

Comparação Entre a Distribuição de Carga Durante Prova de Carga em Perfil Metálico Monitorado e Alguns Métodos Semi Empíricos Usados para Projeto de Fundação de Prédio Alto na Cidade de Belém-PA

Júlio Augusto de Alencar Jr
UFPA, Belém, Brasil, julioalencar.1957@gmail.com

Remo Magalhães de Souza
Dynamis Techne, Belém, Brasil, remo@dyntech.com.br

Cristiano Comin
Dynamis Techne, Belém, Brasil, cristiano.comin@dyntech.com.br

Gabriel Soto Banha
Solos Consultoria e Projetos Geot. Ltda, Belém, Brasil, solosconsultoria@gmail.com

Eduardo Tagliarini
Dynamis Techne, Belém, Brasil, tagliarini@gmail.com

RESUMO: O trabalho apresenta os resultados do monitoramento de uma estaca tipo perfil metálico durante prova de carga estática, e compara a distribuição de carga medida ao longo da estaca com alguns métodos semi empíricos usados para o cálculo de capacidade de carga. A estaca, cravada para fundação de edifício de 30 andares na cidade de Belém do Pará, tem 30m de comprimento total, sendo 29m cravados. A instrumentação foi realizada com medidores de deformação elétricos (electric strain gages) em 04 níveis ao longo do comprimento da estaca e o carregamento final atingiu 225tf. A estratigrafia do solo, no local de cravação da estaca foi determinada por sondagem SPT executada próximo à estaca testada, e mostra que a ponta da estaca está assente em camada de areia compacta. O monitoramento mostrou que a transferência de carga para o solo aconteceu quase que totalmente por atrito lateral tendo menos de 20% do carregamento chegado à ponta da estaca. A comparação entre a distribuição de carga medida ao longo da estaca e os métodos semi empíricos, indicou boa concordância com o método Aoki-Velloso(1975).

PALAVRAS-CHAVE: Prova de carga estática, perfil metálico, métodos semi-empíricos, distribuição de tensões por atrito lateral.

1 INTRODUÇÃO

A crescente utilização de perfis metálicos como elementos de fundação tem exigido maior nível de entendimento e quantificação analítica de sua interação com o solo, ao longo do processo de mobilização da resistência geotécnica, fundamental para a transferência de carga

através do contato estaca/solo.

O dimensionamento geotécnico das estacas metálicas cravadas pressupõe o conhecimento ou a consideração de uma hipótese em relação à distribuição de tensões ao longo do fuste e na ponta da estaca, em especial, quando se deseja calcular os recalques. Nesse aspecto, o monitoramento de estacas executadas permite

que se tenha uma base de cálculo mais próxima à realidade.

Contudo, o monitoramento de estacas é ainda raro no Brasil. Via de regra, a hipótese assumida para a distribuição de tensões é baseada em métodos semi empíricos do tipo sugerido por Aoki-Velloso (1975), entre outros. Assim, torna-se importante avaliar-se a confiabilidade desses métodos quanto à distribuição do carregamento ao longo do fuste das estacas. O presente artigo tem o objetivo de comparar a distribuição medida por monitoramento de precisão com o que sugere a aplicação dos métodos Aoki-Velloso (1975) e Decourt e Quaresma (1982)

2 METODOLOGIA DO ENSAIO

2.1 Instrumentação da Estaca

Utilizou-se como base para cálculo da capacidade de carga, através de correlação semi-empírica, o laudo de sondagem SPT executado a aproximadamente 3m da estaca ensaiada.

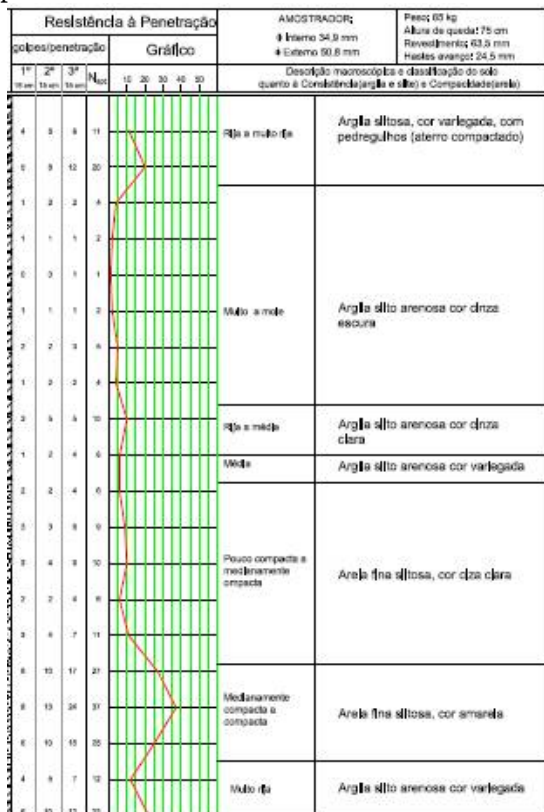


Figura 1 - Pág. 01 da sondagem

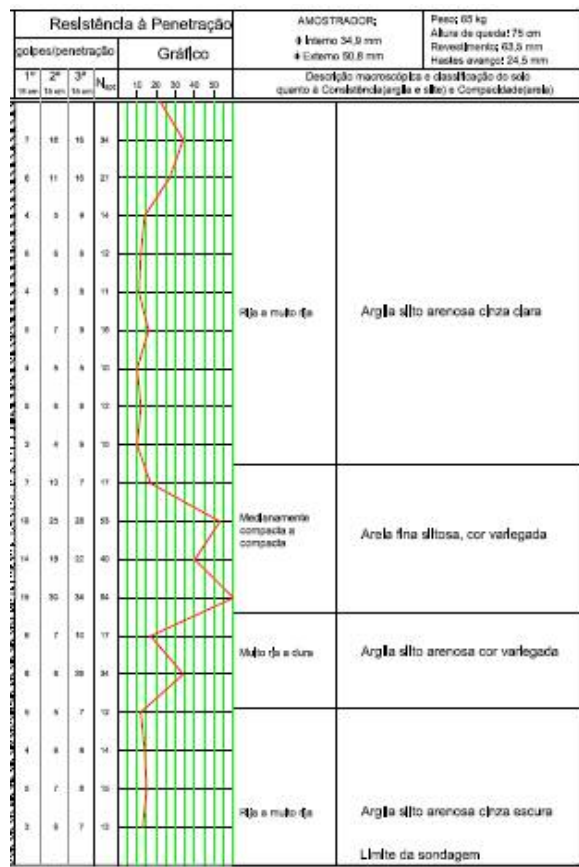


Figura 2 - Pág. 02 da sondagem

O perfil utilizado na estaca foi o HP 310x79, de fabricação da Gerdau aço minas com padrão ASTM A572 Gerdau 50, tendo a estaca 30m total, com 29m cravados no solo.

Iniciou-se a instrumentação com a divisão da estaca em 5 seções, sendo a primeira localizada a 2,0m da ponta da estaca e as demais a cada 6,0m, com a utilização de sensores elétricos (*strain gages*).

A instalação dos sensores foi feita com rigor total, pois a estaca sofreria impactos durante a cravação e estaria totalmente abaixo do nível d'água do terreno, para isso protegeu-se os sensores com uma camada de adesivo epóxi, em seguida aplicou-se uma segunda proteção com borracha de silicone e massa plástica. Os cabos do monitoramento foram protegidos com eletroduto flexível e fixados com massa plástica ao perfil, por fim, colocou-se lâ de vidro e uma chapa metálica para proteção tanto dos sensores quanto dos eletrodutos.



Figura 3 - Proteção dos extensômetros



Figura 4 - Proteção dos conduites

De forma didática, pode-se observar na figura abaixo uma vista esquemática da instrumentação e da proteção realizada para o monitoramento.

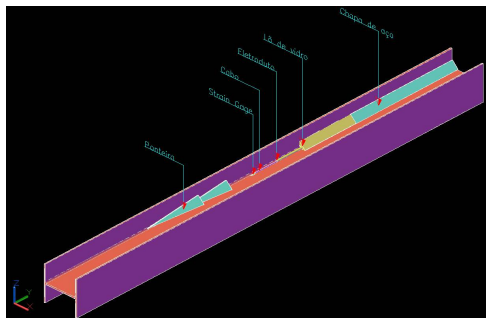


Figura 5 - Vista esquemática das proteções

Com a estaca totalmente instrumentada, iniciou-se a cravação do perfil no solo. O equipamento de cravação foi bate estacas com martelo à queda livre, de aproximadamente 3tf. A penetração para 10 golpes do martelo no final da cravação foi de 15mm. Com o término da cravação, executou-se o arrasamento da estaca e retirou-se três espécimes (corpos de prova) da mesma, sendo um da alma e dois das mesas do perfil, com o intuito de confirmar as

propriedades mecânicas do aço do perfil utilizado e atendendo-se a Norma NBR 6152. Podendo se observar na Figura 6 os detalhes das amostras ensaiadas.

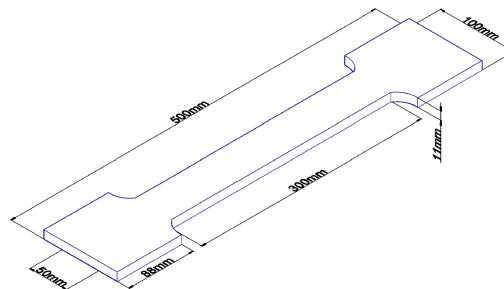


Figura 6 - Isometria do corpo de prova

Através de máquina universal de laboratório, executou-se o ensaio com cargas de 2 até o limite de 20 toneladas, calculando-se assim diversos módulos de elasticidade para cada um dos sensores instalados e então plotou-se os resultados em um gráfico de dispersão linear.

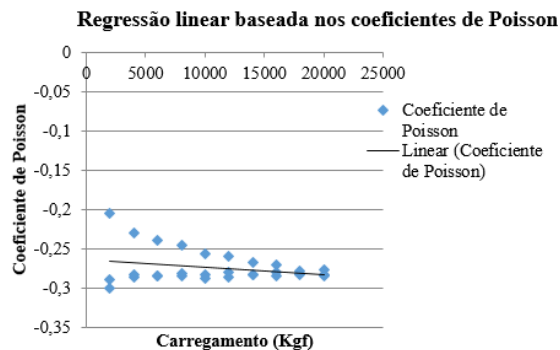


Figura 7 – Gráfico de dispersão e regressão linear dos coeficientes de Poisson

2.2 Execução e dados do ensaio

Nos dias 17/02/2014 e 18/02/2014, aproximadamente três meses após a cravação da estaca, executou-se a prova de carga estática monitorada. A mesma foi executada através de uma estrutura de reação composta por vigas metálicas de reação com aplicação da carga através de macaco hidráulico e utilizou-se relógios comparadores para obtenção dos deslocamentos no topo da estaca. Já as deformações ao longo da estaca obtiveram-se a partir de aquisição dos dados dos sensores utilizando-se o sistema de aquisição automático.



Figura 8 - Sistema de monitoramento durante o carregamento e descarregamento da estaca

Após carregamento total e descarregamento da estaca, pode-se coletar as cargas dissipadas, de acordo com a profundidade, conforme observado na Figura 8 do gráfico de carga em função da profundidade de atrito lateral, observa-se que durante a execução do ensaio se perdeu o sinal de um dos sensores, localizado com 22m de profundidade, algo que não interferiu na interpretação e coleta de dados do ensaio.

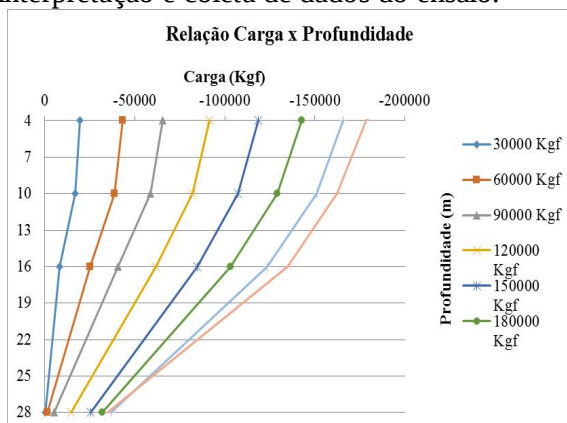


Figura 9 - Gráfico carga x Profundidade

Calculou-se também o encurtamento elástico da estaca em função de cada carregamento aplicado durante a prova de carga. Para isto, estimaram-se as deformações nos trechos intermediários (entre as seções instrumentadas) a partir de interpolação linear dos valores medidos. Posteriormente, o encurtamento elástico foi determinado a partir da integração das deformações médias nas

seções ao longo da estaca

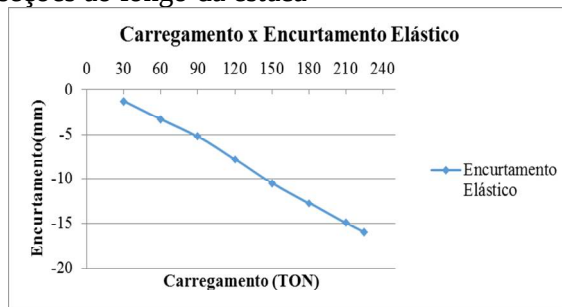


Figura 10 - Relação do carregamento e encurtamento elástico da estaca

Com todas as informações obtidas, pode-se por fim determinar a curva carga x recalque do ensaio executado na estaca, conforme observado na Figura 10.

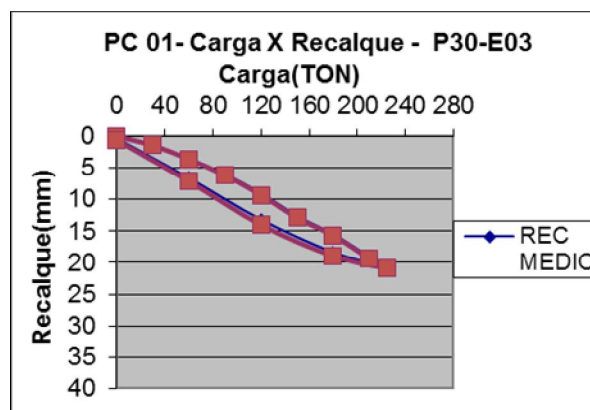


Figura 11 - Curva carga x recalque

Observa-se pelos resultados que a deformação mobilizada na ponta da estaca restringiu-se à fase elástica, tendo o recalque residual, após o descarregamento, sido praticamente nulo.

3 COMPARAÇÃO ENTRE OS VALORES MEDIDOS E CALCULADOS

Os valores de carregamento medidos pela instrumentação ao longo do fuste da estaca foram comparados como os resultados calculados pelos métodos propostos por Aoki-Velloso (1975) e Decourt-Quaresma (1982).

Os valores de carga transferidos por atrito lateral nos níveis instrumentados e os valores calculados pelos métodos acima mencionados são apresentados na tabela 01. As curvas de

transferência de carga para o solo ao longo do fuste da estaca, com base nos processos utilizados são apresentadas na figura 12.

Tabela 1. Comparação dos valores de carga transferidos para o solo por atrito lateral em cada nível de monitoramento

PROFUND.	Aoki-Velloso (1975)	Valor medido em campo	Decourt-Quaresma (1982)
0 m	0 tf	0 tf	0 tf
4 m	22 tf	45 tf	29 tf
10 m	38 tf	55 tf	59 tf
16 m	102 tf	98 tf	103 tf
28 m	214 tf	185 tf	220 tf

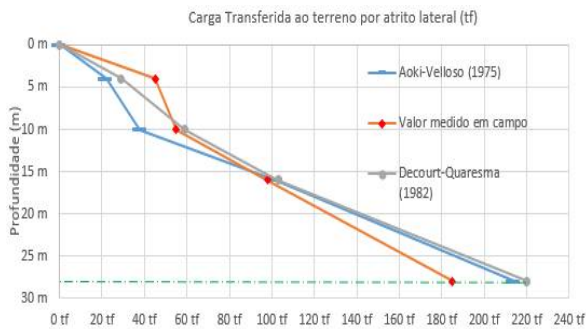


Figura 12 - Gráfico de carga transferida por atrito lateral ao longo do fuste

4 CONCLUSÃO

Comparando-se a curva de distribuição de carga ao longo da estaca, medida pelo sistema de monitoramento, no nível de carregamento máximo, de 225tf, com as curvas calculadas pelo métodos propostos por Aoki Velloso (1975) e Decourt e Quaresma (1982), observa-se que na parte superior da estaca os valores transferidos para o terreno foram maiores que os valores calculados pelos métodos semi empíricos, e, no trecho inferior, essa tendência se inverte. Ou seja, os valores transferidos calculados, são maiores que os valores medidos. Porém, ao se integrar as áreas abaixo das respectivas curvas, calculando-se, portanto, o atrito lateral total mobilizado até a profundidade de 28m, onde se localiza o último "strain gage", observa-se que o valor calculado pelo método Aoki velloso diverge do valor total medido em apenas 2.8%, e o valor total

calculado pelo método Decourt e Quaresma diverge em apenas 9,8%. Ambos, portanto muito próximos do valor medido durante a execução do ensaio.

A diferença entre as curvas na parte superior da estaca pode ser explicada pelo elevado nível de compressão elástica do perfil nesse trecho, o que, provavelmente mobilizou a resistência residual do solo, transferindo parte do carregamento mobilizado no nível de resistência de pico para regiões inferiores, sujeitas a um nível menor de deformação. Tal processo não é expresso nos métodos de cálculo acima citados, que consideram a resistência integralmente mobilizada em seu valor máximo.

Na parte inferior da estaca, a transferência de carga medida é menor em razão do baixo nível de mobilização da mesma devido ao reduzido nível de compressão elástica do perfil, como esperado. Porém, isso não é considerado pelos métodos semi empíricos, cujo pressuposto, conforme já mencionado, é que a resistência é integralmente mobilizada ao longo de toda a estaca.

Desta forma, conclui-se que os métodos semi empíricos apresentaram ótima concordância em termos do valor total mobilizado por atrito lateral na estaca ensaiada. Contudo, essa concordância é menor, quando se considera a distribuição do atrito lateral ao longo do fuste. Embora, para efeitos práticos, levando-se em conta os coeficientes de segurança usualmente adotados, esse nível de aproximação pode ser considerado bastante razoável.

AGRADECIMENTOS

ITEC (Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará) que por meio de seus docentes, alunos e laboratório, disponibilizou toda estrutura possível para ensaios, análises e interpretações dos dados obtidos em campo.

Da mesma forma, a Construtoras Leal Moreira Ltda e a Gerdau Aço Minas S/A disponibilizaram recurso, tempo e toda ajuda necessária para realizar o estudo necessário e que seriu de base para artigos, TCC's e estudos nas universidades do Pará.

REFERÊNCIAS

Aoki, N., e Lopes, F.R., (1975) Estimating stresses and settlements due to deep foundations by theory of elasticity, 5th Pan American CSMFE, Buenos Aires, Argentina.

NBR 12131:2006 – *Estacas – Prova de carga estática – método de ensaio.*

NBR 6122:2010 – *Projeto e Execução de Fundações.*

NBR 6152:1992 - *Materiais metálicos - Determinação das propriedades mecânicas à tração.*