

NORMA

INFRA S.A.
INF-00022

rev 0
03.03.2023

Ancoragem injetada

Injected anchor

INFRA S.A.

© INFRA S.A. 2023

Todos os direitos reservados. A menos que especificado de outro modo, nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida ou utilizada em qualquer forma ou por qualquer meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia e microfilme, sem permissão por escrito da INFRA S.A.

Sede da INFRA S.A.

SAUS, Quadra 01, Bloco 'G', Lotes 3 e 5. - CEP: 70.070-010

Asa Sul Brasília - DF

Telefone:+55 61 2029-6100

<https://www.infrasa.gov.br>

Sumário

Prefácio	iv
1 Objetivo	1
2 Referências normativas	1
3 Termos e definições	1
4 Premissa	2
5 Dimensionamento	2
6 Material	2
7 Execução	4
7.1 Procedimento geral	4
7.2 Procedimentos executivos de caráter específico	4
8 Considerações gerais	5
9 Ensaio de tirante	6
9.1 Aspectos básicos	6
9.2 Ensaio de recebimento	7
9.3 Ensaio de qualificação	7
9.4 Ensaio de qualificação com medição de fluência	8
9.5 Interpretação dos ensaios de tirante	8
9.5.1 Ensaio de recebimento	8
9.5.2 Ensaio de qualificação	9
9.5.3 Ensaio de qualificação com medição de fluência	9
10 Manejo ambiental	9
11 Critério de medição	9
Anexo A Figuras características de um tirante	10
Anexo B Gráficos dos ensaios de tirante	12
Bibliografia	18

Prefácio

A Valec – Engenharia, Construções e Ferrovias S.A. (nome fantasia – “INFRA S.A.”), empresa pública de capital fechado, é uma sociedade por ações controlada pela União e vinculada ao Ministério dos Transportes, regida por seu Estatuto Social e, especialmente, pelas Leis nº 6.404, de 15 de dezembro de 1976, nº 11.772, de 17 de setembro de 2008, nº 12.404, de 04 de maio de 2011, nº 12.743, de 19 de dezembro de 2012 e nº 13.303, de 30 de junho de 2016, e pelos Decretos nº 8.945, de 27 de dezembro de 2016 e nº 11.081, de 24 de maio de 2022.

A INFRA S.A. tem por objeto social prestar serviços nas áreas de projetos, estudos e pesquisas, destinados a subsidiar o planejamento da logística e dos transportes no País, considerando as infraestruturas, as plataformas e os serviços pertinentes aos modos rodoviário, ferroviário, dutoviário, aquaviário e aeroviário.

A Superintendência de Projetos e Custos (SUPRO) da INFRA S.A. tem por objetivo criar, revisar, zelar e organizar o acervo de Normas Técnicas de engenharia, com o intuito de melhorar os procedimentos da empresa. Ainda que a responsabilidade do conteúdo das normas seja de todo o corpo técnico da INFRA S.A., a SUPRO é a responsável pela gestão do processo de manutenção do acervo de Normas Técnicas de engenharia.

Para estabelecer a estrutura técnica aplicada à infraestrutura de logísticas de transporte nacional, foi elaborada a Norma técnica INFRA S.A. INF-00022 – Ancoragem injetada, para regulamentação dos requisitos para a definição da Ancoragem injetada a ser utilizado em obra ferroviária, juntamente com os requisitos concernentes às características dos materiais, controle da qualidade e critério de medição.

Esta edição revoga e substitui a VALEC 80-ES-028A-11-8003 – Ancoragem injetada.

Ancoragem injetada

1 Objetivo

Esta Norma estabelece os critérios básicos para a execução e verificação de serviço de ancoragem injetada, a ser executado na infraestrutura de vias férreas, bem como os requisitos concernentes a materiais, controle da qualidade, manejo ambiental e critérios de medição dos serviços executados.

2 Referências normativas

Os documentos a seguir são citados no texto de tal forma que seus conteúdos, totais ou parciais, constituem requisitos para este Documento. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas):

ABNT NBR 5629, *Execução de tirantes ancorados no terreno*;

ABNT NBR 6118, *Projeto de estruturas de concreto*; e

ABNT NBR 11682, *Estabilidade de encostas*.

3 Termos e definições

Para os efeitos desta Norma, aplicam-se os seguintes termos e definições.

3.1 bainha

Espaço anelar entre o elemento de tração e a parede da perfuração.

3.2 cabeça do tirante

Dispositivo de transferência da carga do tirante.

3.3 calda de cimento

Aglutinante responsável pela aderência do tirante ao terreno.

3.4 carga do tirante

Carga aplicada à cabeça do tirante que é transmitida ao terreno pelo trecho ancorado (bulbo).

3.5 carga inicial (F_0)

Carga inicial da ordem de 10 % da carga máxima prevista no ensaio.

3.6 carga de incorporação

Fração de carga de trabalho do tirante estabelecida em projeto, na qual o tirante é fixado.

3.7 carga de trabalho (F_t)

Carga do tirante prevista em projeto.

3.8 carga-limite (F_{lim})

Máxima carga aplicada à ancoragem para a qual ainda há estabilização do deslocamento da sua cabeça.

3.9 comprimento ancorado

Comprimento do bulbo, ou seja, comprimento do trecho do tirante responsável pela transmissão da carga efetiva ao terreno.

3.10 comprimento livre

Distância do ponto de aplicação de carga até o início do comprimento ancorado.

3.11 ensaio de qualificação

Ensaio executado em tirante para verificação do seu comportamento em um determinado tipo de terreno.

3.12 ensaio de recebimento

Ensaio de desempenho, executado para controlar a carga estabelecida em projeto.

3.13 ensaio de tirante

Procedimento executado para verificação do comportamento e do desempenho de um tirante, classificado em recebimento ou qualificação.

3.14 tirante

Elemento de contenção executado dentro do maciço a ser contido, capaz de transmitir esforços ativos de tração distribuídos a uma região estável do terreno, constituído por cabeça, trecho livre e trecho ancorado ou bulbo.

3.15 tirante permanente

Tirante que tem prazo previsto de utilização superior a dois anos.

3.16 tirante provisório

Tirante que tem prazo previsto de utilização inferior a dois anos.

4 Premissa

A localização, os comprimentos livres, as cargas de trabalho e outros detalhes construtivos de tirantes, assim como detalhes das cortinas de arrimo, devem constar nos desenhos de projeto.

5 Dimensionamento

O dimensionamento deve seguir a ABNT NBR 5629, em conjunto com a ABNT NBR 11682.

6 Material

6.1 A constituição das cabeças de tirante deve permitir o posterior controle de carga de reajustagem de tensão no tirante.

6.2 Para constituição do tirante, somente são admitidos aços aceitos pela ABNT NBR 6118, para concreto protendido.

6.3 A seção transversal total da barra do tirante de aço deve ter no mínimo 225 mm² de área, e a seção transversal individual de cada barra ou fio deve ter 50 mm².

6.4 A proteção anticorrosiva dos elementos de aço da ancoragem deve ser executada da seguinte maneira:

a) quando da sua confecção:

- 1) deve ser feita cuidadosa limpeza ou decapagem, a fim de remover qualquer vestígio de ferrugem superficial, escamas, substâncias gordurosas etc., que ocorram na superfície do aço, por meio de sua imersão em solução ácida e aplicação de escova de aço;
- 2) devem ser aplicadas 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;
 - aderir perfeitamente ao aço;
 - não sofrer retração;
 - ser estável ao longo do tempo; e
 - ser isenta de elementos que favoreçam a corrosão do aço, como os sulfatos, no caso de produto betuminoso.
- 3) no comprimento livre do tirante, deve ser utilizada bainha plástica tipo borracha extrudada, envolvendo cada um dos fios; e
- 4) a proteção anticorrosiva mencionada deve ser resistente às solicitações mecânicas relativas à instalação do tirante no terreno.

b) quando da execução do tirante:

- 1) no trecho de ancoragem, o recobrimento com nata de cimento das partes de aço deve ter espessura mínima de 2 cm; devem ser também utilizados espaçadores, para manter fixa a posição dos fios de aço e garantir um recobrimento uniforme do tirante pelo cimento, fazendo com que o tirante fique centrado no furo;
- 2) o espaço compreendido entre a bainha e a parede do furo deve ser preenchido com nata de cimento;
- 3) a cabeça da ancoragem, para ficar protegida das intempéries, deve receber cobertura constituída por um capacete de concreto, colocado logo após a protensão; e
- 4) a cabeça da ancoragem e também os pontos de ligação do elemento de aço a ela devem ser cobertos por nata de cimento, logo após a colocação do capacete de concreto.

6.5 Para proteção do aço contra corrosão até a instalação do tirante, devem ser observadas as determinações da ABNT para aços de protensão.

6.6 O fator água/cimento da nata de cimento não pode 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.

7 Execução

7.1 Procedimento geral

Os elementos básicos de um tirante são apresentados no Anexo A.

O processo de execução contém as seguintes etapas básicas:

- a) 1ª fase: Perfuração;
- b) 2ª fase: Verificação de estanqueidade do furo;
- c) 3ª fase: Revestimento do furo;
- d) 4ª fase: Limpeza do furo;
- e) 5ª fase: Instalação do tirante no furo, após a montagem no pátio do serviço;
- f) 6ª fase: Injeção de preenchimento de bainha;
- g) 7ª fase: Injeção de ancoragem por meio de válvulas tipo manchete;
- h) 8ª fase: Ensaio de protensão do tirante;
- i) 9ª fase: Injeção do trecho livre, após a aprovação do ensaio de protensão;
- j) 10ª fase: Corte das cordoalhas excedentes e concretagem das cabeças; e
- k) 11ª fase: Injeção para proteção da região das cabeças do tirante.

7.2 Procedimentos executivos de caráter específico

Durante a execução do tirante, devem ser levados em conta os seguintes aspectos:

- a) na injeção da bainha, o tubo de injeção deve estar posicionado no fundo do furo, na manchete nº 1, dentro do qual deve ser injetada a calda de cimento, também conhecida como calda de injeção. A injeção da calda de cimento deve ser executada até que sejam retirados todos os eventuais detritos ao se observar o retorno da calda na boca do furo;
- b) após 24 h da injeção de bainha, deve ser iniciada a injeção de ancoragem, atendendo às condições de projeto;
- c) a 2ª fase da injeção deve ser efetuada quando mais de 30 % das manchetes apresentarem pressão de injeção inferior à mínima. Além disso, quando necessária, somente deve ser executada 24 h após a injeção da 1ª fase e somente deve ser efetuada nas manchetes que não tenham atingido as pressões mínimas;
- d) se for constatado que a pressão mínima de injeção não foi atingida, deve ser realizada a 3ª fase da injeção na manchete. Se, após essa nova fase de injeção, as pressões mínimas de injeção não tiverem sido atendidas, deve ser alterado o traço da calda de cimento;
- e) após os ensaios de protensão e à medida em que os tirantes são liberados para corte das cordoalhas, devem ser efetuadas as injeções do trecho livre pela manchete existente neste trecho.

A injeção somente deve ser concluída quando a calda sair junto ao bloco e as placas de ancoragem estiverem rentes à estrutura;

- f) após serem concluídos os cortes das cordoalhas e a concretagem da cabeça do tirante, deve ser efetuada a última etapa da injeção, por meio de mangueiras plásticas de espera, para o preenchimento de eventuais vazios existentes entre a cabeça e o interior do tirante próximo da estrutura;
- g) os tirantes somente podem ser protendidos quando a calda atingir a resistência característica de 25 MPa. A protensão, mesmo que parcial, somente deve ser processada após sete dias da última fase de injeção ou da concretagem do painel da cortina, quando for utilizado cimento comum; e
- h) a carga de protensão de cada tirante deve ser determinada no projeto, em função da carga de trabalho e em atendimento à ABNT NBR 5629.

8 Considerações gerais

8.1 A contratada deve apresentar os relatórios do ensaio básico e/ou do ensaio de qualificação, de acordo com a ABNT NBR 5629, para solo semelhante ao da obra a ser executada, com ancoragem com carga de trabalho igual ou semelhante à carga de trabalho utilizada.

8.2 A ancoragem injetada deve ser executada aplicando os mesmos procedimentos e os mesmos valores constantes nos atestados dos ensaios básicos e/ou de qualificação e, principalmente, o bulbo de ancoragem deve ter o mesmo comprimento.

8.3 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, deve ser garantido o seguinte:

- a) amarração, com fio de arame, de cada bainha ao respectivo fio;
- b) utilização de fita adesiva para complementar a vedação entre a bainha e o fio;
- c) amarração, com fio de arame, do conjunto de fios e respectivas bainhas; e
- d) não injeção da manchete mais próxima do comprimento livre, caso seja do consenso da contratada.

8.4 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.

8.5 Não são aceitas ancoragens injetadas em que, por deficiência construtiva, o bulbo ultrapasse o comprimento previsto pelo projeto, atingindo a estrutura de ancoragem.

8.6 O comprimento livre mínimo do tirante (aço) deve ser de 3 m.

8.7 Durante a protensão e os ensaios, não é permitida a permanência ou a movimentação de pessoal à frente dos macacos, devendo ser prevista proteção adequada para os colaboradores, se necessário.

8.8 Caso o afastamento entre os eixos dos bulbos de ancoragem seja menor que 1,30 m, deve ser realizado ensaio de qualificação 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.

8.9 Caso o afastamento entre os eixos dos bulbos de ancoragem seja menor que 1,30 m e o recobrimento de terra seja menor que 5 m, deve ser verificado, obrigatoriamente se existe segurança suficiente contra a ruptura do solo de ancoragem.

8.10 Deformações do solo podem causar movimentos prejudiciais ao escoramento do aterro, mesmo quando a estabilidade estiver 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.

8.11 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, podem ser necessários 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.

8.12 Ancoragens que se encontram submetidas a esforços secundários não previstos na respectiva memória de cálculo não são aceitas pela fiscalização.

8.13 A contratada deve montar e manter a plataforma, ou acessos equivalentes, para a realização dos ensaios de controle das ancoragens.

8.14 O uso de aditivos no material de injeção somente é permitido após a aprovação da fiscalização, que deve conhecer, previamente, a sua composição.

8.15 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 quando 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.

9 Ensaios de tirante

9.1 Aspectos básicos

9.1.1 A carga-limite de ensaio (F_{lim}) não pode ser superior a 0,9 da carga de escoamento do aço, ou seja:

$$F_{lim} \leq 0,90 \cdot T_e \cdot S_f$$

Onde:

T_e – é a tensão de escoamento do aço;

S_f – é a área de seção do aço.

9.1.2 A carga de trabalho do tirante pode ser considerada:

$$F_t < \frac{0,9 * T_e * S_f}{FS}$$

Onde:

FS – é o fator de segurança, devendo ser sempre maior que 1,75. O valor adotado para tirantes permanentes é de 1,75 e para tirantes provisórios é de 1,50.

9.1.3 O ensaio deve ser executado somente após o prazo mínimo de sete dias, para cimento Portland comum. Se forem empregados outro cimento e aditivos, outro prazo de cura pode ser justificado.

9.1.4 Pode ser utilizado um deflectômetro para medir os deslocamentos da cabeça da ancoragem.

9.2 Ensaio de recebimento

9.2.1 Todos os ensaios devem partir da carga F_0 , ir até a carga máxima prevista em cada ensaio, retornar à carga F_0 e recarregar até a carga de incorporação.

9.2.2 As medições de deslocamento da cabeça devem ser feitas na fase de carga e descarga, conforme a Tabela 1. As medições devem ser feitas com régua graduada em milímetros.

9.2.3 Um estágio de carregamento somente deve ser iniciado após a estabilização dos deslocamentos da cabeça do tirante no estágio anterior. Na carga máxima, os deslocamentos devem ser menores que 1 mm, após 5 min.

Tabela 1 — Carga para leituras dos ensaios de recebimento

Estágios de carga		F_0	$0,3.F_t$	$0,6.F_t$	$0,8.F_t$	$1,0.F_t$	$1,2.F_t$	$1,4.F_t$	$1,5.F_t$	$1,6.F_t$	$1,75.F_t$
Em pelo menos 10 % dos tirantes	Permanente (tipo A)										
	Provisório (tipo C)										
Nos demais	Permanente (tipo B)										
	Provisório (tipo D)										

9.3 Ensaio de qualificação

9.3.1 Esse ensaio é aplicado à investigação ou adequação de um determinado tipo de tirante, em um determinado tipo de terreno, devendo ser executado em pelo menos 1 % dos tirantes permanentes e em um tirante provisório da obra, quando houver.

9.3.2 Nesse ensaio, a partir dos deslocamentos, devem ser realizadas medições de:

- capacidade de carga do tirante;
- deslocamentos sob carga constante;
- comprimento livre equivalente;
- atrito ao longo do comprimento livre; e
- comportamento do tirante sob carga de longa duração.

9.3.3 O ensaio deve ser realizado em ciclos de carga e descarga, devendo iniciar em F_0 e retornar a F_0 , passando por todos os estágios de carga apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 — Cargas para leitura em ensaio de qualificação (comportamento)

Estágio de carga	F_0	$0,4.F_t$	$0,75.F_t$	$1,0.F_t$	$1,25.F_t$	$1,5.F_t$	$1,75.F_t$
Tirantes permanentes							
Observação da fluência							

9.3.4 As medições de deslocamento devem ser feitas na cabeça do tirante.

9.3.5 Na carga máxima de cada estágio, antes do descarregamento, os deslocamentos da cabeça do tirante, sob carga constante, devem ser medidos até a estabilização, de acordo com o seguinte:

- para cargas menores ou iguais a F_t , menores que 0,1 mm, em intervalo de 5 min;
- para cargas entre $0,75F_t$ e $1,0 F_t$, menores que 0,1 mm, em intervalo de 15 min; e
- para cargas superiores a $1,0 F_t$, menores que 0,1 mm, em intervalo de 60 min em qualquer solo.

9.4 Ensaios de qualificação com medição de fluência

9.4.1 Esse ensaio deve ser aplicado para avaliação da perda de carga do tirante ao longo do tempo, devendo ser executado em pelo menos 0,5 % da quantidade de tirantes permanentes, em obras com mais de 100 tirantes. Também deve ser executado, caso o projetista indique.

9.4.2 O processo executivo é o mesmo para qualquer ensaio de qualificação, incluindo as seguintes etapas:

- os deslocamentos devem ser medidos com dois extensômetros, instalados diametralmente opostos em relação ao eixo do tirante;
- deve ser mantida carga constante para os estágios indicados na Tabela 2 e devem ser medidos no mínimo os deslocamentos nos seguintes tempos, em cada estágio: 10 min, 20 min, 30 min, 40 min, 50 min e 60 min; e
- a partir de 60 min, as medições podem ser consideradas concluídas até que o deslocamento nos últimos 30 min seja inferior a 5 % do deslocamento total do ensaio.

9.5 Interpretação dos ensaios de tirante

9.5.1 Ensaio de recebimento

9.5.1.1 O ensaio de recebimento deve ser interpretado em relação à estabilização da cabeça e atrito ao longo do trecho livre.

9.5.1.2 O tirante deve ser aceito quando:

- os deslocamentos da cabeça se estabilizarem com a aplicação da carga máxima de ensaio prevista; e
- o deslocamento máximo da cabeça se situar entre as linhas “a” e “b” dos gráficos da Figura B.1.

9.5.1.3 Quando o tirante não resistir à carga máxima, consultar o projetista, que pode adotar as seguintes soluções:

- aceitar o tirante com carga inferior ou igual à carga estabilizada obtida no ensaio, dividida pelo fator de segurança; e

b) indicar a execução de outro tirante, para complementar a carga.

9.5.1.4 Quando o tirante não se situar entre as linhas “a” e “b” dos gráficos da Figura B.1, podem ser adotadas as seguintes soluções:

- a) indicar a execução de ciclos de carga e descarga com a finalidade de “soltar” o trecho livre e repetir o ensaio;
- b) reavaliar o projeto para verificar se o tirante pode ser reaproveitado; e
- c) aceitar o tirante com carga inferior.

9.5.2 Ensaio de qualificação

A interpretação deve ser feita pelos gráficos indicados na Figura B.5, nos quais devem ser avaliados a capacidade de carga, o comprimento livre equivalente, as perdas por atrito e a carga máxima estabilizada.

9.5.3 Ensaio de qualificação com medição de fluência

A interpretação deve ser feita pelos gráficos indicados nas Figuras B.5 e B.6. Devem ser aceitos tirantes com coeficiente de fluência menor ou igual a 2 mm para uma carga de 1,75 F.

10 Manejo ambiental

10.1 Durante a execução da obra, devem ser preservadas as condições ambientais, com a exigência, entre outros, dos seguintes procedimentos:

- a) todo o material excedente ou sobras devem ser removidos das proximidades da obra, devendo ser transportado para local predefinido 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;
- b) o tráfego de máquinas e funcionários deve ser disciplinado, de forma a evitar a abertura indiscriminada de caminhos e acessos, pois acarretaria desmatamento desnecessário;
- c) a área afetada pelas operações de construção deve ser recuperada mediante a limpeza do canteiro de obras, devendo ainda ser efetuada sua recomposição ambiental; e
- d) 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.

10.2 Além destas, devem ser observadas, no que couber, as disposições das Normas Ambientais da VALEC (NAVAS) e da Política Ambiental da empresa.

11 Critério de medição

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

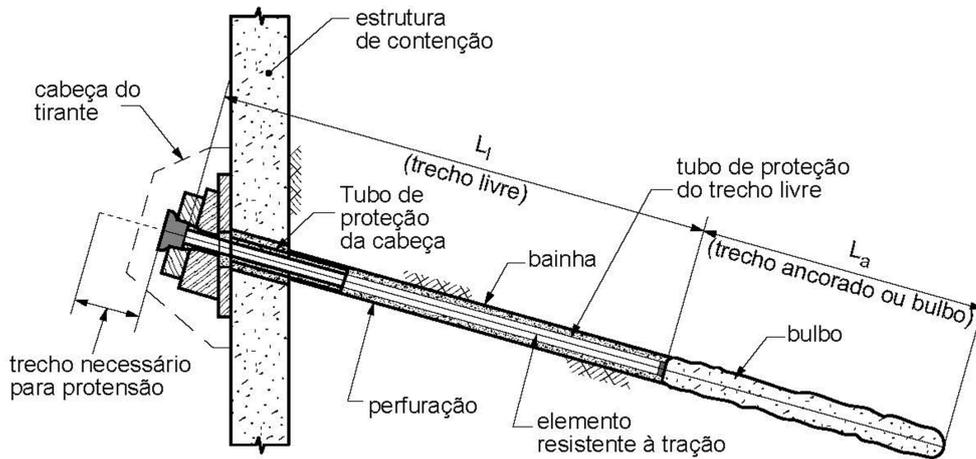
- a) unidades de tirante, de acordo com o indicado em projeto; e
- b) metros lineares (m) efetivamente executados.

Os tirantes que não atenderem aos valores mínimos aceitáveis de protensão (carga e especificações dos ensaios de recebimento, fluência e qualificação) devem ser reavaliados pelo projetista e, caso

necessário, substituídos pela contratada.

Figuras características de um tirante

As Figuras A.1 e A.2 apresentam as características de um tirante, conforme a ABNT NBR 5629.

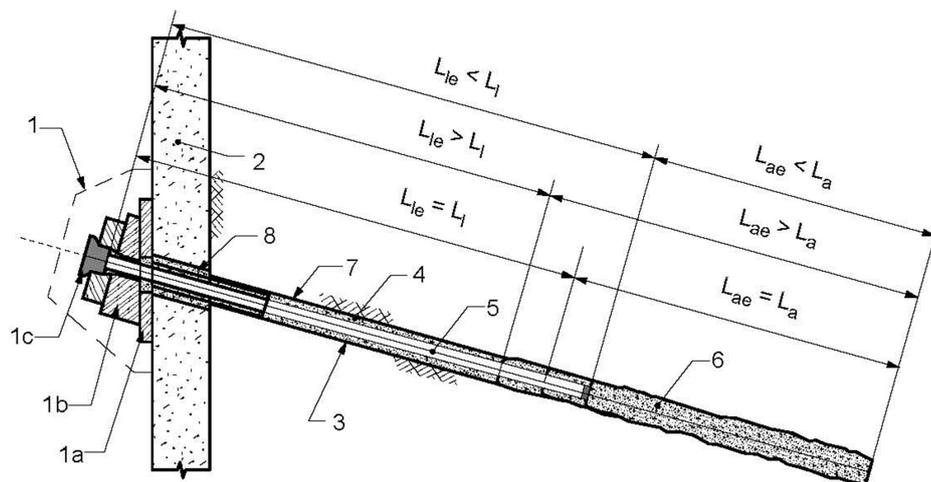


Legenda

L_l comprimento do trecho livre ou comprimento livre

L_a comprimento do trecho ancorado ou comprimento ancorado ou do bulbo

Figura A.1 – Elementos básicos do tirante



Legenda

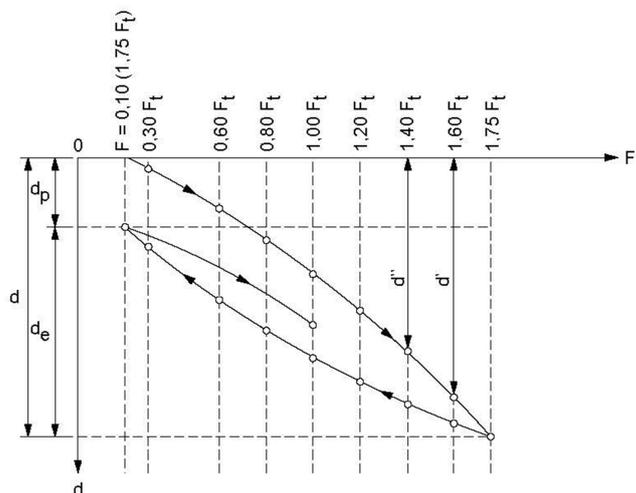
- 1 cabeça do tirante
- 1a placa de apoio
- 1b cunha de grau
- 1c porca ou clavete
- 2 estrutura ancorada
- 3 perfuração do terreno
- 4 bainha
- 5 elemento resistente à tração
- 6 trecho ancorado ou bulbo
- 7 tubo de proteção do trecho livre
- 8 tubo de proteção da cabeça
- L_a comprimento do trecho ancorado, comprimento ancorado ou do bulbo, projetado
- L_{ae} comprimento ancorado efetivo, estimado em ensaio
- L_l comprimento do trecho livre ou comprimento livre, projetado
- L_{le} comprimento livre efetivo, estimado em ensaio

Figura A.2 – Características dos tirantes

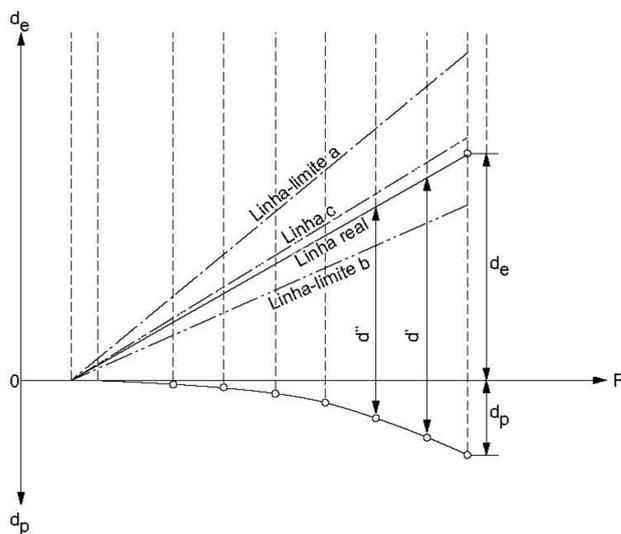
Anexo A

Gráficos dos ensaios de tirante

As Figuras B.1 a B.6 apresentam os gráficos dos ensaios de um tirante, conforme a ABNT NBR 5629.

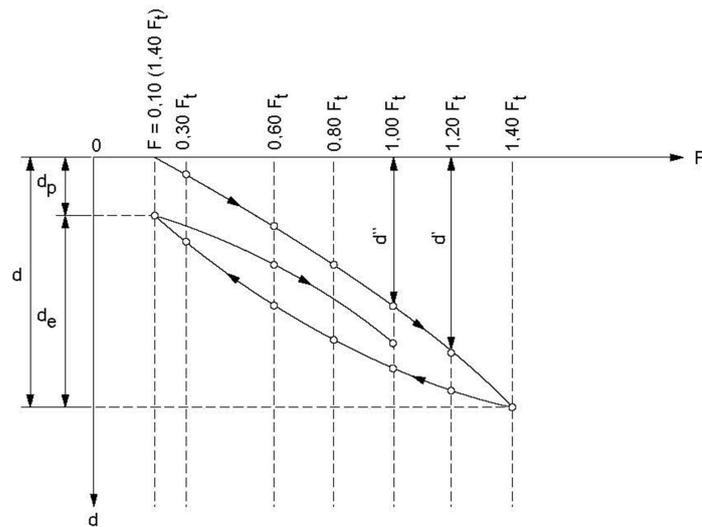


a) Gráfico de carga \times deslocamento total

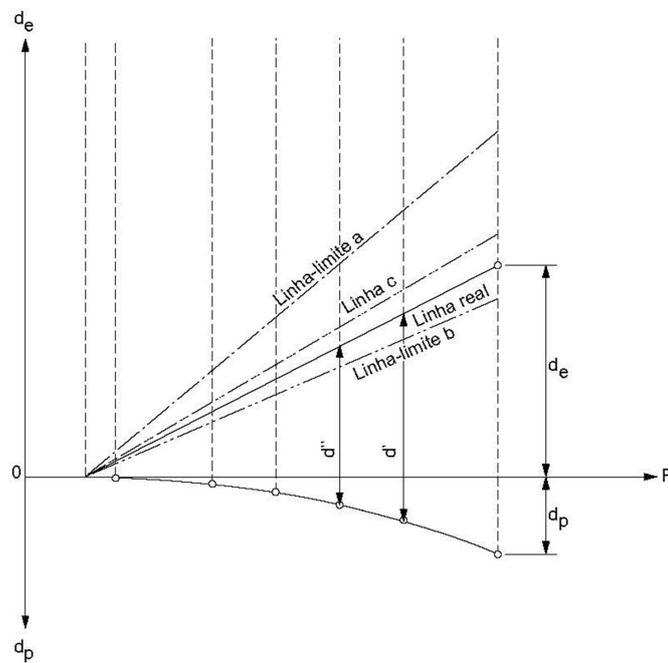


b) Gráfico de deslocamento elástico e permanente

Figura B.1 — Ensaio de recebimento tipo A (pelo menos 10 % dos tirantes)

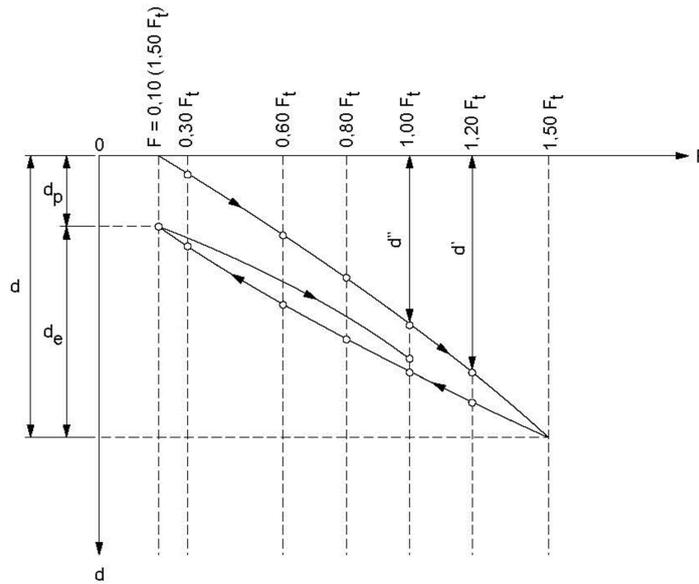


a) Gráfico de carga × deslocamento total

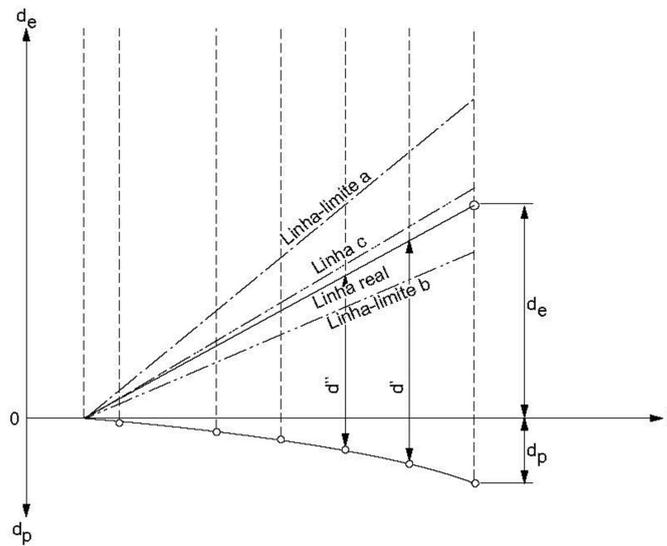


b) Gráfico de deslocamento elástico e permanente

Figura B.2 — Ensaio de recebimento tipo B (pelo menos 10 % dos tirantes)

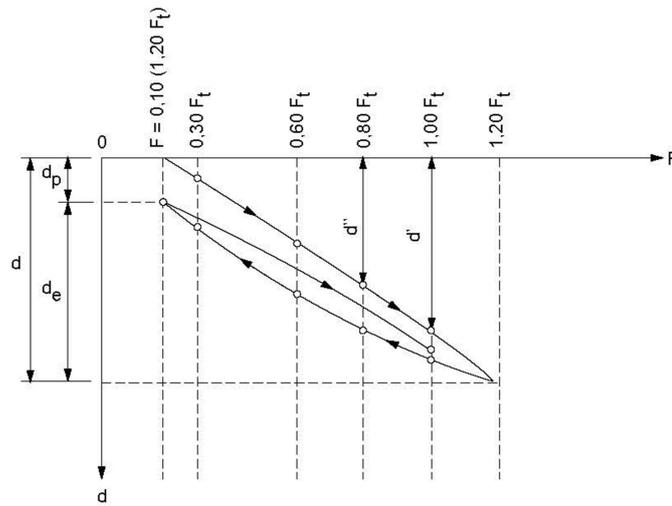


a) Gráfico de carga \times deslocamento total

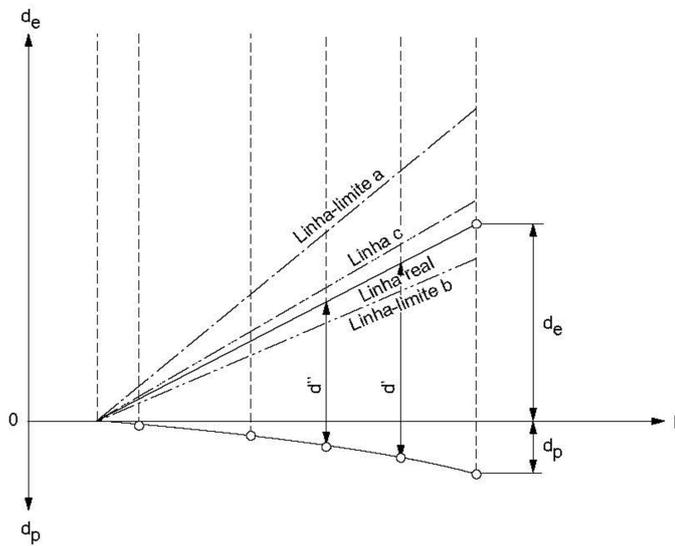


b) Gráfico de deslocamento elástico e permanente

Figura B.3 — Ensaio de recebimento tipo C

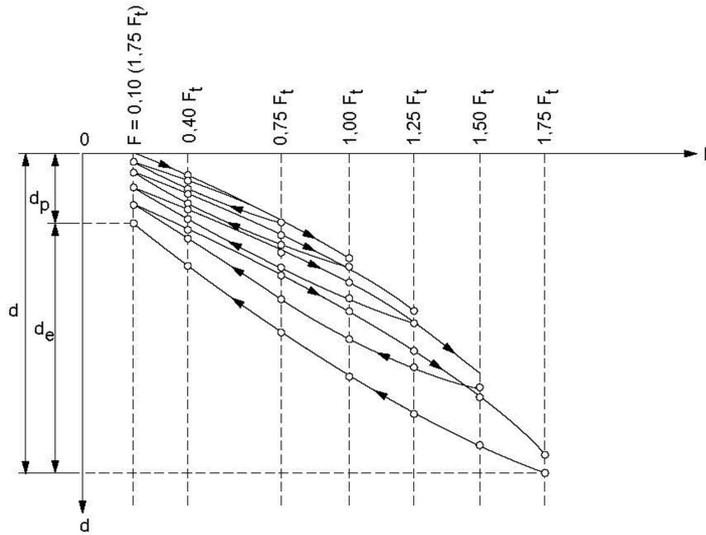


a) Gráfico de carga \times deslocamento total

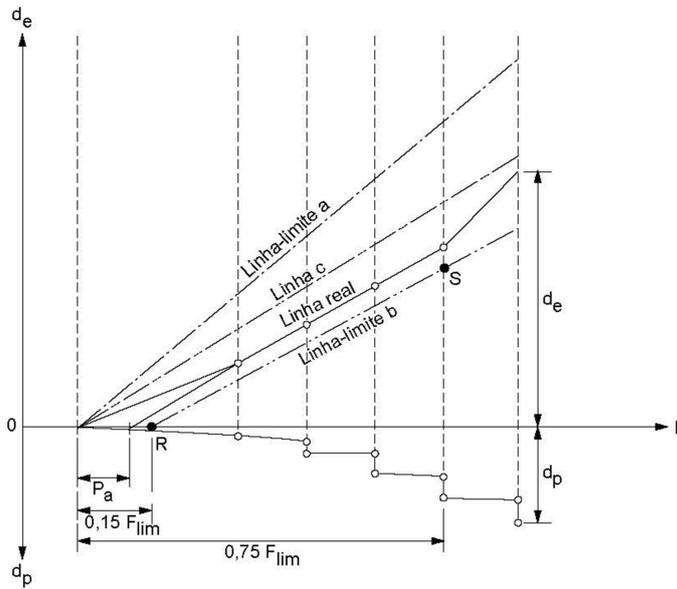


b) Gráfico de deslocamento elástico e permanente

Figura B.4 — Ensaio de recebimento tipo D

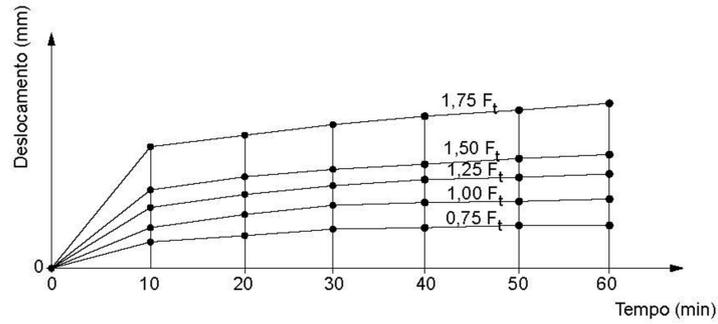


a) Gráfico de carga \times deslocamento total

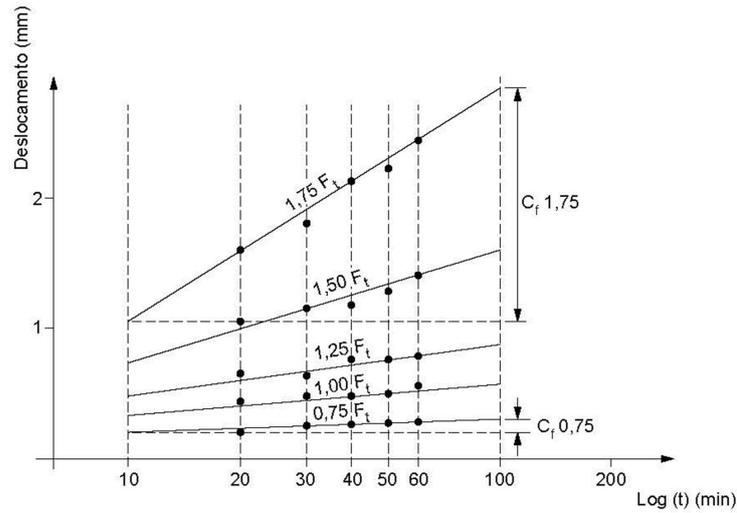


b) Gráfico de deslocamento elástico e permanente

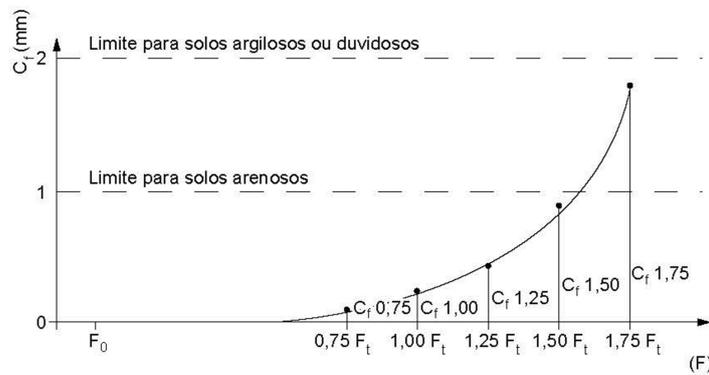
Figura B.5 — Ensaio de qualificação



a) Tempo × deslocamento



b) Log (tempo) × deslocamento



c) Carga (F) × coeficiente de fluência (C_F)

Figura B.6 — Ensaio de qualificação com medida de fluência

Bibliografia

- [1] Departamento de Estradas de Rodagem de São Paulo. DER-SP - ET-DE-G00/023: Tirantes em contenção de maciço.
- [2] VALEC Engenharia, Construções e Ferrovias S.A. 80-ES-028A-11-8003, Ancoragem injetada. Rev 1. 2012.
- [3] HACHICH, Waldemar. Fundações: teoria e prática. 3ª ed., 2019.