

RESULTADOS DE PROVAS DE CARGA ESTÁTICAS EM ESTACAS METÁLICAS CRAVADAS COM MARTELO DIESEL E INSTALADAS COM MARTELO VIBRATÓRIO NA BARRA DA TIJUCA - RJ

Frederico Falconi ZF Engenheiros Associados SS Ltda.

Jan Selders Hammertec Tecnologia de Vibração e Martelos Ltda.

RESUMO

Este trabalho apresenta os resultados de duas provas de carga estáticas realizadas em perfis metálicos cravados/instalados lado a lado em uma obra na cidade de Rio de Janeiro, RJ. Como as duas estacas foram cravadas utilizando diferentes métodos – uma utilizando martelo de impacto diesel e outra utilizando martelo vibratório - serão comparados os resultados das duas provas de carga.

ABSTRACT

This study presents the results of two static load tests in long H piles located in the city of Rio de Janeiro, RJ. As the piles were driven by different methods – one with a diesel hammer and the other with a vibrating hammer - the results of each pile load tests will be compared among themselves, with emphasis to the feasibility of use of vibrating hammer.

1. Introdução

Há alguns anos, o desenvolvimento de várias seções de perfis laminados possibilitou a introdução da estaca metálica de seção decrescente como elemento de fundação profunda. Desde sua introdução, os perfis metálicos foram cravados com absoluto sucesso com martelos hidráulicos. A cravação dos perfis, entretanto gerava vibração e alto nível de ruído.

A instalação de perfis metálicos com a utilização de martelos vibratórios causava, conforme trabalhos internacionais, uma grande perda na carga admissível em estacas assim instaladas. Para elucidar a questão e possibilitar a utilização do martelo vibratório, pela primeira vez, foram instalados dois perfis metálicos entre os dias 12/12/2012 e 07/02/2013, com martelo vibratório, sendo que apenas em um deles foi obtida a carga com um martelo de impacto ao final da cravação

O peso dinâmico de um martelo de impacto aplica um carregamento alto, em uma frequência baixa (através de golpes). Já o martelo vibratório faz o contrário: aplica uma carga constante, relativamente baixa, com alta frequência. Através da geração de vibrações nas partículas adjacentes, o martelo vibratório quebra a estrutura do solo ao redor da estaca, reduzindo assim o atrito entre os dois e facilitando a cravação. Dependendo da aplicação, pode-se escolher entre uma variedade de martelos, em modelos convencionais e de alta frequência. Em obras em que o solo adjacente não deve sofrer vibrações, como em áreas urbanas ou na proximidade de construções antigas, há também a opção de martelos livres de ressonância. Além de estacas metálicas, o martelo vibratório pode ser utilizado na cravação de estacas prancha, tubos metálicos, entre outros.

O martelo de impacto utilizado na obra é um martelo diesel DELMAG, modelo de 1.9 t, com as seguintes características: altura máxima de 3600mm; pressão máxima de 300 bar; energia máxima por golpe de 66 kNm; massa de 1820kg (peso RAM); e peso total de 3840kg.

O equipamento usado para cravação por vibração é uma máquina TM 13/16 da marca ABI, com potência instalada de 470kW (630hp), torre com comprimento útil de 16m e pull-down instalado de 9 toneladas. A máquina é equipada com um martelo vibratório da marca ABI, modelo 24VV, com momento excêntrico variavelmente ajustável entre 0 e 24 kgm, rotações máximas de 2600rpm e rotações nominais de 1950rpm, força centrífuga de 1000kN e peso total de 4250kg.

2. Características dos ensaios

2.1. Perfil geotécnico

A geologia no município do Rio de Janeiro é caracterizada pela presença de maciços de rochas, fundamentalmente de origem pré-cambrianas, constituindo morros e serras. Os principais maciços são o da Tijuca, Pedra Branca, Gericinó e outros menores. A área da Barra da Tijuca se localiza entre o maciço da Pedra Branca e o da Tijuca (Figura z), ocupando uma área total de 156 Km².

Essa região apresenta uma geologia composta por espessas camadas de argila siltosa e orgânica, de baixa compactidade e resistência. A área é coberta por depósitos de vertentes e solos residuais dos morros.

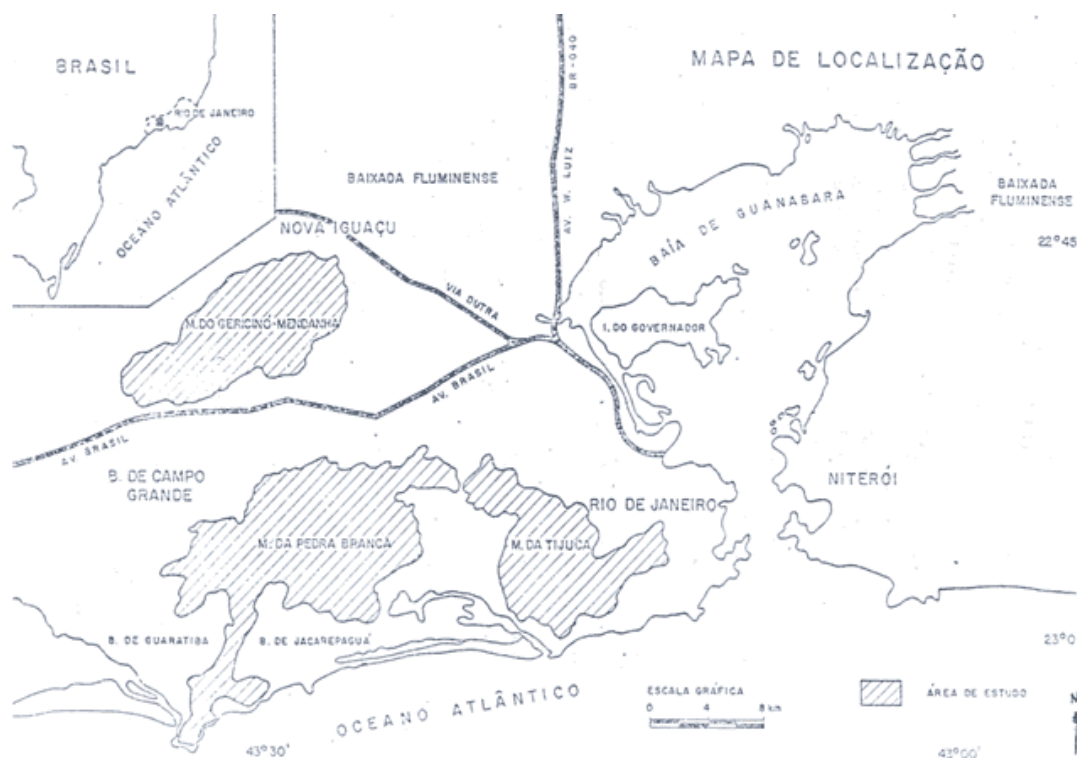


Figura 1: Mapa esquemático com a localização dos maciços.
www.educacaopublica.rj.gov.br

Os perfis estratigráficos do subsolo apresentam camada superficial de aterro, seguido de areia fina cinza, até 28 m, média a compacta, entremeada por camada de argila marinha orgânica, cinza escura, seguido de nova camada de argila marinha orgânica, média e finalizando aos 40 m, em argila com pedregulhos (provável solo residual argiloso) de consistência rija a dura, N_{SPT} 11 a 39, onde se instalaram os perfis metálicos.

O perfil da sondagem mais próxima ao local das estacas ensaiadas, SP-08, está mostrado na Figura 2, a seguir:

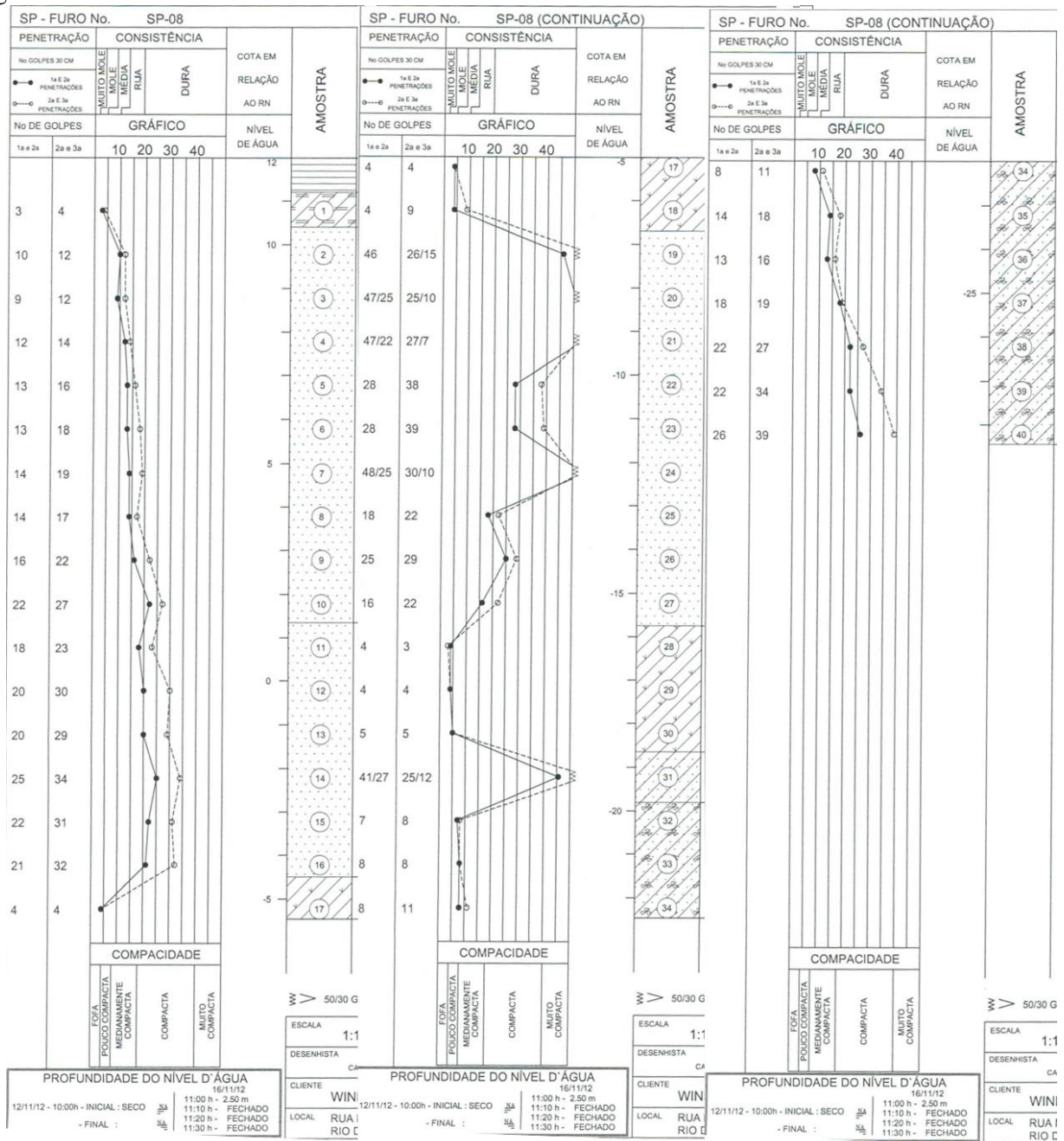


Figura 2: estacas ensaiadas no perfil do solo da SP-08.

2.2. Características gerais das estacas ensaiadas

Ambas as estacas eram compostas de perfis metálicos HP 310x125 e estavam afastadas 3m. A estaca P70 foi instalada em 14/01/2013, apenas com o a utilização do martelo vibratório e atingiu 39 m. A estaca P72 foi cravada com martelo vibratório até 35m em 04/12/2012 e concluída em 20/12/2012 com o martelo diesel até se obter 3 negas consecutivas de 10 mm aos 38,50 m.

A seguir as características das estacas:

Tabela 1: características das estacas ensaiadas.

Estaca	Comprimento vibrado [m]	Comprimento batido [m]	Comprimento total [m]	Nega [mm]	Carga de trabalho [t]
P70	39,00	-	39,00	-	250
P72	35,00	3,50	38,50	10	250

2.3. Provas de carga

Os ensaios foram executados com carregamento misto de acordo com a NBR 12131/2006. O carregamento lento foi executado em 6 estágios de 50 tf, iguais e sucessivos, até atingir 1,2 vezes a carga de trabalho; a seguir, o carregamento rápido foi executado em 4 estágios de 50 tf, iguais e sucessivamente, até atingir a carga máxima (500 tf). O descarregamento foi feito em 6 estágios. Como se pretendia estudar o comportamento da estaca instalada com martelo vibratório, esta foi ensaiada até o limite do macaco.

O primeiro ensaio foi executado dia 08/01/2013 sobre a estaca P72 e o segundo em 07/02/2013 na estaca P70.

3. Resultados das provas de carga

Os ensaios realizados nas estacas P70 e P72 atingiram a carga máxima de 500 e 400 tf, 2 a 1,6 vezes a sua carga de trabalho respectivamente. Sendo assim, ambos atenderam os parâmetros da NBR 6122/2010 de que a carga máxima atinja no mínimo 1,6 vezes a carga de trabalho.

A seguir estão representados os resultados dos ensaios. Nas figuras 2 e 3, as curvas carga x deslocamento. A primeira figura ilustra a curva carga x recalque para a estaca P70, e a segunda a curva carga x recalque para a estaca P72, ambas submetidas à compressão. A tabela 2 mostra os deslocamentos máximos e deslocamentos registrados ao final do ensaio para ambas as provas de carga.

Tabela 2: Resumo dos ensaios estáticos.

Estaca	Data do ensaio	Carga de trabalho [t]	Carga máxima obtida no ensaio [t]	Deslocamento máximo [mm]	Deslocamento residual [mm]
P70	06-07/02/2012	250	500	-41,28	-3,61
P72	08/01/2012	250	400	-34,29	-15,87

Os resultados dos métodos semi-empíricos de Falconi Perez e Decourt Quaresma para as estacas instaladas nestas cotas indicaram carga de ruptura de 490 e 640 tf, respectivamente, mostrando que o primeiro tem resultados mais próximos do observado, mas ambos precisam ser ajustados para a utilização neste cenário geotécnico.

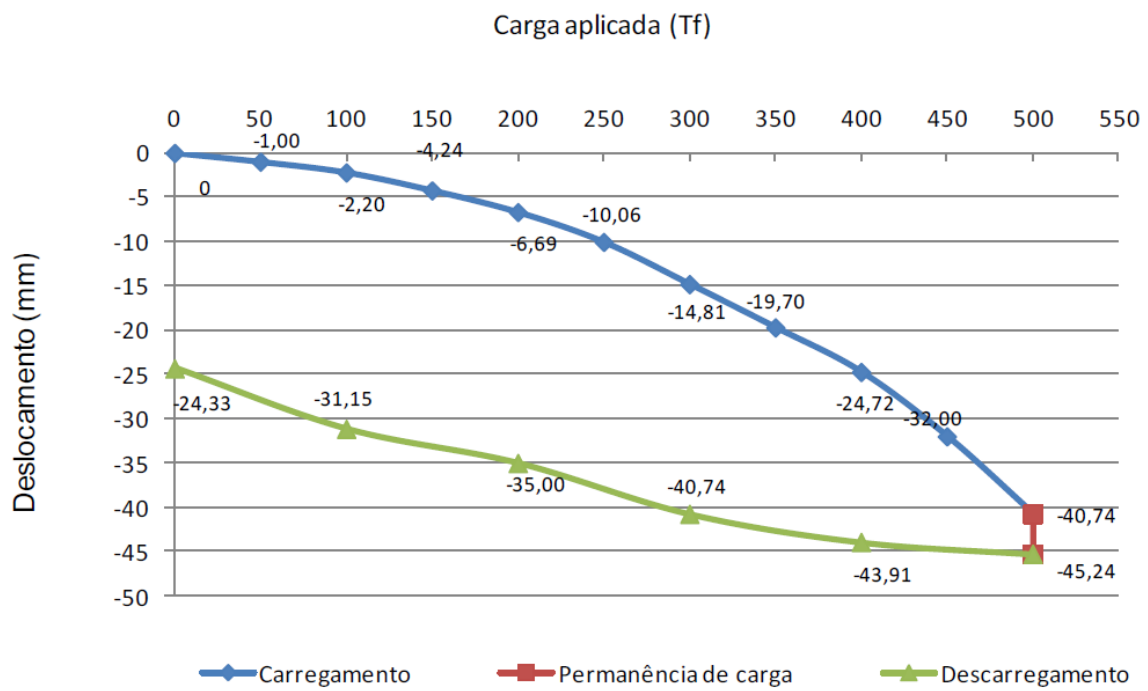


Figura 2: curva carga x recalque da estaca P70.

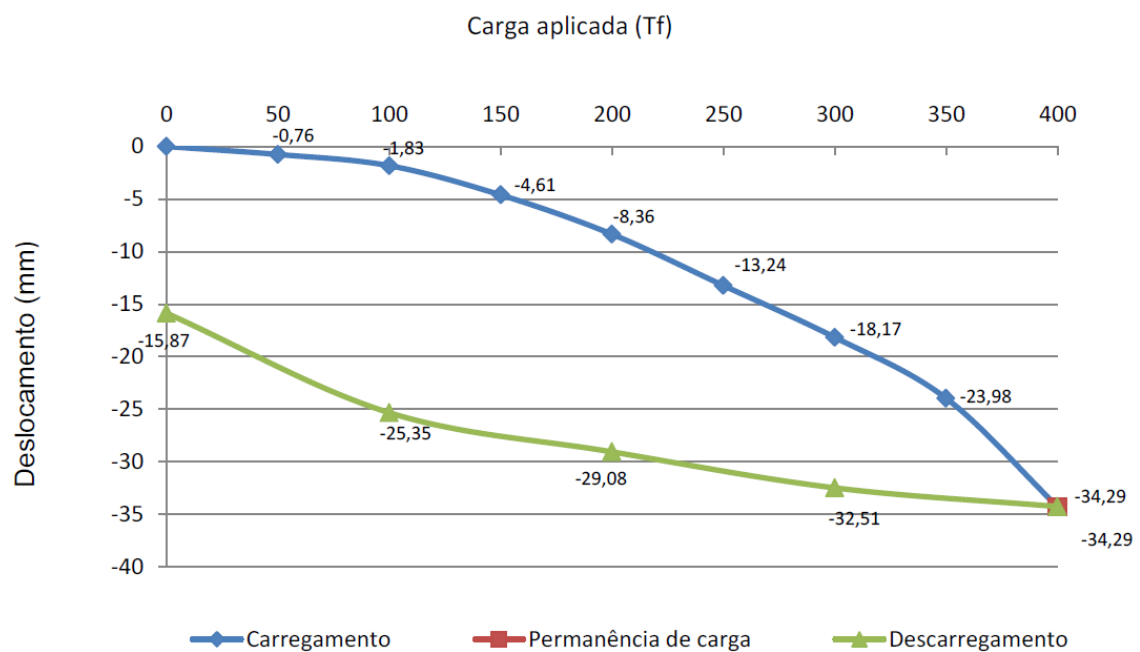


Figura 3: curva carga x recalque da estaca P72.

4. Conclusões

Os resultados comprovam também a viabilidade da utilização do martelo vibratório para a instalação de estacas metálicas na região da Barra da Tijuca no Rio de Janeiro como o foi demonstrado para a Baixada Santista em outro artigo, sem prejuízo da carga admissível. A instalação de estacas metálicas com essa tecnologia propicia maior conforto acústico e de vibração, além de maior rapidez na execução das fundações visto que cada elemento é introduzido muito rapidamente no solo.

Pode-se observar dos resultados que a estaca instalada por vibração teve comportamento superior àquela cravada com martelo diesel, sem que se possa atribuir o fato ao set-up, visto que as provas de carga foram realizadas 18 a 20 dias da cravação. Ambas, porém tiveram desempenho satisfatório.

A utilização do método Falconi-Perez e Decourt-Quaresma para cálculo de capacidade de carga precisam de ajustes para sua utilização, com melhor desempenho do primeiro.

Permanece a sugestão de estudo de critério de paralisação das estacas pelo tempo decorrido para penetração da estaca no solo.

Referências

ABNT NBR 6122/2010 "Projeto e execução de fundações".

ABNT NBR 12131/ 2006 "Estacas - Prova de carga estática - Método de ensaio".

Alonso, U.R., 2008. "Um novo conceito no projeto de fundações com estacas metálicas", Palestra realizada no Instituto de Engenharia de São Paulo.

Correa, C.N.; Falconi, Frederico; Selders, Jan; Maset L., Virgínia; Silva G., Ricardo; 2014. Critério de paralisação de estacas metálicas com utilização de martelo Vibratório, Sefe 8, São Paulo.

Falconi, F.F. & Perez, W. 2007. "Estacas metálicas com seção variável ao longo da Profundidade". IX Seminário de Fundações Profundas e Engenharia Geotécnica do Rio Grande do Sul, y Ijuí,R.S., 14 p, CD-ROM.

Falconi, F.F. & Perez, W. 2008. "Prova de carga estática instrumentada em estaca metálica de seção decrescente com a profundidade na Baixada Santista-Análise de desempenho e critérios de dimensionamento". IV Congresso Luso-Brasileiro de Geotecnia e XI Congresso Nacional de Geotecnia, 2008, Coimbra-Portugal, v. 4, p. 147-154.

Falconi, Frederico; Maset L.Virginia; Silva, Hélio 2014,- "Cravação de estacas metálicas com martelo hidráulico e instalação com martelo vibratório – comparação de resultados de provas de carga estáticas, Cobramseg, Goiânia.

Massad, F. 1986, "Notes on the interpretation of failure load from routine pile load tests".

Rocha, L.M.B.; Falconi F.; Correa, C.N. & Tossunian, R.2006. "Fundação em estaca Metálica com Seção Variável- Avaliação do Desempenho". XIII-COBAMSEG,São Paulo, Anais, v. 2, p. 1145-1148.

Selders, Jan ; Falconi,Frederico 2014 Dimensionamento de Martelos Vibratórios para Instalação de Estacas Metálicas, Sefe 8, São Paulo.

Schenck, W. 1966. "Cálculo de Capacidade de carga de estacas por meio de fórmulas estáticas", "Grundbau-Taschenbuch, 1966".

Bottiau, M,2006 "Recent Evolutions in Deep Foundation Technologies," 10th, International Conference on Piling and Deep Foundation, New York.