

NORMA

INFRA S.A.
INF-00020

rev 0
29.05.2023

Estaca raiz

Root pile

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 Termo e definição | 1 |
| 4 Finalidade da estaca raiz | 1 |
| 5 Materiais | 1 |
| 6 Equipamentos | 2 |
| 7 Execução | 2 |
| 7.1 Procedimentos executivos de caráter geral | 2 |
| 7.2 Procedimentos executivos de caráter específico | 3 |
| 7.3 Sequência executiva | 4 |
| 8 Controle dos materiais | 4 |
| 8.1 Argamassa | 4 |
| 8.2 Controle de execução | 4 |
| 9 Aceitação | 5 |
| 9.1 Critérios gerais | 5 |
| 9.2 Material | 6 |
| 9.3 Execução | 6 |
| 10 Manejo ambiental | 6 |
| 11 Critério de medição | 6 |
| Anexo A Boletim da estaca raiz | 8 |
| Bibliografia | 9 |

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-00020 – Estaca raiz, para regulamentação dos requisitos para a definição da Estaca raiz 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-11-8011 – Estaca raiz.

Estaca raiz

1 Objetivo

Esta Norma estabelece os critérios para a execução e verificação de estaca raiz em fundações de obras de arte da infraestrutura de vias férreas, bem como apresenta 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 6118, *Projeto de estruturas de concreto – Procedimento*;

ABNT NBR 6122, *Projeto e execução de fundações*; e

ABNT NBR 12655, *Concreto de cimento Portland - Preparo, controle e recebimento – Procedimento*.

3 Termo e definição

Para os efeitos deste Norma, aplica-se o seguinte termo e definição.

3.1 estaca raiz

Tipo de estaca moldada *in-loco*, que serve como fundação profunda, com diâmetro acabado variando de 80 mm a 410 mm, com elevada tensão de trabalho no fuste, que é constituído por argamassa de areia e cimento, e é inteiramente armado ao longo de todo o seu comprimento.

4 Finalidade da estaca raiz

As estacas-raiz são normalmente utilizadas em terrenos de elevada compacidade, ou consistência, ou que demonstrem a presença de rochas sãs, ou alteração de rocha, nos quais a escavação somente pode ser processada por meio do uso de perfuratrizes rotativas, ou rotopercussivas, com a implantação de revestimentos metálicos em segmentos rosqueados estanques. As estacas podem também ser executadas na vertical ou inclinadas, de acordo com o estabelecido no projeto.

5 Materiais

Na execução dessa estaca, devem ser utilizados os seguintes materiais:

- a) argamassa com traço de resistência mínima de projeto em $f_{ck} \geq 20$ MPa e consumo mínimo de cimento de 600 kg/m^3 , composta por:
 - 1) cimento Portland CP-32; e
 - 2) areia média lavada;
- b) aço CA-50A com $f_{ck} > 500$ MPa.

6 Equipamentos

Para a execução da estaca raiz, deve ser previsto o uso dos seguintes equipamentos:

- a) sondas rotativas;
- b) perfuratriz rotativa ou rotopercussiva;
- c) bomba para injeção de argamassa;
- d) macaco extrator hidráulico;
- e) misturador de argamassa;
- f) compressor;
- g) tubos de perfuração de aço, rosqueáveis;
- h) tubos de PVC;
- i) tricones de vídia;
- j) sapatas de vídia;
- k) *bits* para perfuração em rocha; e
- l) martelo pneumático de superfície e de fundo.

7 Execução

7.1 Procedimentos executivos de caráter geral

Para a execução da estaca raiz, devem ser considerados os seguintes aspectos:

- a) a locação da estaca no campo deve atender ao descrito no projeto;
- b) eventuais dúvidas ou problemas devem ser resolvidos com a fiscalização, antes do início dos serviços de implantação da estaca raiz;
- c) na implantação da estaca raiz, deve ser observada a profundidade prevista no projeto;
- d) alteração da profundidade da estaca somente pode ser realizada com autorização da fiscalização e verificação prévia pelo projetista; caso necessário, a cabeça da estaca deve ser sempre cortada com ponteiro, até que seja atingida a cota de arrasamento prevista, não sendo admitida qualquer outra ferramenta para tal serviço; e
- e) após a execução da estaca, a cabeça deve ser aparelhada de forma a permitir a sua adequada ligação ao bloco de coroamento, ou às vigas, devendo, para isso, ser tomadas as seguintes medidas:
 - 1) o corte do concreto deve ser efetuado com ponteiros afiados, trabalhando horizontalmente com pequena inclinação para cima, em camadas de pequena espessura, partindo da borda em direção ao centro da estaca raiz;

- 2) a cabeça da estaca raiz deve ficar normal ao eixo da estaca raiz; e
- 3) o topo da estaca raiz deve penetrar no bloco de coroamento em pelo menos 10 cm, exceto se houver especificação diferente no projeto.

7.2 Procedimentos executivos de caráter específico

7.2.1 A estaca raiz deve ser executada de acordo com a seção transversal indicada no projeto e com as especificações dos materiais que a compõem.

7.2.2 O dimensionamento deve ser feito de acordo com as ABNT NBR 6122 e ABNT NBR 6118.

7.2.3 A implantação da estaca raiz deve atender às etapas construtivas descritas em 7.2.3.1 a 7.2.3.4.

7.2.3.1 Perfuração do terreno

A perfuração do terreno deve ser feita como descrito a seguir:

- a) antes de iniciar a perfuração, a cota do terreno natural deve estar no mínimo 30 cm acima da cota de arrasamento da estaca, a fim de evitar a perda de comprimento do fuste, contaminação da argamassa com solo, emendas e retrabalhos que comprometam sua integridade;
- b) a perfuração deve ser feita por rotação ou rotopercussão de ferramenta adequada ao tipo de material a ser perfurado, instalada na ponta de uma haste que será emendada por rosca à medida que a perfuração avançar. A operação deve ser realizada com o auxílio da circulação de água injetada pelo interior da haste, retornando à superfície pelo espaço existente entre a sua face externa e a face interna do revestimento – camisa metálica, a ser instalada no furo à medida que este vai sendo aprofundado - carreando todo o material escavado;
- c) a camisa deve ser instalada até a profundidade previamente estabelecida no projeto e pode ser recuperada após a instalação da armadura e o preenchimento do furo com a argamassa;
- d) para diminuir o atrito entre o revestimento e o solo durante a perfuração, deve ser disposta, na parte inferior do revestimento, uma sapata de perfuração com diâmetro ligeiramente maior que o deste tubo;
- e) o revestimento deve ser efetuado preferencialmente em toda a extensão da perfuração, podendo, caso as características do terreno permitam, ser parcial. Neste caso, o comprimento do tubo deve ser tal que, após completado o preenchimento de argamassa, seja instalado no seu topo um tampão ligado a um compressor, de maneira que, à medida que é feita a extração do revestimento, seja permitida a aplicação, se necessário, de golpes de ar comprimido sobre a argamassa aplicada, com a garantia de que tal revestimento não seja totalmente arrancado;
- f) no caso de revestimento parcial, a perfuração abaixo da cota dos tubos deve ser feita por rotação, sempre com auxílio de circulação d'água, utilizando-se ferramenta cortante adequada;
- g) durante a perfuração, quando houver a necessidade de utilização de lama estabilizante, afetando, eventualmente, a aderência da estaca ao solo, essa lama deve ser retirada antes do preenchimento com argamassa, utilizando-se, para tanto, lavagem com água pura;
- h) os detritos resultantes da perfuração devem ser carregados para a superfície pela água de perfuração, acarretando, sempre, um diâmetro acabado da estaca maior que o diâmetro externo do revestimento; e

- i) após a perfuração atingir a cota de projeto e com todo o revestimento ainda no furo, deve ser injetada água, sem avançar a perfuração, para promover a limpeza do furo.

7.2.3.2 Colocação da armadura

Após a perfuração e com a camisa ainda no furo, deve ser instalada a armadura, ao longo do fuste, sendo essa armadura geralmente constituída por barras de aço montadas em gaiola. No caso de estaca com diâmetro abaixo de 160 mm, as barras costumam ser juntadas em feixe dotado de espaçadores. Nas estacas que trabalham à compressão, as emendas das barras devem ser feitas por simples transpasse. Porém, nas estacas que trabalham sob esforço de tração, as emendas devem ser feitas por solda, luva rosqueada ou luva prensada.

7.2.3.3 Injeção de argamassa

Após a colocação do tubo de injeção de argamassa no fundo do furo, deve ser feita a injeção da argamassa, de consistência plástica, submersa e ascensional, até que esta verta na boca superior da camisa.

7.2.3.4 Retirada do tubo metálico (camisa)

Após ser concluída a injeção da argamassa em toda a seção e extensão da estaca raiz, deve ser iniciada a retirada dos segmentos de tubo com auxílio de macacos extratores hidráulicos.

Dependendo do tipo de solo onde for executada a estaca raiz, devem ser aplicados golpes de ar comprimido com pressão de 400 kPa.

7.3 Sequência executiva

É vedada a execução de estacas com espaçamento inferior a cinco diâmetros em intervalo de tempo inferior a 12 h. Esta distância refere-se à estaca de maior diâmetro.

Por fim, deve ser preenchido o boletim de execução da estaca raiz, conforme o Anexo A.

8 Controle dos materiais

8.1 Argamassa

Devem ser moldados, para cada estaca concretada, no mínimo quatro corpos de prova cilíndricos com diâmetro de 5 cm e altura de 10 cm, para determinação da resistência à compressão simples, aos 7 e aos 28 dias de cura.

8.2 Controle de execução

Para a o controle de execução, devem ser atendidas as seguintes condições:

- a) devem ser mantidos registros da execução de cada estaca, em duas vias, sendo uma destinada à fiscalização. Nesses registros devem constar as seguintes informações:
 - 1) número, localização e data de execução da estaca;
 - 2) dimensões da estaca;
 - 3) cota do terreno no local da execução;

- 4) nível d'água;
 - 5) características dos equipamentos de execução;
 - 6) duração de qualquer interrupção na execução e hora em que isso ocorreu;
 - 7) cota final da ponta da estaca;
 - 8) cota da cabeça da estaca antes do arrasamento;
 - 9) comprimento do pedaço cortado da estaca após o arrasamento na cota de projeto;
 - 10) desaprumo e desvio de locação;
 - 11) anormalidade de execução; e
 - 12) comprimento real da estaca, abaixo do arrasamento;
- b) em obras com grande número de estacas, devem ser feitas provas de carga estática em no mínimo 1 % destas ou, se o número de estacas relativas a este percentual for menor que um, em pelo menos uma estaca;
- c) as provas de carga devem ser feitas, preferivelmente, nas estacas correspondentes aos apoios mais carregados, de maneira geral, nos apoios centrais;
- d) em obras de arte especiais (pontes e viadutos), com vão superior a 30 m ou com mais de três vãos (quatro linhas de apoio), é obrigatória a realização de ensaio de carga (prova de carga estática ou ensaio de carregamento dinâmico);
- e) caso seja adotado o ensaio dinâmico, este deve ser feito em no mínimo 3 % das estacas ou em pelo menos uma, como indicado na alínea c);
- f) as provas de carga devem ter início juntamente com o início da execução das primeiras estacas, de forma a permitir as providências necessárias em tempo hábil; e
- g) deve ser realizado registro da comparação dos comprimentos encontrados na obra com aqueles previstos em projeto.

9 Aceitação

9.1 Critérios gerais

9.1.1 Os serviços devem ser aceitos e passíveis de medição, desde que atendam, simultaneamente, às exigências de materiais, de execução e de controle estabelecidas nesta Norma.

9.1.2 Sempre que houver dúvida sobre uma estaca, a fiscalização deve exigir a comprovação de seu comportamento. Se essa comprovação não for julgada suficiente, dependendo da natureza da dúvida, a estaca deve ser substituída; se o comportamento for comprovado por prova de carga, a estaca deve ser aceita. Tais procedimentos não podem acarretar ônus para a INFRA S.A..

9.1.3 Não são aceitas estacas que não tenham sido registradas pela fiscalização.

9.2 Material

A estaca deve ser aceita se a argamassa apresentar resistência característica à compressão simples, determinada conforme a ABNT NBR 12655, igual ou superior a 20 MPa, ou à especificada em projeto.

9.3 Execução

A estaca raiz deve ser aceita desde que:

- a) sua excentricidade em relação ao projeto seja de até 10 % do diâmetro de círculo que a inscreva;
- b) o desaprumo seja no máximo de 1 % de inclinação do comprimento total; e
- c) valores diferentes dos estabelecidos sejam informados à contratada para verificação das novas condições.

10 Manejo ambiental

10.1 Durante a execução da obra, devem ser preservadas as condições ambientais, devendo ser realizados, minimamente, os seguintes procedimentos:

- a) o desmatamento e o destocamento devem obedecer aos limites estabelecidos no projeto ou pela fiscalização, não sendo permitidos acréscimos desnecessários, com a precaução de não expor os solos e taludes naturais à erosão;
- b) na operação de limpeza, a camada vegetal deve ser estocada, sempre que possível, para o futuro uso da recomposição vegetal do talude;
- c) não é permitida a queima do material removido;
- d) todo o material excedente de escavação 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;
- e) a área afetada pelas operações de construção deve ser recuperada mediante a limpeza do canteiro de obras, devendo ainda ser efetuada sua recomposição ambiental;
- f) o tráfego de máquinas e de funcionários deve ser organizado de forma a evitar a abertura indiscriminada de caminhos e acessos, pois isso pode acarretar desmatamento desnecessário; e
- g) durante o desenvolvimento da obra, deve ser evitado o tráfego desnecessário de veículos e de equipamentos por terrenos naturais, de modo a evitar a sua desfiguração.

10.2 Além destas, devem ser observados, se aplicável, os requisitos da série Norma Ambiental VALEC (NAVA) e a Política de Meio Ambiente da INFRA S.A., nas suas edições mais recentes.

11 Critério de medição

11.1 A estaca, executada e recebida da forma descrita na Seção 7, deve ser medida por metro linear, entre as cotas da ponta e a do seu arrasamento, para engastamento no bloco de coroamento.

11.2 Para efeito de medição, não podem ser computados os comprimentos correspondentes a:

- a) estacas rejeitadas pela fiscalização; e
- b) estacas defeituosas removidas após a execução ou abandonadas nos locais onde foram executadas.

Anexo A

Boletim da estaca raiz

| Boletim de Estaca Raiz | | | | | |
|--|------------------|-----------------------|------------------------|---------------------|-------------------|
| Obra: | | | Estaca nº: | | |
| Local: | | | Bloco: | | |
| Cliente: | | | | | |
| | | | | | |
| Perfuração | | | | | |
| Data | | Diâmetro (mm) | Profundidade (m) | Revestimento | Inclinação |
| Início | Término | | | | |
| | | | | | |
| Profundidade | | Classificação do Solo | | | |
| Início | Término | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| Características da Estaca | | | | | |
| Diâmetro | | Comprimento (m) | | Carga (ton.) | |
| | | | | | |
| Características da Armação ¹⁵ | | | | | |
| Armação Longitudinal | | Nº de emendas | | Armação Transversal | |
| Diâmetro | | | | | |
| Tipo de Aço | | | | | |
| Injeção | | | | | |
| Data | | Pressão (Kg/cm2) | | Cimento (SC) | Areia (L) |
| | | | | | |
| Data | Pressão (Kg/cm2) | Cimento | Areia | Resistência (Mpa) | Resistência (Mpa) |
| | | Tipo | Tipo | Projeto | Obtida |
| | | Consumo | Consumo | | |
| | | | | | |
| Observação: | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| Nome do Executor | | | Assinatura do Executor | | |

Bibliografia

- [1] DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGEM. **ET-DE-G00/005**: Estacas Tipo Raiz. Estacas *in loco*. São Paulo: DER/SP, 2006.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES. **Manual de Especificações de Produtos e Procedimentos ABEF - Engenharia de Fundações e Geotecnia**, 2ª edição. São Paulo: PINI. 416 p. 2004.
- [3] HACHICH, Waldemar. **Fundações: teoria e prática** - 3ª ed. São Paulo: Oficina de textos. 804 p. 2019.
- [4] VALEC Engenharia, Construções e Ferrovias S.A. **80-ES-028A-11-8011**, Estaca raiz. Rev 1. Brasília, 2012.