e rapidez de execução, o sistema de suporte inicial de obras subterrâneas por pregagens parece-nos bastante eficiente, tendo-se já atingido um bom nível de execução. Torna-se no entanto necessário sensibilizar os empreiteiros para a sua colocação o mais rapidamente possível após a escavação, situação por vezes difícil, dado colidir com rendimentos de trabalho.

Como desenvolvimentos futuros desta técnica, pensa-se ser de recomendar a procura de equipamentos de furação muito leves, pequenos e rápidos na execução de modo a que logo após a "pega" e, ainda se necessário, durante a remoção do escombro, sem no entanto com ela interferir, seja possível a colocação das pregagens.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A.F.T.E.S. (1974) "Groupes de Travail nº 6 e 7, Beton projeté - Soutenement - Technologie du boulonnage".

ATLAS COPCO (1983) "Rock reinforcement system Swellex".

CEGE Lda (1984) Acompanhamento geológico-geotécnico dos trabalhos de abertura do Tunel do Castelo do Bode, Lisboa.

COSTA PEREIRA, A.S. (1985) A geologia de engenharia no planeamento e projecto de tuneis em maciços rochosos, UNL, tese de Mestrado em Geologia de Engenharia.

INGERSOLL-RAND (1981) "Split Set - friction rock stabilizers for underground roof and rib support", Catalogo de divulgação.

KARL BAVER "Soil nailing", Catalogo de divulgação.

PENG, SYD e TANG, D.H.Y. (1984) "Roof bolting in underground mining: a state-of-the-art review" in International Journal of Mining Engineering, 1984, 2, 1-42.

PINELO,A. (1981) "Introdução à Geologia de Engenharia - Ancoragens", UNL.

RAWL BOLTS "Construindo para o futuro", Catalogo de divulgação.

SCOTT,Dr. JAMES J. (1980) "Interior rock reinforcement fixtures", 21st U.S. Symposium on Rock Mechanics.

WYLLIE, BOB (1985) "Recent advances in rock bolting", in International Mining,July 1985.