 ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.	ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO DE INFRAESTRUTURA		
TÍTULO: Obras de Arte Especiais ANCORAGEM INJETADA	Nº 80-ES-000A-11-0003	FOLHA 1 / 11	REV. 1

1 OBJETIVO

A presente especificação define os critérios básicos para a execução e verificação de serviço de Ancoragem Injetada, a ser executado na infraestrutura de vias férreas. São também aqui apresentados os requisitos concernentes a materiais, controle da qualidade, manejo ambiental, critérios de medição e forma de pagamento dos serviços executados.

2. FINALIDADE

Este tipo de ancoragem é utilizado nas obras de contenção de maciços.

3. DISPOSIÇÕES NORMATIVAS

Esta especificação tem como fundamentação técnica as disposições das normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT e do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT, aplicáveis ao caso, além de critérios julgados cabíveis pela VALEC, os quais prevalecerão sobre os demais.

4. PREMISSA


A localização, comprimentos livres, cargas de trabalho e outros detalhes construtivos de tirantes, assim como detalhes das cortinas de arrimo, constam, obrigatoriamente, dos desenhos de projeto.

5. MATERIAL

- a) A constituição das cabeças de tirante deve permitir o posterior controle de carga de reajustagem de tensão no mesmo.
- b) Para constituição do tirante, somente são admitidos aços aceitos pelas normas da ABNT, para concreto protendido.
- c) A seção transversal total da barras do tirante de aço deve ter, no mínimo, 225 mm² de área e a seção transversal individual de cada barra ou fio, 50 mm².
- d) A proteção anticorrosiva dos elementos de aço da ancoragem é executada da seguinte maneira:

I - quando da sua confecção:

- feita cuidadosa limpeza ou decapagem, a fim de remover todo vestígio de ferrugem superficial, escamas, substâncias gordurosas etc., que ocorram na superfície do aço, através de sua imersão em solução ácida e aplicação de escova de aço.
- aplicada, no mínimo, duas demãos de pintura de produto betuminoso ou, então, no mínimo uma demão de pintura de produto betuminoso e outra de resina epóxica, em todo o aço; o material a ser utilizado nesta pintura deve possuir as seguintes características:
 - ser suficientemente deformável, para poder suportar a protensão;
 - assegurar e manter uma impermeabilização perfeita;

 VALEC ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.	ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO DE INFRAESTRUTURA		
TÍTULO: Obras de Arte Especiais ANCORAGEM INJETADA	Nº 80-ES-000A-11-0003	FOLHA 2 / 11	REV. 1

- aderir perfeitamente ao aço;
- não sofrer retração;
- ser estável ao longo do tempo e
- ser isenta de elementos que favoreçam a corrosão do aço, tais como os sulfatos, no caso de produto betuminoso.

- no comprimento livre do tirante, deve ser utilizada bainha plástica tipo borracha extrudada, envolvendo cada um dos fios;
- a proteção anticorrosiva mencionada deve ser resistente às solicitações mecânicas relativas à instalação do tirante no terreno;


II - quando da execução do tirante:

- no trecho de ancoragem, o recobrimento com nata de cimento das partes de aço deve ter uma espessura mínima de 2 cm; devem ser também utilizados espaçadores para manter fixa a posição dos fios de aço e para garantir um recobrimento uniforme do tirante pelo cimento, fazendo com que o tirante fique centrado no furo;
 - O espaço compreendido entre a bainha e a parede do furo deve ser preenchido com nata de cimento.
 - A cabeça da ancoragem, para ficar protegida das intempéries, recebe cobertura constituída por um capacete de concreto, colocado logo após a protensão.
 - A cabeça da ancoragem e também os pontos de ligação do elemento de aço à mesma devem ser cobertos por nata de cimento, logo após a colocação do capacete de concreto.
- e) Para proteção do aço contra a corrosão até a instalação do tirante, devem ser observadas as determinações da ABNT para aços de protensão.
- f) O fator água/cimento da nata de cimento não deve ser superior a 0,5, tanto para camada de solo argiloso, como arenoso. A nata deve ter resistência à compressão de 250 kg/cm² na idade do tensionamento.

6. EXECUÇÃO

- a) A contratada deve apresentar os relatórios do *ensaio básico* e/ou *ensaio de qualificação*, segundo NB 565 da ABNT, para solo semelhante ao da obra a ser executada, com ancoragem com carga de trabalho igual ou semelhante à utilizada na mesma.
- b) A ancoragem injetada deve ser executada pelos mesmos procedimentos e com as mesmas medidas com que o foram aquelas constantes dos atestados dos *ensaios básicos* e/ou de *qualificação* e, sobretudo, o bulbo de ancoragem deve ter o mesmo comprimento.
- c) Para que o início do trecho livre, junto ao bulbo de ancoragem, tenha uma vedação segura contra a penetração de nata de cimento, por ocasião da injeção sob pressão para a formação deste mesmo bulbo, devem ser garantidas:

I - a amarração, com fio de arame, de cada bainha ao respectivo fio;


 VALEC ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.	ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO DE INFRAESTRUTURA		
TÍTULO: Obras de Arte Especiais ANCORAGEM INJETADA	Nº 80-ES-000A-11-0003	FOLHA 3 / 11	REV. 1

II - a utilização de fita adesiva para complementar a vedação entre a bainha e o fio;

III - a amarração, com fio de arame, do conjunto de fios e respectivas bainhas e

IV - a não injeção de manchete mais próxima do comprimento livre, caso seja do consenso da contratada.

- d) Não são aceitas ancoragens que apresentem a proteção anticorrosiva dos elementos de aço danificada quando da instalação do tirante no terreno. O transporte do tirante do local de montagem ao de instalação deve ser cuidadoso.
- e) Não são aceitas ancoragens injetadas em que, por deficiência construtiva, o bulbo ultrapasse o comprimento previsto pelo projeto, atingindo a estrutura de ancoragem.
- f) O comprimento livre mínimo do tirante (aço) deverá ser de 3 m.
- g) Por ocasião da protensão e dos ensaios, é proibida a permanência ou a movimentação de pessoal à frente dos macacos, devendo ser prevista proteção adequada para os mesmos, se necessário.
- h) Caso o afastamento entre os eixos dos bulbos de ancoragem seja menor que 1,30 m, será necessário a realização de ensaio para um grupo de três ancoragens, a fim de verificar a influência recíproca das diversas ancoragens. Para tanto, as diversas ancoragens devem ser mantidas simultaneamente sob carga e observadas.
- i) Caso o afastamento entre os eixos dos bulbos de ancoragem seja menor que 1,30 m e o recobrimento de terra menor que 5 m, deve se verificar, obrigatoriamente, se existe segurança suficiente contra a ruptura do solo de ancoragem.
- j) Deformações do solo poderão causar movimentos prejudiciais ao escoramento do aterro, mesmo quando a estabilidade está assegurada. Isso vale, sobretudo, para aterros profundos e longos de solos coesivos ou sensíveis ao recalque. Se for o caso, deve ser efetuada uma verificação especial de fluência.
- k) Se, devido às condições do terreno durante o estado de uso da ancoragem, houver possibilidade de ocorrerem deslocamentos contínuos ou uma diminuição da força de protensão aplicada, pode ser necessário um controle de carga das ancoragens, mesmo após o *ensaio de recebimento*, bem como a anotação contínua de deslocamentos verticais e horizontais de pontos críticos.
- l) Ancoragens que se encontram submetidas a esforços secundários não previstos na respectiva memória de cálculo, não são aceitas pela fiscalização.
- m) A contratada deve montar e manter a plataforma, ou acessos equivalentes, para a realização dos ensaios de controle das ancoragens.
- n) O uso de aditivos no material de injeção somente é permitido após aprovação da fiscalização, que deverá conhecer, previamente, a sua composição.

 VALEC ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.	ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO DE INFRAESTRUTURA		
TÍTULO: Obras de Arte Especiais ANCORAGEM INJETADA	Nº 80-ES-000A-11-0003	FOLHA 4 / 11	REV. 1

- o) Os dados de execução determinantes da capacidade de carga devem ser anexados aos documentos de construção. Fazem parte destes dados o sistema de perfuração, os limites das camadas do solo verificados por ocasião das perfurações para as ancoragens, a composição do material de injeção (tipo de cimento, fator água/cimento, aditivos), a quantidade de material injetado, o comprimento do bulbo e outras particularidades da execução, bem como a apresentação do *ensaio de recebimento*.

7. ENSAIOS DE RECEBIMENTO

7.1 Introdução

- a) Denomina-se carga limite (Flim) de ensaio, a máxima carga aplicada à ancoragem para a qual ainda há estabilização do deslocamento da cabeça da mesma, que não pode ser superior a 0,9 da carga de escoamento do aço, ou seja:

$F_{lim} \leq 0,9 \times T_e \times S_f$, onde T_e é a tensão de escoamento do aço e S_f , a área seção do aço.


- b) A carga de trabalho do tirante pode ser considerada como:

$F_{trab} < \frac{0,9 \times T_e \times S_f}{1,75}$, onde f é o fator de segurança, devendo ser sempre maior que 1,75

- c) O ensaio só é executado após o prazo mínimo de sete dias para cimento Portland comum. No caso de eventual emprego de outro cimento e aditivos, outro prazo de cura poderá ser justificado.
- d) Em princípio, pode ser utilizado um deflectômetro para medir os deslocamentos da cabeça da ancoragem.

7.2 Ensaio de Recebimento Tipo I

- a) Esse tipo de ENSAIO DE RECEBIMENTO deve ser executado em nove ancoragens de um grupo de dez, grupo esse com a mesma carga de trabalho. Cada uma dessas nove ancoragens deve ser tracionada até atingir a carga máxima de ensaio, que será de 1,4 F_{trab} .
- b) Cada ancoragem deve ser tracionada em estágios sucessivos de 0,4 F_{trab} , 0,8 F_{trab} , 1,0 F_{trab} , 1,2 F_{trab} e 1,4 F_{trab} .
- c) Os deslocamentos da cabeça da ancoragem (deslocamentos totais) sob carga máxima de ensaio (1,4 F_{trab}), devem ser medidos e observados até ser verificada sua estabilização durante vinte minutos, no mínimo.
- d) Cada ancoragem deve ser descarregada em estágios sucessivos (1,2 F_{trab} , 1,0 F_{trab} , 0,8 F_{trab} , 0,4 F_{trab}), até a carga inicial F_0 , para que se obtenha dados sobre o deslocamento permanente.
- e) Por motivos técnicos de medição, a força de tração tem um valor inicial F_0 , não maior que 0,1 $\times T_e \times S_f$ ou maior que 0,2 F_{trab} .

 VALEC ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.	ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO DE INFRAESTRUTURA		
TÍTULO: Obras de Arte Especiais ANCORAGEM INJETADA	Nº 80-ES-000A-11-0003	FOLHA 5 / 11	REV. 1

f) A seguir, cada ancoragem deve ser submetida à F_{trab} prevista.

g) Para esse tipo de ensaio de recebimento, ver figura 1, adiante.

7.3 Ensaio de Recebimento Tipo II

a) Esse tipo de ENSAIO DE RECEBIMENTO deve ser executado em uma ancoragem de um grupo de dez, grupo esse com mesma carga de trabalho. A ancoragem a ser testada deve ser escolhida, aleatoriamente, pela fiscalização. Essa ancoragem deve ser tracionada até atingir a carga máxima de ensaio de 1,75 F_{trab}.

b) A ancoragem deve ser tracionada em estágios sucessivos de 0,4 F_{trab}, 0,8 F_{trab}, 1,0 F_{trab}, 1,2 F_{trab}, 1,4 F_{trab}, 1,6 F_{trab}, até 1,75 F_{trab}. Devem ser feitas medições dos deslocamentos da cabeça da ancoragem (deslocamentos totais), a partir de um ponto de referência fixo na extremidade da mesma, na direção da tração, para cada um dos estágios de tração.

c) Os deslocamentos da cabeça da ancoragem (deslocamentos totais) sob carga máxima de ensaio (1,75 F_{trab}), devem ser medidos e observados durante trinta minutos, no mínimo, até ser verificada sua estabilização.

d) A seguir, a ancoragem é descarregada em estágios sucessivos (1,6 F_{trab}, 1,4 F_{trab}, 1,2 F_{trab}, 0,8 F_{trab}, 0,4 F_{trab}) até a carga inicial F₀, para que se obtenha dados sobre o deslocamento permanente.

e) Por motivos técnicos de medição, a força de tração tem um valor inicial F₀, não maior que 0,1 T_{esf} ou não maior que 0,2 F_{trab}.

f) A seguir, a ancoragem deve ser submetida a F_{trab} prevista.

g) Para essas ancoragens devem ser elaborados os diagramas carga X deslocamento e tempo X deslocamento.

h) Para este tipo de ensaio de recebimento, ver figura 2, adiante.

7.4 Observação

Como a ancoragem a ser utilizada permite reinjeção (injeção adicional após a execução), é aceito novo ensaio para os tirantes que não atenderem à carga limite prevista nos ensaios de recebimento dos tipos I e II. Deve ser verificada a necessidade de execução de ancoragem de reforço, para que, em tal eventualidade, seja analisado o projeto da cortina.

7.5 Ensaios de Recebimento Tipos I e II - Processo para a Representação e Avaliação dos Ensaios de Tração

7.5.1 Introdução

Este processo de avaliação dos resultados de ensaios permite, com exatidão suficiente, a avaliação de uma ancoragem injetada no que se refere à sua capacidade de carga, comprimento livre do tirante, deslocamento permanente e perda de carga por atrito por ocasião da protensão.

VALEC ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.	ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO DE INFRAESTRUTURA		
TÍTULO: Obras de Arte Especiais ANCORAGEM INJETADA	N° 80-ES-000A-11-0003	FOLHA 6 / 11	REV. 1

7.5.2 Símbolos e Definições

a) Notação

I - Esforços

Fo - carga inicial da ancoragem

F_{trab} - carga de trabalho da ancoragem

F_{lim} - carga limite de ensaio

Pa - perda de carga por atrito por ocasião da protensão

II - Deslocamento da extremidade externa da ancoragem no sentido da carga.

III Deslocamentos totais

Tendo em vista que os deslocamentos que ocorrem com forças abaixo da carga inicial Fo não são medidos, os deslocamentos medidos na carga F sempre correspondem à grandeza de carga (F - Fo).

de - deslocamento elásticos

dp - deslocamento permanente

IV) Parâmetros do elemento em aço (tirante):

Sf - Seção transversal total

Te - Limite de escoamento do aço do tirante

E - Módulo de elasticidade do aço.

b) Definições (ver figuras 1b e 2b abaixo):

As linhas limites recomendadas correspondem às linhas entre as quais deverão se situar as curvas características dos deslocamentos elásticos determinados, para que o comprimento livre do tirante, l_{ltd} , calculado em função dos deslocamentos, não seja essencialmente diferente do trecho livre do tirante, l_{lte} , previsto teoricamente e para que a perda de carga por atrito, Pa, se mantenha dentro de limites considerados razoáveis pelo critério abaixo:

I - A linha limite superior \underline{a} , é dada pela equação:

$$de_a = \frac{F - F_o}{E \times T_e S_f} \times \left(l_{lte} + \frac{l_o}{2} \right)$$

onde:

l_o = comprimento de ancoragem do tirante e

E = módulo de elasticidade do aço.

TÍTULO:

**Obras de Arte Especiais
ANCORAGEM INJETADA**

Nº

80-ES-000A-11-0003

FOLHA

7 / 11

REV.

1

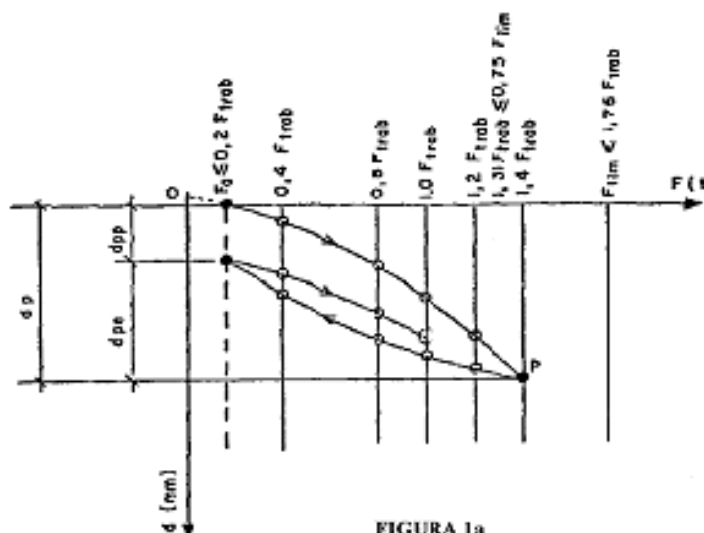


FIGURA 1a

Notas:

1- estágios de carga, com leitura dos deslocamentos.

2- estágios de carregamento ou descarregamento, sem leitura dos deslocamentos.

3- Carga de incorporação.

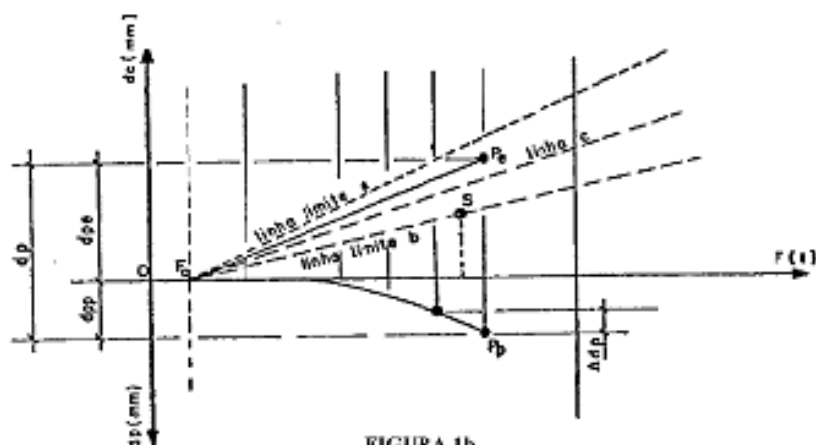


FIGURA 1b

FIGURA 1

VALEC ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.	ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO DE INFRAESTRUTURA		
TÍTULO: Obras de Arte Especiais ANCORAGEM INJETADA	Nº 80-ES-000A-11-0003	FOLHA 8 / 11	REV. 1

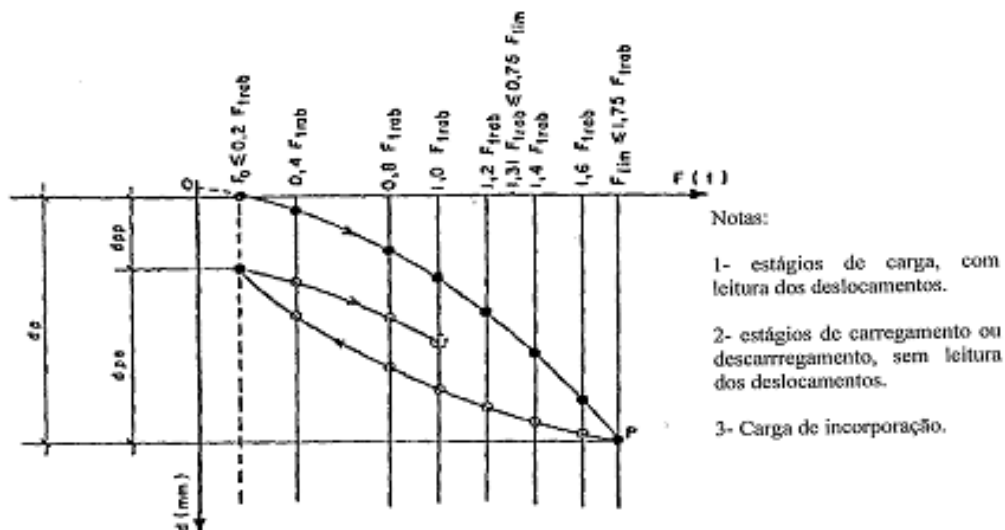


FIGURA 2a

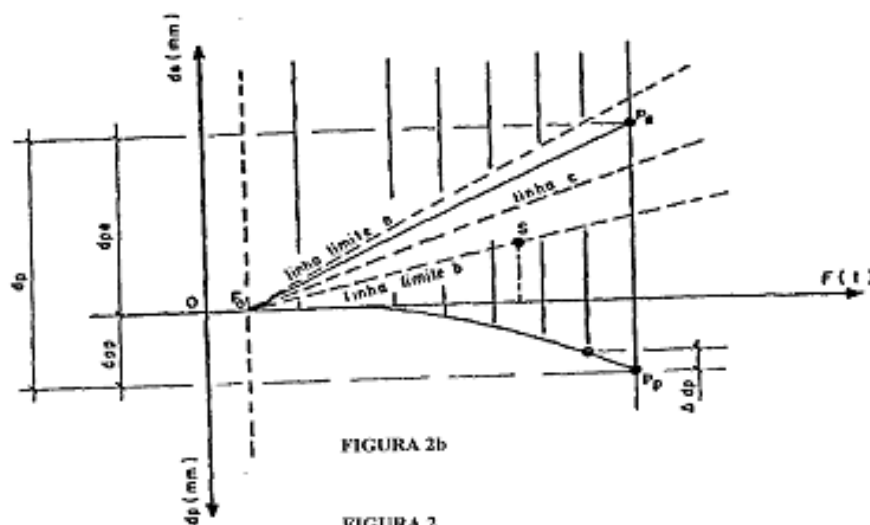


FIGURA 2

II - A linha limite inferior \underline{b} , que corresponde ao alongamento do tirante com o trecho livre do aço diminuindo em 20%, é dada, para $F > 0,75 F_{lim} + F_0$, pela equação:

$$\underline{deb} = 0,8 \times \frac{E - F_0}{E \times S_f} \times l_{te}$$

O traçado F_0S considera a diminuição no alongamento devido a perdas de carga por atrito na protensão.

III - As coordenadas do ponto "S" são obtidas em função de F_{lim} e F_0 , segundo a seguinte tabela:

VALEC ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.	ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO DE INFRAESTRUTURA		
TÍTULO: Obras de Arte Especiais ANCORAGEM INJETADA	Nº 80-ES-000A-11-0003	FOLHA 9 / 11	REV. 1

PONTO	EIXO DE DESLOCAMENTO - de	EIXO DE CARGA - F
S	$0,6 \times Flim \times \frac{l_{te}}{E \times Sf}$	$0,75 Flim + F_o$

IV - Em geral, é aconselhável uma comparação da linha dos deslocamentos elásticos com uma média \bar{C} , que corresponde ao alongamento elástico de um elemento de aço com o comprimento l_{te} previsto teoricamente:

$$dec = l_{te} \times \frac{E - F_o}{E \times Sf}$$

V) Considera-se $Flim < 1,75 F_{trab}$, uma vez que

$$F_{trab} < \frac{0,9 TeSf}{1,75} \text{ e } Flim < 0,9 TeSf$$


7.6 Ensaios de Recebimento Tipo I e II - Análise

7.6.1 Apresentação

- Os resultados dos ensaios de tração segundo os itens 4.2 e 4.3 estão registrados nas figuras 1 e 2, respectivamente.
- Como só há um ciclo de alívio depois de atingida a carga máxima de ensaio de ancoragem, os deslocamentos elásticos e permanentes somente podem ser registrados para esta carga.
- Todavia, adotando-se como aproximação dos deslocamentos elásticos, de acordo com o apresentado nas figuras 1b e 2b, a reta F_oPe , ao invés da curva desconhecida, obtém-se uma curva aproximada dos deslocamentos permanentes, d_{pp} , através da subtração dos deslocamentos elásticos adotados, d_{pe} , dos deslocamentos totais, d_p .
- A soma dos deslocamentos elásticos e permanentes tem que resultar nos deslocamentos totais.
- A aproximação recomendada é suficiente para a avaliação da ordem de grandeza dos deslocamentos elásticos e permanentes no âmbito da carga de ensaio máxima e conseqüentemente do comportamento estrutural da ancoragem. Com estágios de cargas menores, as forças de atrito desprezadas podem levar a uma representação errônea dos deslocamentos permanentes, d_{pp} .

7.6.2 Segurança do bulbo de ancoragem:

- As condições de recebimento relativas à capacidade de carga estarão preenchidas se os deslocamentos a $1,4 F_{trab}$ e $1,75 F_{trab}$ se estabilizarem dentro do tempo de ensaio.

 ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.	ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO DE INFRAESTRUTURA		
TÍTULO: Obras de Arte Especiais ANCORAGEM INJETADA	Nº 80-ES-000A-11-0003	FOLHA 10 / 11	REV. 1

- b) Para avaliar a capacidade do bulbo de ancoragem no terreno, a curva dos deslocamentos permanentes (ver figuras 1b e 2b) deve ser comparada com as respectivas curvas dos *ensaios básicos* ou de *qualificação*.
- c) A segurança exigida geralmente ocorre quando o deslocamento permanente na carga de ensaio não for maior que o deslocamento permanente dos *ensaios básicos* ou de *qualificação*. Além disso, o aumento dp dos deslocamentos permanentes dpp, entre as cargas de trabalho e de ensaio, não deve ser maior no *ensaio de recebimento* do que nos *ensaios básicos* ou de *qualificação*.

7.6.3 Trecho livre do aço


- a) Não deve haver diferença essencial entre o trecho livre do aço, calculado através dos deslocamentos l_{ltd} e o trecho livre do aço, previsto, l_{lte}. Essa exigência será satisfeita se a curva de deslocamentos elásticos se situar dentro das linhas limites "a" e "b" (ver figuras 1b e 2b).
- b) Como, no entanto, desta curva, somente é determinado o deslocamento elástico sob a carga de ensaio máxima (ponto Pe nas figuras 1b e 2b), é suficiente a verificação de que este ponto Pe esteja situado entre as linhas limites a e b.

7.6.4 Controle

A fiscalização deve usar para controle dos *ensaios de recebimento* de tirantes, tanto para o Tipo I, como para o Tipo II, os modelos constantes na presente especificação, assim como nos tirantes utilizados nos ensaios.

8. MANEJO AMBIENTAL

- a) Durante a execução da obra, devem ser preservadas as condições ambientais, com a exigência, entre outros, dos seguintes procedimentos:
- I - todo o material excedente ou sobras, devem ser removidos das proximidades da obra, devendo ser transportado para local pré-definido em conjunto com a fiscalização, sendo vedado seu lançamento na faixa de domínio, nas áreas lindeiras, no leito de rios e em quaisquer outros locais onde possam causar prejuízos ambientais;
 - II - o tráfego de máquinas e funcionários deve ser disciplinado de forma a evitar a abertura indiscriminada de caminhos e acessos, pois acarretaria desmatamento desnecessário;
 - III - a área afetada pelas operações de construção deve ser recuperada mediante a limpeza do canteiro de obras, devendo ainda ser efetuada sua recomposição ambiental;
 - IV - durante o desenvolvimento da obra deve ser evitado o tráfego desnecessário de veículos e equipamentos por terrenos naturais de modo a evitar a sua desfiguração.
- b) Além destas, devem ser observadas, no que couber, as disposições das Normas Ambientais da VALEC (NAVAS) e da Política Ambiental da empresa..

 VALEC ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.	ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO DE INFRAESTRUTURA		
TÍTULO: Obras de Arte Especiais ANCORAGEM INJETADA	Nº 80-ES-000A-11-0003	FOLHA 11 / 11	REV. 1

9. CRITÉRIO DE MEDIÇÃO

Os serviços de ancoragem injetada com aplicação de tirante são medidos por :

- unidades de tirante, de acordo com o indicado em projeto e
- bulbos e ancoragens, por unidade fixada.

10. FORMA DE PAGAMENTO

Os serviços são pagos conforme preço unitário contratual, nos quais estão incluindo o fornecimento e transporte de materiais, utilização de equipamentos, mão de obra com encargos, preparação e limpeza, pintura de proteção anticorrosiva, amarrações e demais serviços necessários à sua execução, inclusive ensaios e testes.