



Obtenção e comparação de curvas equivalentes de uma prova de carga bidirecional em estacas escavadas

Narayana Saniele Massocco, Msc.

Universidade de Brasília, Brasília, Brasil, nsaniele@gmail.com

Julia Bellozupko Bruschi, Acad.

Instituto Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, juliabellozupko10@gmail

Fábio Krueger da Silva, Dr.

Instituto Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, fabio.krueger@ifsc.edu.br

RESUMO: A comunidade geotécnica vem buscando novas respostas com emprego de ensaios que fielmente representem a efetividade da interação solo-fundação. Com base nisto, este trabalho objetivou-se comparar e obter valores de capacidade de carga por meio de uma prova de carga com célula expansiva hidrodinâmica bidirecional em uma estaca escavada circular com 130 cm de diâmetro. As análises foram possíveis a partir de um ensaio SPT, e uma prova de carga bidirecional localizados em um depósito na região de Niterói – RJ. Para poder comparar e obter valores de capacidade suporte, os dados da prova de carga bidirecional foram transformados em curvas equivalentes à convencional e, os foram empregados os seguintes métodos: sem a consideração do encurtamento por Silva (1989), considerando encurtamento por Massad (2015) e Falconi e Maset (2016). As capacidades de carga última das curvas equivalentes foram obtidas pelo método de Davisson (1972), pois foi o mais adequado ao comportamento das três curvas. Por fim, os resultados mostraram que as capacidades últimas determinadas através das curvas equivalentes obtidas, em relação aos métodos semi-empíricos, considerando os valores mais próximos às suas respectivas cargas foram os determinados pelo método de Teixeira (1996), e os valores semi-empíricos variaram entre 1% e 40% abaixo dos referentes às provas de cargas equivalentes.

PALAVRAS-CHAVE: Método semi-empírico, capacidade de carga, estacas escavadas, ensaios bidirecionais.

1 INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios da engenharia de fundações por exigir, na teoria, a estimativa das propriedades do solo, e a percepção do mecanismo de interação solo-estaca é a previsão da capacidade de carga.

As fundações profundas são empregadas quando o subsolo tem baixa capacidade de suporte e se tem necessidade em transmitir cargas elevadas ao solo. Assim, torna-se necessário compreender o comportamento de estacas submetidas a carregamentos. O

entendimento da interação solo-estrutura e métodos de cálculo são fundamentais neste processo. Esses processos, fomentam a necessidade de análise mais precisa e detalhada, principalmente com respeito à capacidade de carga das fundações.

A metodologia semi-empírica pode apresentar discrepâncias entre os valores teóricos e reais, pois são conservadores por natureza. Desta forma, para uma análise detalhada de projeto, há a necessidade de realização de provas de cargas para verificar o realístico comportamento da fundação e



comprovar seu desempenho. A toda essa problemática, e vários casos de empreendimentos mal sucedidos, as normas e a própria sociedade de engenharia verificaram a necessidade de exigir um estudo mais condizente com a realidade. A própria norma NBR 6122 (ABNT, 2010) passou a exigir a obrigatoriedade de provas de carga estática em pelo menos 1% de 100 estacas, podendo ser substituídas na proporção de cinco ensaios dinâmicos para cada prova de carga estática, com ao menos uma prova de carga estática.

A ideia de executar provas de carga é justificada porque estas servem de referência para uma melhor compreensão do comportamento da estaca e seu respectivo recalque quando carregada, além de possibilitar a previsão de carga de ruptura através dos métodos da literatura. Atualmente as mais utilizadas são provas de cargas estáticas convencionais e ensaios de carregamento dinâmicos.

Outra forma de avaliação da capacidade de carga ocorre através de provas de cargas estáticas com células expansivas hidrodinâmicas, os chamados ensaios bidirecionais, conhecidos internacionalmente como *O-Cell test*. Este ensaio, que corresponde ao objeto deste trabalho, diferencia-se do convencional porque as células são posicionadas internamente na estaca, e são engastadas na armação, sendo concretadas junto com a estaca. Posteriormente à concretagem e cura, através de um sistema de injeção hidráulica, a célula é expandida e faz-se com que o fuste reaja contra a ponta da estaca. Este fato possibilita analisar os deslocamentos na ponta e no fuste da estaca e, assim, obter duas curvas carga x recalque, que permitem a identificação dos domínios de transferência de carga pela ponta e pelo atrito lateral da estaca, podendo ser combinadas em uma única curva.

Esta tecnologia requer uma análise diferenciada em relação aos resultados obtidos por provas de cargas estáticas, pois

diferentemente da obtenção de uma curva carga *versus* recalque, o ensaio bidirecional fornece duas curvas: uma em relação ao fuste e outra em relação à ponta, comumente chamada de ponta fictícia, por incorporar o trecho de fuste abaixo da célula e a ponta real da estaca. Por esta razão, diversos autores elaboraram métodos para obter curvas equivalentes às de uma prova de carga estática a partir das curvas do ensaio bidirecional.

Os métodos, dentre outras hipóteses, podem considerar o encurtamento elástico (estacas compressíveis) ou não considerar esta ocorrência (estacas infinitamente rígidas). Os estudos iniciais do ensaio definiram o método chamado de “tradicional” (Silva, 1983; Osterberg, 1995), que supõe a estaca infinitamente rígida. Dessa forma, resulta em deslocamentos menores que os reais, especialmente em casos de estacas longas compressíveis. Posteriormente, outros métodos foram desenvolvidos, considerando o encurtamento como: Alonso e da Silva (2000), England (2005), que utiliza as formulações de England (2005), Falconi e Maset (2016) que aplicam o método de Massad (2015), e Dada e Massad (2018) com base no modelo Coyle e Reese (1966), dentre outros.

A partir desta discussão, surge a problemática desta pesquisa: a) Como se comportam as curvas equivalentes com a consideração do encurtamento e sem a consideração do encurtamento?; b) Qual(is) método(s) semi-empírico(s) que corresponde(m) aos valores mais próximos às cargas de ruptura?

Dessa forma, o presente trabalho tem por objetivo comparar e obter a capacidade de carga última em estacas do tipo escavada, resultantes de curvas equivalentes a partir dos resultados de uma prova de carga bidirecional (130 cm de diâmetro) e um ensaio *Standard Penetration Test* (SPT).



2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Método Silva (1983, 1986): Sem encurtamento

Para converter as curvas bidirecionais em curva única carga-recalque da estaca, que também se denomina de curva ajustada, seguem-se os passos (SILVA, 1983): a) Verificar na curva deslocamento do topo (fuste), qual carga equivale ao recalque x ; b) Procurar na curva carga-recalque da base (fuste+ponta), qual carga provocou o mesmo recalque x ; c) Plotar a curva final da estaca obtida por meio da somatória de cargas, que provocaram o mesmo deslocamento do topo e da base.

Diante do proposto por Silva (1983) a interpretação dos ensaios bidirecionais com as células expansivas vem sendo bastante debatida, principalmente quanto à combinação das duas curvas obtidas no ensaio (fuste e ponta) em transpor em uma única curva carga x recalque, o qual representa toda a estaca. A metodologia de Silva (1983, 1986) é usual, esta por sua vez pode ser demasiadamente simplificada, pois Massad (2015) pode não conduzir a resultados satisfatórios devido a não consideração do encurtamento elástico.

2.1 Massad (2015) e Falconi e Maset (2016): consideração do encurtamento

A proposta de Massad (2015) resume-se em obter uma curva equivalente à prova de carga estática considerando o encurtamento da estaca ao ser aplicada uma carga sobre a mesma. A análise utiliza o coeficiente c de Leonards e Lovell (1979), que correlaciona a distribuição média do atrito lateral transferido pelo fuste e o atrito lateral total, para um carregamento realizado no topo (ensaio estático convencional) conhecido como fator c conforme equação (1).

$$c = \frac{\sum (Al - \bar{Al})}{Al \times L} \quad (1)$$

Onde: L é o comprimento do fuste (profundidade da *expancell*); \bar{Al} é o atrito lateral médio distribuído ao solo entre duas profundidades (z_1 e z_2 , z_3 e z_4 , z_{n-1} e z_n); Al atrito lateral.

No entanto, para provas de cargas bidirecionais, o sentido das distribuições das cargas ocorre de forma oposta às convencionais. Assim para as correlações na metodologia de Massad (2015) convencionou-se o uso do coeficiente c' , definido na equação (2).

$$1 = c + c' \quad (2)$$

A partir da definição de c' , Massad (2015) chegou na seguinte definição de encurtamento em provas de carga bidirecionais (equação 3):

$$\Delta e_{bid} = c' \times \frac{A_l}{K_r} \quad (3)$$

Para considerar o encurtamento, e definir o valor de y'_p , os dados dos ensaios bidirecionais fornecem três alternativas: caso o deslocamento ascendente for medido no topo da *expancell* deve-se diminuir o deslocamento pelo encurtamento, se o deslocamento for apenas pelo topo da estaca, por deflectômetros ou transdutores de deslocamento, o recalque definido será somado com o encurtamento. No caso de fornecerem valores de topo da estaca e *expancell* o encurtamento dar-se-á pela diferença do topo da estaca com o da célula e não precisará utilizar a equação (3).

O método consiste em somar as cargas Al e Q'_p dos trechos acima da célula e abaixo da célula para uma mesma magnitude de deslocamento y'_p no topo e na ponta da estaca. Assim a carga (P_0) no topo da estaca é definida pela equação (4).

$$P_0 = Al + Q'_p \quad (4)$$

Para obter o deslocamento do topo da estaca (y_0), simulando carregamentos de cima para baixo, deve-se somar o recalque assumido para a ponta (y'_p) com o encurtamento elástico do fuste, dado pela equação (5).



$$y_0 = y'_p + \Delta e_{bid} \times \frac{c}{c'} + \frac{Q'_p}{K_r} \quad (5)$$

Quando não houver medidas de encurtamento elástico, Massad (2015) sugere a obtenção do coeficiente c através da distribuição de atrito lateral último dada por métodos semi-empíricos, com uso do SPT, resultando em valores aproximados.

Falconi e Maset (2016) aplicaram o método de Massad (2015), porém, esclareceram que o intuito não foi simular a curva carga x recalque equivalente do topo da estaca. Entende-se que os autores buscaram avaliar o comportamento da estaca em uma situação mais desfavorável que a real de carregamento (na carga de trabalho, aplicada de cima para baixo). Esta situação “extrema” ocorre através da consideração do encurtamento elástico correspondente a uma peça estrutural não confinada, ou seja, desprezando a presença do solo no entorno do fuste, submetida a uma carga P , dado pela equação 6.

$$\Delta e = \frac{P \times L}{E \times S} \quad (6)$$

Onde: P é a carga aplicada; L : comprimento da peça; E : módulo de elasticidade do concreto; S : Área da seção transversal.

Em outras palavras, Falconi e Maset (2016) consideraram o coeficiente c' de Massad (2015) igual a zero e c de Leonards e Lovell (1979) igual a 1,0 e, com esses valores, obtiveram as curvas carga-recalque equivalentes através do Método de Massad (2015), dado pelas Equações 4 e 5.

3 MATERIAIS E MÉTODO

Para obter a capacidade de carga última da estaca, as etapas de análise e desenvolvimento da pesquisa iniciam-se a partir de dois ensaios: uma prova de carga bidirecional e um ensaio SPT. O ensaio SPT será o utilizado para prever a capacidade de carga pelos métodos semi-empíricos, e a prova de carga bidirecional é a utilizada para medir a capacidade de suporte

última do solo.

Os valores da capacidade de carga obtidos pela prova de carga bidirecional fornecem os dados de referência, os quais serão comparados com os métodos semi-empíricos (previstos). Dessa maneira será possível comparar e verificar quais métodos semi-empíricos são mais próximos à capacidade de carga última estimada através dos resultados da prova de carga bidirecional.

3.1 Perfil estratigráfico e prova de carga bidirecional

O perfil da estaca ensaiada está indicado na Figura 2, com a indicação da posição célula de carga expansiva. É uma estaca escavada mecanicamente, com camisa metálica guia, com utilização de fluido estabilizante no trecho sem revestimento. A Estaca possui 30 metros de comprimento e 1,3m de diâmetro, sendo a célula hidrodinâmica posicionada a 24 metros de profundidade.

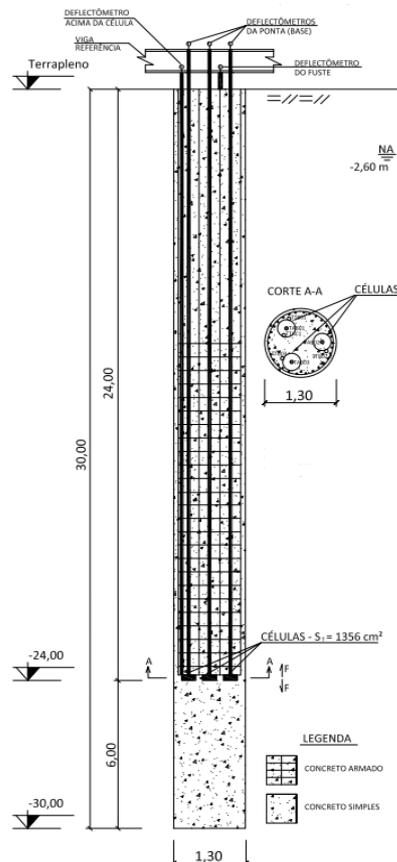


Figura 2. Perfil geológico-geotécnico da prova de carga bidirecional. Fonte: Arcos Engenharia de solos (2015)



Observa-se, na Figura 3, o perfil estratigráfico resultante do ensaio SPT realizado próximo à estaca. O subsolo é composto, inicialmente, por uma camada de 3,80m de aterro argilo-arenoso com pedregulhos, seguida de areia argilosa até 11,80 metros. A partir desta profundidade, o solo é argiloso ou argilo-arenoso. Neste perfil o solo índices SPT aproximadamente em geral crescentes com a profundidade (com N_{spt} de 1 a 4 nas camadas arenosas mais superficiais e N_{spt} 's maiores que 15 nas camadas argilosas).

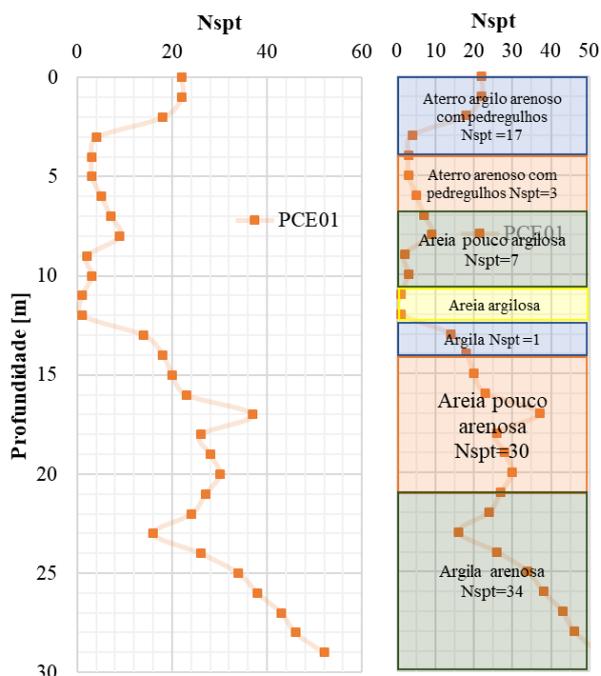


Figura 3. Perfil estratigráfico a partir de ensaios SPT.
 Fonte: Os Autores

O ensaio bidirecional foi do tipo rápido, seguindo as prescrições do item 3.5.3 da norma NBR 12131 (ABNT, 2006), em estágios iguais e sucessivos, com carga máxima final de aproximadamente 5150,30 kN. A Figura 4 corresponde aos resultados do ensaio da prova de carga bidirecional, o qual é o objeto principal da análise.

3.2 Métodos Semi-empíricos

Inicialmente, foram feitas previsões de capacidade de carga através de métodos semi-

empíricos que utilizam os valores de N_{spt} , utilizando-se os dados da sondagem apresentada na Figura 3. Os métodos semi-empíricos utilizados nesta pesquisa foram: Aoki e Velloso (1975) (AV), Décourt e Quaresma (1978) (DQ), Lobo *et al.* (2009) (UF), Velloso (1979) (PPV) e Teixeira (1996) (AHT).

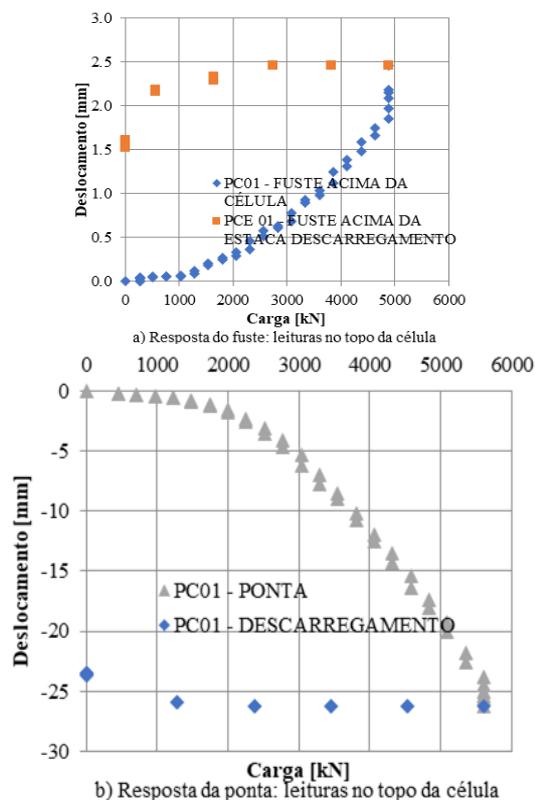


Figura 4. Curvas carga-recalque da prova de carga bidirecional deste estudo.

Para este trabalho, optou-se por obter capacidade de carga admissível, ou seja, foram encontrados valores de capacidade de carga e divididos por fatores de segurança especificados para cada método utilizado. A Tabela 1 corresponde aos métodos e seus respectivos fatores de segurança adotados com base na recomendação dos autores.

As legendas das correspondem: Aoki e Velloso (1975) (AV), Décourt e Quaresma (1978) (DQ), Lobo *et al.* (2009) (UF), Velloso (1979) (PPV) e Teixeira (1996) (AHT).



Tabela 1. Fatores de segurança adotados

Método	Resistência lateral	Resistência de ponta
AV	2	2
DQ	1,3	4
PPV	2,5	2,5
AHT	2	2
UF	2	2

3.3 Capacidade de Carga última

Inicialmente, anterior à análise da curva bidirecional, encontraram-se as funções $A_l = f(y_f)$ e $Q_p = f(y_p)$ que correspondem respectivamente que correspondem respectivamente aos trechos do atrito lateral e da “ponta fictícia” (incluindo o atrito lateral do trecho abaixo da célula mais a resistência de ponta real) que melhor definem o comportamento dessas curvas. O objetivo foi facilitar o processo de análise de obtenção das curvas equivalentes. Estas funções foram definidas por hipérbolas, conforme Chin (1970) e Fleming (1992), e funções rígido-elásticas de Cambefort (1964)..

Para a análise, apoiados nos dados de ensaios bidirecionais obtidos, formam-se curvas equivalentes aos ensaios estáticos convencionais obtidos para duas situações: sem consideração e com consideração do encurtamento elástico.

Utilizou-se a metodologia tradicional de Silva (1983) para obtenção das curvas equivalentes sem a consideração do encurtamento. A curva equivalente considerando a adição da parcela de encurtamento foi construída pela metodologia de Massad (2015), utilizando-se os coeficientes c e c' conforme sugerido pelo próprio autor, ou sugerido por Falconi e Maset (2016).

3.4 Comparação dos valores previstos e medidos

Com base nos resultados de capacidade carga admissíveis pelos métodos semi-empíricos e os

resultados de capacidade suporte a partir das curvas equivalentes é possível compará-los e verificá-los. Com os valores determinados, foi possível correlacionar os valores medidos com os previstos. Para uma melhor visualização (Figura 5), os resultados foram colocados em gráficos, e a partir da visualização é possível designar os valores encontrados em: superestimados, subestimados ou conservadores (MASSOCCO, 2018).

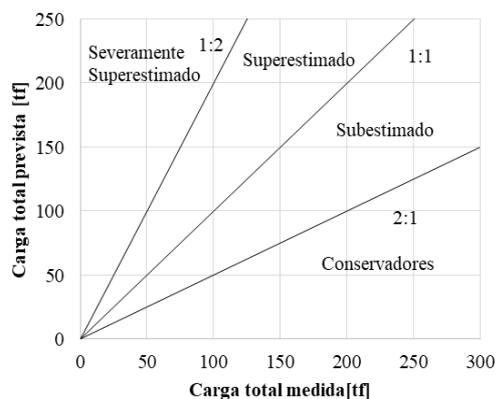


Figura 5. Análise dos resultados em faixas de estimativa. Fonte: MASSOCCO (2018)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Capacidade de carga admissível: Métodos semi-empíricos

Os perfis estimados de capacidade de carga da estaca PC01, através dos métodos semiempíricos, são exibidos na Figura 6. Percebe-se que a distribuição do atrito lateral último com a profundidade é definida por valores superiores à média pelo método de Teixeira (1996), porém, nos trechos entre 12 e 24 metros e 25 e 30 metros Décourt e Quaresma (1978) evidenciam-se; os valores inferiores à média correspondem aos métodos de Aoki e Velloso (1975) entre 0 e 15 metros e a partir dos 15 metros o método de Lobo *et al.* (2009) são os extremos inferiores a média.

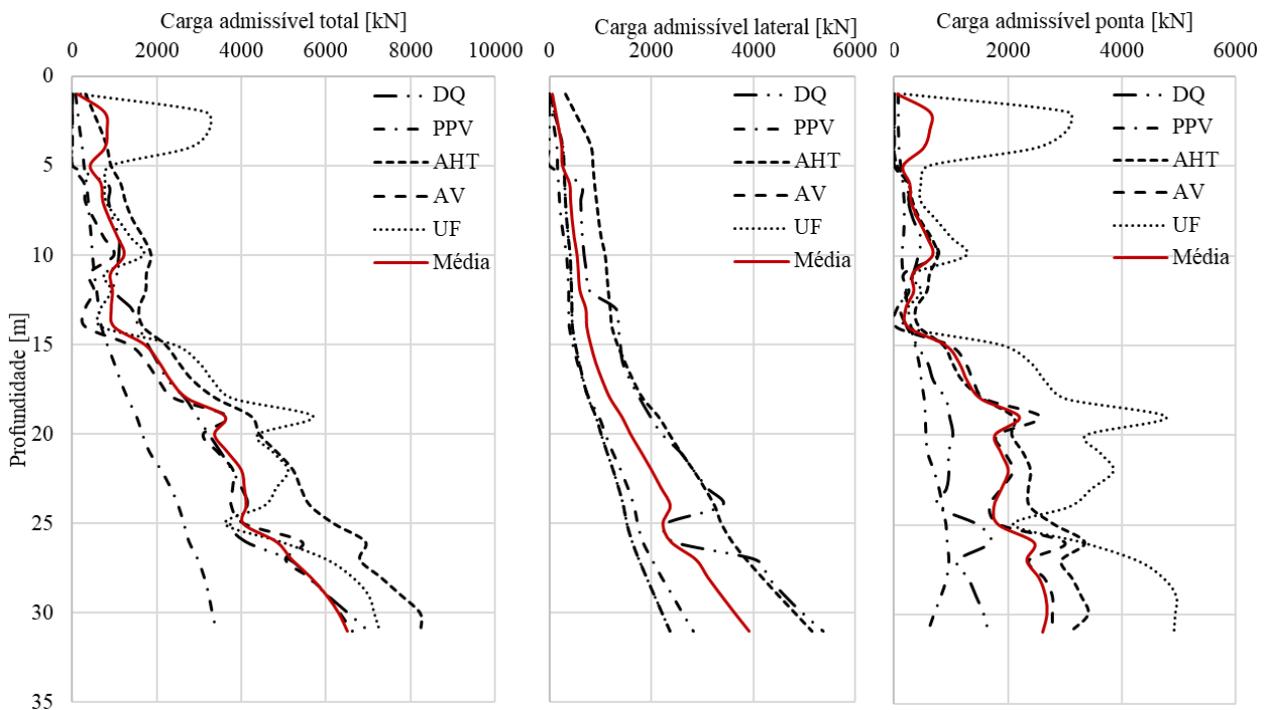


Figura 6. Capacidade suporte de acordo com a profundidade a partir dos métodos semi-empíricos. Fonte: Os Autores

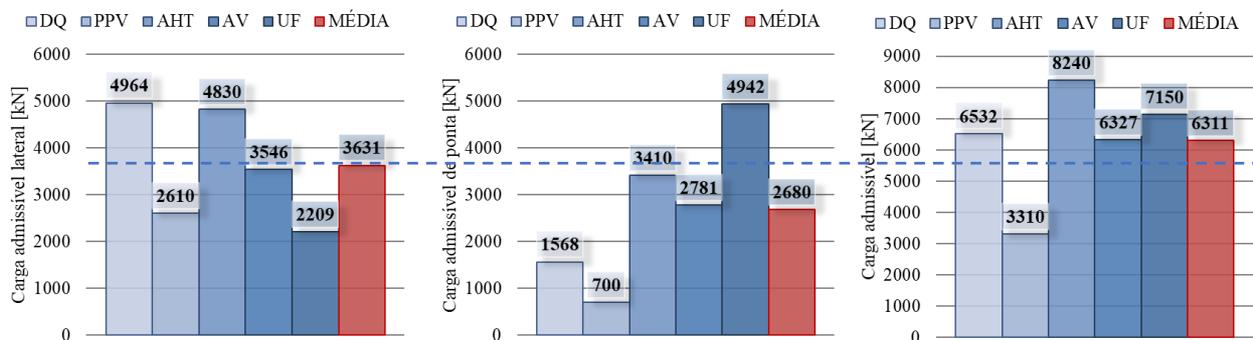


Figura 7. Capacidade suporte obtida pelos métodos semi-empíricos em 30 metros a partir dos ensaios SPT mais próximos. Fonte: Os Autores

A resistência de ponta relaciona-se com valores extremos superiores à média resultantes do método de Lobo (2009) (com exceção da profundidade entre 10 e 15 metros que é evidenciado pelo método de Teixeira), os valores de resistência inferiores à média variam entre os métodos de Aoki e Velloso (1975) e o método de Lobo *et al.* (2009).

A capacidade de carga total admissível da PC01 (Figura 6) é definida por valores superiores à média onde estes variam entre os

métodos de Lobo *et al.* (2009) (UF) nos trechos de 0 a 5 metros e 15 a 20 metros, e em outras profundidades (5 a 15 metros, 20 a 30 metros) o método de Teixeira (1996) (AHT) possui maiores valores de capacidade suporte em relação à média. No entanto, valores de capacidade total inferiores à média estão definidos pelo método de Velloso (1979) e Aoki e Velloso (1975).

No entanto sabe-se que a capacidade da estaca é definida pela somatória das cargas de atrito lateral até o trecho final da fundação, mais



a resistência de ponta, que se situa na profundidade de 30 metros. Assim, se observa, na Figura 7, as capacidades de carga admissíveis estimadas pelos quatro métodos citados, para a profundidade total da estaca. Houve uma variação da carga total de 3310 kN (método de Velloso) a 8240 pelo método de Teixeira (1996). Os altos valores de capacidade admissível (maiores que 3000 kN) devem-se ao diâmetro de 130 cm, sendo que, quanto maior o diâmetro, maior a área de contato com o solo e a capacidade de distribuição das tensões.

4.2 Funções para cada trecho da Prova de carga bidirecional

A Função definida para o trecho do fuste através da metodologia de Chin (1970) e Fleming (2002) corresponde à equação 1. Na Figura 7 percebe-se a disposição da função em relação aos dados experimentais da prova bidirecional que corresponde ao trecho do fuste.

$$Q = \frac{y_f \times 1000}{1,54 y_f + 0,54} \quad (1)$$

Onde: y_f é o deslocamento [mm]; Q é a carga [kN].

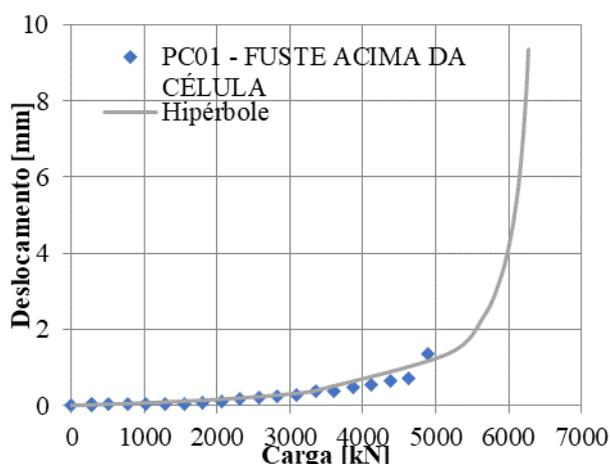


Figura 8. Definição da hipérbole para o trecho do fuste. Fonte: Os Autores

No entanto, a função admitida para o trecho da ponta corresponde a dois intervalos. Para valores de Q entre 0 e 225kN a função admitida

é hiperbólica conforme equação 2.

$$Q = \frac{10000 \times y_f}{0,9916 \times y_f + 3,96}$$

Para todo Q, $0 < Q \leq 225$ (2)

Para o trecho correspondente aos valores maiores que 225 kN, segue a equação (3):

$$Q = -0,0068 \times y_f + 14,321$$

Para todo Q, $Q > 225 \text{ kN}$ (3)

A Figura 9 consiste no gráfico da ponta fictícia. Percebe-se o deslocamento de 26 mm e carga com 5610 kN, e estes por sua vez não apresentam sinal de ruptura.

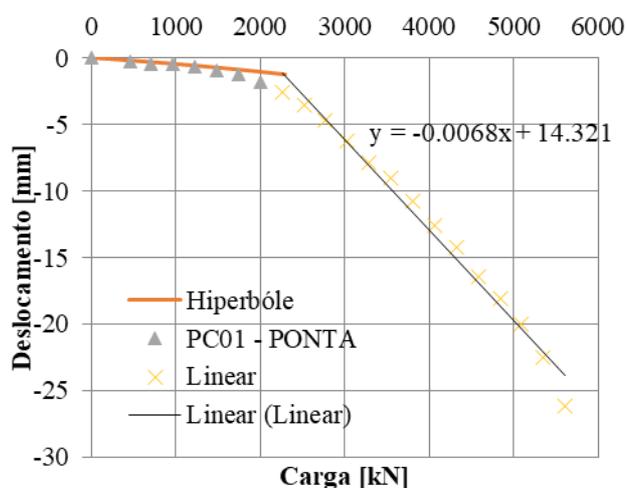


Figura 9. Definição das funções para o trecho da ponta fictícia. Fonte: Os Autores

4.3 Definição das Curvas equivalentes

A Figura 10 corresponde as curvas equivalentes definidas pelos métodos de Silva (1983, 1986), Massad (2015) e Falconi e Maset (2016).

A partir destes três resultados, percebe-se que a curva obtida pela metodologia de Massad (2015) indica ruptura para a carga de 10500 kN. O método desenvolvido por Silva (1983, 1986) fornece uma curva com valores menores de deslocamento, isto ocorre devido a não consideração do encurtamento. No entanto, como o método de Falconi e Maset (2016) é



baseado no intuito de avaliar o comportamento da estaca em situação "extrema" a favor da segurança unicamente através da adição do encurtamento teórico, nota-se portanto conservador em relação aos outros métodos, fato este considerável coerente com o definido na revisão de literatura.

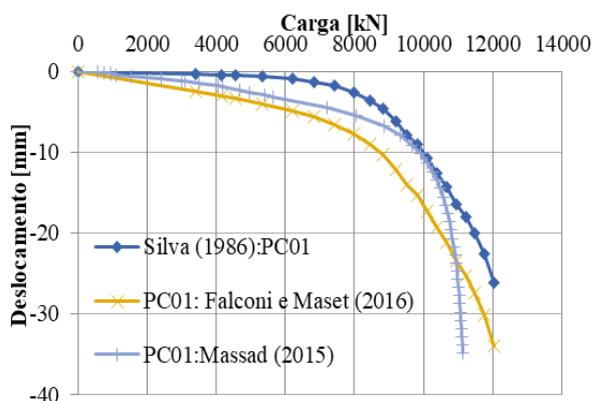


Figura 10. Curvas equivalentes definidas pela prova de carga bidirecional. Fonte: Os Autores

4.4 Capacidade de carga

A carga de ruptura admissível admitida neste trabalho é a desenvolvida por Davisson (1972), esta foi a escolhida visto que é um método clássico de estimativa, independentemente do formato das curvas carga-recalque.

Obteve-se o valor de 10900 kN de capacidade suporte através das curvas de Massad (2015) e Falconi e Maset (2016). No entanto, para a curva equivalente sem a consideração do encurtamento (Silva, 1986), a carga admissível encontrada foi de 11800 kN.

A Figura 11 corresponde aos valores definidos pelos métodos semi-empíricos, Falconi e Maset (2016) e Massad (2015) (FMeM) e o método de Silva (1986).

Nesta análise percebe-se que o método empírico de Teixeira (1996) é o que mais se aproxima aos valores definidos nesta pesquisa. Em relação aos estudos de Falconi e Maset (2016) e Massad (2015), o método de Teixeira se encontra 24,4% abaixo desta tensão

admissível adotada. No entanto, não admitindo o encurtamento, por Silva (1986) este valor torna-se 30,17%. Com relação a esta análise, para um melhor entendimento a Figura 11 e 12 mostram as correspondentes relações entre os valores medidos (definidos pela prova de carga), e os valores previstos empiricamente.

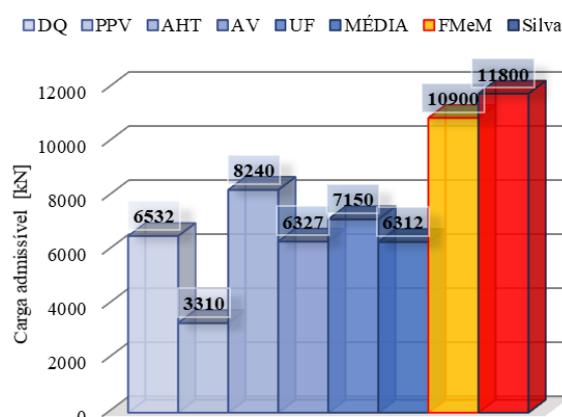


Figura 11. Relação medido *versus* previsto pelo métodos. Fonte: Os Autores

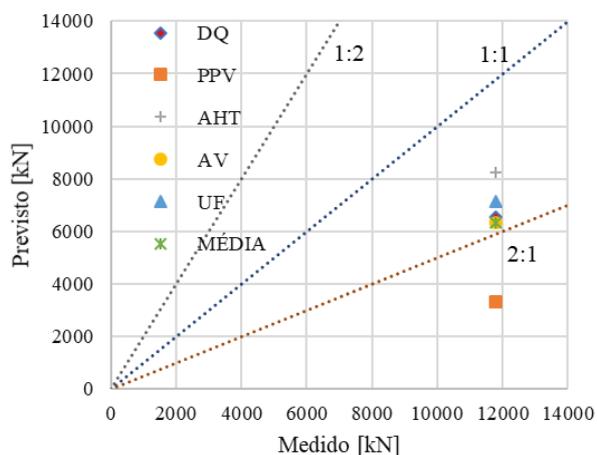


Figura 12. Relação medido *versus* previsto pelo método de Silva (1986). Fonte: Os Autores

As Figuras 12 e 13 elucidam e comprovam que os resultados estão na faixa de valores subestimados e conservadores. O método de Velloso (1979) é o mais conservador, e, o método de Teixeira (1996) aparece como o mais próximo da relação 1:1, em seguida do método



de Lobo *et al.* (2009).

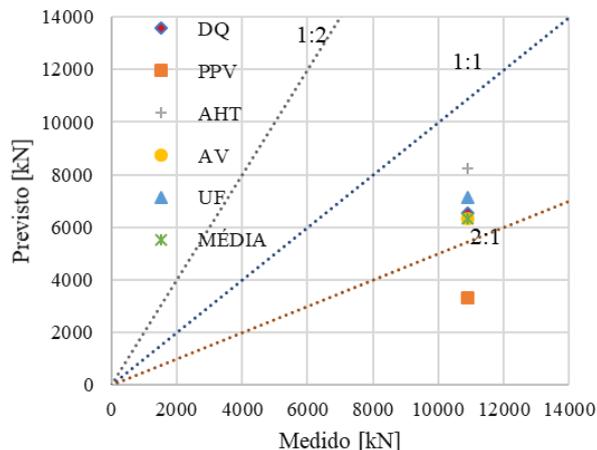


Figura 13. Relação medido *versus* previsto pelo método Massad (2015) e Falconi e Maset (2016). Fonte: Os Autores

5 CONCLUSÕES

A partir da confrontação dos resultados de ensaios de prova de carga convencional e prova de carga bidirecional conduzidos em estacas escavadas com os tradicionais métodos de capacidade de carga perceberam-se significativas diferenças entre os valores estimados aos obtidos pelos ensaios de campo. Com a realização destas análises as principais conclusões extraídas, válidas para o tipo de estaca e condições de solo desta pesquisa, são:

- Na comparação de capacidade de carga das estacas os métodos de Teixeira (1996) e Lobo *et al.* (2009) superestimaram as resistências em algumas profundidades. Enquanto métodos de Aoki Velloso (1975) e Decourt-Quaresma (1978) apresentam resultados inferiores.
- A capacidade de carga por atrito lateral apresenta valores mais próximos da média para todos os métodos, enquanto a resistência de ponta mostra mais variações.

- Na capacidade de carga total o método de Teixeira (1996) foi o que apresentou maior diferença em relação a média.
- Com os resultados dos ensaios de campo, a pesquisa indica duas funções para interpretação da relação carga x deslocamento, respectivamente, para carga lateral e carga de ponta.
- Na análise das curvas equivalentes, a curva obtida através de Massad (2015) possui uma maior evidência de ruptura, a curva de Silva (1989) fornece uma curva com valores menores de ruptura, isto ocorre devido a não consideração do encurtamento e Falconi e Maset (2016) é conservador em relação aos outros métodos, fato este considerável coerente com o definido na revisão de literatura.
- Os métodos apresentaram diferenças importantes quando se considera ou não o encurtamento da estaca. Nesta análise o método de Teixeira (1996) é o que mais se aproxima dos dados desta pesquisa.
- Na comparação entre aos valores previstos pelo métodos e os valores medidos pelos ensaios mostram-se que os métodos são subestimados e conservadores.

Ressaltam-se as limitações desta pesquisa no que se refere aos tipos e números de estacas ensaiadas, bem como, as condições particulares do solo da região.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento a Arcos pelas informações disponíveis e pela ajuda na contribuição da melhoria na Pesquisa Científica.

REFERÊNCIAS

- ABNT (2010). NBR 6122. Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro. 91 p.
- Aoki, N.; Velloso, D. A. (1975) An approximate method to estimate the bearing capacity of piles. V Congresso Panamericano de Mecânica De Suelos Y Cimentaciones – Passmfé, Buenos Aires, V5, p. 367-



374.

- Chin, F.K. (1970). Estimation of the ultimate load of piles not carried to failure, 2nd Southeast Asian Conference on Soil Engineering, SEAGS/ University of Singapore, Singapore, p. 81-90.
- Décourt, L; Quaresma, R. A. (1978). Capacidade de carga de estacas a partir de valores de SPT. In: Congresso Brasileiro de mecânica dos solos e engenharia de fundações, ABMS, Rio de Janeiro.
- Lobo, B. O.; Schnaid, F.; Odebrecht, E.; Rocha, M. M. (2009). Previsão de capacidade de carga de estacas através do conceito de transferência de energia no SPT. Geotecnia, v. 115, p. 5-20, 2009.
- Massad, F. (2015). On the Interpretation of the Bidirectional Static Load Test, Soils & Rocks, ABMS/ SPG, Vol. 38-3, p. 249-262.
- Teixeira, A. H. (1996). Projeto e execução de fundações. 3º Seminário de Engenharia de Fundações especiais e Geotecnia, São Paulo, n. 1, p. 33-50.