

AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE CARGA DE ESTACAS METÁLICAS TUBULARES DE ALTA RESISTÊNCIA ESTRUTURAL

Evaluation of the bearing capacity of driven high capacity steel pipe piles

Marita R. P. Cavassani*

Kátia Vanessa Bicalho**

Reno Reine Castello***

Nelson Aoki****

RESUMO – Avalia-se a capacidade de carga do sistema estaca-solo formado por estacas tubulares de aço de alta resistência estrutural cravadas em uma argila mole apoiada em um solo residual de gnaisse. As duas estacas analisadas neste artigo foram submetidas a elevadas energias durante uma prova de carga dinâmica de energia crescente (DIET). Os resultados da DIET mostraram que o comportamento do sistema estaca-solo estudado foi comandado pelo elemento estrutural de fundação. Estes resultados foram comparados com os resultados de métodos semi-empíricos de previsão da capacidade de carga (Aoki-Velloso, 1975; Décourt-Quaresma 1978, 1982) e com os resultados de provas de carga estática (PCE) realizadas posteriormente nas mesmas estacas já sobrecarregadas, e em condições distintas das da DIET. Os valores de capacidade de carga obtidos pela norma brasileira ABNT 6122 foram inferiores aos obtidos pela DIET. A resistência do sistema estaca-solo obtida na PCE atingiu em torno de 70% a 80% da carga de escoamento da estaca.

SYNOPSIS – In this study the ultimate bearing capacity of driven high capacity steel pipe piles is evaluated by using static and dynamic tests with increasing energy. The studied piles were driven in a soft clay over weathered gneiss. Dynamic tests with increasing energy and static loads were conducted on the piles. The results of the static and dynamic tests are compared with the predicted capacity from dynamic formulas and semi-empirical static methods (Aoki-Velloso, 1975; Décourt-Quaresma, 1978, 1982). Both measurements and predictions indicate that most of the static resistance results from point bearing. In order to analyze the structural resistance of the steel piles studied, during the dynamic tests with increasing energy these piles were submitted to high energies, in most cases higher than their yield stress. Therefore, the results of the static load tests are lower than the results of the dynamic tests (i.e., about 70 or 80% of the yield stress).

PALAVRAS CHAVE – Estacas metálicas, estacas cravadas, capacidade de carga.

1 – INTRODUÇÃO

Avanços tecnológicos têm sido feitos quanto ao projeto, sistema e controle de cravação e processo executivo de fundações profundas na busca de um aumento na capacidade de carga de fundações e métodos de construção mais econômicos e eficientes. Atualmente existem no mercado

* Engenheira e Mestre em Engenharia Civil, E-mail: maritarpc@gmail.com

** Professora, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, Brasil, E-mail: kvbicalho@gmail.com

*** Consultor SOLO Fundações e Geotecnia, Vitória, Brasil E-mail: solo@soloreno.com.br

**** Professor, Departamento de Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos - USP, São Carlos, Brasil, E-mail: nelson.aoki@uol.com.br

estacas de aço de alta resistência, que beneficiam diretamente a relação peso da estaca/carga de serviço. Essas estacas podem ser muito vantajosas, principalmente em projetos com cargas elevadas nos pilares e cujo perfil geotécnico apresenta como camada de apoio o embasamento rochoso. Entretanto, nessa situação a carga pode ser transmitida quase que integralmente pela ponta da estaca e o elemento fraco do sistema de fundação pode vir a ser a rocha.

Wyllie (1992) sugere que para fundações profundas a tensão admissível da rocha seja tomada como sua resistência à compressão simples, q_u . Bowles (1996) mostra que q_u do granito varia entre 70 e 276 MPa, assim, no caso usual de projetos em que não se tem investigação alguma da rocha de apoio um valor máximo a se tomar seria de 70 MPa. Existe, portanto, a necessidade de uma avaliação da capacidade de carga dessas estacas, principalmente no que se refere à capacidade do terreno de fundação suportar tensões tão elevadas quanto as produzidas por aços de alta resistência. Essa análise é feita neste estudo através da realização de ensaios de campo, provas de carga estática e dinâmica de energia crescente.

Neste artigo, estuda-se o comportamento de duas estacas tubulares de pequeno diâmetro ($\varnothing 141,3$ mm e comprimento de cerca de 22,5 m) fabricadas com aço de alta resistência. As estacas em estudo foram submetidas ao ensaio de carregamento dinâmico de energia crescente, e após realizou-se também prova de carga estática do tipo lenta de carga mantida, não instrumentada, de acordo com as prescrições da NBR 12131 (ABNT, 1995). A prova de carga estática foi realizada com as estacas em condições distintas das da prova de carga dinâmica, pois na prova dinâmica as estacas foram bastante sobrecarregadas, atingido o limite de escoamento do aço das estacas. Os ensaios foram realizados com o objetivo de analisar as cargas máximas mobilizadas pelo sistema estaca solo e avaliar assim a utilização das estacas em estudo como elemento estrutural de fundação.

Os resultados obtidos pelas provas de carga dinâmica de energia crescente e estáticas realizadas nas estacas em estudo e a capacidade de carga prevista pelas fórmulas estáticas semi-empíricas: Aoki-Velloso (1975) e Décourt-Quaresma (1978, 1982) são comparados neste artigo.

2 – CARACTERÍSTICAS DO SOLO E DAS ESTACAS

2.1 – Perfil geotécnico

As estacas em estudo foram cravadas num campo de experiências construído na Refinaria Duque de Caxias – REDUC, situada no município de Duque de Caxias, no estado do Rio de Janeiro, sudeste do Brasil. O município de Duque de Caxias está localizado na Baixada Fluminense, na região denominada de Baixada da Baía da Guanabara, cuja geologia local é caracterizada por depósitos sedimentares de origem fluvio-marinha (Costa Filho *et al.*, 1985). As argilas da Baixada Fluminense apresentam alta plasticidade com valores de limite de liquidez entre 136 e 154, e correspondentes valores de índice de plasticidade entre 88 e 116 (Pacheco Silva, 1953; Costa Filho *et al.*, 1985).

O perfil geotécnico esquemático do subsolo do campo de experiências em estudo com os resultados obtidos em uma sondagem de simples reconhecimento (SPT), executada nas proximidades das estacas ensaiadas está ilustrado na Figura 1. O perfil consiste, inicialmente, de um aterro de material argiloso sobre uma camada espessa (10,50 m) de argila orgânica, de consistência muito mole, seguida de uma camada de argila arenosa, plástica, de consistência mole. Abaixo, encontram-se camadas finas de areia argilosa pouco compacta, seguida por uma camada de argila plástica de consistência média e uma camada de silte arenoso medianamente compacto. Desta camada até o limite da sondagem (21,55 m), encontra-se um solo residual, proveniente da decomposição da rocha matriz de gnaíse. A variação do índice de resistência a penetração N_{SPT} com a profundidade mostra que a resistência da camada de argila orgânica é muito baixa ($N_{SPT} = PP/45$). A resistência aumenta nas camadas subjacentes, atingindo valores elevados de N_{SPT} (45/12 e 45/09) na camada de solo residual. O nível d'água se encontra na camada de aterro na profundidade de 1,20 m.

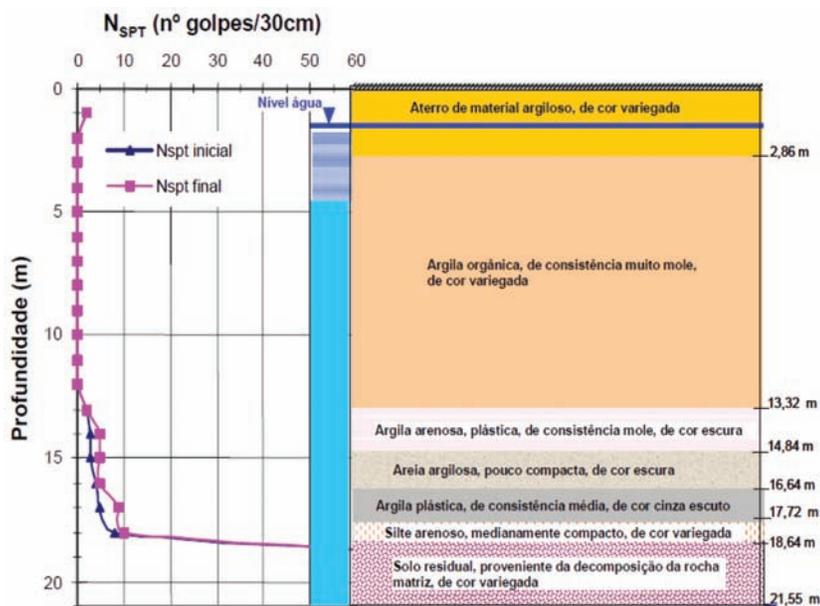


Fig. 1 – Perfil geotécnico do terreno e variação de N_{SPT} com a profundidade.

2.2 – Características das estacas

Foram analisadas duas estacas metálicas tubulares de aço sem costura, Tubos Mannesmann - fabricação V&M, com diâmetro de 141,3 mm e comprimento de cerca de 22,5 m. O aço usado na fabricação das estacas foi VMB 350 com limite de escoamento F_y igual a 350 MPa e limite de ruptura F_u igual a 485 MPa. As estacas foram cravadas com martelo do tipo “queda livre”, com peso de 28,70 kN e altura de queda do martelo de 0,30 m. Utilizaram-se como acessórios de cravação um capacete metálico, dotado na sua parte superior por um cepo de madeira dura com fibras paralelas ao eixo da estaca, utilizado para distribuir uniformemente as tensões dinâmicas geradas pelo golpe do martelo sobre o topo da estaca.

3 – ENSAIOS UTILIZADOS

Os ensaios foram realizados antes do ano de 2005 conforme as normas brasileiras em vigor na época. Assim, algumas normas utilizadas na época já estavam em fase de revisão e foram atualizadas.

3.1 – Prova de carga dinâmica de energia crescente

O ensaio de carregamento dinâmico de energia crescente foi realizado nas estacas E01 e E02, pela empresa Geomec – Engenheiros Consultores S/C LTDA, a qual forneceu os sinais obtidos em campo. Cada estágio de carregamento foi realizado conforme as prescrições da NBR 13208, “Estacas – Ensaio de Carregamento Dinâmico – Método de Ensaio” (ABNT, 1994), para se verificar o comportamento do sistema estaca-solo sob a aplicação de uma força de impacto sobre o topo da estaca.

A instrumentação dinâmica é composta por um conjunto de instrumentos e equipamentos utilizados para a aquisição e tratamento de dados, formada por um par de acelerômetros, um par de transdutores de deformação específica e de um analisador de cravação de estacas (*Pile Driving Analyser*, PDA).

Os transdutores de deformação específica e os acelerômetros são fixados perto do topo da estaca, em posições diametralmente opostas para compensar eventuais efeitos de momento fletor ocasionados pelo golpe do martelo sobre a estaca. Estes instrumentos são conectados no analisador de cravação PDA, que recebe e processa internamente os sinais em tempo real e a cada impacto do martelo (Hussein *et al.*, 2002). As medidas de deformação são convertidas em força através da aplicação da lei de Hooke e as medidas de aceleração são convertidas em velocidade através da integração em relação ao tempo.

Com base na Teoria da Equação da Onda, o PDA analisa os sinais monitorados e estima imediatamente no campo um grande número de variáveis para cada golpe do martelo. Entre as principais variáveis, pode-se citar: as forças máximas de compressão, FMX, e de tração, CTN, a energia cinética máxima aplicada ao sistema estaca-solo, EMX, o deslocamento máximo, DMX, e a resistência estática máxima pelo método Case, RMX.

Para uma avaliação mais extensiva e precisa da capacidade de carga do sistema estaca-solo, as medidas de força e de velocidade registradas pelo PDA podem ser analisadas posteriormente em escritório pelo método CAPWAP (*Case Pile Wave Analysis Program*). Por esse método é possível obter a magnitude e a distribuição de resistência última ao longo do fuste e sob a ponta da estaca (Hussein *et al.*, 2002).

A aplicação da carga foi feita com energia crescente, através do aumento das alturas de queda do martelo sobre a estaca, conforme a metodologia “*Dynamic Increasing Energy Test*” (DIET) proposta por Aoki (1989, 2000). O aumento da energia visa atingir um deslocamento suficiente da ponta da estaca para mobilizar a sua resistência total. Com essa metodologia é possível verificar o comportamento do sistema estaca-solo construindo a curva carga mobilizada-deslocamento máximo. A carga mobilizada a cada golpe foi medida pela instrumentação com monitoração dinâmica utilizando um analisador de cravação (PDA) e pela interpretação do registro de deslocamento do topo da estaca pela medição de nega e repique utilizando o procedimento de Chellis (1961).

Na realização dos ensaios foram utilizados martelos do tipo queda livre com peso igual a 28,70 kN e alturas de queda variáveis e crescentes (em geral 0,3 m) em cada um dos 6 golpes aplicados em cada estaca (0,3 m a 1,5 m e 1,7 m) até que o limite das tensões admissíveis do aço empregado na fabricação das estacas tivesse sido atingido ou até a plastificação do solo confinante das estacas. As estacas foram ensaiadas seis dias após a cravação.

Na prova de carga dinâmica as estacas E01 e E02 foram levadas ao limite da sua capacidade estrutural, visando verificar a carga última que estas estacas podem suportar e contribuindo assim para a sua utilização como elemento estrutural de fundação. Neste trabalho é considerado o limite da capacidade estrutural das estacas a carga que provoca o escoamento do aço em que as estacas foram fabricadas, denominada de resistência de escoamento, R_e . O valor de R_e foi obtido por:

$$R_e = F_y \cdot A_s \quad (1)$$

F_y – tensão de escoamento do aço;

A_s – área da seção transversal de aço da estaca.

3.2 – Prova de carga estática

Foram realizadas provas de carga estáticas à compressão vertical nas estacas E01 e E02 por uma firma especializada cerca de trinta e cinco dias após a realização da prova de carga dinâmica de energia crescente nessas mesmas estacas. As informações aqui apresentadas foram obtidas no relatório técnico fornecido. O ensaio foi executado conforme os procedimentos estabelecidos na Norma da ABNT, NBR 12131 “Prova de Carga Estática”, com carregamento lento.

O ensaio de prova de carga estática foi realizado com aplicação de carga em estágios iguais e sucessivos, correspondente a 10% do valor da carga de ruptura estimada. Em cada estágio, a carga

foi mantida até a estabilização dos deslocamentos e, por pelo menos trinta minutos. Os estágios de carga à compressão foram aplicados por um macaco hidráulico reagindo contra uma estrutura de reação ancorada no terreno por meio de tirantes. Os deslocamentos verticais do topo da estaca foram medidos por meio de quatro extensômetros mecânicos, com sensibilidade para leituras de até 0,01 mm, instalados em dois eixos principais no bloco de coroamento, que era constituído por um capitel de aço soldado no topo da estaca. Admite-se para o recalque de topo da estaca ensaiada à compressão, o valor médio dos recalques medidos nos dois pares de extensômetros instalados nos eixos principais no bloco de coroamento da mesma (capitel de aço).

A avaliação da carga de ruptura a partir dos resultados de prova de carga estática foi realizada pelo método da norma NBR 6122 (ABNT, 1996). O método descrito pela norma NBR 6122 convencionou a carga de ruptura como sendo a carga correspondente ao recalque, Δ_r , que excede a compressão elástica da estaca por um fator igual ao seu diâmetro dividido por 30, e é definida como (Figura 2):

$$\Delta_r = \frac{P_r \cdot L}{A \cdot E} + \frac{B}{30} \quad (2)$$

Δ_r (ou ρ_r) – recalque de ruptura convencional;

P_r (ou R) – carga de ruptura convencional;

L – comprimento da estaca;

A – área da seção transversal da estaca;

E – módulo de elasticidade do material da estaca;

B – diâmetro da estaca.

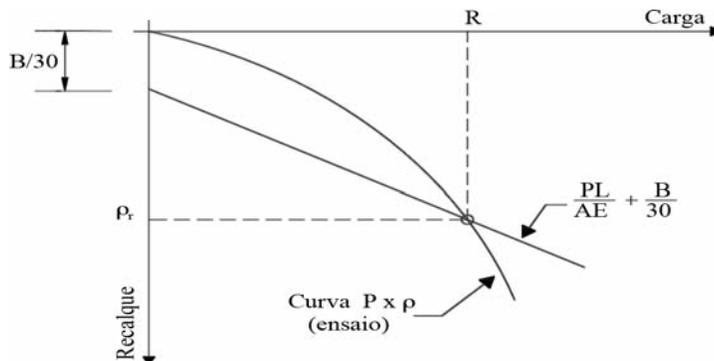


Fig. 2 – Carga de ruptura convencional (NBR 6122, 1996).

4 – RESULTADOS OBTIDOS

4.1 – Provas de carga dinâmica e estática

As Figuras 3 e 4 mostram as curvas adimensionais de carga-deslocamento obtidas pelos ensaios de prova de carga estática (PCE) e dinâmica (PCD) e também os deslocamentos elásticos e plásticos obtidos em cada golpe de energia crescente aplicado sobre as estacas E01 e E02, respectivamente, durante a prova de carga dinâmica. Os parâmetros de referência adotados para a carga e o deslocamento foram, respectivamente, a carga de escoamento, R_e , e o diâmetro externo da estaca, B . O golpe do martelo sobre a estaca produz um deslocamento permanente da mesma (nega, S) e também um deslocamento elástico da estaca (C_2) e do solo sob a ponta da estaca (C_3). Desta forma,

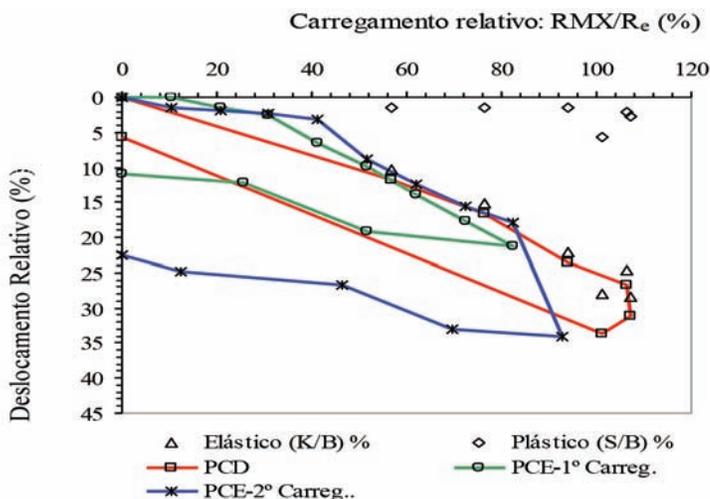


Fig. 3 – Curva adimensional carga-deslocamento – E01.

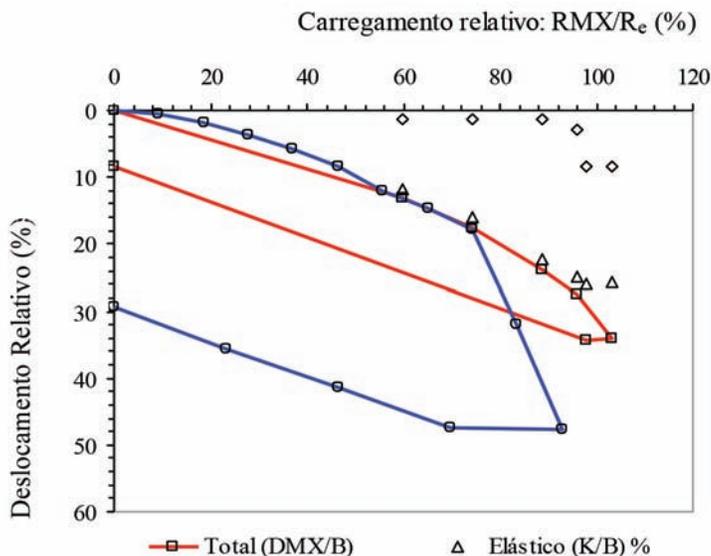


Fig. 4 – Curva adimensional carga-deslocamento – E02.

a penetração permanente produzida pelo golpe do martelo é seguida por um repique elástico (repique, $K = C_2 + C_3$) percebido pelo movimento para cima do topo da estaca.

Os valores da capacidade de carga obtidos nas provas de carga estáticas foram menores que os valores obtidos nas provas de carga dinâmicas. No entanto, as estacas estudadas foram submetidas primeiro à prova de carga dinâmica, nas quais foram bastante solicitadas, atingindo o seu limite de escoamento. Assim quando a prova de carga estática foi realizada as estacas já haviam sofrido escoamento e daí não se pode ser taxativo ao se fazer uma comparação entre os dois ensaios.

A curva carga-deslocamento da prova de carga dinâmica realizada na estaca E01 (Figura 3) mostra um comportamento elástico linear até o 4º golpe de energia crescente e a partir daí ocorre a plastificação do sistema (ou da estaca ou do solo), no qual a resistência permanece praticamente

constante e o deslocamento aumenta. Aumentando ainda mais a energia, a resistência do sistema diminui e o deslocamento total atinge aproximadamente 34% do diâmetro da estaca. Observa-se que a resistência fornecida na prova de carga dinâmica supera o valor da carga de escoamento da estaca, o que justifica o deslocamento plástico excessivo mostrado na curva (a estaca escoou).

A prova de carga estática foi realizada em dois carregamentos. O segundo carregamento mostra um aumento da rigidez do sistema estaca-solo em relação ao primeiro, ou seja, para os mesmos valores de resistências os deslocamentos correspondentes foram menores.

Observa-se um trabalho menor e uma energia de deformação elástica muito maior durante a realização da prova de carga dinâmica do que durante o último carregamento da prova de carga estática. Quanto menor o trabalho, menores são as deformações plásticas do sistema estaca-solo. Comportamento semelhante à estaca E01 foi apresentado pela estaca E02 (Figura 4).

4.2 – Previsão da resistência mobilizada no sistema estaca-solo

As fórmulas estáticas semi-empíricas Aoki-Velloso (1975) e Décourt-Quaresma (1978, 1982) foram utilizadas para prever a capacidade de carga do sistema estaca-solo com base nos resultados da sondagem à percussão SPT (Figura 1). Essas formulações fornecem os valores da capacidade de carga (R_u) do elemento isolado de fundação bem como as parcelas de resistência lateral (R_l) e resistência de ponta (R_p).

As Figuras 5 e 6 mostram a resistência total e as parcelas de resistência de ponta e lateral, estimadas pelo Método Aoki-Velloso (1975) e pelo Método Décourt-Quaresma (1978, 1982) respectivamente. Esses métodos de previsão da capacidade de carga forneceram uma resistência de ponta maior que a resistência lateral, concordando neste aspecto, com as análises dinâmicas feitas pelo método CAPWAPC (Figuras 7 e 8).

Conforme recomendações do método Décourt-Quaresma (1978, 1982), os valores de N_{SPT} são limitados ao valor mínimo de três e máximo de cinquenta. Os valores de capacidade de carga obtidos pelo método de Décourt-Quaresma (1978, 1982) foram bem inferiores aos valores obtidos pelo método Aoki-Velloso (1975) para o caso em estudo.

Com o objetivo de analisar a utilização das fórmulas semi-empíricas estáticas, Aoki-Velloso (1975) e Décourt-Quaresma (1978, 1982), para o sistema estaca-solo apresentado neste trabalho, os valores de capacidade de carga previstos por esses métodos foram comparados com os valores obtidos pelas provas de carga estáticas segundo o critério de interpretação da norma NBR 6122 (ABNT, 1996). Os resultados da capacidade de carga prevista e medida para as estacas E01 e E02 estão

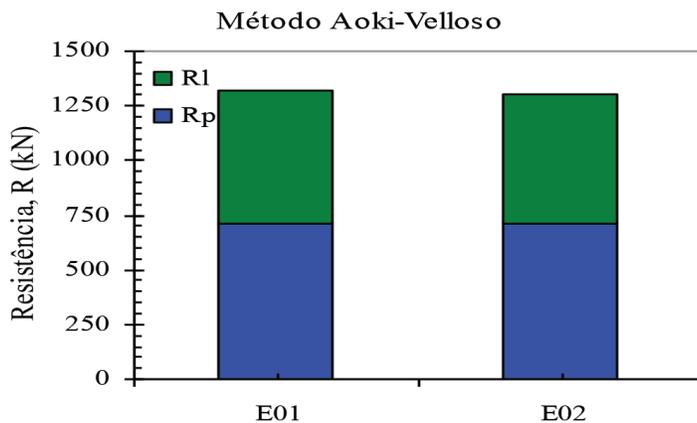


Fig. 5 – Resistência do sistema estaca-solo prevista por Aoki-Velloso (1975).

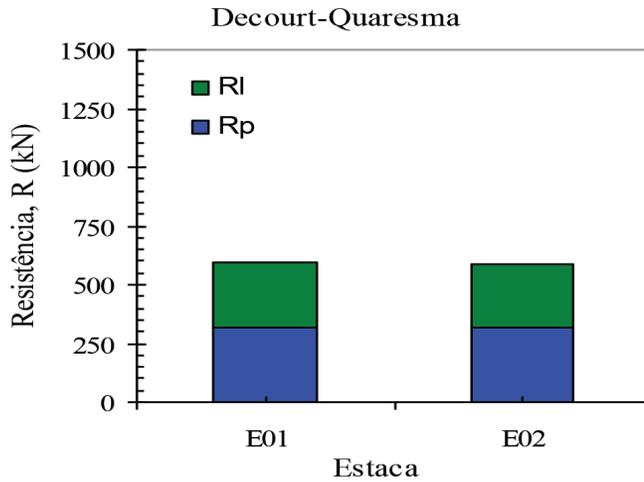


Fig. 6 – Resistência do sistema estaca-solo prevista por Décourt-Quaresma (1978, 1982).

ilustrados no Quadro 1. A relação entre a capacidade de carga prevista pelo método Aoki-Velloso (1975) e Décourt-Quaresma (1978, 1982) e a capacidade de carga obtida na prova de carga estática é definida respectivamente por μ_{A-V} e μ_{D-Q} .

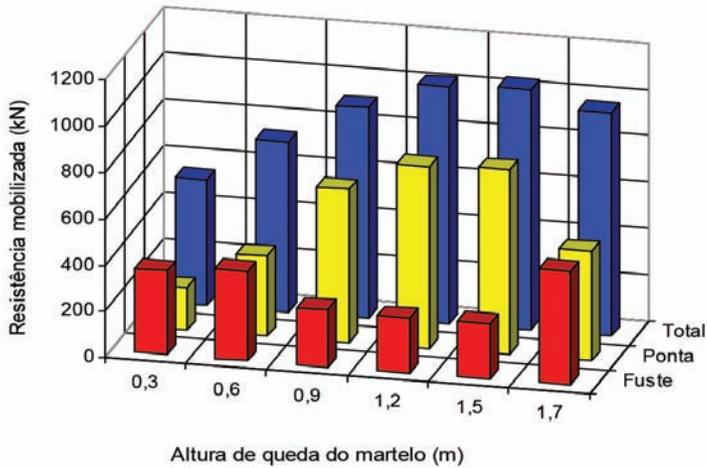


Fig. 7 – Curva resistência mobilizada total, fuste e ponta versus altura de queda do martelo – E01.

Quadro 1 – Resultados de carga de rutura.

Estaca	Resistência Estrutural	NBR 6122	Aoki-Velloso (1975)		Decourt-Quaresma (1978-1982)	
	RE	R_u	R_u	μ_{A-V}	R_u	μ_{D-Q}
E01	970	860	1323	1,54	592	0,69
E02	970	775	1303	1,68	590	0,76

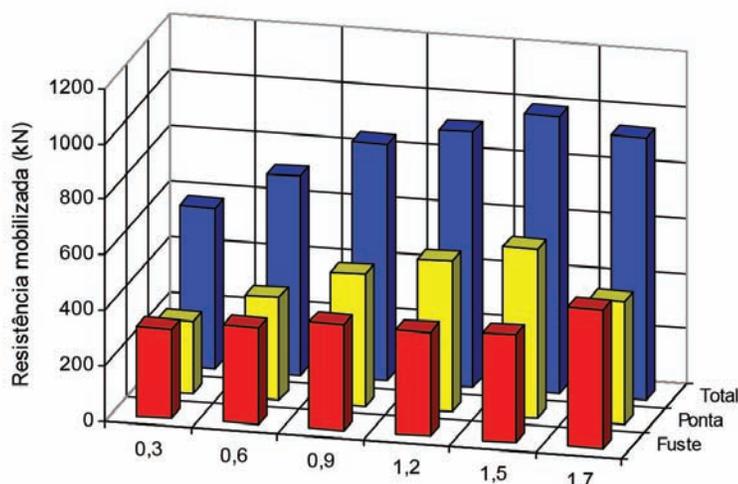


Fig. 8 – Curva resistência mobilizada total, fuste e ponta *versus* altura de queda do martelo – E02.

Um resumo da análise estatística descritiva dos valores de carga de ruptura está mostrado no Quadro 2. Observa-se que, para as estacas analisadas neste trabalho, o método de previsão da capacidade de carga do sistema estaca-solo que em média mais se aproximou dos valores obtidos nas provas de carga estáticas, interpretadas segundo a NBR 6122 (ABNT, 1996), foi o método de Décourt-Quaresma (1978, 1982), com $\mu_{D-Q(média)} = 0,72$ e desvio padrão igual a 0,05. Deve-se ressaltar entretanto que as provas de carga foram executadas em estacas que já estavam, pelo menos em parte, plastificadas. Também os métodos se aplicam a solos e as pontas das estacas estavam provavelmente em rocha.

Quadro 2 – Estatística de resultados de carga de ruptura.

Método	Aoki-Velloso (1975)	Decourt-Quaresma (1978-1982)
	$\mu_{A-V(média)}$	$\mu_{D-Q(média)}$
Média	1,61	0,72
Desvio Padrão	0,1	0,05

5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas provas de carga dinâmicas as estacas foram levadas a tensões tão elevadas (maiores que F_y), que ocasionaram o escoamento dessas estacas e conseqüentemente deformações plásticas nas mesmas. Nos carregamentos subseqüentes as resistências estruturais das estacas foram menores. A insistência na cravação do elemento estrutural de fundação nos carregamentos crescentes acabou provocando perda progressiva da resistência das estacas. Observa-se, entretanto, que mesmo as estacas estando já sobrecarregadas, atingido o limite de escoamento, a resistência do sistema-estaca solo na prova de carga estática atingiu em torno de 70% a 80% da carga de escoamento da estaca.

Os métodos Aoki-Velloso (1975) e Décourt-Quaresma (1978, 1982) forneceram resistências de ponta maiores que as resistências laterais, assim como nas análises dinâmicas feitas pelo método CAPWAPC.

Comparações entre os valores de capacidade de carga previstos pelas fórmulas semi-empíricas estáticas com os valores obtidos pelas provas de carga estáticas segundo o critério de interpretação da norma NBR 6122 (ABNT, 1996) mostraram, para as condições da análise, que o método Aoki-Velloso (1975) superestimou o valor da capacidade de carga e o método Décourt-Quaresma (1978, 1982) subestimou, sendo este método o que forneceu valores de capacidade de carga mais próximos dos valores obtidos na prova de carga estática, com um desvio padrão igual a 0,05. No entanto, tal conclusão deve ser vista com restrições, pois as estacas já estavam estruturalmente comprometidas.

6 – AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à empresa GEOMEC por fornecer todos os dados de prova de carga dinâmica e estática necessários para a realização deste trabalho. Em particular aos Engenheiros Sérgio. C. Paraíso e Cláudia Maria C. Costa pelo auxílio prestado e recepção na GEOMEC para a realização das análises CAPWAPC. A CAPES pela bolsa de estudos concedida à primeira autora e ao CNPq pela bolsa de produtividade para a segunda autora.

7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT (1994). *Estacas - Ensaio de carregamento dinâmico*. NBR 13208. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, out., 4 p.
- ABNT (1995). *Estacas - Prova de carga estática – Método de ensaio*. NBR 12131. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, nov., 4 p.
- ABNT (1996). *Projeto e execução de fundações*. NBR 6122. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, abr., 33 p.
- Aoki, N.; Velloso, D.A. (1975). *An approximate method to estimate the bearing capacity of piles*. In: V PCSMFE, Buenos Aires, v. 1, pp. 367-376.
- Aoki, N. (1989). *Prediction of the behavior of vertical driven piles under static and dynamic conditions*. XII International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Drivability of Piles. Rio de Janeiro, v. 2, pp. 56-61.
- Aoki, N. (2000). Keynote lecture: *Improving the reliability of pile bearing capacity prediction by the dynamic increasing energy test (DIET)*. Proceedings of the 6th International Conference on the Application of Stress-Wave Theory to Piles. set, pp. 635-651.
- Bowles, J.E. (1996). *Foundation analysis and design*. International Student Edition. McGraw-Hill International Book Company, 5th ed., 816 p.
- Chellis, R.R.D. (1961). *Pile Foundations: H piles and other Metal piles*. New York: McGraw-Hill Book Co., 2nd ed., 704 p.
- Costa Filho, L.M.; Aragão, C.J.G.; Velloso, P.P.C. (1985). *Características geotécnicas de alguns depósitos de argila mole na área do Grande Rio de Janeiro*. Revista Solos e Rochas, v.8 (1), pp. 3-13.
- Décourt, L.; Quaresma, A.R. (1978). *Capacidade de carga de estacas a partir de valores de SPT*. 6º Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações. Rio de Janeiro, v. 1, pp. 45-53.

- Décourt, L. (1982). *Prediction of the bearing capacity of piles based exclusively on N values of the SPT*. Proceedings of the 2nd European Symposium on Penetration Testing, Amsterdam, v.1, pp. 29-34.
- Hussein, M.H.; Sharp, M.R.; Knight, W.F. (2002). *The use of superposition for evaluating pile capacity*. Deep Foundations 2002. An International Perspective on Theory, Design, Construction and Performance. ASCE, Geotechnical Special Publication No. 116, pp. 6-21.
- Pacheco Silva, F. (1953). *Shearing strength of a soft clay deposit near Rio de Janeiro*. Géotechnique, v. 3 (7), pp. 300-305.
- Wyllie, E.D.C. (1992). *Foundation on Rock*. E&F Spon, Londres, Inglaterra. 333 p.