

PRÁTICAS RECOMENDADAS

Execução e Diagnóstico de Ensaio de
Integridade de Estaca com Baixa Deformação

PR*e*-001-2016

Execução e Diagnóstico de Ensaio de Integridade de Estaca com Baixa Deformação

Sumário

1	Objetivo	0
2	Aplicabilidade	0
3	Normas e Referências	1
4	Documentos Referentes ao Estaqueamento	1
5	Definições	2
6	Equipamentos Utilizados	3
7	Descrição	5
7.1	Preparo das estacas	5
7.2	Procedimentos em campo	6
7.3	Interpretação dos sinais	7
8	Apresentação dos resultados	9
8.1	Dados gerais	9
8.2	Para cada estaca	9
9	Precisão e limitações	11
10	Calibrações	12
11	Responsabilidades	12
11.1	Execução do ensaio	12
11.2	Supervisão	12
12	Treinamento e qualificação	12

1 Objetivo

O ensaio de integridade com baixa deformação tem como objetivo principal determinar a variação da qualidade do concreto, dano ou falha estrutural, ao longo da profundidade de estacas de fundação e fornecer sua localização, bem como determinar e confirmar o comprimento das estacas.

O ensaio de integridade pode ser executado em todas as estacas de concreto citadas na Tabela 06 do item 9.2.2.4 da ABNT NBR 6122:2010, não se aplicando às estacas de aço.

2 Aplicabilidade

Este método é bastante eficiente para detecção de anomalias em estacas de concreto, bem como diagnosticar o padrão executivo da fundação. É útil também, em determinadas situações, para confirmação do comprimento de estacas onde o mesmo não é conhecido com exatidão.

A execução do ensaio deve ser realizada no maior percentual possível das estacas em uma obra, tendo em vista que os diagnósticos são fortemente baseados na comparação dos sinais obtidos, e a grande quantidade de estacas que podem ser ensaiadas por dia de serviço em campo.

O ensaio de integridade deve ser o primeiro tipo de ensaio a ser realizado para avaliação do desempenho da fundação, servindo de base para escolha das estacas que serão ensaiadas para atendimento ao item 9 da ABNT NBR 6122:2010. Dessa forma, o resultado do ensaio não deve ser utilizado como único critério de aceitação ou rejeição da estaca.

Este método é geralmente capaz de detectar danos significativos nas estacas, mas é importante alertar para o fato de que falsos diagnósticos, apontando problemas inexistentes ou inexpressivos, são possíveis neste tipo de ensaio nos seguintes casos:

- estacas que atravessam camadas de solo com variações de resistência relativamente bruscas. As reflexões causadas por estas variações podem ser confundidas com anomalias ou danos;
- existência de variações normais de impedância, resultantes do processo executivo das estacas moldadas “in loco”.
- existência de fissuras de retração.

Por não ser na maioria das vezes um ensaio quantitativo, o ensaio de integridade com baixa deformação pode também alertar para variações menores, que possivelmente não afetariam a capacidade de carga da estaca, e tampouco afetariam sua utilização em longo prazo.

3 Normas e Referências

Não há norma brasileira para o ensaio de integridade com baixa deformação. As normas internacionais existentes são:

Estados Unidos (ASTM D-5882-2016 - Standard Test Method for Low Strain Impact Integrity Testing of Deep Foundations);

França (Norme Française NFP 94-160-2; NFP 94-160-4);

Inglaterra (Specification for Piling - Institution of Civil Engineers - capítulo 11.2);

Alemanha (Recomendação da DGGT para futura inclusão na norma DIN);

Austrália (AS2159-1995);

China (JGJ 93-95).

4 Documentos Referentes ao Estaqueamento

- Projetos de estaqueamento ou croquis;
 - Informações sobre comprimento e dimensão das estacas;
 - Controle de execução e/ou fichas de cravação das estacas;
 - Controle Tecnológico da concretagem das estacas;
 - Relatório de Sondagens da obra.
-

5 Definições

O ensaio de integridade baseia-se na aplicação de uma excitação mecânica no topo da estaca, no caso um golpe com um martelo de mão aplicado axialmente à estaca, preferencialmente no seu topo, e na verificação da resposta do sistema a esta excitação, causada pela variação na impedância da estaca, definida pela expressão abaixo:

$$Z = \frac{EA}{c} = A \frac{\sqrt{\gamma E}}{g}$$

onde

- Z é a impedância;
- E é o módulo de elasticidade dinâmico do material;
- A é a área de seção transversal;
- c é a velocidade de propagação da onda;
- γ é a densidade de massa do material da estaca;
- g é a aceleração da gravidade.

O martelo tem uma ponta de plástico duro, de forma a induzir um pulso de força de pequena duração sem causar dano à estaca no local do impacto.

Uma unidade portátil permite a aquisição e a visualização das informações registradas pelo acelerômetro, que são denominadas sinais ou reflectogramas.

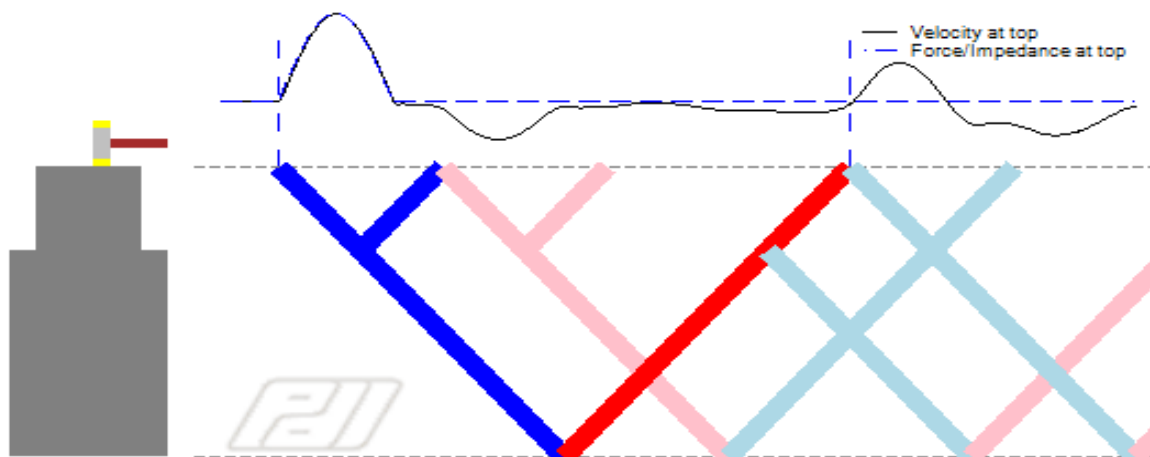
Após o impacto do martelo, o pulso de compressão resultante se propaga ao longo da estaca. Quando a onda alcança a ponta do elemento, uma reflexão é gerada, a qual faz então o caminho de volta, se deslocando para o topo.

O sinal de velocidade é obtido geralmente por meio de um acelerômetro fixado no topo da estaca, com seu eixo paralelo ao eixo da mesma.

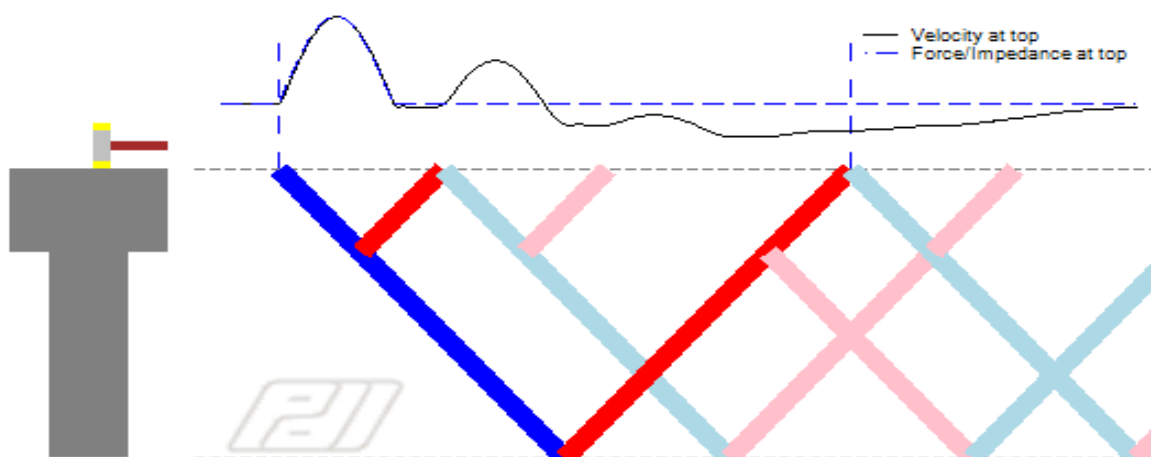
O acelerômetro é fixado ao topo por meio de um material de ligação temporária, como cera ou vaselina. O sinal do acelerômetro é enviado à unidade eletrônica, onde é integrado para obtenção da velocidade em função do tempo.

O sinal de força (opcional) é obtido geralmente por meio de um martelo instrumentado, cujo sinal é enviado à unidade eletrônica, onde é multiplicado pela massa do martelo para obtenção da força aplicada em função do tempo. O uso do sinal de força combinado com o de velocidade no método pulso-eco fornece informações adicionais sobre a integridade da estaca.

A representação do princípio físico está ilustrada na Figura 1.



a) Ilustração do aumento de impedância



b) Ilustração da redução de impedância

Figura 1 — Princípio físico do ensaio de integridade

6 Equipamentos Utilizados

Para aplicação da força de impacto poderá ser usado qualquer dispositivo capaz de produzir um pulso com menos de 1ms de duração, e que não cause qualquer dano no local do impacto.

Para obtenção do sinal de velocidade poderá ser utilizado um ou mais acelerômetros, desde que os sinais correspondentes possam ser integrados para obtenção da velocidade. Os acelerômetros devem ser calibrados para uma precisão de 5% dentro da escala de medição aplicável. O martelo instrumentado também deverá ter uma precisão de 5%.

Para transmissão dos sinais para unidade eletrônica deverá ser utilizado cabo blindado de baixo ruído, ou equivalente. É possível também a transmissão dos sinais através de sistemas sem fio.

A unidade eletrônica devida possuir os seguintes requisitos mínimos:

- capacidade de exibição permanente da evolução de cada um dos sinais de velocidade e força em relação ao tempo. Os sinais poderão ter duração total de 2 ms a 30 ms;

- capacidade de exibição do sinal médio de velocidade e força, com indicação nítida do instante de início do golpe e do tempo $2L/c$ (duas vezes o comprimento da estaca dividido pela velocidade de onda);
- capacidade de aplicar uma amplificação de intensidade crescente ao sinal médio de velocidade, com máximo na região de $2L/c$, necessária para facilitar a análise de sinais atenuados pelas reflexões causadas pelo atrito lateral, pelo amortecimento no material da estaca, etc.;
- capacidade de aplicar ao sinal médio de velocidade filtro passa alta e/ou passa baixa com frequências de corte variáveis;
- capacidade de aplicar uma aceleração constante ao sinal médio de velocidade, provocando assim um giro do mesmo em torno do ponto de origem (pivot);
- capacidade de armazenamento temporário dos sinais de velocidade e força, e de transferi-los para um meio de armazenamento permanente;
- conversor analógico - digital com pelo menos 12 bits de resolução;
- resposta de frequência do sistema de até pelo menos 15000 Hz (-3 db);
- circuitos de condicionamento de velocidade e força com mesma resposta de frequência, para evitar desvios de fase e diferenças de amplitude entre os sinais;
- capacidade de armazenamento de dados tais como: número da estaca, descrição, parâmetros de processamento dos sinais e data/hora do registro;
- capacidade de balanceamento dos sinais a zero entre os impactos;
- capacidade de imprimir a média de todos os sinais de velocidade e força armazenados para cada uma das estacas ensaiadas (esta função poderá ser realizada por programa de computador externo à unidade eletrônica);
- e desejável a capacidade de rejeição automática de sinais com características notavelmente anômalas.



Figura 2 — Unidade portátil para aquisição e visualização dos sinais

7 Descrição

7.1 Preparo das estacas

O ensaio deverá ser realizado após as estacas apresentarem 75% de sua resistência nominal de projeto (fck) e no mínimo 10 dias de concretagem. É importante observar que o processo de cura não se dá uniformemente ao longo de toda a estaca, o que pode produzir variações de impedância que serão detectadas pelo ensaio. Em caso de dúvida, o ensaio deverá ser repetido posteriormente, para efeito de comparação dos resultados.

O preparo, propriamente dito, inicia-se pelo arrasamento. Este visa eliminar todo o concreto de má qualidade existente no topo da estaca. É importante que esse procedimento siga os devidos cuidados para que não sejam geradas trincas durante o processo. Neste caso, sugere-se que o arrasamento seja feito conforme item 6.3 do Manual de Execução de Fundações e Geotecnia da ABEF. A superfície do topo da estaca deverá estar nivelada, lisa, limpa e seca.

O preparo prévio deverá ser da seguinte forma:

- após o arrasamento, o topo da estaca deverá estar nivelado e sua superfície razoavelmente lisa, o que deverá ser obtido com a utilização de lixadeira elétrica munida de disco de desbaste;
- nenhum tipo de material, tal como argamassa ou graute, poderá ser utilizado para obtenção desta superfície lisa, a qual deverá cobrir o máximo possível da superfície total do topo da estaca;
- também não deverá existir concreto magro lançado em contato com a estaca a ser ensaiada. caso já tenha sido lançado o concreto da base do bloco, a estaca deverá ser isolada desta base, mediante a quebra de uma estreita região em volta da estaca;
- como mínimo, poderá ser preparada uma superfície que permita a colocação do sensor e aplicação dos golpes, localizada próximo ao eixo da estaca. Para estacas com diâmetros maiores que 50 cm, o preparo deverá permitir a colocação do acelerômetro também em outras posições, além do eixo da estaca;
- qualquer objeto em contato direto com a estaca ou que interfira na realização do ensaio deverá ser removido. a armadura de espera da estaca não precisará ser removida, desde que não impeça o preparo e a realização do ensaio. os ferros deverão ser cortados até o menor comprimento possível;
- caso a área preparada esteja úmida, por capilaridade ou chuvas, dificultando o posicionamento do acelerômetro para o ensaio, é prudente que seja especificado um procedimento que garanta a secagem rápida do topo das estacas previamente à execução dos ensaios. Sugere-se o uso de um maçarico ou até mesmo um novo lixamento no topo apenas para secar a estaca por fricção.

A área a ser preparada para os ensaios dependerá da seção das estacas:

- para estacas com até 50 cm de diâmetro ou seção equivalente: preparar área central com aproximadamente 15 cm de diâmetro;
 - para estacas com diâmetro maior ou igual a 60 cm ou seção equivalente: preparar uma área central mais quatro áreas distintas com aproximadamente 12 cm de diâmetro cada uma;
-

- para estacas Barrete: preparar uma área com aproximadamente 12 cm de diâmetro para cada 0,25 m² de estaca (\pm 50 cm x 50 cm).

Estes locais, normalmente, estarão dentro da área determinada pela armadura das estacas, e deverão estar distribuídos de forma a cobri-la criteriosamente. Cada área deverá estar plana, lisa, seca e limpa (isenta de óleos e gorduras, solo, etc.).

Recomenda-se que seja executado o ensaio já na cota de arrasamento de projeto, de forma a evitar eventuais danos detectados no trecho não útil. Caso não seja possível, os testes deverão ser realizados até no máximo 1,5 metros acima da cota de arrasamento.

7.2 Procedimentos em campo

Solicitar ao responsável da obra os documentos referentes às estacas a serem ensaiadas, conforme item 3 deste procedimento.

Preencher o relatório de campo com as informações adquiridas na obra:

- nome e local da obra;
- setor da obra que será realizado o ensaio;
- empresa interessada;
- empresa de fundação;
- tipo de fundação;
- empresa que fez os projetos de fundação e número do documento;
- empresa de sondagem e n^o. do documento;
- informações sobre os equipamentos utilizados no ensaio;
- número da estaca;
- seção de projeto (cm);
- seção existente (cm);
- comprimento executado ou cravado (m);
- comprimento arrasado (m);
- comprimento ensaiado (m);
- composição (m) – no caso de estacas pré-moldadas;
- condições do topo da estaca. Ex: concreto íntegro, som choco, bicheira, trincado, lascado, etc.

Ressalta-se que o ensaio não deverá ser realizado caso o topo da estaca esteja mal lixado, com bicheira, etc.

A obtenção da seção da estaca deverá ser por meio da medida das dimensões reais do topo. Para estacas retangulares medir os lados e obter a área e para estacas circulares obter o diâmetro médio (duas medições ortogonais) ou medir o perímetro.

Especial atenção deverá ser dada para a cota de topo executada. Em estaca moldadas “in loco”, geralmente ocorrem dúvidas entre comprimento escavado, comprimento concretado e o nível de referência.

Com todas as informações abastecidas, pode-se iniciar a coleta dos sinais conectando-se o acelerômetro e o martelo à unidade portátil.

- Limpa-se a cabeça da estaca com auxílio de um pincel para retirada do excesso de poeira e sujeira;
- Aplica-se uma camada do material de ligação temporária no acelerômetro para fixá-lo no topo da estaca;
- Aplicam-se golpes com o martelo de mão a uma distância máxima de 15 cm do ponto de instalação do acelerômetro;
- Para minimizar o registro de ruídos randômicos, deve-se analisar o sinal obtido através da média dos sinais de vários golpes. Sugere-se coletar entre quatro e seis sinais por seção amostrada.
- Após o equipamento ter coletado a quantidade de golpes desejada, deve-se excluir os sinais que destoem da média, antes de armazená-la. Caso restem os sinais de menos que 3 golpes após as exclusões, a coleta deverá ser descartada e uma nova coleta deverá ser feita.

Para estacas com diâmetro maior que 50 cm (ou seção equivalente), o acelerômetro deverá ser instalado em no mínimo cinco seções diferentes para armazenamento de no mínimo 5 médias. Para estacas com diâmetro maior que 100 cm (ou seção equivalente), como estacões ou estacas barretes, coletar três médias para cada 0,3 m² de seção.

Adicionalmente, em campo, o operador pode verificar a ocorrência de dano próximo ao topo e solicitar arrasamento complementar ou escavação para exumação do fuste. Após novo arrasamento e preparação do topo, repetir o ensaio.

Caso não seja detectada reflexão de ponta durante os ensaios de campo, sugere-se a substituição do martelo para um de maior massa, a fim de provocar uma maior deformação na estaca.

Toda anomalia identificada pelo ensaio de integridade deverá ser confirmada antes de ser informada ao cliente, para que diagnósticos precipitados, que possam ter surgido devido a algum material de má qualidade próximo ao topo da estaca ensaiada, sejam evitados.

7.3 Interpretação dos sinais

A interpretação dos sinais coletados deverá ser realizada utilizando-se de programa específico no qual é possível avaliar a qualidade dos sinais coletados no campo, aplicar filtros, magnificadores de sinal, alterar a velocidade de onda, etc. A seguir apresenta-se uma sequência de ações a serem realizadas para se obter o diagnóstico de cada estaca.

- a) selecionar os sinais mais representativos de cada estaca, obtendo-se um sinal médio. Quando a estaca for de grande diâmetro ou barrete, é preferível analisar médias setorizadas
-

coletadas no elemento;

- b) aplicar o magnificador de sinal, sendo que é preferível mantê-lo constante para as estacas de comprimento e diâmetro similares na mesma região geotécnica representativa e com a reflexão de ponta (se presente) de magnitude similar ao do pulso inicial;
- c) aplicar filtros quando necessário, observando as faixas de utilização e a não sobreposição indevida deles;
- d) se o sinal de ponta é nítido, ajustar a velocidade de onda da estaca, lembrando que para cada tipo de estaca há uma faixa usual de velocidade;
- e) verificar a velocidade média encontrada para a obra e comparar individualmente cada estaca com este valor. Velocidade muito mais baixa pode indicar material (concreto) de baixa qualidade ou que a estaca apresenta comprimento maior do que o informado e velocidade muito mais alta pode indicar que a estaca é mais curta do que o informado;
- f) aplicar a velocidade média da obra para os sinais em que não há detecção da resposta de ponta. Se em nenhuma estaca houve a resposta nítida da ponta, quer por comprimento excessivo ou alta resistência do solo, deverá ser utilizada a velocidade média usual para o tipo de estaca;
- g) plotar os gráficos de velocidade e proceder ao diagnóstico, lembrando que nesta fase poderão ser identificados padrões de estacas.

A análise pelo método “pulso-eco” é baseada nos efeitos, verificados nos sinais de velocidade e força, das reflexões causadas por variações de impedância.

Reflexões no sinal de velocidade com a mesma direção do pulso inicial, ocorrendo antes da reflexão de ponta, são indicativas de redução de impedância. Reflexões com sentido oposto ao do pulso inicial são indicativas de aumento de impedância. A magnitude da reflexão é relacionada ao tamanho da mudança de impedância.

A distância entre o sensor e o local da variação de impedância pode ser estimada a partir da determinação do tempo decorrido entre o impacto e o início da reflexão referente à variação de impedância, assumindo-se que a velocidade de propagação da onda no material da estaca é conhecida.

As estacas deverão ser classificadas em quatro tipos:

Tipo A: Detecção nítida da resposta de ponta e sem indicação de redução relevante de impedância;

Tipo B: Nítida indicação de redução significativa de impedância (reflexão relevante antes da ponta) e reflexão de ponta não aparente;

Tipo C: Indicação de possível redução relevante de impedância e reflexão de ponta aparente; Tipo D: Sem detecção de resposta de ponta devido à estaca ter comprimento excessivo ($L/D > 30$ a 50) e/ou alta resistência do solo (atrato lateral) ou ainda apresentar sinal complexo devido à baixa qualidade do concreto no topo, interferências externas, etc. Nestes casos o diagnóstico será inconclusivo ou parcial até profundidade possível de ser analisada.

Para o diagnóstico final é importante observar:

- a) Se o sinal de ponta, quando aparente, não é devido a reflexões secundárias;
-

- b) Se há um padrão na obra para supostos defeitos, os quais podem estar relacionados com a geotecnia local;
- c) Se há indicações de não continuidades executivas apontadas nos registros de construção;
- d) Se há disponibilidade de outros ensaios (Ensaio de Carregamento Dinâmico, Prova de Carga Estática, Ensaio de Perfilagem Térmica TIP, Cross-hole e Inspeção Visual) em estacas com anomalias e que possam confirmar o padrão verificado no ensaio de integridade.

Fica a critério do consultor, projetista e/ou empresa executante do ensaio o uso de ferramentas adicionais de auxílio no diagnóstico, podendo-se citar os programas de estimativa de perfil e o método BETA, ligados ao método “pulso-eco”. Tais ferramentas podem, em alguns casos, fornecer indicações numéricas quanto a eventuais reduções de impedância, porém seus resultados devem ser sempre informados dentro de uma faixa possível de valores, e nunca como um valor absoluto.

Os resultados somente serão válidos dentro das hipóteses analisadas. Os programas de determinação de perfil em geral exigem a relação entre o volume real de material empregado e o volume teórico da estaca como dado de entrada.

8 Apresentação dos resultados

Os resultados deverão ser apresentados em relatórios oficiais, revistos e assinados pelo supervisor dos ensaios, o qual deverá ter o título de Engenheiro Civil, com comprovada capacidade e experiência na interpretação de ensaios de integridade com baixa deformação.

O relatório deveser conter, no mínimo, as seguintes informações:

8.1 Dados gerais

- local de realização dos ensaios;
- data dos ensaios;
- descrição do tipo de estaca.

8.2 Para cada estaca

- diâmetro ou dimensão transversal nominal;
 - comprimento abaixo do acelerômetro;
 - velocidade de onda empregada na análise;
 - data de concretagem (no caso de estacas moldadas “in loco”);
 - sinal médio de velocidade e, opcionalmente, de força, com indicação das escalas vertical e horizontal. A escala vertical do sinal de força deverá estar calibrada em velocidade equivalente, mediante divisão pela impedância do topo da estaca. A escala horizontal poderá ser de tempo ou de comprimento equivalente, mediante multiplicação pela velocidade de onda;
 - diagnóstico a partir da interpretação dos sinais obtidos.
-

A Tabela 1 apresenta os tipos de diagnósticos, verificações adicionais e recomendações que devem ser mencionados nos relatórios oficiais.

Tabela 1 — Tipos de diagnósticos e recomendações para o ensaio de integridade com baixa deformação

Tipo de Estaca		Diagnóstico	Verificações Adicionais	Recomendações
A		Estaca íntegra / homogênea		
B		Estaca com redução de impedância à XX m do topo	<ul style="list-style-type: none"> — verificação de padrão ou aleatoriedade do defeito/anomalia; — análise da geotecnia local; — análise dos dados construtivos; 	<ul style="list-style-type: none"> — inspeção visual⁽²⁾; — repetição do ensaio com maior tempo de cura⁽³⁾; — ECD ou PCE⁽⁴⁾;
C	Anomalia <~20% ⁽¹⁾	Estaca com pequena redução de impedância a XX m do topo		Aprovada
	Anomalia >~20% ⁽¹⁾	Estaca com redução de impedância a XX m do topo	<ul style="list-style-type: none"> — verificação de padrão ou aleatoriedade do defeito/anomalia; — análise da geotecnia local; — análise dos dados construtivos; — estimativa da magnitude do defeito⁽¹⁾; 	<ul style="list-style-type: none"> — inspeção visual⁽²⁾; — repetição do ensaio com maior tempo de cura⁽³⁾; — ECD ou PCE⁽⁴⁾;
D		Diagnóstico parcial de integridade ou de pequena anomalia ⁽⁶⁾		<ul style="list-style-type: none"> — Cross-hole⁽⁶⁾;
		Indicação de redução de impedância	<ul style="list-style-type: none"> — verificação de padrão ou aleatoriedade do defeito/anomalia; — análise da geotecnia local; — análise dos dados construtivos; 	<ul style="list-style-type: none"> — inspeção visual⁽²⁾; — repetição do ensaio com maior tempo de cura⁽³⁾; — ECD ou PCE⁽⁴⁾; — Cross-hole⁽⁶⁾
		Diagnóstico inconclusivo		

NOTA 1 A estimativa da magnitude da anomalia na seção da estaca pode ser realizada pelo método Beta ou programas de estimativa de perfil.

NOTA 2 Dependendo da profundidade da anomalia, do nível d'água e das condições de segurança para a realização da escavação.

Tabela 1 (continuação)

<p>NOTA 3 A variação de impedância observada pode estar associada a diferenças de módulo de elasticidade dinâmico e densidade do concreto ao longo do fuste ocasionado por estágios diferentes de endurecimento do concreto. Geralmente estará associado aos ensaios realizados muito próximos da data de execução do elemento.</p> <p>NOTA 4 Recomenda-se a execução de prova de carga estática (PCE) ou ensaio de carregamento dinâmico (ECD) em estacas representativas de lotes de mesmo padrão de anomalia e em mesma região geotécnica da obra, sendo que, preferencialmente nos elementos com maiores anomalias. Recomenda-se executar parte dos ensaios exigidos através do item 9.2.2.1 ou 9.2.2.3 da norma de fundações (NBR 6122:2010) para verificar a integridade, além da interação solo-estaca. A quantidade de ensaios para verificação da integridade deverá ser especificada pelo consultor/projetista da obra com base nas demais informações e análises realizadas.</p> <p>NOTA 5 Deverá ser apresentado o diagnóstico parcial até o comprimento limite em que é possível analisar a integridade da estaca.</p> <p>NOTA 6 Quando houver necessidade da comprovação da integridade do fuste abaixo do limite do ensaio de integridade com baixa deformação (estacas esbeltas), e tratando-se de estacas moldadas <i>in loco</i>, deve ser prevista a execução de ensaio de integridade dos tipos <i>Thermal</i> ou <i>Cross-hole</i> já na fase de projeto e execução, pois é necessária a instalação de tubos de acesso ou fiação térmica anteriormente à concretagem. Note-se ainda que o ensaio tipo <i>Thermal</i> deve ser executado durante a fase inicial de cura do concreto, portanto, anteriormente à execução do PIT, segundo a norma ASTM D-7949-14 (<i>Standard test methods for thermal integrity profiling of concrete deep foundations</i>).</p>

9 Precisão e limitações

Se o comprimento da estaca for conhecido com precisão e a reflexão de ponta for nítida, é possível determinar a velocidade de propagação da onda com uma precisão em torno de 5%.

O comprimento máximo possível da estaca para o ensaio com baixa deformação é limitado. Em geral é especificado um limite máximo para a relação entre o comprimento e a dimensão transversal da estaca (L/D) variando entre 30 e 50. Quanto maior a resistência do solo, menor o limite de sensibilidade do ensaio.

Caso seja necessária a comprovação da integridade do fuste abaixo do limite do ensaio de integridade com baixa deformação, deverá ser previsto outro tipo de ensaio de integridade, sem limitação de comprimento.

Como a impedância é função da área da seção transversal, do módulo de elasticidade e do peso específico do material da estaca, é impossível saber qual destes três parâmetros é o causador de uma eventual variação detectada. Deve-se ter em mente, portanto, que o ensaio não é capaz de distinguir entre redução de área de seção e redução da qualidade do material.

A avaliação da integridade abaixo de uma anomalia transversal que abranja a maior parte da seção da estaca normalmente não é possível. O mesmo se aplica a emendas com pouca superfície de contato entre os dois elementos, principalmente se a mesma se situar em região de elevado atrito lateral.

É difícil avaliar a integridade de estacas com seção transversal muito variável, ou com múltiplas descontinuidades. Em geral o método é capaz de detectar a variação de impedância significativa mais próxima do topo da estaca. Sugere-se a escavação e remoção do trecho da estaca acima de um eventual dano e a repetição do ensaio para verificação da integridade do comprimento restante.

Se a estaca apresentar anomalias ou fissuras em regiões muito próximas ao topo, o resultado obtido

poderá ser inconclusivo.

Danos muito próximos a ponta da estaca podem ser impossíveis de detectar com este método, já que a reflexão causada pelo dano poderá ser confundida com a própria reflexão de ponta.

10 Calibrações

Os equipamentos que devem ser calibrados com frequência são:

- acelerômetros;
- martelos instrumentados.

A frequência máxima de calibrações deverá ser de:

- acelerômetros: 04 anos;
- martelos instrumentados: 04 anos.

11 Responsabilidades

11.1 Execução do ensaio

Técnico, Tecnólogo ou Engenheiro Civil

11.2 Supervisão

Engenheiro Civil Pleno

12 Treinamento e qualificação

O profissional executante do ensaio deverá ter no mínimo 3 meses de experiência em campo, com acompanhamento integral feito por profissional com treinamento e capacitação, devidamente comprovados pela empresa executante ou fornecedora do equipamento.

O Engenheiro responsável pela análise e supervisão dos sinais coletados em campo deverá ter no mínimo 1 ano de experiência em campo e possuir treinamento e capacitação, devidamente comprovados pela empresa executante ou fornecedora do equipamento.
