



A DETERMINAÇÃO DA PROFUNDIDADE DE UM ELEMENTO DE FUNDAÇÃO UTILIZANDO O ENSAIO SÍSMICO PARALELO (*PARALLEL SEISMIC*)

Otávio Coaracy Brasil Gandolfo
(gandolfo@ipt.br)
Geofísico/Pesquisador II – IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo)

Msc. Tiago de Jesus Souza
(tiago.souza@americantower.com)
Engenheiro de Fundações Pleno – American Tower do Brasil

Eng. Paulo Cezar Aoki
(paulo.aoki@americantower.com)
Engenheiro de Fundações Sênior – American Tower do Brasil

Prof. Dr. Paulo Scarano Hems
(paulosh@ita.br)
Professor – ITA (Instituto Tecnológico de Aeronáutica – Divisão de Engenharia Civil)

RESUMO

O ensaio Sísmico Paralelo, traduzido do inglês PS (*Parallel Seismic*), foi desenvolvido na França e trata-se de uma técnica geofísica já bem estabelecida em países estrangeiros, porém, ainda com pouca aplicação na engenharia em nosso país. Esta técnica

é um importante recurso para avaliação das fundações profundas existentes, em que não se dispõe da documentação de projeto. Neste artigo será apresentado um caso de obra com a avaliação da profundidade da fundação de uma torre de telecomunicações do tipo autoportante e base reduzida, onde a tipologia do elemento de fundação se dá em tubulão, sem base alargada, assentado em um solo silte argilo-arenoso. O resultado foi promissor e amplia as possibilidades no campo da instrumentação e de ensaios de campo no território brasileiro para a investigação de fundações.

PALAVRAS-CHAVES: Ensaio Sísmico Paralelo, fundações, torre

ABSTRACT

The Seismic Parallel test was developed in France and is a geophysical technique well established, however, with little application in engineering in Brazil. It is an important technique for evaluation of deep existing foundations which do not possess the design documentation. This paper presents a case study to determine the depth of the telecommunications tower foundation of the self-support-

ing type and low base where the type of foundation element occurs in caisson without broad-based, on a sandy clayey silt soil. The result was very promising and expands the possibilities in the field tests in Brazil for the foundation research.

KEYWORDS: Parallel Seismic test, foundations, tower

1. INTRODUÇÃO

A determinação da profundidade de um elemento de fundação existente é uma demanda atual da engenharia civil. O desconhecimento de sua profundidade máxima decorre da não disponibilidade de plantas, da ausência de um registro do projeto de fundações, ou ainda de informações existentes, porém não confiáveis.

O comprimento de uma estaca de fundação é um parâmetro importante para a avaliação de sua capacidade de carga no caso da reutilização da estrutura para outras finalidades, por exemplo, quando estiver sujeita a maiores cargas.

Os métodos de investigação restritos à superfície do terreno geralmente são insatisfatórios para este tipo de problema. Entretanto, os ensaios que utilizam furo(s) de sondagem posiciona-

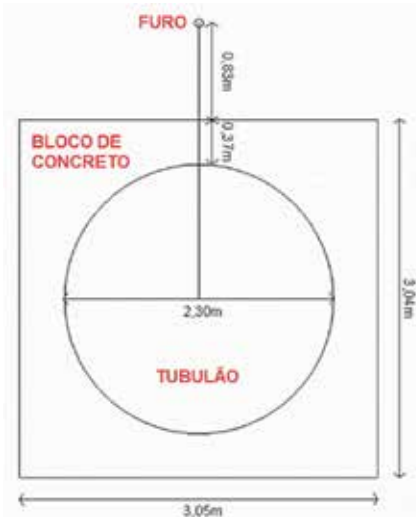


Figura 3 – Croqui da fundação e a posição do furo utilizado no ensaio PS

exceda em pelo menos 3 a 5 metros a profundidade máxima esperada para o elemento de fundação, ser revestido com tubo de PVC e estar com a sua extremidade inferior tamponada. O espaço anelar entre o revestimento e o furo deve estar preenchido com calda de cimento, de modo a garantir um bom acoplamento com o solo. Se forem utilizados hidrofones, o furo deverá ser preenchido com água. Se forem utilizados geofones, o furo deverá estar seco. O furo deverá ter um diâmetro interno (em torno de 3") que possibilite a instalação dos receptores de forma que possam ser movimentados livremente no seu interior.

A onda P gerada na superfície, por meio do impacto da marreta, é captada pelo sensor que mede o tempo da sua chegada sob a forma de um sinal sísmico (traço) que é registrado no sismógrafo (Figura 1). Este procedimento é efetuado, iniciando-se no fundo do furo até a superfície, em intervalos regulares geralmente de 50 cm ou de 1 m.

O resultado do ensaio é apresentado sob a forma de um sismograma contendo os traços sísmicos registrados nas diversas profundidades ensaiadas. Com a determinação dos tempos da chegada da onda P, pode ser ajustada uma reta que fornece a sua velocidade (V_p) no material da fundação (em geral, concreto, que apresenta elevado valor de V_p) e no solo abaixo da sua base (comumente com valor de V_p menor do



Figura 4 – Detalhe do furo para a realização do ensaio PS

que o da fundação). A profundidade na qual pode ser observada uma mudança da inclinação da reta é atribuída à profundidade máxima da estaca de fundação.

Uma das vantagens do ensaio PS é a possibilidade de sua utilização em fundações constituídas de diversos tipos de materiais (concreto, metálica ou de madeira) e o fato de poder ser realizado quando não há acesso diretamente ao topo da estaca.

3. SITE INVESTIGADO

3.1 Geologia local

A região metropolitana de São Paulo tem sido objeto de estudo geológico há diversas décadas. A área de estudo está inserida no embasamento Pré-Cambriano, basicamente constituído por rochas metamórficas e ígneas associadas aos Grupos São Roque e Serra do Itaberaba e ao Complexo Embu, além de corpos de rochas granitoides intrusivas (Negro *et al.*, 2012).

Para determinar o tipo e a profundidade da fundação da torre, foi executada escavação manual em volta do apoio até uma profundidade de 1 metro,

onde se constatou a existência de fundação do tipo tubulão com diâmetro do fuste de 230 cm. Foram executados furos a 20 cm da face do tubulão e não foi constatada base alargada. O solo presente neste local é predominantemente silte argilo-arenoso com a resistência crescente ao longo de sua profundidade, como mostra o boletim de sondagem (Figura 2).

É importante notar que se trata de um solo que apresenta consistência mole nos primeiros metros de profundidade e atinge consistência média aos 10 metros, com número de SPT (*Standard Penetration Test*) acima de 10.

3.2 Ensaio PS

O ensaio PS, cujo resultado será apresentado neste artigo (IPT, 2014), foi realizado em uma área onde havia uma torre de telefonia instalada sobre uma fundação do tipo tubulão (diâmetro do fuste igual a 2,3 metros) sob um bloco de concreto (3 m x 3 m x 1,6 m) e profundidade máxima até então desconhecida (Figura 3).

O furo de sondagem, utilizado para a realização do ensaio PS, foi perfurado

bem próximo ao elemento de fundação, distando 1,5 m e com 15 m de profundidade. Foi revestido com tubo de PVC de 85 mm de diâmetro (parede grossa) e com sua extremidade inferior tamponada. O espaço anelar entre o revestimento e a parede do furo foi preenchido com calda de cimento (Figura 4).

Para a realização do ensaio PS foram utilizados os seguintes equipamentos (Figura 5): a) um sismógrafo, para o registro e armazenamento do sinal sísmico; b) um geofone de furo, com três componentes (triaxial) e com mecanismo de fixação na parede do furo; c) uma pequena marreta (1,8 kg) para geração de ondas sísmicas, com um transdutor acoplado (*trigger*) que envia ao sismógrafo a informação do exato instante que a onda foi gerada, iniciando a contagem do tempo.

O impacto da marreta foi aplicado diretamente contra a parte central do bloco sobre o tubulão, gerando ondas sísmicas do tipo P (Figura 6). Os sinais captados pelos geofones no furo foram registrados em intervalos regulares de 50 cm, desde a sua profundidade máxima até a superfície.

A Figura 7 mostra o sismograma resultante do ensaio PS, onde podem ser observados os traços sísmicos registrados nas diferentes profundidades ao longo do furo.

Pode ser observado no sismograma que a partir de 8 m os traços exibem um menor conteúdo de frequência (maior comprimento de ondas), se comparados aos traços registrados acima desta profundidade.

O ponto de inflexão correspondente à mudança de inclinação das retas ajustadas, mudando de V_1 (velocidade da onda sísmica no concreto da fundação) para V_2 (velocidade da onda no solo, abaixo da fundação) foi interpretado como a profundidade do elemento de fundação (Figura 8).

No *site* investigado, a profundidade da base do tubulão foi estimada em 8 metros, fato comprovado posteriormente quando de posse das informações do projeto de fundação (Figura 9).

4. CONCLUSÕES

O ensaio PS realizado no estudo de caso aqui apresentado, em uma fundação do tipo tubulão com diâmetro do fuste igual



Figura 5 – Equipamentos utilizados no ensaio PS

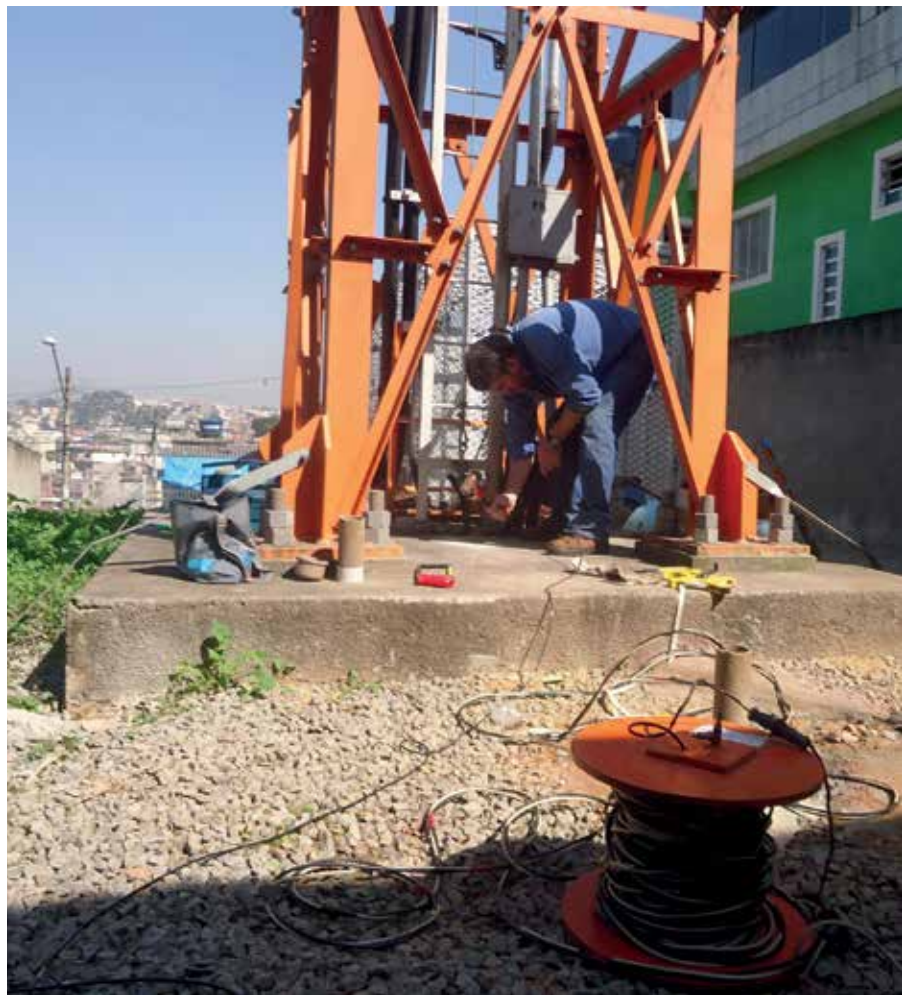


Figura 6 – Ensaio PS sendo realizado na área investigada

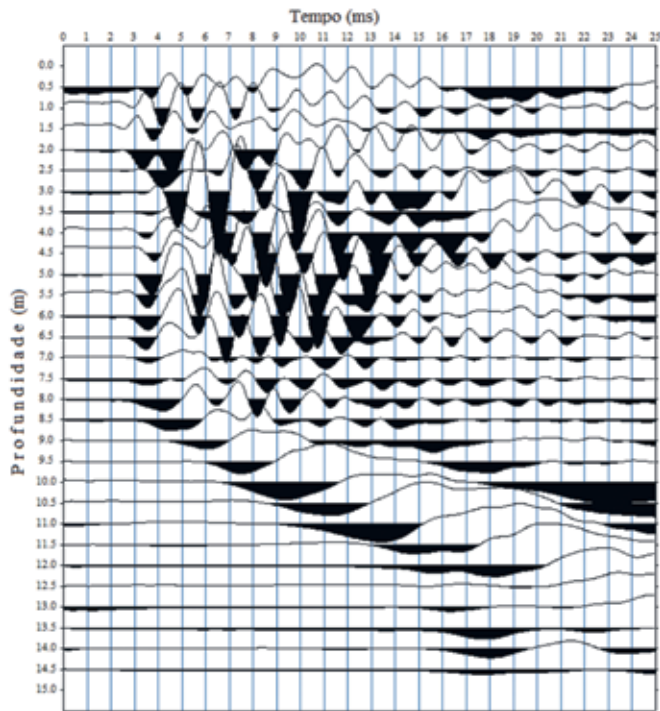


Figura 7 – Sismograma obtido do ensaio PS

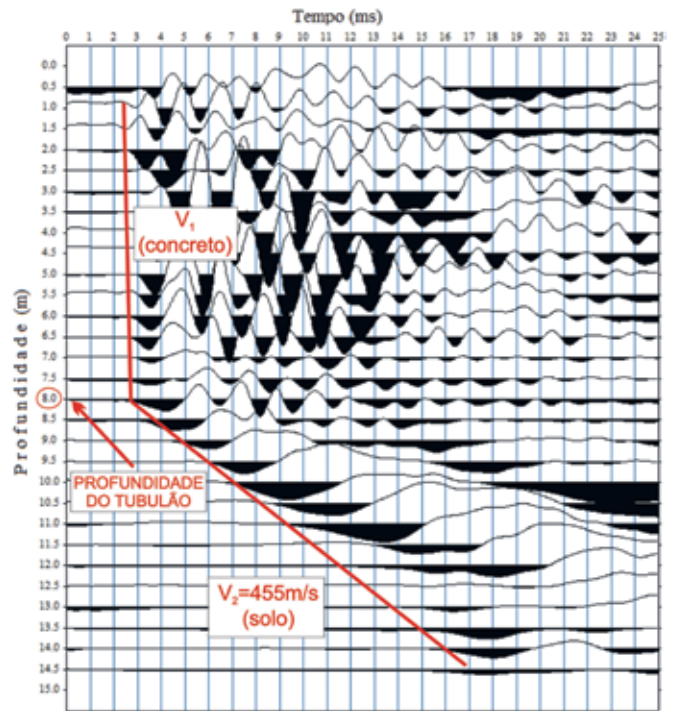


Figura 8 – Sismograma interpretado, com a profundidade estimada do tubulão

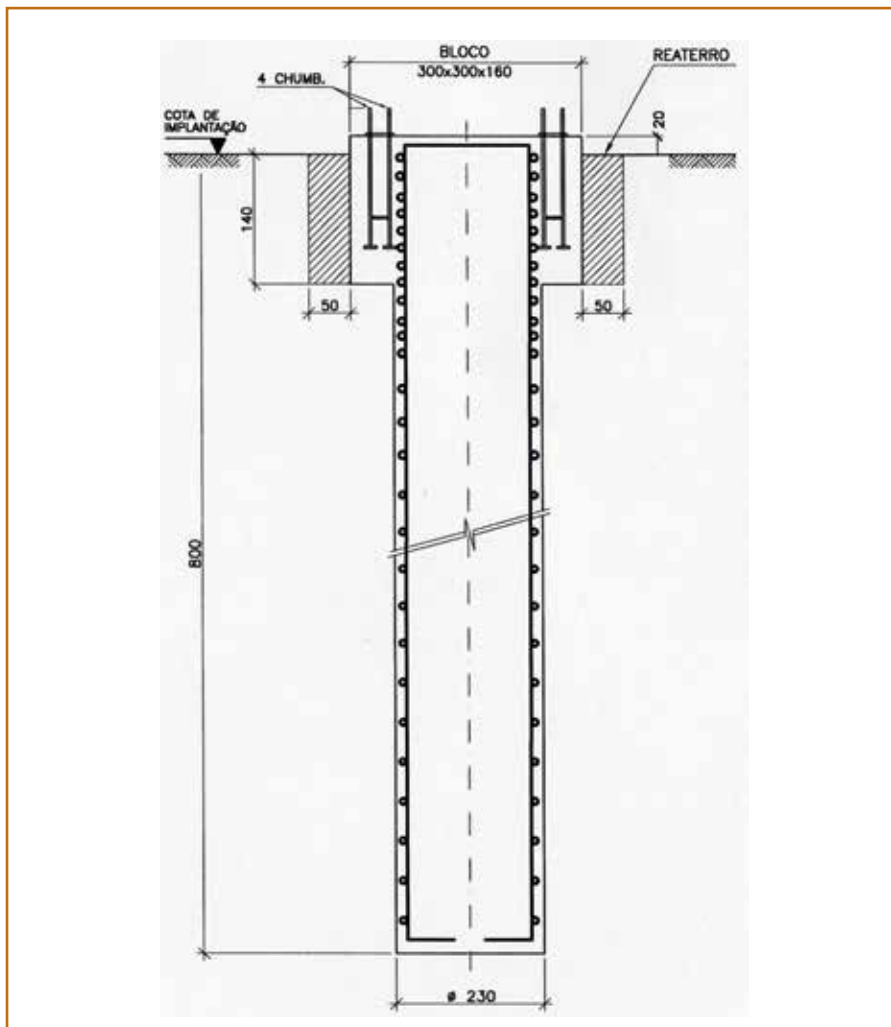


Figura 9 – Projeto de fundação, comprovando a profundidade do tubulão (8 m)

a 2,3 m, forneceu um resultado muito satisfatório. Enfatiza-se aqui que a principal finalidade do ensaio sísmico nestas obras está na sua capacidade de evidenciar a possível faixa de comprimento. Por trata-se de uma técnica de aplicação pioneira no Brasil, ainda requer aprimoramentos metodológicos. O ensaio deve ser utilizado em outros tipos de fundações com características distintas, no que se refere ao seu tipo, material constituinte, geometria, dimensões, diâmetros etc., além de um número maior de casos, para uma avaliação mais criteriosa das potencialidades desta técnica promissora e melhoria nos seus procedimentos operacionais. 🌐

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- IPT (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DE SÃO PAULO). 2014. Ensaio Sísmico Paralelo realizado no site SPO063SS, situado na Rua João de Santana, 393 – Jd. São Luiz, município de São Paulo-SP. RELATÓRIO IPT Nº 140.905-205, 28 p.
- Negro, A. et al. 2012. *Seminário Twin Cities: Solos das Regiões Metropolitanas de São Paulo e Curitiba*. ABMS, São Paulo. 512 p.
- Niederleithinger, E. *Improvement and extension of the parallel seismic method for foundation depth measurement*. 2012. *Soils and Foundations*, 6, p.1093-1101.

**ARTIGO EXTRAÍDO DA REVISTA
FUNDAÇÕES & OBRAS GEOTÉCNICAS**