

## **15.09 - TÚNEIS**

### **MÉTODOS CONSTRUTIVOS**

#### **15.09.1 - DISPOSIÇÕES GERAIS**

As presentes especificações são referentes à construção de túneis.

Incluem os seguintes trabalhos:

- escavação para os emboquilhamentos;
- escavação em galeria;
- colocação de suportes iniciais;
- construção do revestimento final, incluindo os sistemas de drenagem e impermeabilização;
- instrumentação e controlo do comportamento do maciço durante a construção;
- estruturas de contenção e de reforço dos taludes frontal e contíguos aos emboquilhamentos;
- todos os trabalhos acessórios e complementares para a realização do túnel, nomeadamente caleiras técnicas ou outros;
- fornecimento e montagem de todas as instalações de apoio à obra, equipamentos e todos os materiais e consumíveis necessários para a sua execução e acabamento, tal como são especificados no Anteprojecto.

Os projectos de execução a desenvolver durante a obra pelo Projectista e que o Adjudicatário se obriga a executar, devem atender às presentes especificações.

Para efeitos deste Caderno de Encargos, entende-se por “zona de emboquilhamento” o espaço criado pela escavação que antecede as entradas do túnel propriamente dito ou galeria.

Eventualmente, por razões paisagísticas e/ou outras exigências de projecto, o túnel poderá ter que ser prolongado nas extremidades, em alguns metros, a recobrir com aterros. Cada um destes troços é designado neste Caderno de Encargos por “pré-túnel” ou “túnel a céu aberto”.

Estão excluídos deste Caderno de Encargos os seguintes trabalhos:

- terraplenagem em secções de túnel executadas a “céu aberto”;
- construção do pavimento rodoviário;

- trabalhos relacionados com a construção e instalação de equipamentos eléctricos, mecânicos, telecomunicações, ventilação;
- trabalhos de sinalização, comunicação, controlo ambiental e sistemas de monitorização do túnel, etc., excepto os associados com os trabalhos de construção, tal como estão especificados;

Nestes casos deverá adoptar-se o especificado neste Caderno de Encargos, correspondente a esses trabalhos (excepto os referidos aos equipamentos).

## 1 - MÉTODO DE CONSTRUÇÃO

Os trabalhos de construção do túnel, objecto da presente empreitada, são baseados nos princípios subjacentes ao designado NOVO MÉTODO AUSTRIACO DE CONSTRUÇÃO DE TÚNEIS (NATM), com estrita observância de todos os princípios inerentes a este método.

As normas estabelecidas neste Caderno de Encargos abrangem todos os pormenores principais de construção de acordo com o referido método, mas não isentam o Adjudicatário da responsabilidade de se familiarizar com o projecto geral da obra e das suas consequências em termos de execução.

## 2 - CARTOGRAFIA GEOLÓGICA

Durante a construção do túnel o Adjudicatário deverá efectuar a cartografia geológica, devendo para o efeito, dispôr em permanência de um geólogo qualificado e experiente em obras subterrâneas. O *curricula vitae* do geólogo deverá ser previamente enviado à Fiscalização para aprovação.

Para a elaboração da cartografia, o Adjudicatário deverá dispor de meios adequados para o efeito, mantendo acessível a frente de escavação.

O Adjudicatário preparará e manterá registos claros da informação geológica obtida durante a escavação do túnel e dos furos de sondagem de avanço. Deverá ainda ser efectuado, sistematicamente, registo de imagem por fotografia e video, à medida que as escavações avançam, devendo possuir os meios adequados.

As secções geológicas serão registadas na frente e hasteais de escavação depois de cada avanço. Cópias das fotografias e dos registos efectuados deverão estar, em qualquer momento, disponíveis para serem entregues à Fiscalização.

Em caso de mudanças inesperadas e imprevistas das condições geológicas, o Adjudicatário, deverá informar imediatamente a Fiscalização.

Os furos de sondagem exploratórios de avanço deverão ser realizados na presença do geólogo e/ou da Fiscalização.

A descrição de cada secção geológica deverá incluir:

- características geológicas do maciço (litologia, alteração, fracturação e respectivos preenchimentos, atitude dos planos de descontinuidade, RQD, etc.);
- exurgências de água e sua avaliação de caudal;
- modo de rotura típico do maciço;
- método de escavação;
- tipo de suporte inicial, suas características e modo de aplicação.

Estes elementos deverão ser reunidos em boletins específicos para o efeito, um por cada frente de trabalho, com um espaço para observações onde se descrevam os aspectos geológicos mais relevantes, ou particulares de cada situação.

### 3 - CLASSIFICAÇÃO GEOTÉCNICA DO MACIÇO

Para efeitos deste Caderno de Encargos considera-se que são utilizados sistemas de classificação geotécnica, baseados na litologia, no grau de alteração do maciço, nos resultados da prospecção geofísica, ensaios laboratoriais e "in situ", resultando um zonamento que condiciona as técnicas, os métodos e as soluções construtivas. Para estas classificações é tomada em consideração a informação relativa ao tipo e configuração de descontinuidades, condições hidrogeológicas e recobrimentos.

Sendo os sistemas de classificação geotécnica essencialmente empíricos, há necessidade de proceder à classificação, em simultâneo através de pelo menos três métodos diferentes. As classificações a utilizar serão a **RMR**, de Bieniawski, e **Q**, de Barton, como obrigatórias, e uma terceira desde que suficientemente vulgarizada e aceite.

Os sistemas de classificação geotécnica utilizados estão descritos no relatório Geológico-Geotécnico que acompanha o Anteprojecto, assim como o respectivo dimensionamento dos diferentes tipos de suporte primário da escavação.

A classificação do maciço será efectuada na frente de escavação, para cada avanço da abóbada e bancada, pelo geólogo e pelo representante da Fiscalização, devendo ser efectuada por aplicação dos sistemas de classificação usados no Anteprojecto.

### 15.09.2 - TRABALHOS PREPARATÓRIOS

## 1 - LIMPEZA E DESMATAÇÃO

As superfícies de terrenos a escavar, nomeadamente nas zonas de emboquilhamento, devem ser previamente desimpedidas de construções, pedra grossa, detritos e vegetação lenhosa (arbustos e árvores) conservando, todavia, a vegetação herbácea, a remover com a decapagem.

A limpeza ou desmatação deve ser feita em toda a área de escavação a “céu aberto” para construção dos emboquilhamentos, e inclui a remoção de raízes e do remanescente do corte de árvores.

## 2 - DECAPAGEM

As áreas dos terrenos a escavar devem ser previamente decapadas de terra arável e de terra vegetal ou com elevado teor de matéria orgânica, qualquer que seja a sua espessura. Esta operação deve ser sempre estendida às áreas a ocupar pelos caminhos paralelos ou outros equipamentos e ser executada de uma forma bastante cuidada.

A terra vegetal proveniente da decapagem será armazenada em locais aprovados pela Fiscalização para aplicação posterior, ou conduzidas a depósito definitivo, ficando a cargo do Adjudicatário quaisquer indemnizações que porventura tenham lugar.

## 3 - PROTECÇÃO DA VEGETAÇÃO EXISTENTE

Toda a vegetação arbustiva e arbórea nas áreas não atingidas por movimentos de terras, será protegida, de modo a não ser afectada com a localização de estaleiros, depósitos de materiais, instalações de pessoal e outras ou com o movimento de máquinas e viaturas. Compete ao Adjudicatário tomar as disposições adequadas para o efeito, designadamente instalando vedações e resguardos onde fôr conveniente ou necessário.

A vegetação existente nas áreas a escavar e que, de acordo com o previsto no Anteprojecto, for recuperável, será transplantada, em oportunidade, para locais indicados no Anteprojecto ou pela Fiscalização.

## 4 - LEVANTAMENTO E INSPECÇÃO DE ESTRUTURAS CONTÍGUAS OU VIZINHAS DO TÚNEL

É obrigação do Adjudicatário, antes do início da obra de escavação do túnel, a realização de um levantamento completo do estado das construções e de outras estruturas situadas na área de influência da obra, por meio de registo fotográfico e respectiva localização, em planta. Deve ainda promover a colocação de testemunhos ou dispositivos de observação e controlo nos pontos mais sensíveis, procedendo à sua sua leitura e elaboração de relatório que fornecerá à Fiscalização.

Durante o período de execução dos trabalhos de escavação, é obrigação do Adjudicatário a realização periódica de vistorias detalhadas aos edifícios e outras estruturas inventariadas, verificando os testemunhos ou outros dispositivos de observação e dando conta à Fiscalização, das anomalias verificadas.

Deverá ainda o Adjudicatário proceder ao levantamento e inspecção de poços e nascentes na faixa de influência do túnel, medindo mensalmente as cotas de água e os caudais das minas.

Todos os custos resultantes das indemnizações ou de trabalhos de reparação a realizar naquelas estruturas ou edificações, assim como o controlo dos níveis aquíferos e medição de caudais, consideram-se incluídos no preço unitário da escavação do túnel.

### **15.09.3 - ESCAVAÇÃO**

#### **1 - PRESCRIÇÕES GERAIS**

As disposições contidas neste Capítulo aplicam-se a todos os trabalhos de escavação subterrânea. Na escavação a “ceú aberto” em qualquer tipo de terreno (rocha ou solo), em tudo o que lhe fôr aplicável, adoptar-se-à o especificado no VOL. III: 01 - TERRAPLENAGENS deste Caderno de Encargos.

O túnel será escavado segundo as direcções, inclinações e dimensões definidas no Anteprojecto, devendo o Adjudicatário apresentar, para prévia aprovação da Fiscalização, o respectivo plano de trabalhos com indicação dos meios a utilizar.

No caso da aplicação de explosivos, deverá ser utilizada a técnica de pré-corte do contorno (Smooth blasting), para não conturbar desnecessariamente o meio circundante e reduzir ao mínimo o volume de escavação necessária.

A utilização de explosivos nos trabalhos de escavação do túnel é condicionada à aprovação pela Fiscalização dos diagramas de fogo e das sequências e espaçamentos dos disparos a utilizar em cada pega.

Os planos de fogo deverão ser definidos tendo em conta os limites máximos de velocidade de vibração de partículas, determinados em função do critério de máxima segurança para a estabilidade da obra e outras estruturas próximas do local da construção do túnel, assim como tendo em atenção a salvaguarda do bem estar das populações da proximidade.

Todas as superfícies de escavação do túnel que possam estar sujeitas a deterioração deverão, no prazo máximo de uma hora depois da exposição, ser protegidas por revestimento de betão projectado, de acordo com o especificado neste Caderno de Encargos.

O Adjudicatário escolherá os meios de escavação a utilizar, garantindo a viabilidade de reutilização dos materiais escavados nos termos definidos no Anteprojecto ou a indicar pela Fiscalização.

Os planos de fogo serão apresentados à Fiscalização para aprovação, e neles deverá constar a seguinte informação:

- esquema de furação proposta, diâmetros dos furos, espaçamento, profundidade e inclinação;
- tipo, potência e quantidade em peso dos cartuchos de explosivos a serem usados em cada furo e para o total da pega;
- distribuição das cargas nos furos e rastilho de cada furo;
- tipo, sequência e número de intervalos, diagrama de rastilho para o fogo, tamanho e tipo dos cabos, tipo da máquina de detonação;
- documento comprovativo das qualificações das pessoas que ficarão directamente responsáveis pela supervisão das cargas e detonação.

Este plano deverá ser elaborado de forma a limitar as vibrações produzidas nas explosões, a não produzir sobreescavações e a minimizar a fissuração induzida no maciço. As vibrações produzidas nas edificações ou outras obras das proximidades não deverão originar desordens nas suas estruturas, sendo da responsabilidade do Adjudicatário a reparação dos eventuais danos.

Considera-se como velocidade máxima permissível de vibração das partículas junto às construções o valor de 4 mm/s, sendo o Adjudicatário responsável pela não ultrapassagem deste nível, devendo possuir em obra meios de medição adequados. O plano de fogo deverá ser elaborado de forma a que as pegas se efectuem em períodos em que o ruído provocado pela detonação não seja considerado prejudicial à população.

As águas ressurgentes, serão drenadas por gravidade ou por bombagem, o suficiente para obter condições satisfatórias de trabalho. Se for encontrado um afluxo anormal ou substancial de água, o Adjudicatário deverá, se a Fiscalização o exigir, selá-lo por meios apropriados ou entubá-lo.

No caso de utilização de explosivos não é permitida acumulação de água na vizinhança das frentes de escavação.

Tem que estar assegurada convenientemente a iluminação e ventilação do túnel durante todas as operações de observação e construção, de maneira a obter condições de trabalho satisfatórias. Os respectivos custos serão incluídos no preço unitário da escavação do túnel.

Antes de depositar ou empilhar qualquer material, o Adjudicatário apresentará à Fiscalização, com antecedência suficiente para apreciação e aprovação ou em datas previamente acordadas, esquemas das áreas de depósito e entulheiras, contendo todos os dados pertinentes relativos a

métodos de trabalho e medidas de segurança, estabilidade e drenagem temporária e permanente das áreas abrangidas.

O Adjudicatário será o responsável pelo transporte a vazadouro de todos os materiais não reutilizáveis resultantes da escavação, bem como das autorizações necessárias à utilização do local do vazadouro, indicado no Anteprojecto ou pelo Dono de Obra.

## 2 - EXECUÇÃO

O túnel será construído de acordo com as secções e metodologias aplicáveis definidas no Anteprojecto, com eventuais alterações propostas pelo Adjudicatário, desde que sujeitas à prévia e atempada aprovação da Fiscalização.

O Adjudicatário escolherá os meios de escavação a utilizar, garantindo a viabilidade de reutilização dos materiais escavados, seja em aterros ou em camadas de pavimento de estrada.

Todo o equipamento mecânico para trabalhos de escavação subterrânea e transporte deverá ser adequado para os trabalhos em questão. Devem ser especificados, estando de acordo com os regulamentos de segurança e devem permitir o cumprimento do cronograma de construção.

## 3 - PERFIL DA ESCAVAÇÃO

O perfil teórico da escavação refere-se ao perfil de escavação tal com está definido nas peças do Anteprojecto.

Para efeitos deste Caderno de Encargos entende-se como **perfil teórico de escavação** o perímetro da calote da galeria onde se inserem o suporte inicial e o revestimento definitivo.

Este perfil, representado nos desenhos de Anteprojecto pela linha "B", define o limite exterior teórico de projecto, segundo os quais será feita a medição para efeitos de pagamentos. Qualquer volume que se desprenda do maciço, para além desta linha será considerada sobreescavação.

Será realizado um alargamento adequado do perfil de escavação de forma a criar folga suficiente para o cumprimento das tolerâncias de construção. Embora as deformações radiais do revestimento do túnel devam ser reduzidas ao mínimo através da instalação de suportes apropriados e da aplicação de uma sequência de construção adequada, estas deformações serão, também, tidas em conta nas tolerâncias de construção.

Não poderá haver rocha saliente na linha teórica B, excepto em situações muito pontuais, devidas a pontas salientes e cantos de rocha sã, em que será aceite uma redução localizada da camada de betão projectado do revestimento primário para um mínimo de dois terços da sua espessura nominal.

O Adjudicatário desenvolverá todos os esforços para manter o perfil tal como está definido no perfil teórico através de um controlo cuidadoso das várias técnicas de desmonte.

Para manter o perfil de escavação tal como está definido no perfil teórico, o Adjudicatário terá de considerar uma tolerância de construção para a instalação do suporte primário.

#### 4 - SOBREENCAVAÇÃO

A sobreescavação é o volume que pode ser originado por trabalho de desmonte defeituoso ou técnica desadequada - “**sobreescavação evitável**”, e/ou por razões que não dependem do método de trabalho adoptado - “**sobreescavação inevitável**” que pode ser causada por condições geológicas particularmente desfavoráveis e imprevisíveis. Esta só pode ser considerada como tal com o acordo da Fiscalização.

No caso de haver sobreescavação em excesso, deverão ser tomadas as medidas necessárias e imediatamente instalados suportes de forma a garantir a estabilidade do terreno. A Fiscalização deverá ser imediatamente informada e deverão ser implementados trabalhos de recuperação, analisados e acordados entre a Fiscalização e o Adjudicatário, devendo este propôr e apresentar esquemas de solução para a situação.

Para efeitos de pagamento apenas a “sobreescavação inevitável” não é considerada totalmente da responsabilidade do Adjudicatário, sendo paga em apenas 70%, a incluir nas rubricas 09.2.1 e 09.5.3.

#### 5 - CONDUÇÃO DOS TRABALHOS

A execução dos trabalhos de escavação deverá ser efectuada de forma a evitar ou reduzir ao máximo os assentamentos de superfície, particularmente no atravessamento de zonas edificadas ou próximo de outras estruturas sensíveis.

Antes do início dos trabalhos, será apresentado pelo Adjudicatário um plano e especificações de execução dos trabalhos que terá em linha de conta minimizar a influência dos mesmos sobre as construções existentes.

A escavação da rocha deverá ser realizada através da utilização de técnicas de “smooth-blasting” de forma a limitar as vibrações das explosões, assim como evitar sobreescavações.

O diâmetro e o espaçamento dos furos serão adaptados às condições do maciço existentes em cada local. É dever do Adjudicatário desenvolver e melhorar as técnicas de explosão, de forma a garantir que a rocha Fracture pelas linhas desejadas e a obter a melhor superfície de escavação após a pega de fogo.



A escavação dos nichos nas paredes laterais do túnel será feita depois da instalação do suporte inicial. O betão projectado e as cambotas metálicas da parede lateral deverão ser cortadas cuidadosamente ao longo do contorno do nicho e a escavação será feita de forma a que o restante suporte do túnel não seja danificado.

A escavação em terrenos brandos deverá ser feita através de equipamento do tipo escavadora mecânica, procedendo-se ao desmonte faseado da frente com aplicação de betão projectado, de forma a limitar a perda do solo envolvente. Em tais situações deverão seguir-se as recomendações definidas no Anteprojecto.

O equipamento de betão projectado deverá estar sempre em condições de funcionamento durante os trabalhos de desmonte.

Os elementos de suporte devem ser os suficientes para a estabilidade geral da galeria. Contudo o Adjudicatário providenciará a instalação de pregagens passivas criteriosamente localizadas, sempre que necessário, para evitar o desprendimento de blocos de rocha. O Adjudicatário após cada desmonte deverá efectuar uma limpeza cuidadosa da frente.

É dever do Adjudicatário efectuar inspecções periódicas das paredes e tectos do túnel, a fim de detectar possíveis fissurações ou quaisquer outros sinais de instabilidade do suporte aplicado. A avaliação de roturas será feita ponderando, também, os resultados das medidas de convergência.

As pegas de fogo só serão permitidas depois de terem sido tomadas todas as precauções adequadas para protecção de todas as pessoas, trabalhos e bens envolvidos.

As operações de perfuração, explosão, escavação e aplicação de betão projectado deverão ser conduzidas através de métodos e com equipamento que permita o controlo e limitação de poeiras, fumos, vapores, gases, etc. Após cada avanço da secção de escavação, a rocha desmontada e partida ou o material acumulado serão suficientemente humedecidos de forma a evitar a produção de poeiras durante as operações de limpeza e transporte.

## 6 - CONTINUIDADE DO TRABALHO

Para garantia da segurança da obra, a escavação do túnel deverá ser contínua, excepto se outra for a decisão da Fiscalização. Se o estado da obra o admitir, serão permitidas interrupções dos trabalhos nos fins de semana e nos feriados, desde que as obras fiquem em condições de segurança.

Não será permitida a interrupção dos trabalhos se os elementos de suporte ainda não estiverem instalados nos seus lugares específicos ou se a secção apresentar sinais de instabilidade.

Além disso, a superfície de qualquer frente de escavação será selada com betão projectado, no mínimo com uma camada de 5 cm de espessura em condições de rocha sã, e de 10 cm de

espessura em condições de rocha alterada ou decomposta, conjuntamente com a instalação de pregagens de fibra de vidro, se tal for necessário.

Este procedimento não invalida a tomada de outras medidas adicionais que se considerem pertinentes do ponto de vista da segurança da obra, ou outras que a Fiscalização entenda necessárias.

## 7 - SONDAGENS EXPLORATÓRIAS

Na progressão da frente de escavação deverão ser executados furos de sondagens exploratórias, no sentido de ir averiguando a qualidade do maciço. Estes furos deverão ser executados com comprimentos adequados no sentido da frente, devendo o operador destes trabalhos possuir experiência na detecção de eventuais anomalias geológicas pelo ruído produzido no processo de furação, pela coloração da água utilizada na realização do furo e pelo tipo de resíduos originados. A Fiscalização e/ou o geólogo deverão estar presentes.

Em maciço de pior qualidade geotécnica poderão ser efectuados furos por trado, e em maciço de melhor qualidade, serão executados furos por rotação.

### 7.1 - PERFURAÇÃO A TRADO

Os furos por trado serão realizados de forma sistemática, com uma sobreposição mínima de 5 m e com um diâmetro mínimo de 50 mm.

Os equipamentos deverão permitir a medição automática da perfuração e recolha de amostras.

### 7.2 - SONDAGENS À ROTAÇÃO COM RECOLHA CONTÍNUA DE AMOSTRAS

No atravessamento de zonas rochosas em que se esperem mudanças das características geológicas e/ou geotécnicas do maciço e sempre que a fiscalização o decidir, serão efectuadas sondagens à rotação com recolha contínua de amostras. O diâmetro mínimo das amostras deverá ser de 75 mm.

Estas sondagens deverão ser executadas horizontalmente ou pouco inclinadas e possuir um comprimento mínimo de 30 m. O equipamento a colocar em obra pelo Adjudicatário, deverá permitir realizar furos em todas as direcções, embora a maioria dos furos de sondagem venham a ser executados a partir da frente sob a superfície inferior da abóbada (1 a 2 m acima da nascença).

## 8 - CIRCULAÇÃO NO TÚNEL DURANTE OS TRABALHOS

As superfícies horizontais finais escavadas deverão ser protegidas contra qualquer desgaste ou deterioração das propriedades da rocha, provocadas pela circulação dos equipamentos de

desmonte e de transporte, através do preenchimento com materiais rochosos provenientes da escavação.

Se se constatar a deterioração das superfícies, estas serão saneadas desse material deteriorado que deverá ser removido e substituído antes dos trabalhos finais de pavimentação, sendo um trabalho da responsabilidade do Adjudicatário.

#### **15.09.4 - SUPORTES INICIAIS**

##### **1 - PRESCRIÇÕES GERAIS**

Refere-se aos suportes iniciais do túnel, à sua aplicação, aos requisitos gerais de construção e ao equipamento a utilizar.

O Adjudicatário deverá entender e estar familiarizado com os conceitos subjacentes à construção de túneis segundo o designado “NOVO MÉTODO AUSTRIACO DE CONSTRUÇÃO DE TÚNEIS - NATM”, sendo sua obrigação a avaliação da função e mérito de cada componente do suporte a empregar no túnel.

O suporte inicial tem por objectivo assegurar a estabilidade da escavação sem alterar as condições naturais do maciço encaixante, garantindo uma acção de suporte e confinamento ao meio escavado.

Deverá criar condições de segurança no túnel até à execução do revestimento definitivo e garantir a estabilização da secção escavada, antes da colocação do revestimento final.

O Adjudicatário deverá optar por tipos de suportes que, conjugados com os processos de escavação que se propõe utilizar e com a forma como pretenda colocar o revestimento final, permitam atingir aquele objectivo, dentro dos critérios de segurança, economia e rapidez pretendidos.

Consideram-se como suportes iniciais, a instalação de microestacas injectadas, de pregagens, a aplicação de betão projectado com ou sem fibras metálicas, instalação de cintas ou cambotas metálicas e/ou quaisquer outros dispositivos previstos no Anteprojecto.

A acção de confinamento da superfície escavada deverá ser realizada o mais cedo possível, devendo o Adjudicatário possuir em obra, meios que permitam a sua aplicação com a rapidez necessária a evitar a descompressão excessiva do maciço.

O método de instalação de cada tipo de elemento do suporte, incluindo descrição, especificações e instruções do fabricante, deverão ser apresentadas à Fiscalização antes do início dos trabalhos.

Os suportes tipo definidos nas peças do Anteprojecto deverão ser ajustados às condições reais do maciço, com base nas características geotécnicas da frente de escavação do túnel e dos resultados obtidos das medidas de convergência em condições similares.

O comportamento do maciço na frente de escavação de um túnel é dependente do tempo, sendo que o processo de instabilidade será tanto mais rápido quanto pior for a qualidade da rocha e quanto maior for o vão livre de rocha sem suporte. A extensão máxima de uma secção que pode ser escavada e apoiada a tempo, é um critério de qualidade do maciço e deverá ser tido em linha de conta nos ajustamentos a fazer no tipo e quantidade de suporte a instalar.

No caso do desmonte com explosivos, a distância máxima de avanço de uma secção também dependerá do nível de vibrações produzidas durante a pega de fogo.

## 2 - DESCRIÇÃO DOS SUPORTES INICIAIS TIPO

O Anteprojecto define os tipos de suporte inicial correspondentes às diferentes zonas geotécnicas.

## 3 - EXECUÇÃO

O tipo e a quantidade de suporte a ser instalado imediatamente após a escavação está directamente relacionado com a classificação geotécnica da zona atravessada e o correspondente suporte tipo. O suporte inicial é definido nos desenhos do Anteprojecto para cada zona geotécnica. Contudo, como consequência de variações do maciço, os sistemas de suporte tipo poderão ter de sofrer modificações e ajustamentos durante a construção.

O Adjudicatário deverá garantir que os elementos de suporte serão instalados ou aplicados de tal modo e sequência que evite a desintegração e a perda de massa rochosa envolvente do túnel escavado.

O perfil interno do túnel, depois de concluídos os trabalhos de suporte e depois de qualquer deformação no revestimento inicial, deverá estar de acordo com o perfil interno mínimo, tal como é indicado nos desenhos. A geometria interna teórica, tal como é definida nos desenhos para escavação, não permite tolerâncias de construção e deformações. Ao Adjudicatário é exigido que realize uma verificação cuidadosa e sistemática do perfil interno final do revestimento primário do túnel.

Quaisquer desvios no perfil teórico serão corrigidos pelo Adjudicatário, seja através da aplicação adicional de betão projectado ou de betão cofrado, no caso de excesso de perfil, seja através do refazer de quaisquer partes do suporte do túnel com protuberâncias para o interior do perfil teórico.

Refazer o suporte do túnel significa cortar ou escavar novamente a área respectiva e recolocar todos os elementos do suporte de acordo com o suporte previsto para essa zona. É expressamente interdito ao Adjudicatário refazer o suporte do túnel sem acordo da Fiscalização, devendo o Adjudicatário apresentar à Fiscalização uma proposta dos trabalhos a realizar.

É obrigação do Adjudicatário preparar e manter registos claros contendo todos os pormenores do suporte do túnel efectivamente instalados e do seu comportamento durante os trabalhos, os quais estarão diariamente disponíveis para a Fiscalização.

Estes registos conterão informação sobre o tipo, quantidade e a localização dos elementos de suporte instalados, o perfil depois da instalação do suporte, variantes aos sistemas de suporte tipo, observações de deformações excessivas, eventuais fissuras no betão, etc.

A observação de deformações e fissuração do betão projectado deverá ser imediatamente comunicada à Fiscalização.

Qualquer aparelho ou equipamento mecânico para instalação de suporte inicial deverá ser adequado ao desempenho dos trabalhos a realizar, devendo ser especificado com respeito à sua função e capacidade de cumprir o cronograma dos trabalhos de construção. Deverão ser também levados em conta os regulamentos de segurança em vigor.

A manutenção adequada do equipamento e o fornecimento de peças de reposição serão feitas de forma a garantir a permanente disponibilidade do equipamento de instalação do suporte, sempre que os trabalhos de escavação subterrânea estejam em curso.

O Adjudicatário deverá garantir o fornecimento de quantidade suficiente de materiais para a construção do suporte em todas as frentes de trabalho. Deverá ter presente que, em caso de escavação de rocha ou solo em más condições, a segurança da construção do túnel está fortemente dependente do respeito por este procedimento.

É dever do Adjudicatário fornecer a cada frente de escavação os materiais e equipamentos necessários para lidar rápida e eficientemente com situações de emergência, tais como condições imprevistas de instabilidade da rocha, inundações de água, etc., que não possam ser enfrentadas com os procedimentos normais de instalação do suporte do túnel.

É obrigação do Adjudicatário manter no local ou ter imediatamente disponível, pelo menos para o fornecimento durante duas semanas, de quaisquer elementos de suporte exigidos de acordo com a classificação geotécnica descrita nos desenhos e com o cronograma dos trabalhos.

#### 4 - ENFILAGEM

##### 4.1 - CARACTERÍSTICAS

As especificações seguintes referem-se aos elementos auxiliares de suporte necessários à segurança e protecção suplementar para aplicação na área de trabalho efectivo da escavação do túnel.

Enfilagem significa a execução de furos no contorno da abóbada da galeria na frente de escavação onde serão instalados tubos metálicos dotados de *manchettes*, usualmente com comprimentos superiores a 12 m, conjuntamente com a injeção de caldas de cimento, de forma a reforçar o maciço em torno da abóbada e superiormente à escavação. Este procedimento visa criar um “*guarda-chuva*” de protecção e segurança ao avanço da escavação.

Estes tubos de aço serão instalados com um afastamento entre eles de cerca de 30 a 60 cm (medido radialmente no local da instalação) e farão um ângulo ao centro do túnel da ordem de 120°. No caso de se instalarem secções subsequentes de enfilagens, haverá, entre cada família consecutiva de enfilagem e no sentido da frente, uma sobreposição mínima de 2 m.

Este tipo de suporte ou reforço deverá ser realizado em condições de rocha muito alterada a decomposta ou muito fracturada, em zonas com pequeno recobrimento sobre a escavação e nos emboquilhamentos dos túneis.

Quando o maciço se apresentar de melhor qualidade geotécnica, os tubos metálicos de enfilagem poderão ser substituídos por varões de aço de diâmetro 32 mm, selados. Esta substituição deverá ser efectuada com o acordo da Fiscalização.

#### 4.2 - EXECUÇÃO

Os “*guarda-chuvas*” de enfilagens deverão ser instalados numa secção transversal segundo uma directriz envolvente à directriz teórica do túnel (de maior raio que esta), e de forma a obter-se um ângulo tão pequeno quanto possível com relação ao eixo longitudinal do túnel.

No caso de instalação de um “*guarda-chuva*” muito inclinado poderá ser necessária a aplicação de enfilagens curtas na escavação da secção com enfilagem longa, de forma a reduzirem-se as sobreescavações.

Os tubos da enfilagem deverão possuir várias *manchettes* colocadas a intervalos regulares, de forma a que a injeção de calda de cimento possa ser executada em operação de passo-a-passo.

As operações de injeção com obturador deverão ser feitas a baixa pressão, não devendo ultrapassar a pressão máxima de 0,2 MPa.

No caso de utilização de varões de aço, estes deverão ser instalados conjuntamente com dois pequenos tubos de plástico de secção e comprimento suficientes para permitir a eficaz injeção das caldas de cimento a baixa pressão. Um dos tubos deverá ser para injeção e o outro para retorno ou purga.

A entrada dos furos onde se instalam as enfilagens e após a introdução destas, deverá ser obturada com argamassa de presa rápida, de forma a impedir o refluxo para o exterior, entre o tubo ou varão e a superfície do furo, das caldas de injeção.

Todos os sistemas de enfilagem deverão naturalmente ser instalados em furos previamente executados e de secção apropriada.

## 5 - PREGAGENS E ANCORAGENS

### 5.1 - CARACTERÍSTICAS

As disposições contidas nesta secção referem-se a todas as pregagens passivas a ser instaladas na abóbada, nos hasteais e na soleira em arco invertido do túnel, quer pontualmente, quer de forma sistemática. Não se aplicam às ancoragens pré-esforçadas.

As pregagens passivas fazem parte do suporte inicial, tendo por objectivo reforçar o maciço de forma a que este colabore no seu auto-suporte e activar a acção mútua entre o meio envolvente e a casca de betão projectado, contribuindo para o aumento da capacidade de carga do suporte.

As pregagens, ocasionalmente necessárias, para a estabilização da frente de escavação do túnel durante o avanço, também são abrangidas por esta especificação.

Serão usadas conforme as condições o exijam e serão instaladas de acordo com os comprimentos e os modelos de ancoragens previstos nos desenhos dos suportes tipo. Estes modelos e comprimentos podem ser modificados pela Fiscalização em virtude da experiência adquirida sobre as condições efectivas da escavação e qualidade da rocha ocorrente.

Para efeitos deste Caderno de Encargos, entende-se como **pregagem** a inclusão no maciço, por cravação ou num furo previamente aberto, de um sistema constituído por uma armadura metálica solidarizada com o maciço ao longo de todo o seu comprimento.

As pregagens metálicas serão constituídas por varões de aço nervurado, cujas características estão especificadas em 14.09, instaladas em furos realizados previamente no maciço e posteriormente envolvidas por caldas de cimento, resinas, ou simplesmente cravadas no maciço.

No caso em que os varões são envolvidos por caldas de cimento, as pregagens possuem dois tubos de plástico de pequeno diâmetro, um curto e outro prolongado até à outra extremidade, sendo a injeção feita por um destes tubos e o outro servirá para saída de ar ou purga.

Caso as condições do maciço o permitam, em escavação a "ceú aberto", as pregagens poderão ser instaladas por cravação, mas só depois de prévia autorização da Fiscalização. Nestas condições não serão injectadas.

As pregagens passivas tipo *Swell* (fixação por atrito) são realizadas em tubo de aço de 41 mm de diâmetro e 2 mm de espessura de parede, dobrado mecanicamente a um diâmetro externo de 27 mm. A sua instalação é feita no interior de furos previamente executados. A sua expansão é conseguida por introdução de água a alta pressão no interior do tubos, obrigando à sua dilatação e permitindo o contacto com a superfície do furo e a sua adaptação às irregularidades.

As pregagens passivas tipo *Swell* (fixação por atrito) são realizadas em tubo de aço, cujas características estão especificadas no Capítulo 14.09.5-6. A instalação dos tubos é feita no interior de furos previamente executados. A expansão dos tubos, de modo a permitir o contacto do tubo com a superfície do furo e a sua adaptação às irregularidades, é conseguida por introdução de água a alta pressão no interior do tubo, obrigando à sua dilatação.

As ancoragens passivas de fibra de vidro, na sua constituição são idênticas às de varão de aço, dispondo do mesmo sistema de injeção de caldas, constituído por dois tubos plásticos de pequeno diâmetro.

Poderão também ser usadas pregagens autoperfurantes, sendo o seu emprego sujeito a prévia aprovação da Fiscalização.

O Adjudicatário poderá propor à Fiscalização, qualquer outro tipo de pregagens passivas que considere mais conveniente, ou outro sistema ou materiais de injeção.

## 5.2 - EXECUÇÃO

### 5.2.1 - Pregagens de varão de aço

Serão instaladas em furos previamente executados e nas profundidades especificadas nos desenhos, com o diâmetro que melhor garanta o manuseamento para enchimento por injeção. O diâmetro mínimo dos furos será 10 mm maior que o diâmetro da pregagem a instalar.

Os furos deverão ser limpos de todas as aparas de perfuração, lamas ou fragmentos de rocha solta. A instalação da pregagem será feita imediatamente a seguir à perfuração e preparação do furo, no espaço máximo de 3 horas.

Antes da instalação da pregagem, o furo será injectado com argamassa de cimento através da introdução do tubo de injeção até ao fundo, sendo progressivamente retirado à medida que o furo fique preenchido. A agulheta será mantida no seio da argamassa enquanto o tubo é retirado, de forma a que o ar escape enquanto o furo é injectado. A pregagem só depois deste preenchimento, é colocada no interior do furo.

No caso de furos com dificuldade em manter a estabilidade da superfície interior, ou parcialmente desmoronado ou na presença de elevada quantidade de água, deverá usar-se o sistema de injeção com tubos de plástico.



Nestes casos, após a abertura do furo procede-se à instalação da pregagem, sendo a boca do furo selada com argamassa de cimento de presa rápida. Em seguida, a calda é injectada através dum dos tubos de plástico, enquanto o outro serve de purga. Em furos ascendentes, o tubo comprido é usado como purga e o curto para injeção; em furos descendentes, a calda é injectado pelo tubo comprido, servindo o curto para purga. O furo considera-se cheio quando a calda começar a sair pelo tubo de purga.

A porca das pregagens injectadas tem de ser apertada depois da sua instalação e de forma a atingir uma força de 20 kN na placa, verificada através de uma chave dinamométrica calibrada. Esta operação de aperto tem de ser executada o mais rápido possível, depois da argamassa de injeção ter ganho suficiente resistência (durante as primeiras 24 horas depois da injeção).

No caso de haver pouco espaço de trabalho, nomeadamente em ancoragens compridas, será permitida a sua ligação, aceitando-se que sejam divididas em duas partes. Contudo, a capacidade de carga destas ancoragens não poderá ser inferior ao valor da capacidade de carga da ancoragem integral tipo, devendo prestar-se cuidados especiais ao processo de injeção de forma a obter-se o envolvimento completo da pregagem pela calda.

#### *5.2.2 - Pregagens de varão de fibra de vidro*

Nos aspectos de furação, colocação e injeção, aplicam-se as disposições contidas nos pontos precedentes sobre pregagens de varões metálicos.

#### *5.2.3 - Pregagens tipo Swellex*

Os furos para instalar as pregagens tipo "Swellex" serão feitos com as profundidades necessárias ao comprimento efectivo destas. São instaladas em furos de diâmetros compreendidos entre 32 a 38 mm.

Os furos deverão ser limpos de todas as aparas de perfuração, lamas ou fragmentos de rocha solta. A instalação da pregagem será feita a seguir à perfuração e preparação do furo, no espaço máximo de 3 horas.

Com recurso a bomba pneumática, é injectada água sob alta pressão (30 MPa) na pregagem através do orifício de injeção existente na chumaceira junto à chapa, provocando a expansão do tubo de aço que adere à superfície do furo.

### **5.3 - ENSAIOS DE ARRANQUE DE PREGAGENS**

#### *5.3.1 - Ensaio de resistência*

Antes do início da construção do túnel e para efeitos da determinação da capacidade das pregagens no terreno, deverá o Adjudicatário efectuar testes de resistência com todos os tipos de pregagens a usar no âmbito do Anteprojecto.

Os ensaios deverão ser realizados em condições geológico-geotécnicas similares às que serão encontradas durante a escavação do túnel. A localização das pregagens a serem testadas deverá ser submetida à aprovação da Fiscalização.

Serão testadas, pelo menos, cinco (5) pregagens de cada tipo.

Dependendo dos métodos e resultados dos ensaios, a Fiscalização poderá pedir um maior número de testes.

O Adjudicatário deverá dispôr de equipamento de teste adequado ao ensaio das pregagens, nomeadamente para medição da extensão, do movimento da pregagem e das forças de tensão.

As pregagens em que ocorra rotura durante os ensaios de arranque serão substituídas e novamente testadas.

#### *5.3.2 - Ensaaios durante a escavação do túnel*

A Fiscalização seleccionará as pregagens executadas que deverão ser ensaiadas. Para cada tipo de pregagem, poderão, no mínimo, ser seleccionadas cinco (5) das cem (100) primeiras colocadas no túnel. Das pregagens restantes, poderá ser seleccionado uma por cada lote de duzentas (200). A força aplicada no teste deverá corresponder a pelo menos 80% da carga de rotura da pregagem.

As pregagens em que ocorra rotura durante os ensaios de arranque, serão substituídas e novamente testadas.

## 6 - ANCORAGENS

### *6.1 - CARACTERÍSTICAS*

As disposições contidas neste secção referem-se a todas as ancoragens a ser instaladas em obras de reforço de taludes, muros ou outras estruturas a construir nos emboquilhamentos ou na galeria, quer pontualmente, quer de forma sistemática.

Para efeitos deste Caderno de Encargos, entende-se como **ancoragem** ou **tirante ancorado**, a inclusão num furo previamente aberto no maciço, de um sistema constituído por uma armadura metálica solidária num dos seus extremos a uma zona interior do maciço (bolbo), e em que no outro extremo (cabeça), é absorvida a força de tracção exercida na zona livre da armadura.

A ancoragem é essencialmente um elemento estrutural que transmite uma força de compressão sobre o terreno. Através deste processo, gera-se no interior do maciço uma alteração do estado de tensão, o que contribui para o aumento da resistência ao corte nessas zonas.

Para efeitos deste Caderno de Encargos, e relativamente ao tipo de maciço onde vão ser executadas as ancoragens, considera-se a sua divisão em ancoragens em solos e ancoragens em rochas.

Relativamente à utilização das ancoragens, considera-se a sua divisão em:

Ancoragens provisórias - aquelas cuja função resistente envolverá um período de tempo igual ou inferior a 2 (dois) anos, não sendo pois determinantes nas características de estabilidade, a longo prazo, das obras onde serão realizadas.

Ancoragens definitivas - quando a estabilidade das obras onde são realizadas pressupõe o seu bom comportamento num período superior a 2 (dois) anos.

Estes elementos serão executadas de acordo com um Plano de Instalação de Ancoragens presente na memória e respectivas peças desenhadas do Projecto de Execução e que contêm a seguinte informação:

- tipo de ancoragem e sua designação quando normalizada por uma Especificação Técnica Europeia
- número de ancoragens a executar;
- localização e orientação de cada ancoragem e tolerâncias na sua posição;
- comprimento das ancoragens;
- cronograma de instalação de cada ancoragem relativamente à estrutura onde irão ser executadas;
- especificações relativas a caldas de injeção, pressões de injeção, volume de calda injectada, comprimento do bolbo de selagem, tempo de injeção;
- capacidade de carga requerida às ancoragens;
- instalação da protecção contra a corrosão escolhida;
- técnica de instalação (furação, colocação da armadura, ligação ao maciço, pré-esforço);
- instalação de células de carga (número localização e características).

Os elementos contidos no Plano de Instalação de Ancoragens podem ser modificados pela Fiscalização em virtude da eventual necessidade de ajustamentos às condições locais, da experiência adquirida sobre as condições efectivas da obra e da qualidade do maciço ocorrente.

## 6.2 - EXECUÇÃO

### 6.2.1 - Abertura do furo

A abertura de furos deverá ser realizada com equipamento adequado à natureza das formações; a sua orientação deverá ser a do projecto e o furo deverá ser bem limpo antes da introdução da armadura.

O diâmetro de furação deve ser tal que permita a fácil introdução da armadura e demais órgãos de ancoragem no furo, devendo garantir o seu uniforme recobrimento com, pelo menos, 2 cm de calda de cimento.

Durante a furação, o Adjudicatário deverá garantir que o comprimento seja tal, que permita a execução do bolbo de selagem numa zona do maciço com as características adequadas.

Se durante a abertura do furo for detectada alguma cavidade na extensão correspondente à zona de selagem, deve aumentar-se o comprimento do furo por forma a realizar o bolbo numa zona do maciço sem cavidades.

Caso a natureza das formações atravessadas pela furação não garanta a estabilidade das paredes do furo, deverá prever-se a sua entivação por meio de tubo de encamisamento, que deverá permanecer até à colocação das armaduras.

Após a abertura do furo, deverá ser feito um ensaio de permeabilidade "in situ" na extensão do maciço correspondente à zona de selagem. Estes ensaios serão realizados em cerca de 20% do número total dos furos e sempre que a Fiscalização o entender.

Em maciços rochosos, se a perda de água no ensaio for superior a 2 unidades LUGEON, o furo deverá ser sucessivamente injectado, reperfurado e ensaiado até deixar de ultrapassar essa permeabilidade. As injeções para impermeabilização do furo serão realizadas com calda de argamassa e/ou cimento, cuja composição e pressões de injeção deverão ser ajustadas à natureza do maciço e aos valores de permeabilidade que se forem medindo.

### 6.2.2 - Introdução da armadura e processo de ligação ao maciço

As armaduras deverão ser equipadas de centralizadores, que garantam o seu correcto posicionamento e afastamento em relação às paredes do furo, e com separadores a distâncias adequadas, que garantam o afastamento dos cabos entre si, de modo a permitir um recobrimento de calda uniforme por toda a armadura.

O tipo e constituição do conjunto de ancoragem será o descrito no Plano de Instalação de Ancoragens, do Projecto de Execução, e a instalação das armaduras obedecerá ao especificado nesse plano.

As injeções deverão ser executadas com velocidades e pressões adequadas de modo a que não se produzam fenómenos de rotura das formações, originando perdas de calda elevadas na zona livre e no bolbo de selagem.

As operações de injeção só devem ser iniciadas após autorização expressa da Fiscalização.

A calda de injeção será conservada em tanques permanentemente agitados e não deverá apresentar quaisquer impurezas no decorrer dos trabalhos.

O dispositivo de injeção terá um sistema de alimentação e um sistema de retorno da calda, que deverão ser convenientemente verificados antes e durante a injeção. Dever-se-á prever um dispositivo de medida que permita determinar com precisão a quantidade de calda realmente absorvida pelo furo.

A calda que não tiver penetrado no furo será recebida pelo circuito de retorno num tanque e só será reinjectada após passar por filtros apropriados.

As operações de injeção só serão dadas por terminadas quando a consistência da calda que flui pelo sistema de retorno for igual à da calda injectada.

Quando a injeção tiver sido concluída os tubos de retorno serão obturados (eventualmente à custa de tampões de madeira) mantendo-se então a pressão durante um mínimo de 5 minutos o que se pode conseguir fechando os tubos de injeção.

O Adjudicatário poderá apresentar um processo alternativo ao tipo de ancoragem e à metodologia expressa nos pontos anteriores, devidamente explicitado e sujeito à aprovação da Fiscalização.

#### *6.2.3 - Pré-esforço*

Caso não se utilizem aceleradores de presa, o pré-esforço poderá ser aplicado 7 dias após a última injeção de selagem.

Os cabos deverão ser tensionados simultaneamente por meio de dispositivos e equipamentos adequados que devem permitir medir as deformações axiais com uma precisão de  $\pm 0,5$  mm.

A armadura deve ser tensionada, com uma precisão  $\pm 2\%$  usando células de pressão devidamente calibradas e montadas no circuito hidráulico a uma distância de 3 a 5 m do macaco. Estas células deverão ser recalibradas, no mínimo, após 50 operações de tensionamento.

#### *6.2.4 - Protecção contra a corrosão*

Os cabos deverão ser devidamente embainhados e lubrificados, não só para protecção contra a corrosão, mas também para evitar o contacto com a calda o qual provocará atritos, não permitindo o seu alongamento e, prejudicando o funcionamento da ancoragem.

Deverão ser protegidos de corrosão, por produtos adequados, ao longo do comprimento livre de ancoragem, nomeadamente junto à cabeça da ancoragem, onde deverá ser prevista uma zona para injeção de material, posterior à execução do pré-esforço.

Em ancoragens definitivas, as cabeças deverão ser protegidas contra a corrosão através da execução de um maciço de betão ou mediante a colocação de uma campânula metálica e óleo anticorrosivo; o segundo tipo de protecção deverá ser realizado nas ancoragens onde se instalarão as células para medição do pré-esforço.

### 6.3 - ENSAIOS EM ANCORAGENS

Os ensaios de ancoragens consistem, basicamente, na aplicação de tracções à armadura e na medição dos deslocamentos correspondentes na cabeça, respeitando certos programas de carga.

Dividem-se em dois tipos consoante a sua finalidade:

Ensaio Prévio - têm por objectivo determinar a tracção admissível nas ancoragens e deverão ser realizados antes do início da sua execução, tendo em atenção, designadamente, o comprimento livre, o processo construtivo e a natureza do maciço. Estes ensaios permitem também afinar o processo construtivo.

Quanto à sua frequência, deverão ser realizados para cada tipo de maciço e (ou) método construtivo nas seguintes percentagens mínimas:

TIPO DE ANCORAGENS	VIDA ÚTIL	CONSEQUÊNCIAS DA ROTURA	% DE ENSAIOS PRÉVIOS
Definitivas	> 2 anos	-	2
Provisórias	≤ 2 anos	Graves	2
Provisórias	≤ 2 anos	Aceitáveis	1

Poderá prescindir-se da sua realização, somente quando o número de ancoragens a executar seja igual ou menor que 30 (trinta), sendo esta decisão sempre condicionada pelo conhecimento prévio do maciço e justificada no Plano de Instalação de Ancoragens, ou, por proposta devidamente explicitada do Adjudicatário e sujeita à aprovação da Fiscalização.

Ensaio de Recepção - tem como objectivo comprovar a eficiência das ancoragens realizadas e por consequência garantir hipóteses feitas no dimensionamento da obra. Estes ensaios podem ser simplificados, a executar em todas as ancoragens, e detalhados, a executar em 15% das ancoragens realizadas.

Quando, pelas razões explicitadas no ponto anterior, se prescindir da realização de ensaios prévios, a frequência dos ensaios de recepção detalhados a executar nas ancoragens realizadas será de 30%.

### 6.3.1 - Ensaio prévios

O local de ensaio terá que ter características semelhantes à zona de implantação do muro. A localização deste ensaio será seleccionada pela Fiscalização. As ancoragens ensaiadas não fazem parte das instaladas.

Durante o ensaio prévio será efectuada a caracterização do maciço na zona de selagem.

Para este efeito, os processos de furação e equipamento disponível a utilizar nos últimos 3 a 5 metros devem ser tais que permitam a recolha de tarolos do maciço.

Quando se prever a instalação de células de carga, pelo menos, um ensaio prévio será realizado com célula de carga e o macaco hidráulico a utilizado, deverá ser o mesmo a utilizar para a execução das ancoragens. Assim o ensaio permitirá aferir a calibração do macaco.

Para que o Ensaio Prévio seja representativo deverá obedecer às seguintes recomendações:

i) O comprimento do bolbo de selagem da ancoragem a testar deve ser igual ao comprimento dos bolbos de selagem das ancoragens que vão ser instaladas na estrutura de suporte a construir;

ii) As características de resistência das formações que envolvem tanto o bolbo de selagem da ancoragem a testar, como os bolbos de selagem das ancoragens, devem ser similares;

iii) A tracção máxima,  $T_M$ , a desenvolver durante o Ensaio Prévio deve obedecer aos dois critérios seguintes:

- ser igual ou menor que noventa por cento da tracção limite de proporcionalidade,  $T_L$ , do aço (i.e.  $T_M \leq 0,9 T_L$ );

- ser menor que duas vezes a tracção de serviço nas ancoragens,  $T_S$ , mas maior que, uma vez e meia o valor de  $T_S$  (i.e.  $1,5 T_S < T_M < 2,0 T_S$ ).

iv) Os patamares de carga previstos para este ensaio são os seguintes:

#### Patamares de carga previstos para o Ensaio Prévio

FORÇA	TEMPO NO PATAMAR (MINUTOS)				CICLO DE CARGA DESCARGA
	<u>Ancoragens provisórias</u>		<u>Ancoragens definitivas</u>		
	solos coesivos	solos não coesivos ou rochas	solos coesivos	solos não coesivos ou rochas	
$T_0 = 0,10 T_L$	0	0	0	0	
$T_1 = 0,30 T_L$	$\Delta t$	5	30	15	$T_0 - T_1 - T_0$
$T_2 = 0,40 T_L$	$\Delta t$	5	30	15	$T_0 - T_1 - T_2 - T_1 - T_0$

$T_3 = 0,60 T_L$	$\Delta t$	15	$\geq 120$	60	$T_0 - T_2 - T_3 - T_2 - T_0$
$T_4 = 0,75 T_L$	$\Delta t$	5	$\geq 180$	60	$T_0 - T_3 - T_4 - T_3 - T_0$
$T_5 = 0,90 T_L$	$\Delta t$	60	$\geq 1440$	$\geq 120$	$T_0 - T_4 - T_5 - T_4 - T_3 - T_2 - T_1 - T_0$

Os intervalos de leitura em minutos, em cada patamar, são os seguintes:

2; 4; 6; 8; 10; 15; 20; 25; 30; 45; 60; 90 e 120

Durante os 15 minutos iniciais o deslocamento de fluência,  $d_f$  tem de ser  $\leq 0,2$  mm. Se  $d_f > 0,2$  mm então o patamar em curso tem de ser prolongado de um incremento de tempo,  $\Delta t$  igual ao último intervalo de leitura desse patamar.

Durante o último patamar (carga  $T_M$ ), o valor de  $d_f$  terá de ser inferior a 0,2 mm.

Devem ser elaborados os seguintes diagramas, resultantes dos Ensaio Prévios:

- i) tracções - deslocamentos totais;
- ii) tracções - deslocamentos elásticos e permanentes;
- iii) evoluções dos deslocamentos no tempo nos patamares de carga;
- iv) relação entre o coeficiente de fluência e a força de tracção

Para o cálculo da tensão de serviço máxima admissível,  $T_S$  (Ra no EC7/1) determina-se um valor característico da resistência da ancoragem  $R_{ak}$  a partir dos valores das tracções medidas nos ensaios.

A obtenção deste valor,  $R_{ak}$ , processa-se dividindo o valor médio (a) e o valor mínimo (b) de resistência das ancoragens, medidos nos ensaios, por um coeficiente  $\xi$  dependente do número de ensaios executados.

Coeficiente  $\xi$  para o cálculo de  $R_{ak}$  (segundo Quadro 8.1 do EC7/1)

Nº de Ensaio Prévios realizados	1	2	>2
(a) coeficiente $\xi$ aplicado ao valor médio de resistência das ancoragens	1,5	1,35	1,3
(b) coeficiente $\xi$ aplicado ao valor mínimo de resistência das ancoragens	1,5	1,25	1,1

Ambas as condições (a) e (b) deverão ser satisfeitas.



Assim a tensão de serviço máxima admissível,  $T_s$ , será:

$$T_s = R_{ak} / \gamma_s$$

em que o factor de segurança  $\gamma_s$  assume valores de 1,25 para ancoragens provisórias e 1,5 para ancoragens definitivas.

O comprimento livre  $L_o$  das ancoragens, calculado a partir de interpretação dos resultados dos ensaios, não será inferior a 5 m e deverá situar-se dentro dos seguintes limites:

$$0,9 L_t \leq L_o \leq L_t + 0,6 L_a$$

em que:

$L_t$  - comprimento livre de projecto

$L_a$  - comprimento de selagem

### 6.3.2 - Ensaio de Recepção Simplificado

Em todas as ancoragens deverá ser realizado um Ensaio de Recepção Simplificado

Os patamares de carga previstos para este ensaio são os seguintes:

#### Patamares de carga previstos para o Ensaio Recepção Simplificado

FORÇA	TEMPO NO PATAMAR (MINUTOS)	CICLO DE CARGA DESCARGA
$T_0 = 0,20 T_s$	5	
$T_1 = 0,40 T_s$	5	$T_0 - T_1 - T_0$
$T_2 = 0,60 T_s$	10	$T_0 - T_1 - T_2 - T_1 - T_0$
$T_3 = 0,80 T_s$	10	$T_0 - T_2 - T_3 - T_2 - T_0$
$T_4 = 1,00 T_s$	20	$T_0 - T_3 - T_4 - T_3 - T_0$
$T_5 = 1,30 T_s$	$\geq 25$	$T_0 - T_4 - T_5 - T_4 - T_3 - T_2 - T_1 - T_0$

Os intervalos de leitura em minutos, em cada patamar, são os seguintes:

2; 4; 6; 8; 10; 15; 20 e 25.

Durante os 15 minutos iniciais o deslocamento de fluência,  $d_f$  tem de ser  $\leq 0,2$  mm. Se  $d_f > 0,2$  mm então o patamar em curso tem de ser prolongado de um incremento de tempo,  $\Delta t$  igual ao último intervalo de leitura desse patamar.

Durante o último patamar (carga  $T_M$ ), o valor de  $d_f$  terá de ser inferior a 0,2 mm.

O ensaio consiste na aplicação de 5 ciclos de carga, sendo a carga máxima atingida no último patamar.

Devem ser elaborados os seguintes diagramas, resultantes do Ensaio de Recepção Simplificado:

- i) tracções - deslocamentos totais;
- ii) tracções - deslocamentos elásticos e permanentes;
- iii) evoluções dos deslocamentos no tempo nos patamares de carga;
- iv) relação entre o coeficiente de fluência e a força de tracção

### 6.3.3 - Ensaio de Recepção Detalhados

Após o ajustamento do comprimento livre, do comprimento de selagem e da folga de pré-esforço será executado em nível um Ensaio de Recepção Detalhado. A ancoragem ensaiada fará parte das instaladas.

Os patamares de carga previstos para este ensaio são os seguintes:

#### Patamares de carga previstos para o Ensaio Recepção Detalhado

FORÇA	TEMPO NO PATAMAR (MINUTOS)	CICLO DE CARGA DESCARGA
$T_0 = 0,50 T_s$	15	
$T_1 = 0,75 T_s$	15	$T_0 - T_1 - T_0$
$T_2 = 0,90 T_s$	30	$T_0 - T_1 - T_2 - T_1 - T_0$
$T_3 = 1,0 T_s$	60	$T_0 - T_2 - T_3 - T_2 - T_0$
$T_4 = 1,25 T_s$	60	$T_0 - T_3 - T_4 - T_3 - T_0$
$T_5 = 1,50 T_s$	$\geq 120$	$T_0 - T_4 - T_5 - T_4 - T_3 - T_2 - T_1 - T_0$

Os intervalos de leitura em minutos são os seguintes:

2; 4; 6; 8; 10; 15; 20; 25; 30; 45; 60; 90 e 120

Durante os 15 minutos iniciais o deslocamento de fluência,  $d_f$  tem de ser  $\leq 0,2$  mm. Se  $d_f > 0,2$  mm então o patamar em curso tem de ser prolongado de um incremento de tempo,  $\Delta_t$  igual ao último intervalo de leitura desse patamar.

Durante o último patamar (carga  $T_M$ ), o valor de  $d_f$  terá de ser inferior a 0,2 mm.

O ensaio consiste na aplicação de 5 ciclos necessários de carga e descarga até zero do pré-esforço, sendo a carga máxima atingida no último patamar.

Devem ser elaborados os seguintes diagramas, resultantes do Ensaio de Recepção Detalhado:

- i) tracções - deslocamentos totais;
- ii) tracções - deslocamentos elásticos e permanentes;
- iii) evoluções dos deslocamentos no tempo nos patamares de carga;
- iv) relação entre o coeficiente de fluência e a força de tracção

Todos os ensaios deverão ser executados pelo Adjudicatário e acompanhados pela Fiscalização.

Dependendo dos métodos e resultados dos ensaios, a Fiscalização reserva-se ao direito de solicitar mais ensaios, os quais, se esta o entender, serão a realizados por laboratório oficial. Neste último caso, os encargos serão por conta do Adjudicatário.

#### 6.4 - AUSCULTAÇÃO

Quando se tratam de ancoragens definitivas, ou sempre que o número de ancoragens provisórias seja superior a 80 (oitenta) ou o Plano de Instalação de Ancoragens assim o indique, deverá promover-se a instalação de células de medição do pré-esforço destinadas a verificar a evolução das tracções da ancoragens.

Serão instaladas, no mínimo, células em 2 (duas) ancoragens. O tipo de célula a instalar será aprovado pela Fiscalização, sob proposta de Adjudicatário.

A força na armadura deve ser medida com uma precisão de  $\pm 2\%$  utilizando uma célula de carga devidamente calibrada e com uma capacidade mínima de leitura até  $1,5 T_s$ .

Cada célula de carga deve ser acompanhada de um certificado de calibração.

As células de carga devem permitir que a força a ser aplicada na armadura seja colinear com ela.

O Adjudicatário obriga-se a providenciar todas as operações e equipamentos complementares, necessários à instalação das células e órgãos acessórios de protecção e leitura, segundo o definido pela Fiscalização. Caso se preconize no Plano de Instalação de Ancoragens do Projecto de Execução que a leitura seja efectuada à distância, será necessário contabilizar o restante equipamento (cabos, transdutores, estação de leitura, etc.) necessários para a tornar exequível.

## 7 - BETÃO PROJECTADO

### 7.1 - DEFINIÇÕES

O betão projectado é um tipo de betão que é levado sob pressão até ao local de aplicação através de mangueira ou tubo apropriado, aplicado e compactado por disparo a alta velocidade contra as superfícies a proteger.

O método de aplicação do *betão projectado por via seca*, é um método de projecção em que a mistura seca composta de inertes, cimento e aditivo acelerador, é levada ao longo da mangueira à guia do jacto através de ar comprimido, sendo a água acrescentada à mistura seca no bocal ou junto deste.

O método de aplicação do *betão projectado por via húmida*, é um método em que os inertes, cimento e água, são bombeados directamente para o bocal. O aditivo acelerador é acrescentado no bocal ou junto deste.

A guia do jacto ou bocal é um acessório colocado no final da mangueira por onde é conduzido o betão e projectado.

O aditivo acelerador é um agente, líquido ou em pó, que provoca a rápida presa do betão aplicado.

“Rebound” é a quantidade de betão que não se incorpora ao revestimento por cair no chão durante a operação de aplicação.

### 7.2 - EXECUÇÃO

#### 7.2.1 - Plano de mistura

De forma a alcançarem-se os requisitos de presa e resistência final, a mistura para o betão projectado será determinada por ensaios laboratoriais e testes “in situ”, como especificado a seguir. Serão tidos em conta os seguintes factores:

- quantidade de cimento;
- aditivos;
- relação água-cimento;

- presa e resistência;
- temperatura da mistura.

#### 7.2.2 - Quantidade de cimento

Para o processo de betão projectado por *via seca* a quantidade de cimento não deverá ser inferior a 380 kg/m<sup>3</sup> de mistura seca, devendo a quantidade de cimento ser determinada para se conseguirem os requisitos de resistência do betão quando aplicado no terreno.

Para o método de aplicação de betão projectado por *via húmida* a quantidade mínima de cimento será de acordo com a mistura dum betão da classe B25.

#### 7.2.3 - Relação água/cimento

Para aplicação pela *via seca*, a quantidade de água será controlada pelo operador do bocal, atendendo às condições da superfície de aplicação e à localização da mesma. Um indicador de que a relação água/cimento estará correcta será a da aparência ligeiramente brilhante que o betão parecerá possuir imediatamente após a aplicação.

Para aplicação pela *via húmida*, deverão ser efectuados ensaios “in situ” adequados para a determinação da quantidade de água ou da relação óptima de água/cimento.

#### 7.2.4 - Presa e resistência

Deverão ser usados aditivos aceleradores de presa para se alcançarem, nas primeiras horas, resistências do betão aplicado, devendo ser efectuados ensaios adequados a determinar a dosagem correcta de aditivos.

A resistência à compressão do betão projectado aplicado (determinada em amostras recolhidas do revestimento do túnel ou em painéis de prova instalados para o efeito no túnel) deverá desenvolver-se progressivamente até à resistência final, de acordo com os requisitos mínimos a seguir especificados:

9 MPa às 24 horas

17,5 MPa aos 7 dias.

Estes valores deverão ser determinados em ensaios de compressão uniaxial de provetes, devendo o desenvolvimento da resistência, em testes de adequação, exceder a resistência local, especificada num factor 1/0,85 (= 1,18).

A resistência do betão à compressão no 28º dia será, no mínimo, de 25 MPa.

### 7.2.5 - Preparação, mistura e transporte

*Por via seca:* O cimento e os inertes serão preparados nas proporções especificadas, sendo a medição feita em peso. No momento da preparação, todos os inertes deverão estar secos para que resulte uma mistura estável e não se antecipe o seu endurecimento.

A mistura do cimento com os inertes será efectuada mecanicamente. O betão projectado não poderá ser usado se a sua colocação não puder ser completada no período de noventa minutos após mistura. Este período de tempo deve ser mantido o mais curto possível, especialmente em épocas de elevadas temperaturas e humidade.

O tempo de mistura deverá ser suficientemente longo para se conseguir uma mistura homogénea dos componentes.

O Adjudicatário deverá criar um sistema de *notas de entrega*, com registo da data, hora de mistura, número, dosagens e granulometria da mistura, quantidade e local de aplicação, tempo de aplicação. Estas *notas de entrega* deverão ser entregues à Fiscalização.

No processo da *via seca*: serão acrescentados à mistura seca aditivos de aceleração de presa do tipo líquido ou em pó. O aditivo em pó será proporcionado e acrescentado imediatamente antes que a mistura seca entre na máquina de betão através do doseador. O aditivo líquido é colocado por uma bomba especial e acrescentado à mistura seca no bocal ou junto deste.

*Por via húmida:* Neste processo apenas podem ser usados aditivos líquidos, devendo ser acrescentados à mistura no bocal ou próximo deste. A saída do aditivo deverá ser controlada de forma a obter-se proporcionalidade da quantidade com o betão. O bocal deverá dispor de dispositivo regulador de forma a garantir uma mistura homogénea do aditivo com a mistura húmida.

### 7.2.6 - Aplicação do betão projectado

As superfícies rochosas ou que já tenham sofrido alguma aplicação anterior de betão, terão de ser cuidadosamente limpas de todos os materiais soltos, incrustações ou outras contaminações, através de jacto de ar comprimido e/ou, se necessário, a jacto de água.

A distância óptima entre o bocal e a superfície de aplicação é de 1,0 m a 1,5 m, devendo a direcção do bocal fazer ângulo recto com a superfície de aplicação.

A espessura máxima de betão a ser aplicado numa só sequência não poderá exceder 5 cm. Se a espessura tiver de ser aumentada, as camadas seguintes não devem ser aplicadas sem que a anterior tenha adquirido uma resistência suficiente para as receber. Estas camadas adicionais serão aplicadas num período que não poderá exceder três dias.

As cambotas, as malhas metálicas e outros reforços que seja necessário instalar, deverão ser completamente envolvidos em betão projectado. O recobrimento mínimo das malhas e varões metálicos aplicados no lado de dentro do revestimento do túnel deverá ser de 2 cm.

Se se tiver de usar mais de uma camada de reforço, a segunda camada não deverá ser colocada antes dos suportes metálicos estarem completamente envolvidos de betão projectado.

No caso de a rocha se apresentar sã, o betão projectado acompanhará a superfície rochosa com completo envolvimento das brechas e cantos. Caso ocorram saliências de rocha sã, a espessura real da camada de betão poderá ser, muito pontualmente, reduzida para 2/3 da espessura nominal especificada, caso a Fiscalização assim o aceite.

Após terminada cada operação de aplicação de betão projectado, o “rebound”, e, no caso de se apresentar endurecido, terá de ser removido com martelos pneumáticos, especialmente nas ligações horizontais e em todas as juntas de construção.

Em circunstância alguma o “rebound” poderá voltar a ser usado. A obra será continuamente mantida livre desses materiais.

Deverão ser efectuadas medições adequadas a confirmar a espessura do betão projectado, sempre que Fiscalização o entender. Estas medições poderão ser feitas através de guias de visualização instaladas antes da projecção do betão ou por carotes recolhidas após o seu endurecimento.

No acabamento das superfícies de betão projectado deverá ter-se em atenção que estas servirão para apoio do sistema de impermeabilização e drenagem do extradorso do revestimento definitivo do túnel (Ver 15.09.5 deste Caderno de Encargos).

#### *7.2.7 - Ensaios do betão projectado*

A compatibilidade dos aditivos e do cimento deverá ser testada em laboratório de forma a estabelecer os tempos de endurecimento e verificar se a adição do acelerador não leva a uma redução excessiva da resistência do betão à compressão.

No local da obra deverão ser efectuados ensaios para se determinar o endurecimento e a resistência do betão, e estabelecer a dosagem adequada do aditivo do betão projectado aplicado “in situ”.

Para cada tipo de aditivo considerado adequado nos ensaios de laboratório deverá ser efectuada uma prova da mistura com aplicação em painéis de prova com as dimensões de 500 x500 x 200 mm, com a seguinte distribuição: duas provas por mistura em que uma será feita com projecção vertical de baixo para cima. Os painéis de prova deverão ser acondicionados nas mesmas condições em que se encontra o túnel.

Deverão ser testadas pelo menos três dosagens diferentes de cada tipo de aditivo. O leque de dosagens variará entre 2 e 7% do cimento em peso.

A resistência à compressão será determinada em ensaios de compressão simples até à rotura em provetes cilíndricos com as idades de 1, 7 e 28 dias. Os provetes serão retirados dos painéis de prova que serão secos em condições similares às do túnel e terão um diâmetro de 100 mm e a altura de 100 mm.

Para o teste a 1 dia, as amostras não deverão ser recolhidas antes de decorridas 20 horas da aplicação e as outras serão retiradas, aproximadamente, 48 horas depois.

Na recolha dos provetes deverá manter-se uma distância mínima de 100 mm das bordas do painel de prova.

Para cada ensaio deverão ser retirados cinco provetes por idade. O valor médio dos cinco ensaios deverá estar de acordo com os requisitos de resistência especificados.

## 8 - ARMADURAS

O a seguir especificado diz respeito à instalação de armaduras no suporte inicial do túnel.

### 8.1 - MALHA ELECTROSSOLDADA

A malha electrossoldada será instalada de forma a acompanhar o mais possível todas as irregularidades das superfícies do maciço onde for instalada ou sobre as camadas prévias de betão projectado. Deverá ser bem fixa para evitar vibrações ou mudança de posição durante a projecção do betão, devendo ser instalada na maior extensão possível numa única aplicação.

A sobreposição das malhas instaladas deverá ser, no mínimo, de 20 cm, excepto se outra fôr a decisão da Fiscalização.

### 8.2 - FIBRAS METÁLICAS

As especificações seguintes referem-se ao fornecimento e aplicação de fibras metálicas no betão projectado.

O betão projectado poderá ser armado com a adição de fibras metálicas cujas características e dosagem permitam um adequado comportamento do revestimento, pelo menos similar ao conseguido com a rede metálica especificada, em termos de resistência máxima e de comportamento dúctil depois da rotura.



Deverá ser utilizado um tipo de fibras suficientemente testado em aplicações similares. A aceitação do tipo de fibra e dosagem final recomendada ficará ao critério da Fiscalização.

#### *8.2.1 - Execução*

Prevendo a instalação de lâmina impermeabilizante de PVC sem contacto com o revestimento inicial, a última camada de betão projectado com a espessura mínima de 5 cm não deverá conter fibras.

O betão projectado contendo fibras metálicas deverá obedecer a todos os requisitos do betão projectado simples, conforme o ponto anterior.

### **9 - CMBOTAS METÁLICAS**

As especificações seguintes referem-se à instalação das cambotas metálicas a serem usadas no suporte inicial do túnel. Servem de protecção e de suporte, imediatamente após a escavação e, posteriormente, actuarão como reforço e elemento distribuidor de carga conjugado com o revestimento de betão projectado.

As cambotas metálicas serão fabricadas de forma a respeitarem os requisitos geométricos para cada suporte tipo.

#### *9.1 - EXECUÇÃO*

As cambotas metálicas serão colocadas nas linhas e níveis conforme o indicado nos desenhos. Os perfis de escavação exactos serão, contudo, determinados pelo Adjudicatário de forma a aproveitar ao máximo o seu equipamento e método de construção.

Serão usados apoios e cunhas metálicas para colocar as cambotas na linha e nível necessários à sua instalação. Usar-se-ão tirantes para unir uma cambota à que lhe fica adjacente e fixá-la de forma segura na sua devida posição.

Os tirantes serão feitos de varões de aço com um mínimo de 16 mm de diâmetro, dobrados e ligados às cambotas.

As cambotas metálicas serão erguidas perpendicularmente à rasante do túnel, não se aceitando desvios da perpendicular.

As juntas das cambotas terão de ser suficientemente resistentes para manter a eficiência estática da secção transversal.

O espessamento das cambotas é definido no Anteprojecto para cada zona geotécnica, podendo ser alterado ,com o acordo da fiscalização, face às características reais do maciço.

## 10 - INJECCÕES DE CONSOLIDAÇÃO

Na eventualidade de se proceder ao reforço do maciço tendo em vista melhorar as condições de execução dos trabalhos de escavação, são previstas injeccões de consolidação.

O local, profundidades, número, inclinações, pressões, espaçamentos, etc., serão determinados em fase de obra, conjuntamente pelo Adjudicatário e Fiscalização, em face da avaliação das reais condições encontradas no avanço da escavação.

Estima-se que a profundidade dos furos não exceda 15 m. O diâmetro mínimo dos furos será de cerca de 40 mm.

Os furos serão feitos à roto-percussão, não se autorizando lubrificantes nas brocas ou nos furos, exceptuando-se sabões líquidos neutros que se podem adicionar à água de limpeza, devendo o equipamento e a técnica de furação ser tais que minimizem o colapso e sobredimensionamento do furo.

Quando tiver sido completado cada furo, far-se-á a limpeza com água até esta escorrer isenta de impurezas e restos de rocha. O furo será então tamponado por meios convenientes para impedir a sua obstrução até ser injectado, devendo qualquer furo que ficar obstruído antes da injeccão ser aberto pelo Empreiteiro à sua custa.

Todas as indicações sobre localização, profundidade, espaçamento, direcção dos furos, pressões, consumos de caldas, níveis de injeccão, etc., deverão ser registadas pelo Adjudicatário, dando disso conhecimento à Fiscalização.

Todas as operações de injeccão sob pressão serão feitas na presença da Fiscalização.

As medições para efeitos de pagamento dos furos de injeccão de consolidação será ao metro linear (m) de furo. O preço unitário será o da unidade de furação que incluirá o fornecimento de todo o trabalho, materiais, ferramentas e equipamento necessários à furação, desobstrução dos furos até à injeccão, incluindo a limpeza dos furos.

A unidade de medição das injeccões será o quilograma de cimento em calda de injeccão, incluindo-se no seu preço unitário todas as operações necessárias à efectivação do trabalho, tubos para injeccões e respectivos acessórios, equipamentos, ensaios, ferramentas, transporte de equipamento e posicionamento, etc.

## **15.09.5 - DRENAGEM E IMPERMEABILIZAÇÃO**

A drenagem e a impermeabilização dos túneis rodoviários, como em todas as obras subterrâneas, revestem-se de uma importância fundamental, tanto do ponto de vista da sua durabilidade, como no de garantir um nível adequado de serviço em exploração e na minoração dos encargos da conservação. Uma construção com qualidade exigirá, também, uma correcta definição do sistema de impermeabilização e drenagem das águas afluentes à obra.

A drenagem e impermeabilização podem incorporar os seguintes elementos:

- a) Manta de geotêxtil não tecido a revestir o suporte inicial ou primário e respectivo envolvimento do dreno colector do extradorso;
- b) Lâmina de impermeabilização do revestimento definitivo, a colocar de encontro à manta de geotêxtil;
- c) Drenos colectores longitudinais do extradorso, instalados ao longo da base dos hasteais;
- d) Dispositivos de drenagem suplementar do extradorso a colocar directamente contra o maciço, para acorrer a situações de maiores afluxos de água (drenos planares e/ou geodrenos).
- e) Colectores longitudinais para receber as águas do extradorso;
- f) Dreno colector longitudinal do pavimento;
- g) Colector de ranhura longitudinal sob os passeios;
- h) Caleira longitudinal no intradorso dos passeios;
- i) Ramais de ligação entre os vários órgãos de drenagem;
- j) Caixas de visita e limpeza dos drenos e colectores longitudinais.

### **1 - DRENAGEM**

As disposições seguintes são aplicáveis à construção do sistema de drenagem das águas subterrâneas, bem como do sistema de drenagem das águas residuais dentro dos túneis. Não inclui disposições relativas ao tratamento de águas residuais fora dos túneis, nem ao sistema de impermeabilização especificado no ponto 2 desta secção.

Durante a construção é obrigação do Adjudicatário drenar as águas infiltradas na obra, por gravidade ou por bombagem, o suficiente para obter condições satisfatórias de trabalho. Se for encontrado um afluxo substancial ou anormal de água exsurgente do maciço, deverá, caso a Fiscalização assim o entenda, selar a sua entrada no túnel sem quaisquer encargos adicionais.

## 1.1 - EXECUÇÃO

### 1.1.1 - Durante a obra

O túnel deverá ser drenado por valas abertas no fundo da escavação que, poderão ser preenchidas com brita sem finos.

No caso de construção de galerias descendentes, o Adjudicatário deverá prever a instalação de reservatórios, a intervalos regulares, dos quais a água deverá ser bombeada para o exterior do túnel, devendo garantir o funcionamento deste sistema provisório de drenagem durante o período de construção.

Na eventualidade de afluxos concentrados de águas, serão abertos furos de escoamento, devendo ser instalados tubos de PVC ou metálicos perfurados. O espaço livre entre o furo e o tubo deverá ser selado com argamassa de presa rápida, devendo ser ligada mangueira à boca do tubo para desvio temporário das águas.

Na eventualidade de surgirem zonas encharcadas do suporte inicial de betão projectado este será aberto por perfuração e tratado como se indica nos pontos precedentes.

Na construção do túnel em rocha alterada e/ou muito fracturada em estado de saturação, deverão ser instalados, tanto quanto necessários, drenos no maciço envolvente à galeria, com comprimentos superiores a 6 m, por forma a evitar o aumento da pressão de água por detrás do revestimento de betão projectado.

### 1.1.2 - Drenagem permanente

A água que aflua à manta de geotêxtil que reveste o suporte primário do túnel, deverá ser recebida pelos drenos colectores do extradorso instalados na base dos hasteais e conduzida aos colectores longitudinais, e destes ao dreno colector longitudinal do pavimento, caso a Fiscalização não decida separar as águas do extradorso tendo em vista o seu aproveitamento para fins agrícolas ou outros. Neste último caso os colectores longitudinais funcionarão independentemente, evitando-se a sua contaminação.

Todo o sistema de colectores longitudinais e drenagem do pavimento será munido de caixas de visita localizadas a intervalos regulares para assegurarem o controlo de funcionamento do sistema e permitir a sua limpeza por jacto de água.

O túnel será também dotado de colector longitudinal de ranhura, inserido sob um dos passeios, cujo objectivo será a recolha das águas de lavagem ou eventuais derrames ocorridos na faixa de rodagem. Deverá ser pré-fabricado em betão armado, em que as juntas entre os seus troços constitutivos deverão possuir encaixe ou ligação tipo "macho-fêmea". O acabamento da superfície interna deverá ser lisa, isenta de asperezas devendo na sua construção adoptarem-se moldes metálicos ou tubagem de PVC rígida.

Também será dotado de caleiras técnicas longitudinais no intradorso dos passeios para receber as águas de lavagem ou de infiltração através do revestimento definitivo.

## 2 - IMPERMEABILIZAÇÃO

Nesta secção descreve-se e especifica-se o sistema de impermeabilização dos túneis, a qual será realizada pela instalação de uma membrana de impermeabilização colocada entre a manta do geotêxtil e o revestimento final de betão. Não inclui outros elementos como sejam bandas de impermeabilização de juntas, estanqueidade de juntas, etc.

O objectivo da membrana de impermeabilização nas estruturas subterrâneas é o de evitar infiltrações de água para o interior dos túneis e proteger o revestimento definitivo contra a agressão química das águas. Quando o túnel estiver localizado abaixo do nível freático e ocorrerem afluxos importantes de água, o sistema de impermeabilização poderá ser extendido à soleira em arco invertido.

O sistema de drenagem e impermeabilização é constituído pela associação da manta densa de geotêxtil ajustada à superfície do betão projectado do suporte inicial, e por uma membrana impermeável convenientemente encostada ao geotêxtil.

A função de impermeabilização da obra será assegurada pela membrana, enquanto que o geotêxtil será necessário para drenagem do maciço e protecção mecânica da membrana, contra danos resultantes de acções de punçoamento no contacto com a superfície irregular de betão projectado, e para evitar o esmagamento no caso de movimentos diferenciais entre o suporte e o revestimento final de betão.

O Adjudicatário deverá submeter á aprovação:

- a) certificados de garantia que atestem que os materiais utilizados na drenagem e impermeabilização cumprem os requisitos das respectivas especificações;
- b) instruções do fabricante para instalação do geotêxtil e da membrana de impermeabilização, incluindo os processos de preparação, fixação, soldadura e costura, etc.
- c) qualificações do fabricante e do instalador, com provas dadas da sua experiência e dos supervisores do revestimento;
- d) amostras dos materiais a aplicar como se segue:

membranas: 1 m2 de cada tipo de membrana;

geotêxtil: 1 m2 de cada tipo;

costura de soldadura: 1m de costura soldada;

fixadores e adaptadores: 10 amostras de diferentes lotes de anilhas, pregos, 2 amostras de rebordos de selagem para casos de elementos que atravessem a membrana.

e) desenhos ou esquemas de montagem que deverão ser submetidos à aprovação da Fiscalização, que deverão mostrar todos os pormenores de instalação das membranas de impermeabilização e do geotêxtil, incluindo a sequência de instalação, posição das juntas, tratamento dos pontos com elementos passando através das membranas, ligação com as bandas "water-stop", com as impermeabilizações de estruturas a "céu-aberto", outras galerias, reforços pontuais, etc.

Para garantia da qualidade dos trabalhos realizados, o Adjudicatário deverá:

Fornecer e instalar produtos adequados, desenhados e fabricados especificamente para aplicação em túneis com condições similares às encontradas neste projecto e que tenham tido desempenhos aceitáveis e comprovados.

Escolher um fabricante experimentado na produção de materiais similares para estruturas subterrâneas e que demonstre ter obtido aplicações com sucesso em pelo menos cinco projectos recentes de natureza comparável.

Um representante do fabricante deverá estar presente, pelo menos, nos dez primeiros dias de trabalho de montagem e, posteriormente, sempre que necessário.

Toda a instalação e ensaios deverão ser executados sob a supervisão de indivíduo com experiência comprovada e recente, contínua e aceitável, na instalação de membranas de revestimento de túneis.

Todo o pessoal envolvido na instalação do revestimento e ensaios deverá receber formação adequada antes de se iniciarem os trabalhos.

## *2.1 - EXECUÇÃO*

Na preparação das superfícies, o Adjudicatário deverá:

Providenciar que as superfícies a drenar e impermeabilizar se encontrem suficientemente limpas, lisas e livres de materiais prejudiciais ou de pontas.

Antes da instalação do sistema de impermeabilização, assegurar-se-á que não existem irregularidades susceptíveis de danificar a tela de geotêxtil e a membrana, preenchendo previamente com betão projectado os locais onde se verificarem.

O factor diâmetro/profundidade das irregularidades não poderá ser inferior à relação 5/1, devendo estas ser preenchidas com betão projectado adicional.

As transições de perfis de túneis serão arredondadas com um raio mínimo de 0,5 m.

As cambotas metálicas, arames, espaçadores, tubos, etc., que se encontrem emergentes da base de betão projectado deverão ser cortadas e tratadas. Peças metálicas expostas, tais como ancoragens de pregagens, se não for o caso de terem de ficar acessíveis, deverão ser cobertas com betão projectado.

O Adjudicatário deverá ter presente que, na eventualidade de uso de fibras metálicas adicionadas ao betão projectado do suporte inicial, a última camada, com a espessura mínima de 5 cm, não deverá conter fibras metálicas.

Antes do início dos trabalhos de impermeabilização, todas as superfícies em que esta será aplicada deverão ser inspeccionadas pelo Adjudicatário na presença da Fiscalização, a qual deverá emitir a sua aprovação.

Todos os trabalhos de aplicação deverão ser efectuados sob instruções escritas do fabricante das membranas, nomeadamente nos casos especiais em que ocorrem atravessamentos da membrana, como por exemplo, passagem de tubos para injeções de consolidação.

O geotêxtil de protecção deverá ser fixo à superfície de betão projectado através de fixadores adequados e especificados pelo fabricante. Deverão ser usados 2 a 4 fixadores por m<sup>2</sup>, dependendo da localização.

O geotêxtil será colocado com folga suficiente para evitar sobre-tensões durante a colocação do betão.

As emendas entre secções diferentes de geotêxtil deverão possuir um sobreposição mínima de 10 cm.

Ao longo da base das paredes laterais do túnel, o geotêxtil deverá estender-se de forma a cobrir o dreno lateral, conforme os respectivos desenhos.

A membrana de impermeabilização será instalada de forma a cobrir o geotêxtil e será presa às anilhas de fixação do geotêxtil por soldadura térmica.

Não é permitida a perfuração da membrana, sob qualquer pretexto, para efeitos de fixação.

A membrana será colocada com a capa sinalizadora virada para o interior do túnel e com folga suficiente para evitar sobre-tensão na colocação do betão do revestimento definitivo, devendo as lâminas adjacentes serem ligadas por dupla soldadura. Ao longo da base das paredes laterais do túnel, a membrana deverá estender-se suficientemente de forma a cobrir as drenagens laterais, conforme os pormenores respectivos.

### *2.1.1 - Ensaio sobre as costuras*

As costuras entre lâminas adjacentes da membrana de impermeabilização serão testadas quanto ao seu ajustamento por meio de ar comprimido bombeado para a banda formada pela junta de

dupla soldadura. A pressão inicial do ensaio será de 0,2 MPa para um período de 5 mn ou 0,15 MPa para um período de 10 mn. A junta considera-se impermeável se a perda de pressão não for superior a 20% em ambos os casos.

Em situações especiais de juntas ou reparações pontuais, poderá ser usado equipamento de vácuo. Este consiste na aplicação de uma campânula de vácuo na área a ensaiar, à qual se retirará o ar de forma a detectar roturas na membrana, devendo este trabalho e equipamento estar previamente incluído no preço da membrana.

#### *2.1.2 - Medidas de protecção*

Deverão ser tomadas pelo Adjudicatário todas as medidas cautelares tendo em vista preservar a integridade da membrana durante e depois da sua instalação.

Antes da colocação do betão de revestimento definitivo deverá efectuar-se uma cuidadosa inspecção, na presença da Fiscalização reparando todos os danos que se encontrarem, os quais deverão ser depois testados.

### **15.09.6 - REVESTIMENTO DEFINITIVO**

As disposições seguintes são aplicáveis à construção do revestimento definitivo dos túneis, abóbada, hasteais, fundação e soleira em arco invertido, incluindo os troços construídos a "céu aberto".

O revestimento definitivo dos túneis é em betão moldado "in situ", o que permite aumentar o factor de segurança do sistema de suporte do túnel, fornecer uma superfície interior final de aspecto uniforme e lisa, melhorar os aspectos estéticos da obra e as condições de iluminação e ventilação.

As sapatas de fundação formam o sistema de apoio da abóbada ou o elemento de ligação da abóbada com o arco invertido da soleira. As canalizações, passagens de cabos e os passeios estarão colocados sobre este elemento estrutural.

Em condições geotécnicas decorrentes do maciço de pior qualidade, o arco invertido forma o anel de fecho do revestimento definitivo. O arco invertido de betão tem por função garantir melhores condições de fundação por diminuir localmente o valor das pressões de contacto com o terreno e melhorar o comportamento estrutural do arco.

A cofragem constitui ferramenta necessária para a construção do revestimento definitivo. Deverá ser metálica e concebida de forma a que as dimensões e superfície final do betão sejam obtidas como o especificado.



Os vazios deixados na abóbada aquando da betonagem do revestimento, deverão ser preenchidos por calda de cimento. Esta calda, de enchimento ou de colagem, é aplicada por injeção de cimento sob pressão, preenchendo espaços vazios entre o revestimento final de betão “in situ” e a membrana de impermeabilização. Será aplicada sistematicamente calda de enchimento na abóbada do túnel depois do endurecimento do betão do revestimento, garantindo as espessuras previstas no Anteprojecto.

## 1 - EXECUÇÃO

### 1.1 - AÇO

Os varões de aço deverão ser firmemente presos à camada de betão projectado ou à malha electrossoldada previamente aplicadas. Dependendo das condições locais do terreno, os varões poderão ser prolongados para além das malhas, particularmente, na zona dos emboquilhamentos.

Os varões de aço para betão armado deverão ser dobrados nos comprimentos especificados e montados segundo os respectivos desenhos de pormenor.

### 1.2 - PREPARAÇÃO DA COFRAGEM

As superfícies internas dos moldes deverão ser previamente pintadas com óleo descofrante, excepto em locais onde seja necessário estabelecer juntas de construção.

Os agentes descofrantes usados deverão ser submetidos à aprovação da Fiscalização e serão aplicados segundo as indicações dos fabricantes e, em caso algum será permitido o contacto com armaduras e ancoragens. A sua composição não poderá, de forma alguma, interferir com futuros tratamentos das superfícies de betão, nem deverá deixar manchas.

Antes da aplicação do betão, todos os moldes deverão estar completamente limpos, devendo a cofragem ser levantada e posicionada de maneira segura e rígida na sua posição de forma a evitar desvios e irregularidades na superfície final de betão.

A cofragem deverá ser posicionada em níveis que permitam absorver a deformação produzida durante a betonagem sem interferir com a geometria e as dimensões finais do túnel.

Antes da colocação do betão, o Adjudicatário informará a Fiscalização pedindo a inspecção da cofragem e autorização para betonagem.

### 1.3 - COLOCAÇÃO DO BETÃO E MOVIMENTAÇÃO DA COFRAGEM

É obrigação do Adjudicatário apresentar à Fiscalização elementos detalhados sobre os métodos de colocação de betão no túnel, incluindo a descrição dos equipamentos a usar e dos ciclos de betonagem.

O betão será aplicado através de uma bomba de deslocamento ou por outro meio aprovado pela Fiscalização. O método de aplicação do betão deverá evitar que o betão seja introduzido na cofragem a alta velocidade e que não ocorra segregação. A bomba deverá produzir um fluxo contínuo de betão, sem bolsas de ar.

O betão deverá ser bombeado para a cofragem através de aberturas temporárias adequadas.

O betão das paredes e abóbada do túnel será introduzido por camadas horizontais simétricas em relação à linha central, de forma a garantir o equilíbrio contínuo de cargas sobre a cofragem. O betão não deverá ser colocado na abóbada do túnel e deixado escorrer para as paredes ou soleira. O Adjudicatário deverá tomar especial cuidado para garantir o enchimento completo da abóbada do túnel, devendo incluir nos detalhes o método que propõe para a colocação do betão e apresentá-los à Fiscalização para aprovação.

O enchimento das sapatas de fundação e da soleira em arco invertido será realizado em operações separadas da colocação dos hasteais e abóbada.

As sapatas de fundação poderão ser usadas como suporte dos carris necessários à movimentação da cofragem. A instalação da cofragem sobre as sapatas não poderá ser efectuada antes de 7 dias após a sua betonagem.

Na betonagem do revestimento final deverá ser evitada a realização de juntas de construção. Durante as operações de colocação do betão será necessário ter de prevenção uma bomba e uma conduta de reserva. Na eventualidade da colocação contínua ser interrompida por avaria do equipamento ou por qualquer outra razão, o Adjudicatário consolidará completamente o betão nessa junta de forma uniforme e estável e qualquer sobra de betão não consolidado deverá ser removido.

O revestimento definitivo dos túneis será feito em troços de 10 a 12 m de comprimento, medidos segundo o eixo longitudinal. As galerias de peões poderão ser betonadas em troços mais pequenos. Cada secção será preenchida numa operação contínua, sem interrupção e sem juntas de construção.

O betão será vibrado através de vibradores fixos à cofragem e de vibradores de imersão operados através das aberturas de inspecção da cofragem.

A cofragem deverá ser projectada de forma a permitir a sua fácil movimentação, sem necessidade de recorrer a martelos ou alavancas contra a superfície do betão ou por quaisquer outros meios que possam danificar a sua superfície.

A movimentação dos moldes não deverá iniciar-se antes que o betão tenha atingido uma resistência tal que em condições mais desfavoráveis de carga, possam causar quaisquer danos na estrutura. A resistência mínima para a remoção da cofragem terá de satisfazer as exigências estruturais impostas pelo peso próprio do revestimento. A resistência será verificada na abóbada onde o betão foi colocado em último lugar. Em qualquer situação, a remoção da cofragem só poderá ser efectuada com prévia autorização da Fiscalização.

Na construção deverão ser deixados os tubos para as injeções de enchimento e de purga, conforme estipulado no Anteprojecto.

#### *1.4 - CURA DO BETÃO*

O agente de descofragem não deverá interferir com a realização de qualquer tratamento subsequente da superfície.

A cura do betão poderá ser omitida se a humidade e as medições da retracção demonstrarem que não será obtido nenhum efeito com as medidas de cura.

Na execução das injeções de enchimento, o Adjudicatário deverá apresentar à Fiscalização detalhes e todos os esquemas, método de trabalho e equipamento a usar.

O Adjudicatário compromete-se a que todas as operações de execução das injeções de enchimento sejam realizadas sob controlo directo de pessoal especializado.

O Adjudicatário deverá apresentar à Fiscalização esquema com o posicionamento dos tubos de injeção e de purga, devendo verificar e assegurar-se do seu correcto posicionamento antes e durante a betonagem.

Terminada a operação de injeção, o Adjudicatário, deverá cortar todas as pontas dos tubos emergentes da superfície do revestimento de betão e regularizar a superfície, devendo a operação ser verificada pela Fiscalização.

O Adjudicatário deverá fornecer à Fiscalização todos os relatórios que esta exigir sobre as áreas preenchidas, pressões de injeção, consumo de calda e detalhes da mistura.

A Fiscalização poderá, em qualquer momento, exigir a colheita de amostras e ensaios comprovativos de que a calda e os seus materiais constituintes estão conformes com a especificação. O Adjudicatário realizará os ensaios solicitados e apresentará os resultados à Fiscalização para aprovação.

Sempre que forem usadas misturas de caldas, estas serão compostas com o factor água/cimento de acordo com as recomendações do fabricante. Todas as caldas a usar deverão ser preparadas em misturadores de alta velocidade.

O aspecto final da superfície interior do túnel deve ficar isenta de sujidade e manchas, apresentando o betão uma coloração normal e homogénea.

### **15.09.7 - INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO**

O método adoptado para a construção do túnel exige que se proceda à instrumentação da obra visando a recolha de informação necessária à confirmação dos pressupostos do estudo. Esta informação deverá ser recolhida de forma sistemática e tratada em tempo real com o avanço da escavação, tendo em vista a tomada de decisões quanto à evolução do processo construtivo.

Visa complementar a observação do comportamento da obra e o conhecimento proporcionado pela prospecção realizada nos terrenos atravessados, permitindo ainda detectar fenómenos que possam afectar a sua estabilidade e actuar atempadamente nos processos de execução e instalação dos suportes iniciais.

O Adjudicatário deverá ter presente os aspectos particulares da obra derivados do seu método construtivo, ligados à utilização de explosivos e à proximidade de edificações e outras estruturas.

Deverá adoptar medidas cautelares no tocante à observação do comportamento das estruturas existentes e ao controlo da velocidade das vibrações induzidas pelas ondas produzidas nas explosões, que não deverão ultrapassar os valores admissíveis. Deverá, também, efectuar um levantamento detalhado do estado das estruturas vizinhas por inspecção visual, respectivo registo fotográfico e colocação de dispositivos de medição e controlo. Desta inspecção resultará um relatório a apresentar à Fiscalização.

É obrigação do Adjudicatário implementar medidas de detecção do regime hidrogeológico durante as obras de escavação, para verificação e controlo da evolução das toalhas freáticas na faixa de influência do túnel.

Serão medidas cotas dos níveis freáticos em vários pontos, e registadas em função da progressão da obra.

O método adoptado para a construção do túnel, exige a avaliação com razoável precisão do seu modo de deformação. Esta avaliação deverá ser implementada no exterior e interior da galeria, devendo a observação efectuar-se de modo contínuo.

O sistema de instrumentação preconizado neste Caderno de Encargos é composto por:

a) No exterior da galeria serão estabelecidas diversas secções de medição ou em pontos junto a estruturas existentes, onde se deverá instalar a instrumentação seguinte:

- marcas de referência topográfica;

- tubos inclinométricos;
- piezómetros;
- extensómetros multipontos;
- sismógrafos.

b) No interior da galeria serão estabelecidas diversas secções de medição com a instalação da instrumentação seguinte:

- bases de medidas de convergência.

Sem prejuízo para quaisquer outros métodos de instrumentação, específicos de cada obra, que o projectista entenda acrescentar no Anteprojecto.

O programa de observação para a obra será definido nos desenhos que compõem o Anteprojecto. Este programa deverá ser aferido pelo Adjudicatário que proporá as alterações que julgar mais convenientes, apresentando-o à Fiscalização para aprovação.

É obrigação do Adjudicatário estabelecer concordância entre as secções instrumentadas de forma a que uma secção definida no exterior coincida com uma secção de medida de convergência no interior da galeria.

É obrigação do Adjudicatário complementar a informação geológica na frente de escavação, efectuando um levantamento contínuo dos terrenos afectados pela escavação à medida do avanço, que deverá contemplar os seguintes aspectos:

- natureza geológica e geotécnica do maciço;
- sua disposição geométrica;
- orientação e estado das descontinuidades e respectivos preenchimentos;
- grau de resistência, alteração e fracturação do material rochoso;
- presença de água;
- acidentes geológicos que os afectam;
- classificações geomecânicas.

Antes de se iniciarem os trabalhos de escavação, o Adjudicatário deverá propor à Fiscalização, para aprovação, esquema constitutivo das marcas de referência que se propõe usar bem como a escolha dos locais onde deverá ser instalada. Deverá também apresentar o esquema tipo do mapeamento geológico que pretende implementar.

O Adjudicatário, antes de iniciar os trabalhos de escavação deverá também apresentar o plano de instrumentação aferido para a Fiscalização aprovar, os métodos que irá usar na observação topográfica e a lista do equipamento de precisão a usar.

O Adjudicatário é responsável pela manutenção, durante toda obra, de toda a instrumentação colocada no interior e nas imediações da mesma.

O Adjudicatário deverá apresentar à Fiscalização para aprovação, o método que se propõe a usar nos nivelamentos e controlo dos perfis de escavação durante toda a escavação do túnel.

Para todos os trabalhos de apoio topográfico, o Adjudicatário deverá manter em obra, uma equipa constituída por pessoal qualificado e experiente, bem como o equipamento necessário à execução destes trabalhos e providenciará a manutenção, durante a duração do contrato, de todos os instrumentos, e o fornecimento de pessoal e transporte que possam vir a ser exigidos pela Fiscalização para verificação da execução desses trabalhos.

A Fiscalização deverá exigir do Adjudicatário o controlo da verificação do perfil interno do túnel antes e depois da aplicação do revestimento final de betão. O Adjudicatário registará os resultados do controlo de forma adequada e deverá apresentá-los à Fiscalização.

A estabilização da superfície escavada deve ser controlada através da medição de convergências, sobre marcas a deixar na superfície escavada ou em elementos do suporte primário quando aquela não permitir a sua fixação e sempre que exigido, da medição de deslocamentos com extensómetros multipontos.

Compete ao Adjudicatário fornecer e aplicar as marcas e os aparelhos, incluindo a mão-de-obra necessária para a sua colocação.

O Adjudicatário deverá dar todas as facilidades ao pessoal que efectua as referidas medições, fornecendo iluminação, ventilação, veículo apropriado dotado de plataforma (para medição de convergências na abóbada) e mantendo acessível a circulação dentro do túnel.

Na periodicidade das observações deverá seguir-se o princípio de efectuar várias leituras após a instalação de cada aparelho para definir uma leitura inicial estabilizada. Enquanto não forem efectuadas obras dentro de um raio inferior a 50 m a partir de um aparelho, serão efectuadas leituras com uma frequência semanal como mínimo. Quando o raio das obras for inferior a 50 m, a frequência das leituras incrementar-se-á até uma por dia. Nos casos mais críticos, será necessário realizar leituras ao início da escavação de uma fase e ao final da mesma.

### **15.09.8 - TOLERÂNCIAS NA CONSTRUÇÃO**

## 1 - EM PLANTA

O eixo do túnel, relativo ao corte transversal completo, não poderá sofrer um desvio em relação ao eixo teórico superior a 50 mm (em planta).

## 2 - NO SUPORTE INICIAL

Não será permitido a redução da espessura teórica do revestimento definitivo de betão. De forma a cumprir esta exigência, nenhum elemento do suporte inicial tais como betão projectado, pregagens, cambotas, etc., poderão emergir para o revestimento definitivo de betão (não poderá ultrapassar a linha "A" definida nos desenhos do Anteprojecto).

Na área da soleira em arco invertido e sapatas de fundação, não poderá haver fragmentos ou pontas de rocha que sobressaiam da linha de escavação teórica.

## 3 - NA ESCAVAÇÃO DA SOLEIRA EM ARCO INVERTIDO

Se o nível do fundo da escavação, depois de limpo de materiais soltos e alterados, lamas, etc., estiver a mais de 100 mm abaixo da escavação teórica, o Adjudicatário deverá preencher essas áreas até à linha teórica com betão simples, não sendo permitido haver pontas de rocha que sobressaiam da linha de escavação teórica.

## 4 - NO REVESTIMENTO DEFINITIVO

O desvio da superfície interna do revestimento de betão, em relação ao corte transversal teórico, não poderá exceder, em geral, 5 cm do lado de dentro do túnel. Na parte inferior (nível do passeio/caleiras técnicas de condutas), o desvio da superfície interna é limitado a 3 cm do lado de dentro de forma a manter as dimensões mínimas das caleiras. Estas caleiras serão tapadas com lajetas prefabricadas de betão.

Em qualquer caso e em todos os desvios permitidos, a espessura teórica especificada para o revestimento interno de betão, bem como o perfil especificado no Anteprojecto para a via de tráfego e passeios, deverão ser mantidos.

Os nichos e estruturas similares deverão ser construídos com tolerância de +/- 50 mm em relação à sua posição teórica.

Os elementos pré-fabricados deverão ser construídos e colocados com tolerância de +/- 30 mm em relação à sua posição teórica.

#### **15.09.9 - TRABALHOS NÃO ESPECIFICADOS**

Todos os trabalhos não especificados nestas cláusulas técnicas especiais e que forem necessários para o cumprimento da presente empreitada serão executados com igual perfeição e solidez, tendo em vista os regulamentos, normas e demais legislação em vigor, as indicações do projecto e as instruções da Fiscalização.

Quando não seja completamente definida a forma da sua inclusão nos mapas referidos no artigo 184 do Decreto Lei número 235/86, as medições consequentes serão feitas de comum acordo entre o Adjudicatário e a Fiscalização.

#### **15.09.10 - CONTROLO DE QUALIDADE DOS MATERIAIS**

O tipo e frequência de ensaios a realizar para o controlo de qualidade dos materiais são os que estão definidos no VOLUME II - CONTROLO DE QUALIDADE deste Caderno de Encargos.