

Comportamento de Estacas Tracionadas em Solo Poroso de Diabásio Típico da Região de Campinas/SP

João Alexandre Paschoalin Filho

Paschoalin&Versolato Engenharia Consultiva, São Paulo, Brasil, paschoalinfilho@yahoo.com

Universidade Nove de Julho, São Paulo, Brasil, jalexandre@uninove.br

David de Carvalho

Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brasil, d33c@uol.com.br

Paulo José Rocha de Albuquerque

Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brasil, pjra@fec.unicamp.br

RESUMO: Este trabalho apresenta o estudo comparativo entre diferentes estacas implantadas em solo poroso da região de Campinas, interior de São Paulo. Para tal, foram executadas no Campo Experimental para Estudos de Mecânica dos Solos e Fundações da Unicamp três estacas tipo raiz com 12m de comprimento e diâmetro de 410mm, duas estacas hélice contínua e duas escavadas; sendo estas de comprimento igual a 12m e diâmetro de 400mm; uma estaca hélice de deslocamento (ômega) com 12m de comprimento e 370mm de diâmetro e uma estaca pré-moldada de concreto com 14m de comprimento e 180mm de diâmetro. Após a implantação das estacas estas foram submetidas à provas de carga do tipo estática lenta à tração, conduzidas de acordo com as recomendações da NBR12.131/1992. Por meio dos ensaios foi possível verificar o comportamento à tração de cada uma das estacas ensaiadas. Os valores do atrito lateral (r_L) para a carga máxima aplicada foram comparados aos determinados por meio de provas de carga estáticas a compressão realizadas em estacas semelhantes executadas mesmo local. As provas de carga nas estacas tracionadas indicaram que a estaca tipo hélice de deslocamento (ômega) foi a que apresentou maior valor de r_L em relação às estacas ensaiadas. Comparando-se os valores de r_L obtidos para as estacas tracionadas com os valores de r_L apresentados pelas estacas comprimidas pôde-se verificar que a relação $r_{L\text{tração}}/r_{L\text{compressão}}$ apresentou-se mais próxima da unidade para as estacas tipo raiz e pré-moldada. Também verificou-se que os deslocamentos verticais necessários para se mobilizar 50% das cargas máximas a tração das estacas estudadas situou-se entre 0,4 e 1,3% do diâmetro da estaca.

PALAVRAS-CHAVE: Estacas tracionadas, Solo poroso, Provas de carga

1 INTRODUÇÃO

1.1 Estacas submetidas a esforços de tração

A carga máxima de um elemento de fundação, submetido a um esforço tração, poderá ser considerada como sendo àquela equivalente ao peso próprio do elemento de fundação, acrescido ao peso da massa de solo contida no interior da superfície de ruptura e a resistência ao cisalhamento no plano de ruptura.

Contudo, este problema nem sempre é de fácil resolução, pois o peso de solo a ser

considerado será variável com a geometria da superfície de ruptura, fato este que ainda gera certas discordâncias no meio técnico. Outra dificuldade consiste na obtenção dos parâmetros de resistência ao cisalhamento desta superfície, pois variam em função das características geomecânicas do solo, bem como com o processo executivo da fundação (PASCHOALIN FILHO e ALBUQUERQUE, 2012).

Um caso corriqueiro de elemento de fundação submetido à esforços de tração, consiste no projeto de fundações que servirão

de base para torres de linha de transmissão de energia. Nesta situação, os esforços de tração são gerados principalmente em função do vento atuante, tanto na torre, como nos cabos; sendo ainda acentuado em função do baixo peso próprio destas estruturas (PASCHOALIN FILHO *et al.*, 2008).

Existem situações onde os esforços de tração são meramente acidentais, como por exemplo, em solicitações causadas pelo vento. Entretanto, também pode-se encontrar situações que estas solicitações apresentam características permanentes, como àquelas ocasionadas principalmente por empuxos de terra e água. Orlando (1985), afirma que para estacas implantadas em areias, a tendência é que ocorra uma redução da resistência lateral de uma estaca tracionada em relação a resistência desta caso fosse comprimida.

Quando uma estaca é comprimida, as tensões cisalhantes presentes no contato estaca/solo tenderão a sofrer um incremento em função do aumento da tensão vertical efetiva junto à estaca. No caso de uma solicitação à tração, o que ocorre é justamente o inverso. Neste caso as tensões de cisalhamento impostas pela estaca ao solo tenderão a diminuir as tensões efetivas presentes no entorno, o que certamente influenciará na mobilização do atrito lateral.

O problema de avaliação da capacidade de carga de estacas submetidas à esforços de tração, apoiando-se nos fundamentos da Mecânica dos Solos é relativamente recente, pois somente a partir de 1960 é que este problema passou a ser abordado com mais atenção.

Existem vários métodos de cálculo para se avaliar a resistência das fundações quando submetidas a esforços de tração. Uma descrição destes métodos pode ser encontrada em Danziger (1983), Orlando (1985), Campelo (1994), Carvalho (1991), Orlando (1999) e Paschoalin Filho (2008).

De uma forma geral, para a estimativa da carga máxima de estacas submetidas a esforços de tração recorre-se a duas linhas metodológicas. A primeira consiste na utilização de métodos teóricos próprios para solicitações de tração, enquanto que a segunda linha consiste na utilização de métodos semi-empíricos próprios para esforços de

compressão, desconsiderando a influência da ponta e assumindo-se superfície de ruptura no contato estaca/solo. Neste caso, adota-se a hipótese de que a resistência máxima de uma estaca tracionada seja a mesma, ou que corresponderia uma porcentagem da resistência lateral no instante de ruptura de uma mesma estaca (com iguais dimensões) solicitada a esforços compressivos. (PASCHOALIN FILHO e CARVALHO, 2010).

A adoção de métodos semi-empíricos para a estimativa da carga última de estacas tracionadas não leva em consideração os mecanismos de ruptura à tração típicos de cada estaca. Tal suposição poderá acarretar em erros, pois algumas equações, empíricas ou semiempíricas, apresentam elevado grau de dispersão de seus resultados, mesmo quando são utilizadas para a previsão de capacidade de carga de estacas comprimidas (PASCHOALIN FILHO, 2008).

Muito se questiona a respeito da relação entre atrito lateral de estacas tracionadas e comprimidas. No caso de argilas saturadas, com carregamento sem drenagem, tem-se admitido que a resistência lateral na tração seja igual à resistência lateral na compressão (De NICOLA e RANDOLPH, 1993).

Entretanto, em caso de solos arenosos ou com parcelas significativas do atrito em sua resistência, Orlando e Maffei (2000) comentam que muitos autores consideram que a resistência lateral na tração é menor que na compressão, como por exemplo, Brinch e Hansen (1968), Tejcman (1971), Beringen *et al.* (1979), entre outros. De acordo com Poulos (2011), geralmente aceita-se que para fundações em argila o comportamento à tração é similar ao de compressão. Para estacas em areias médias a densas, a razão entre resistências laterais a tração e a compressão situa-se entre 0,7 a 0,9, mas tende à unidade para estacas relativamente curtas.

Dessa forma, diante do panorama apresentado, esta pesquisa apresenta e discute o comportamento de diferentes tipos de estacas executadas em solo poroso de Diabásio submetidas a esforços axiais de tração. Este trabalho também traz uma comparação entre os valores de resistência lateral (r_L) obtidos para as estacas tracionadas ensaiadas, considerando-se

superfície de ruptura no contato estaca/solo, com valores r_L obtidos para estacas comprimidas executadas no mesmo local.

2 CAMPO EXPERIMENTAL

Os ensaios foram realizados no Campo Experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola, que está localizada na Universidade Estadual de Campinas, no município de Campinas/SP na porção Centro-Leste do Estado de São Paulo.

O subsolo do local é formado por magmatitos básicos, sendo observada a presença de rochas intrusivas de formação Serra Geral. Este subsolo recobre uma área total de 98km^2 , ou seja, 14% da área do município de Campinas.

É constituído superficialmente por um horizonte composto por solo poroso originado pela intemperização de micro-gabros com espessura média de 6,5 m e constituída por uma argila silto-arenosa porosa. Subjacente, verifica-se a ocorrência de uma camada residual composta por um silte argilo-arenoso com espessura média de 19 m. O nível do lençol freático é encontrado a 17m (ALBUQUERQUE, 2001).

Até uma profundidade de 6,5 m, cota referente à argila porosa, o valor médio do N_{spt} situou-se em 5 golpes/30cm. Entre 6,5 m e 12 m de profundidade (cota de assentamento das estacas em estudo) o valor de N_{spt} médio situou-se em 10 golpes/30cm. A partir desta profundidade observa-se tendência de incremento nos valores de N_{spt} . São apresentadas nas Figuras 1 e 2 as variações de f_s e F_r (coeficiente de atrito $F_r=f_s/q_c$) obtidos por meio de ensaios de CPTU conduzidos no local.

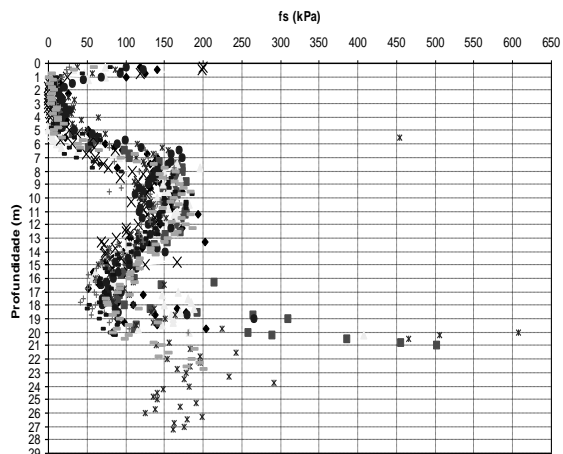


Figura 1. Variação dos valores de f_s (kPa)

Observando-se a Figura 1, nota-se que até a profundidade de 6,5 m apresenta valores variando entre 1 e 25 kPa. Entre 6,5 m e 12 m de profundidade, pode-se notar o crescimento destes valores, sendo a variação contida entre 100 e 170 kPa.

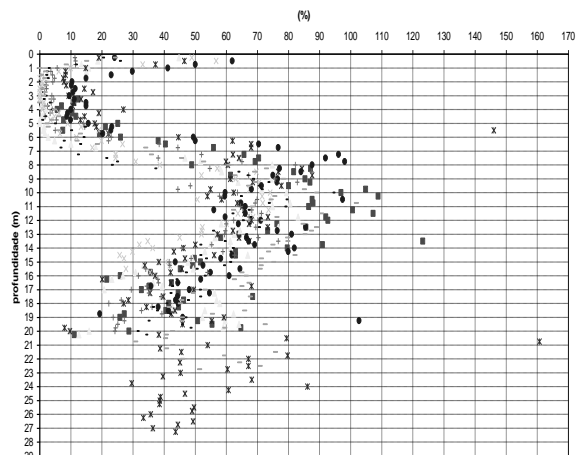


Figura 2. Variação dos valores de F_r (%)

Observando-se Figura 2 nota-se que até profundidade de 6,5m (limite da camada de argila porosa) apresenta valor máximo de 10% ($f_s=0,1q_c$). Entre 6,5 e 12 m os valores de F_r sofrem incremento e apresentam variação entre 60 a 90% ($f_s=0,6$ a $0,9q_c$).

3. CARACTERÍSTICAS DAS ESTACAS TESTE

Para esta pesquisa foram executadas três estacas tipo raiz, duas estacas tipo hélice contínua, duas escavadas, uma estaca hélice de deslocamento (ômega) e uma estaca pré-moldada de concreto. Todas as estacas foram executadas de acordo com o Manual de Procedimentos da ABEF

(1999) (Associação Brasileira de Empresas de Fundações e Geotecnia) e com as orientações da NBR 6122/1996. A seguir, na Tabela 1 são apresentadas as características geométricas de cada estaca executada

Tabela 1. Características geométricas das estacas ensaiadas.

Tipo	Estaca	ϕ (mm)	L (m)
Raiz	R1, R2, R3	410	12
Escav.	E1, E2	400	12
H.C	H1, H2	400	12
H.D.	OM1	370	12
P.M.	P1	180	14

Onde: L=comprimento da estaca, ϕ =diâmetro da estaca

4. EXECUÇÃO DAS PROVAS DE CARGA

As provas de carga foram conduzidas em concordância com as recomendações da ABNT:NBR 12.131/1992. O sistema de carregamento utilizado consistiu em um macaco hidráulico com capacidade de 2000 kN e uma célula de carga, ambos montados sobre uma viga metálica.

A viga de reação era constituída por um perfil de aço duplo I, tendo 5,30 m de comprimento, 0,75 m de altura, 0,80 m de largura e peso equivalente a 35 kN.

Para a observação dos deslocamentos decorrentes de cada estágio de carregamento foram utilizados deflectômetros com precisão de leitura de 0,01 mm e 50 mm de curso.

A montagem da prova de carga pode ser visualizada por meio do croqui representado na Figura 3.

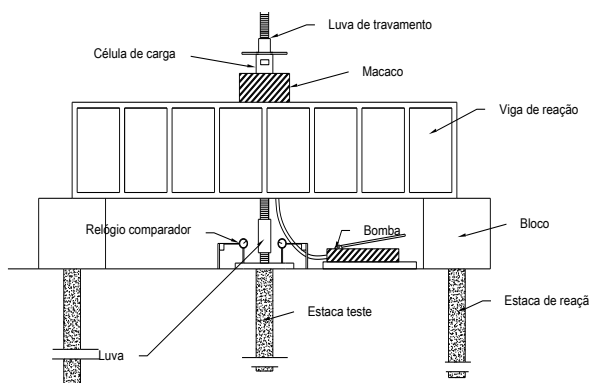


Figura 3. Croqui de montagem da prova de carga

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Curvas carga vs deslocamento obtidas

Nas Figuras 4 a 8 são apresentadas as curvas carga vs deslocamento obtidas para as estacas ensaiadas.

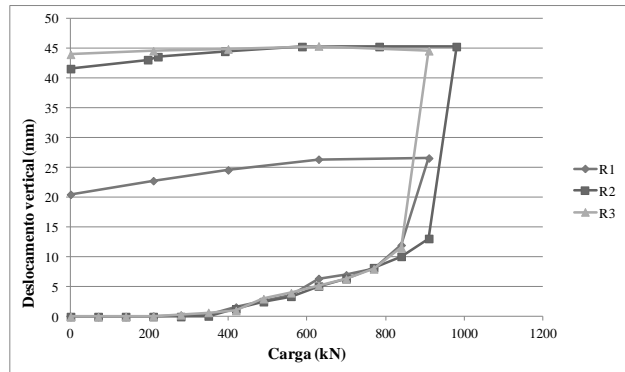


Figura 4. Curvas carga vs deslocamento – Estacas raiz

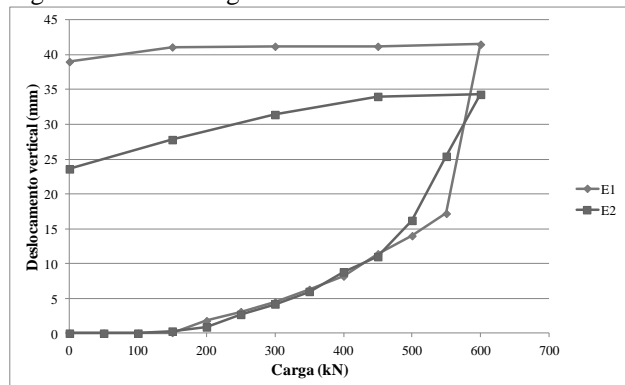


Figura 5. Curvas carga vs deslocamento – Estacas Escavadas

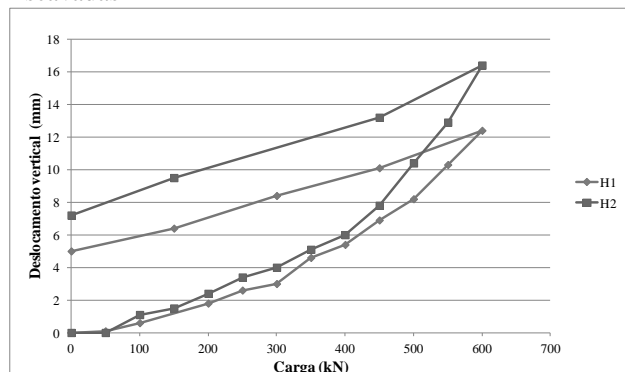


Figura 6. Curvas carga vs deslocamento – Estacas Hélice Contínua

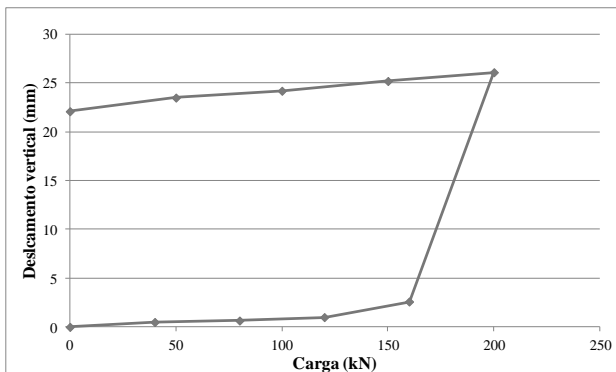


Figura 7. Curva carga vs deslocamento – Pré-moldada

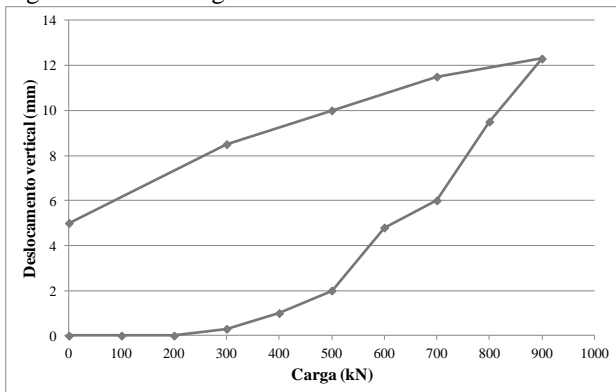


Figura 8. Curva carga vs deslocamento – Estaca Hélice de Deslocamento (ômega)

Na Tabela 2 são apresentados os parâmetros obtidos por meio das provas de carga. Ressalta-se que para o caso das estacas hélice de deslocamento e hélice contínua, as cargas máximas apresentadas na Tabela 2 foram estimadas por meio do método de Van der Veen (1953), pois em função de limitações do sistema de reação, as provas de carga não puderam ser conduzida até maiores deslocamentos. Contudo, nota-se pelas curvas carga vs deslocamento obtidas, que as cargas estimadas por meio do método de Van der Veen (1953) mantiveram-se bem próximas às cargas máximas atingidas pelos ensaios.

Tabela 2. Cargas e deslocamentos máximos obtidos por meio dos ensaios conduzidos

Tipo	Estaca	PC (kN)	ρ_{PC} (mm)	ρ_{PC}/ϕ (%)
Raiz	R1	910	26,6	6,5
	R2	980	45,3	11,3
	R3	910	44,6	11,2
Escav.	E1	600	41,5	10,4
	E2	600	34,3	8,6
H.C	H1	700*	12,4**	3,1
	H2	700*	16,4**	4,1
H.D.	HD1	1051*	12,3**	3,3
P.M.	PM1	200	26,1	14,5

Onde: PC=carga máxima obtida, ρ_{PC} =deslocamento vertical na carga

máxima, * estimada por meio de Van der Veen (1953), ** deslocamento máximo obtido na prova de carga, ϕ =diâmetro da estaca.

Considerando-se as estacas raiz ensaiadas, nota-se por meio da Tabela 2 que os deslocamentos observados nas cargas máximas atingidas situaram-se entre 6,5 e 11,3 % do diâmetro das estacas. A carga máxima média para as estacas raiz foi de 933 kN.

As estacas escavadas apresentaram mesmos valores de carga máxima (600 kN) para deslocamentos entre 41,5 e 34,3mm, o que equivale a 10,4 e 8,6% do diâmetro das estacas, respectivamente.

As provas de carga conduzidas para as estacas hélice contínua e hélice de deslocamento tiveram de ser interrompidas em função de limitações do sistema de reação, dessa forma, os valores de deslocamento observados foram referentes ao máximo carregamento atingido pelos ensaios.

Em relação à estaca pré-moldada a carga máxima atingida foi de 200 kN, sendo o deslocamento referente a este carregamento igual a 26,1 mm, o que equivale a 14,5% do diâmetro da estaca.

A Tabela 3 apresenta os deslocamentos verticais obtidos para carregamentos equivalentes a 50% da carga máxima.

Tabela 3. Deslocamentos verticais referentes a 50% das cargas máximas obtidos por meio dos ensaios conduzidos

Tipo	Estaca	50%PC (kN)	$\rho_{50\%PC}$ (mm)	$\rho_{50\%PC}/\phi$ (%)
Raiz	R1	455	2,49	0,6
	R2	490	2,51	0,6
	R3	455	2,77	0,7
Escav.	E1	300	4,46	1,1
	E2	300	4,80	1,2
H.C	H1	350*	4,62*	1,2
	H2	350*	5,14*	1,3
H.D.	O1	525*	3,7*	1,0
P.M.	P1	100	0,8	0,4

Onde: 50%PC=carga referente a 50% da carga máxima, $\rho_{50\%PC}$ =deslocamento vertical referente a 50% da carga máxima.

Por meio da Tabela 3 constata-se que, de uma forma geral, os deslocamentos observados para carga referente a 50% da máxima situaram-se entre 0,4 e 1,3% do diâmetro das estacas ensaiadas.

5.2 Determinação e comparação entre os valores de r_L obtidos

Uma vez obtidas as cargas máximas de cada estaca e assumindo-se que estas equivalem integralmente a resistência lateral total (Q_L), foram calculados os valores de atrito unitário lateral (r_L) considerando-se a área lateral de cada estaca ensaiada. Para as estacas hélice contínua e de deslocamento ($\hat{\omega}$), os valores de r_L foram obtidos utilizando-se as cargas máximas estimadas por meio do método de *Van der Veen* (1953). A Figura 9 apresenta os valores obtidos.

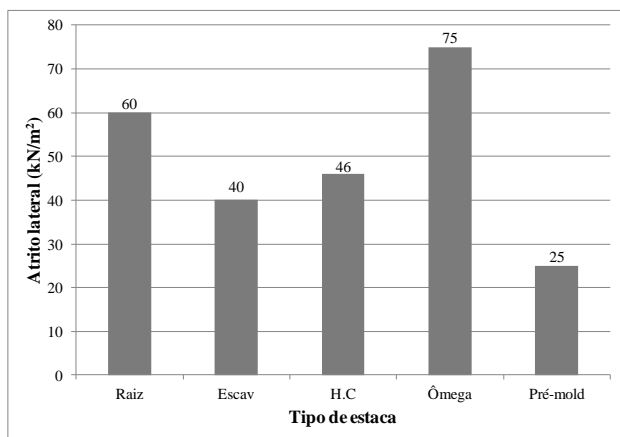


Figura 9. Comparação entre os valores de atrito lateral obtidos por meio dos ensaios conduzidos.

De acordo com a Figura 9 percebe-se que a estaca hélice de deslocamento foi a que apresentou maior valor de r_L em relação às demais estacas estudadas. As estacas hélice contínua e escavada apresentaram uma diferença de r_L de aproximadamente 14 % entre ambas. A estaca raiz apresentou, após a estaca hélice de deslocamento, o maior valor de r_L , enquanto que a estaca pré-moldada apresentou menor valor.

São apresentados na Tabela 4 os valores de r_L obtidos por meio desta pesquisa e os valores de atrito lateral médio de estacas semelhantes (executadas em mesma época e mesmas dimensões) submetidas à esforços de compressão executadas por Nogueira (2004), Albuquerque (2001) e Albuquerque *et al.* (2000) no mesmo campo experimental em estudo. Deve-se salientar que as provas de carga citadas possuíam mesmos critérios de ruptura que as estacas estudadas nesta pesquisa, ou seja, considerou-se como carga máxima de cada

estaca àquela em que não havia mais estabilização dos deslocamentos verticais. A Figura 10 apresenta uma comparação entre os valores de r_L obtidos.

Tabela 4. Comparação entre os valores de r_L obtidos para esforços de tração e compressão.

Tipo	$r_{L\text{compressão}}$ (kN/m ²)	$r_{L\text{tração}}$ (kN/m ²)	$r_{L\text{tração}}/r_{L\text{compressão}}$
Raiz	62 ⁽¹⁾	60	0,97
Escav.	45 ⁽²⁾	40	0,88
H.C	57 ⁽²⁾	46	0,81
H.D.	86 ⁽²⁾	75	0,87
P.M.	28 ⁽³⁾	26	0,92

Onde: ⁽¹⁾Nogueira (2004), ⁽²⁾Albuquerque (2001), ⁽³⁾Albuquerque *et al.* (2001)

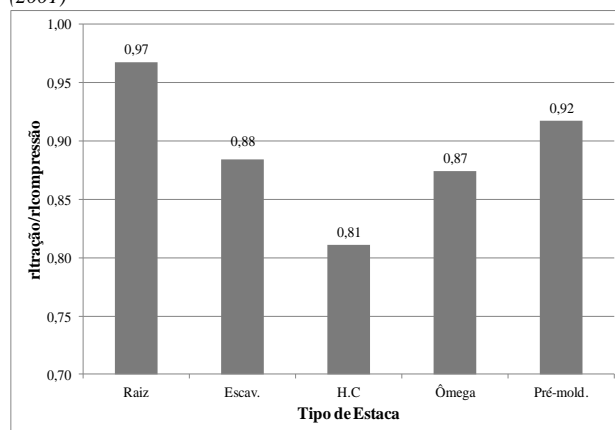


Figura 10. Comparação entre os valores de $r_{L\text{tração}}/r_{L\text{compressão}}$.

Observa-se por meio da Tabela 4 e da Figura 10 que os valores de $r_{L\text{tração}}/r_{L\text{compressão}}$ para as estacas estudadas foram superiores a 80 % do valor referência (compressão). Dentre todas, a estaca hélice contínua foi a que apresentou o menor de $r_{L\text{tração}}/r_{L\text{compressão}}$ (0,81). As estaca raiz e pré-moldada apresentaram valores de $r_{L\text{tração}}/r_{L\text{compressão}}$ mais próximos à unidade, ou seja, 0,97 e 0,91 respectivamente.

6. CONCLUSÕES

Com base no que foi apresentado neste trabalho podem ser feitas as seguintes conclusões:

a) A estaca tipo hélice de deslocamento foi a que apresentou maior valor de resistência lateral (r_L) dentre as estacas ensaiadas no campo experimental em estudo. Este comportamento pode ser explicado devido ao seu processo executivo. A estaca hélice de deslocamento é executada sem a retirada de solo, com seu trado deslocando o solo circundante ao fuste. Desta

forma, pode assumir que redução da descompressão lateral e compressão lateral do solo, durante a execução, influenciaram significativamente na obtenção de uma melhorias do atrito no contato estaca/solo;

b) Considerando todas as estacas estudadas, verifica-se que o deslocamento médio referente à carga 50% PC foi equivalente a 0,9 % do diâmetro da estaca. Tal valor indica o baixo deslocamento necessário do elemento de fundação para a mobilização desta carga;

c) Comparando-se os valores $r_{Ltração}$ com valores de $r_{Lcompressão}$ (admitindo-se ruptura no contato estaca-solo nas estacas tracionadas) obtidos para as estacas raiz, hélice de deslocamento, escavada, hélice contínua e pré-moldada de concreto verificou-se que o valor médio de $r_{Ltração}/r_{Lcompressão}=0,90$, ($sd=0,06$, coeficiente de variação = 6,5%). Dessa maneira conclui-se que a resistência lateral das estacas tracionadas estudadas nesta pesquisa equivaleu em média a 90% da resistência lateral das mesmas estacas quando comprimidas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade Nove de Julho, a Universidade de Campinas (Unicamp) e a Paschoalin&Versolatto Engenharia Consultiva pelo apoio dado neste trabalho.

REFERÊNCIAS

Albuquerque, P.J.R., Carvalho, D. Ferreira, C.V. (2000) *Capacidade de carga de estaca pré-moldada de concreto em solo residual de diabásio submetida a esforços de tração*, Brasil. In: Seminário de Engenharia de Fundações Especiais, IV, 2012. São Paulo/Brasil. *Anais...São Paulo, ABEF-ABMS*, v1. p341-348.

Albuquerque, P.J.R. (2001) *Estacas escavadas, hélice contínua e ômega: estudo do comportamento à compressão em solo residual de diabásio, através de provas de carga instrumentadas em profundidade*. Tese de Doutorado. Escola Politécnica / USP. São Paulo. 263p.

Associação Brasileira de Empresas de Engenharia de Fundações e Geotecnia (1999). *Manual de Especificações e procedimentos*. São Paulo. 282p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR-12131/1992: Estacas-Ensaio de carga estática-Método de Ensaio*. Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR-6122/1996: Projeto e Execução de Fundações*. Rio de Janeiro.

Beringen, F.L, Windle, D., Van Hooydonk, W.R (1979). Results of loading tests on driven piles in sand. Recent developments in the designs and construction of piles. *Institute of Civil Engineering (ICE)*, Londres, p213-225

Brinch Hansen, F.L (1968). A theory for skin friction on piles, *Bulletin of the Danish Geotechnical Institute*, n.25, p5-12.

Campelo, N.S (1994) *Comportamento de estacas submetidas a esforços de tração em solo colapsível*. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos ,139p.

Carvalho, D. (1991) *Análise de cargas últimas à tração de estacas escavadas instrumentadas em campo experimental de São Carlos*. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos , 204p.

Danziger, F.A.B. (1983) *Capacidade de carga de fundações submetidas a esforços verticais de tração*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro , 331p.

De Nicola, A., Randolph, M.F. (1993). Tensile and compressive shaft capacity pile in sand, *Journal of Geotechnical Engineering*, ASCE, Vol. 119, p. 883-898.

Nogueira, R.C.R. (2004) *Comportamento de estacas tipo raiz, instrumentadas, submetidas à compressão axial em solo de diabásio*. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 204p.

Orlando, C, Maffei, C.E (2000) *Comparação entre a resistência de atrito lateral na tração e na compressão de estacas em areias, através de modelos físicos*, Brasil. In: Seminário de Engenharia de Fundações Especiais, 4, São Paulo/Brasil. *Anais...São Paulo, ABEF-ABMS*, v2.p. 150-160.

Orlando, C. (1999) *Contribuição ao estudo da resistência de estacas tracionadas em solos arenosos: Análise comparativa da resistência lateral na tração e na compressão*. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo,322p.

Orlando, C. (1985) *Fundações submetidas a esforços verticais axiais de tração: Análise de provas de carga de tubulões em areias porosas*. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 235p.

Paschoalin Filho, J.A.; Albuquerque P, J, R, (2012) *Aplicação do método de Van der Veen (1953) para a estimativa das cargas de ruptura de estacas raiz tracionadas executadas em solo poroso de diabásio*, Brasil. In: Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, XV, 2012. Porto de Galinhas/Brasil. *Anais...São Paulo, ABMS*, cd rom.

Paschoalin Filho, J.A.; Carvalho, D (2010) *Fundações de construções submetidas a esforços de tração em solo de alta porosidade da região de Campinas/SP. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola. Jaboticabal. Março-Abril.v30, n.2.*

- Paschoalin Filho, J.A.; Albuquerque, P.J.R.; Carvalho, D.; Nogueira, R.C.R. (2008) *Comportamento à tração de estacas tipo raiz executadas em solo de diabásio, típico da região de Campinas, Brasil*. In: Congresso Luso Brasileiro de Geotecnia, 4, 2008. Porto/Portugal. *Anais...*São Paulo, ABMS, cd rom.
- Paschoalin Filho, J.A. (2008) *Estudo do comportamento à tração axial de diferentes tipos de estacas executadas em solo de diabásio da região de Campinas*. 425p. Tese (Doutorado). Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 425p.
- Poulos, H.G. (2011).The De Mello Foundation Engineering Legacy. *Revista Soils and Rocks*.v34. n1.32p.
- Tejchman, A. (1971). Skin friction on model pile driven in sand, *Danish Geotechnical Institute, DGI Bulletin*, n.29, p.5-26.
- Van der Veen, C. (1953) The bearing capacity of a pile. In: *Procedures of Third International Conference of Soil Mechanics and Foundation Engineering*. Zurich *Proceedings...*v.2 , p 84-90.