

Estudo Comparativo de Métodos de Previsão da Capacidade de Carga de Estacas Tipo HCM – Hélice Contínua Monitorada

Lúcio Flávio da Silveira Matos, Dr. Eng. Civil

Universidade Regional de Blumenau - FURB, Blumenau, Brasil, luciusmats@gmail.com

Abrahão Bernardo Röhden, Dr. Eng. Civil

Universidade Regional de Blumenau - FURB, Blumenau, Brasil, abrcivil@gmail.com

Jean Michael Oliveira, Eng. Civil

Universidade Regional de Blumenau - FURB, Blumenau, Brasil, jm_bnu@hotmail.com

RESUMO: Com as restrições crescentes de leis municipais ao uso de estacas cravadas no meio urbano no Estado de Santa Catarina, as estacas HCM – Hélice Contínua Monitorada – tem ganhado a primazia, todavia é deficiente a publicação de estudos quanto a adoção de métodos de previsão da sua capacidade de carga com dados geotécnicos locais. O presente estudo da pesquisa refere-se essencialmente a uma comparação de confiabilidade e precisão dos resultados obtidos por sete métodos de previsão da capacidade de cargas de estacas tipo HCM, com base nos resultados *in situ* de provas de carga e de ensaios de prospecção geotécnica que constam do banco de dados de Alonso (2000a, 2000b, 2002, 2004), com dezoito (18) estacas testadas por compressão em Santa Catarina. Assim, a partir dos dados das características geométricas da estaca, assim como o perfil do subsolo obtido por sondagens tipo SPT e, em alguns casos, SPT-T, foram aplicados os métodos semiempíricos de Aoki & Velloso (1975), Décourt & Quaresma (1978, modificado em 1996), Antunes & Cabral (1996), Alonso (1996), Vorcara & Velloso (2000), Kárez & Rocha (2000), e Gotlieb et al. (2000). Também foram aplicados alguns ajustes propostos aos métodos originais, com base em estudos de outros pesquisadores. Com os resultados dos melhores ajustes de cada método, foram eleitas a confiabilidade e a precisão como os principais critérios para análise, tendo-se criado ainda um sistema de pontuação para melhor comparar os métodos de previsão. Com o sistema de pontuação aplicado, com uma Nota Final N_f de 0 a 24, com base na precisão (nota máxima igual a 16) e confiabilidade (nota máxima igual a 8), foi possível verificar a seguinte ordem decrescente de preferência para os métodos semiempíricos de previsão da capacidade de carga de estacas HCM em solos do Estado de Santa Catarina: Kárez e Rocha (2000), com $N_f = 19,4$; Décourt et al. (1996), com $N_f = 17,8$; Aoki e Velloso (1975) (usando Monteiro, 1997), com $N_f = 16,1$; Vorcara e Velloso (2000), com $N_f = 16,0$; Gotlieb et al. (2000), com $N_f = 14,7$; Alonso (1996), com $N_f = 14,6$; e Antunes e Cabral (1996), com $N_f = 11,9$. Destaque-se que alguns softwares comercializados no mercado adotam métodos semiempíricos de previsão da capacidade de carga de estacas HCM que pela presente pesquisa se mostraram de mais baixa pontuação, portanto, menos preferíveis.

PALAVRAS-CHAVE: Estacas, Hélice contínua monitorada, Métodos semiempíricos, Capacidade de carga.

1 INTRODUÇÃO

Uma edificação de forma geral é constituída de uma superestrutura (lajes, vigas e pilares) que distribui as cargas para a infraestrutura (fundação) que, por sua vez, distribui o

carregamento ao subsolo. Entre as fundações mais utilizadas no Brasil destacam-se as fundações superficiais (sapatas, blocos, etc.) e fundações profundas (estacas, tubulações, etc.).

No grupo das fundações profundas destaca-se a estaca tipo HCM – Hélice Contínua

Monitorada – que é uma tecnologia recente, cada vez mais utilizada nos grandes centros urbanos, devido à rapidez de execução e a pequena geração de ruídos e vibrações. A estaca HCM é uma estaca de concreto moldada “*in loco*”, que consiste na perfuração do solo através de um trado contínuo, até à profundidade projetada, e consequente injeção de concreto pelo interior da haste do trado, à medida que este é retirado.

A crescente adoção de estacas HCM exige maior número de estudos sobre o assunto da previsão da sua capacidade de carga, principalmente, porque o seu dimensionamento tem-se fundamentado sobretudo em métodos semiempíricos cuja formulação se apoia em dados estatísticos.

No presente estudo estima-se a capacidade de carga de dezoito estacas por sete métodos semiempíricos, comparando-se os resultados de previsão com as resistências de estacas HCM executadas em Santa Catarina e submetidas a provas de carga, sendo possível classificar o desempenho dos métodos de previsão, em termos de confiabilidade e precisão.

Em suma, o presente trabalho sintetiza os resultados de uma pesquisa norteada pelo seguinte objetivo geral: avaliar a confiabilidade e a precisão da estimativa da capacidade da carga de estacas tipo HCM por fórmulas semiempíricas, em função dos resultados de resistência N_{SPT} , em função de resultados experimentais obtidos em provas de carga em obra.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Segundo Magalhães (2005) os métodos semiempíricos são os mais utilizados no Brasil para previsão da capacidade de carga de estacas, através de correlações que se baseiam, em sua maioria, no ensaio SPT e diferem essencialmente na estimativa das parcelas de atrito lateral e de resistência de ponta.

Serão apresentados, a seguir, de forma sintética, alguns métodos tradicionais mais usados no Brasil para a previsão da capacidade de carga de estacas, em geral, assim como métodos específicos aplicáveis a estacas hélice contínua monitorada, que serão analisados neste

trabalho.

2.1 Métodos Tradicionais

2.1.1 Método de Aoki & Velloso (1975)

No método proposto originalmente, as parcelas de carga última de ponta e de atrito lateral eram avaliadas em função da tensão de ponta medida do ensaio de penetração do cone (CPT). Posteriormente, as fórmulas foram adaptadas para os resultados do ensaio SPT.

O método calcula a carga última das estacas como a soma das parcelas de resistência de ponta e de atrito lateral, em função do tipo de solo e do tipo de estaca.

O método deve ser usado para as estacas estudadas pelos autores, ou seja: estacas tipo Franki, pré-moldadas, metálicas e escavadas com lama bentonítica.

2.1.2 Método de Décourt & Quaresma (1978)

Os autores apresentaram um método de previsão da carga última de estacas a partir do valor de N do ensaio SPT.

O método foi originalmente estabelecido para estacas de deslocamento, sendo realizadas posteriormente extensões com o objetivo de se adequar a outros tipos de estacas. A parcela de atrito lateral é estimada somente em função da resistência N_{SPT} , sem considerar o tipo de solo. Já a parcela de ponta, inclui um coeficiente que considera adicionalmente a tipologia do solo, classificado resumidamente em argila, silte argiloso, silte arenoso e areia.

Mais recentemente também foi adequado aos resultados do ensaio SPT-T, através do conceito de N_{eq} . Segundo Décourt (1991), N_{eq} é definido como o valor do torque, em kgf.m, dividido por 1,2.

2.2 Métodos Específicos para Estacas HCM

2.2.1 Método de Antunes & Cabral (1996)

Antunes & Cabral (1996) apresentaram um método para previsão da capacidade de carga em estacas HCM a partir do índice de resistência a penetração do ensaio SPT, com base em nove provas de carga de estacas com

diâmetro de 35, 50 e 75 cm, e considerando simplesmente três tipos de solo – argila, silte e areia – ao longo do fuste da estaca.

2.2.2 Método de Alonso (1996)

Este método foi estabelecido usando-se os ensaios SPT-T – sondagens à percussão com medida de torque – sendo proposto inicialmente em 1996 para a Bacia Sedimentar Terciária da cidade de São Paulo, sendo reavaliado em 2000 para solos de duas novas regiões geotécnicas distintas: formação Guabirotuba e cidade de Serra-ES.

A resistência lateral é estimada em função da adesão calculada a partir do torque máximo $T_{\text{máx}}$ (em kgf.m) e da penetração total (em cm) do amostrador, no ensaio de SPT-T. A resistência de ponta é estimada a partir de duas médias dos valores do torque mínimo T_{min} , nos trechos de oito diâmetros acima e três diâmetros abaixo da ponta da estaca.

Para o caso de não se dispor de ensaios SPT-T, o autor aconselha adotar as seguintes correlações estatísticas: $T_{\text{máx}} = 1,2N_{\text{SPT}}$ e $T_{\text{min}} = N_{\text{SPT}}$. Todavia, neste caso, coloca a ressalva que antes de serem aplicadas estas correlações em locais diferentes daqueles em que foram realizados os testes originais, deve-se inicialmente verificar a sua validade e ajuste por resultados de alguns testes SPT-T e SPT, para então serem usados somente resultados de SPT, sem torque.

2.2.3 Método de Décourt & Quaresma Modificado (1996)

Décourt et al. (1996) propuseram uma mudança no método de Décourt & Quaresma (1978) visando a sua aplicação a novos tipos de estacas, incluindo HCM. A mudança proposta inclui duas fórmulas diferentes para estimar valores da resistência da estaca, sendo adotado o menor como o mais conveniente.

2.2.4 Método de Kárez & Rocha (2000)

O método de Kárez & Rocha (2000) foi desenvolvido a partir dos resultados de 38 provas de carga de estacas hélice contínua monitoradas e de sondagens à percussão SPT,

realizadas nas regiões Sul e Sudeste do país, fornecendo fórmulas de previsão das resistências de ponta e atrito lateral das estacas HCM analisadas. A carga última é obtida pela soma das parcelas de atrito lateral e de ponta.

2.2.5 Método de Vorcaro & Velloso (2000)

A partir do banco de dados organizado por Alonso (2000a), os autores estabeleceram, probabilisticamente, por princípios de regressão linear múltipla, uma formulação que permite prever a carga última em estacas hélice contínua monitorada.

Foram selecionados pelos autores os dados em que a maior carga aplicada durante a prova de carga estática atingisse, no mínimo, $0,70P_{\text{últ}}$, onde $P_{\text{últ}}$ é a carga última estimada em função do N_{SPT} . Para o cálculo da carga última foi estabelecida uma limitação de valores de N_{SPT} inferiores a 50 para o fuste e N_{SPT} inferiores a 75 golpes para a ponta.

2.2.6 Método de Gotlieb et al. (2000)

A partir de dados recolhidos e analisados por Penna et al. (1999), Gotlieb et al. (2000) propuseram uma formulação baseada em uma sistemática da tensão admissível a ser aplicada no topo de uma estaca tipo hélice contínua.

Posteriormente, de posse do banco de dados reunidos por Alonso (2000a), Gotlieb et al. (2002) desenvolveram uma análise de confirmação de validade desta técnica, baseada em um conjunto de 99 provas de carga estáticas. Os autores concluíram que o método de previsão proposto se mostrou válido em 100% dos casos, com ocorrência de recalques inferiores a 20 mm nas cargas admissíveis ou de trabalho das estacas.

3 METODOLOGIA

3.1 População e Amostra

A análise do presente trabalho baseou-se num banco de dados de Alonso (2000a, 2000b, 2002, 2004), com resultados de provas de carga estáticas em estacas hélice contínua monitorada e sondagens SPT, incluindo 275 estacas, das

quais 202 foram à compressão, 51 à tração e 22 em carregamento horizontal. Para fins do estudo realizado foram utilizadas exclusivamente as provas de carga em compressão no Estado de Santa Catarina, com um total de dezoito (18) estacas testadas.

O banco de dados fornece as características geométricas da estaca (diâmetro e comprimento), assim como as informações do seu comportamento carga-recalque, além do perfil geológico obtido em sondagens tipo SPT e, em alguns casos, SPT-T, realizadas nas proximidades das provas de carga.

Na Tabela 1 são apresentadas a localização as características geométricas e a carga máxima de ensaio das provas de carga (PC) realizadas no estado de SC. As provas de carga de PC-19, PC-62 e PC-65 constam na publicação de Alonso (2000a), as provas de carga PC-01A, PC-02A, PC-03A, PC-04A, PC-05A, PC-06A, PC-07A, PC-08A, PC-12A e PC-13A constam em Alonso (2004) a PC-15B, PC-34B, PC-35B, PC-36B e PC-37B constam em Alonso (2002).

Tabela 1. Características das 18 provas de carga de SC (Alonso, 2000a, 2000b, 2002, 2004).

PC	Cidade	D (cm)	L (m)	L/D	Carga máxima do ensaio (kN)
19	Florianópolis	50	12,85	25,70	2.000
62	Blumenau	60	16,57	27,62	2.000
65	Florianópolis	70	6,21	8,87	1.960
01A	Barra Velha	50	28	56,00	2.020
02A	Barra Velha	50	28	56,00	2.020
03A	Barra Velha	50	28	56,00	2.020
04A	Barra Velha	30	10	33,33	410
05A	Barra Velha	50	27,5	55,00	2.550
06A	Barra Velha	35	25	71,43	1.220
07A	Barra Velha	35	25	71,43	1.080
08A	Barra Velha	50	24,5	49,00	2.020
12A	S.Fco. do Sul	50	20,5	41,00	2.400
13A	Florianópolis	50	12,5	25,00	2.600
15B	São José	50	21	42,00	2.020
34B	S.Fco. do Sul	50	17	34,00	2.260
35B	S.Fco. do Sul	50	17	34,00	2.110
36B	S.Fco. do Sul	50	13,5	27,00	1.650
37B	S.Fco. do Sul	40	14,5	36,25	1.220

Com utilização da ferramenta Excel foram realizadas as estimativas da capacidade de carga das estacas, com base no banco de dados, pelos métodos semiempíricos de Aoki & Velloso (1975), Décourt & Quaresma modificado (Décourt et al., 1996), Antunes & Cabral (1996), Alonso (1996), Vorcaro & Velloso

(2000) Kárez & Rocha (2000) e Gotlieb et al. (2000).

3.2 Procedimentos de Análise dos Dados

A análise estatística da precisão das estimativas dos métodos semiempíricos estudados foi também realizada com o software Excel.

Devido a grande diferença nos resultados de previsão da capacidade de carga pelos métodos e os resultados das provas de carga foram descartadas duas estacas PC-62 e PC-04A, sobrando um grupo de 16 estacas analisadas.

A comparação dos sete métodos avaliados baseou-se na análise dos melhores ajustes, em termos de confiabilidade e precisão. A previsão confiável é a que um valor abaixo do resultado da prova de carga. Para o critério de precisão foi definido como o método mais preciso aquele que mais se aproxima do valor da capacidade de carga de cada estaca; assim, os resultados das previsões foram divididos em quatro faixas, os que ficaram a 10%, a 15%, a 20% e a 25%, acima ou abaixo, dos valores da capacidade de carga medida na prova de carga.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Confiabilidade dos Métodos

Na Tabela 2 são apresentados os dados referentes a confiabilidade dos métodos estudados.

Tabela 2. Confiabilidade dos métodos.

Métodos	Abaixo da prova de carga	Acima da prova de carga	Confiabilidade (%)
Aoki & Velloso	12	4	75,0
Décourt & Quaresma	9	7	56,3
Antunes & Cabral	16	0	100,0
Alonso	11	5	68,8
Vorcaro & Velloso	8	8	50,0
Karez & Rocha	13	3	81,3
Gotlieb	7	9	43,8

Dentre os métodos analisados o único que atendeu a 100% de confiabilidade foi o de Antunes & Cabral (1996). Verifica-se ainda que os métodos de Kárez & Rocha (2000) e Aoki & Velloso (1975) (usando Monteiro, 1997)

atingiram um nível de confiabilidade bom, acima de 75%, o método de Alonso (1996) e Décourt & Quaresma (1996) apresentaram um resultado razoável, acima de 50%. Os demais métodos não tiveram um bom resultado, não possuindo mais de 50% de confiabilidade nos resultados; na Figura 1 são ilustrados os resultados da confiabilidade.

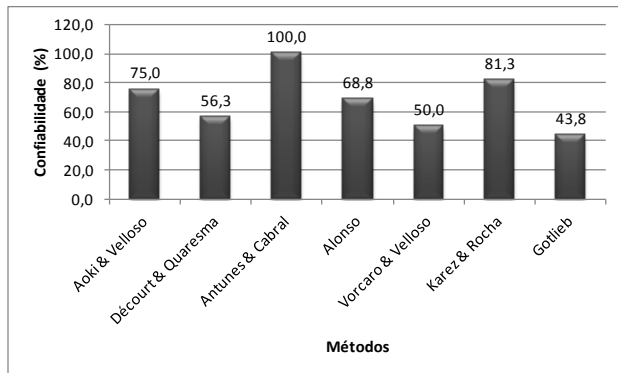


Figura 1. Confiabilidade dos métodos (Fonte: Autor).

4.2 Precisão dos Métodos

Vale ressaltar que não se deve analisar somente a confiabilidade, pois considera-se um bom método de previsão da capacidade de carga aquele que melhor equilibra confiabilidade e precisão. Na Tabela 3 são apresentados os valores referentes a precisão dos métodos.

Tabela 3. Precisão dos métodos.

Métodos	Faixas de Acerto				Total
	± 10%	± 15%	± 20%	± 25%	
Aoki & Velloso	6	3	1	1	11
Décourt & Quaresma	5	7	1	2	15
Antunes & Cabral	0	0	3	2	5
Alonso	5	3	1	1	10
Vorcaro & Velloso	8	1	3	1	13
Karez & Rocha	4	2	8	1	15
Gotlieb	4	1	6	2	13

Analisando os métodos estudados, em termos de precisão, os que apresentaram mais previsões nas faixas de acerto foram os métodos de Décourt & Quaresma modificado (Décourt et al., 1996) e Kárez & Rocha (2000) com 15 previsões, em um grupo de 16 estacas; os métodos de Gotlieb (2000) e Vorcaro & Velloso (2000), com 13 previsões, também tiveram bom desempenho; os métodos de Aoki & Velloso (1975) e de Alonso (1996), com 11 e 10

previsões, respectivamente, apresentaram precisão razoável, e o método de Antunes & Cabral (1996), que se apresentou como o mais confiável, foi o menos preciso com 31,3% de previsões nas faixas de acerto. Na Figura 2 são apresentados as porcentagens da precisão dos sete métodos.

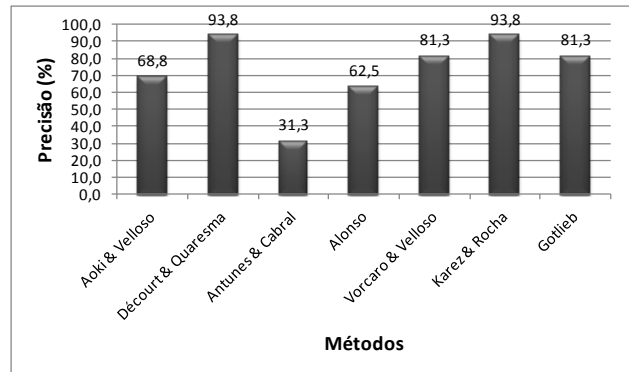


Figura 2. Precisão dos métodos (Fonte: Autor).

Todavia, é possível perceber que apesar de os métodos de Décourt & Quaresma modificado (Décourt et al., 1996) e Kárez & Rocha (2000) terem ambos 15 previsões nas faixas de acertos, o método Décourt & Quaresma apresenta 12 previsões na faixa até 15% de precisão contra 6 previsões do método de Kárez & Rocha (2000), portanto, o método de Décourt & Quaresma (1996) deve ser considerado como o de previsão mais exata.

4.3 Pontuação Final de Desempenho

Analisando atentamente os resultados da confiabilidade e da precisão dos métodos, por vezes, aparentemente conflitantes, conclui-se que se mostra muito útil criar um sistema de pontuação, para avaliar comparativamente as suas previsões da capacidade de carga em termos de desempenho total.

O sistema de pontuação criado é o somatório de duas notas N_1 e N_2 .

A obtenção da nota N_1 , concernente a precisão, com um máximo de 16, é conseguida através do somatório dos produtos de um fator redutor pelo número de previsões em cada faixa de acerto. Na faixa de precisão de até $\pm 10\%$ é adotado um fator multiplicador com valor 1, portanto, sem redução; na faixa de $\pm 15\%$, é 0,85; na faixa de $\pm 20\%$, é 0,8; e, na faixa de $\pm 25\%$, é 0,75.

Para a nota N_2 , que se refere ao critério da confiabilidade, a pontuação resulta da divisão do número de previsões confiáveis dividido por 2, o que redonda em nota máxima de 8.

Na Tabela 4 estão apresentados os resultados das somas das notas N_1 e N_2 , expostas anteriormente, resultando na nota final N_f de avaliação do desempenho de cada método de previsão, no intervalo de 0 a 24.

Tabela 4. Desempenho dos métodos.

Métodos	N_1	N_2	N_f
Aoki & Velloso	10,1	6,0	16,1
Décourt & Quaresma	13,3	4,5	17,8
Antunes & Cabral	3,9	8,0	11,9
Alonso	9,1	5,5	14,6
Vorcaro & Velloso	12,0	4,0	16,0
Karez & Rocha	12,9	6,5	19,4
Gotlieb	11,2	3,5	14,7

Mediante o sistema de pontuação definido foi possível verificar que o método que apresentou o melhor desempenho, analisando conjuntamente a confiabilidade e precisão, foi o método de Kárez & Rocha (2000) com $N_f = 19,4$, seguido de Décourt & Quaresma (1996) com $N_f = 17,8$, Aoki & Velloso (usando Monteiro, 1997) com $N_f = 16,1$, Vorcaro e Velloso (2000) com $N_f = 16$, Gotlieb (2000) com $N_f = 14,7$, Alonso (1996) com $N_f = 14,6$, e o pior resultado foi de Antunes & Cabral (1996) com $N_f = 11,9$.

Na Figura 3 está ilustrada a comparação dos valores da nota de desempenho final N_f .

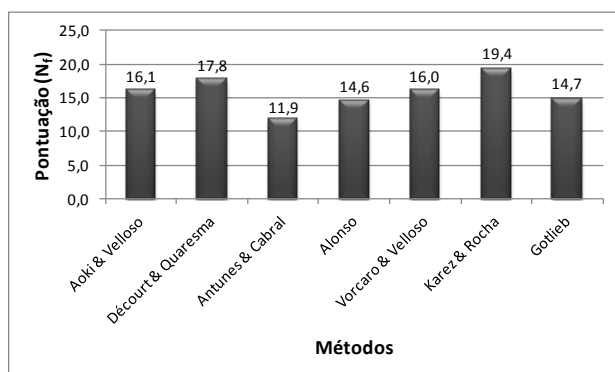


Figura 3. Comparação da pontuação final dos métodos (Fonte: Autor).

5 CONCLUSÕES

Os métodos semiempíricos de previsão da capacidade de carga de estacas do tipo HCM – Hélice Contínua Monitorada a partir de resultados do ensaio de penetração dinâmica SPT são certamente os mais usados na prática da engenharia geotécnica brasileira.

Foi possível concluir que os estudos que propuseram ajustes nos coeficientes originais dos métodos semiempíricos originalmente propostos, como nos casos de Décourt & Quaresma e de Aoki & Velloso, melhoraram consideravelmente o desempenho desses métodos, um exemplo disso foi o método de Aoki & Velloso (1975), que se fosse utilizado com os coeficiente originalmente propostos teria o pior resultado entre todos e com a contribuição de Monteiro (1997) obteve o terceiro melhor resultado. Assim, os valores dos métodos originalmente propostos não foram apresentados, pois, o presente trabalho tinha como objetivo comparar apenas o melhor ajuste encontrado para cada método.

O uso de métodos semiempíricos de previsão da capacidade de carga é quase sempre feita por meio de softwares apoiados em um único ou num número limitado de métodos, porém sem preocupação de otimizar conjuntamente as previsões quanto a precisão e confiabilidade.

Quando se considera exclusivamente a precisão, entre os sete métodos mais usados para a previsão da capacidade de carga de estacas tipo HCM, verificou-se que o método de Décourt & Quaresma, modificado em 1996, foi o que se apresentou mais preciso com a nota de 13,3; seguiram-se Karez & Rocha, com 12,9, Vorcaro & Velloso, com 12, Gotlieb, com 11,2, Aoki & Velloso, com 10,1, e Alonso, com 9,1, na metade superior da escala de 0 a 16. O método de Antunes & Cabral evidenciou a menor precisão, com nota $N_1 = 3,9$.

Por outro lado, quando se considera somente a confiabilidade, ou seja, com previsões seguras, portanto, abaixo da resistência evidenciada nas provas de carga *in situ*, o método de Antunes & Cabral apresenta-se como o mais confiável, atingindo a nota máxima igual a 8. Em termos de previsão conservativa ou confiável, seguem-se os métodos e notas: Karez & Rocha, 6,5; Aoki & Velloso, 6,0; Alonso, 5,5; Décourt & Quaresma modificado, 4,5; Vorcaro & Velloso, 4; e,

Gotlieb, 3,5.

Em termos de otimização do binômio precisão-confiabilidade, mediante o sistema de pontuação aplicado na presente pesquisa, com uma Nota Final N_f de 0 a 24, foi possível verificar a seguinte ordem decrescente de preferência para os métodos semiempíricos de previsão da capacidade de carga de estacas HCM em solos do Estado de Santa Catarina: Kárez e Rocha (2000), com $N_f = 19,4$; Décourt e Quaresma (1996), com $N_f = 17,8$; Aoki e Velloso (1975) (usando Monteiro, 1997), com $N_f = 16,1$; Vorcaro e Velloso (2000), com $N_f = 16,0$; Gotlieb (2000), com $N_f = 14,7$; Alonso (1996), com $N_f = 14,6$; e Antunes e Cabral (1996), com $N_f = 11,9$.

Em uma análise geral os métodos apresentaram resultados bons, com valores muitos próximos, afirmando assim a idoneidade destes métodos, que também garante a segurança para muitos profissionais que utilizam estes métodos em seus projetos de fundações.

Mais concretamente, o método Kárez & Rocha (2000) foi o método de melhor desempenho e que proporcionou um maior equilíbrio entre precisão e confiabilidade, atingindo a excelente marca de 81,3% de previsões confiáveis e 91,8% de precisão das previsões, o que o torna mais recomendável, pois vale ressaltar que os resultados referem-se à previsão da carga última das estacas e que nos projetos de fundações existe ainda a divisão por um coeficiente de segurança, no mínimo, igual a 2, a fim de encontrar a carga admissível.

Destaque-se ainda que as conclusões da pesquisa estão restritas ao número de dezoito estacas analisadas, que foram submetidas a provas de carga estáticas em cinco cidades de Santa Catarina, sendo uma em Blumenau, uma em S. José, três em Florianópolis, cinco em S. Francisco do Sul, e oito em Barra Velha. Uma validação mais consistente das conclusões assumidas recomendaria um número bem maior de provas de carga de estacas HCM, levadas comprovadamente até à ruptura, e em número mais elevado de locais.

Como conclusão final, é de realçar que alguns softwares comercializados no mercado adotam, certamente, baseados na facilidade de aplicação, métodos semiempíricos de previsão

da capacidade de carga de estacas HCM que pela presente pesquisa se mostraram de mais baixa pontuação, por isso, menos preferíveis.

REFERÊNCIAS

- Alonso, U.R. (1996). *Estacas Hélice Contínua com Monitoração Eletrônica: Previsão da Capacidade de Carga Através do Ensaio SPTT*. 3º Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia, São Paulo, 2: 141 - 151.
- Alonso, U.R. (2000a). *Contribuição para a Formação de um Banco de Dados de Provas de Carga Estáticas em Estacas Hélice Contínua*. 4º Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia, São Paulo, 2: 430 - 450.
- Alonso, U. R. (2000b). *Reavaliação do Método de Capacidade de Carga de Estaca Hélice Contínua Proposto por Alonso em 96 Para Duas Regiões Geotécnicas Distintas*. 4º Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia, São Paulo, 2: 425 - 429.
- Alonso, U.R. (2002). *Complementação do Banco de Dados de Provas de Carga Estáticas em Estacas Hélice Contínua*. 12º Congresso de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, São Paulo, 1557 - 1568.
- Alonso, U.R. (2004). *Complementação do Banco de Dados de Provas de Carga Estáticas em Estacas Hélice Contínua*. 5º Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia, São Paulo, 1: 517 - 526.
- Antunes, W.R.; Cabral, D.A. (1996). *Capacidade de Carga de Estacas Tipo Hélice Contínua*. 3º Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia, São Paulo, 2: 105 - 109.
- Aoki, N.; Velloso, D.A. (1975). *An Approximate Method to Estimate the Bearing Capacity of Piles*. V Panamerican Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Buenos Aires, Argentina, 1: 367 - 376.
- Décourt, L. (1991). *Previsão dos Deslocamentos Horizontais de Estacas Carregadas Transversalmente com Base em Ensaio Penetrométricos*. 2º Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia, São Paulo, 2: 340 - 362.
- Décourt, L.; Quaresma Fo., A.R. (1978). *Capacidade de Carga de Estacas a Partir de Valores de SPT*. VI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações, ABMS, 1: p. 45-53.
- Décourt, L.; Albiero, J.H.; Cintra, J.C.A. (1996). *Análise e Projeto de Fundações Profundas*. In Fundações: Teoria e Prática, Hachich, W., Falconi, F., Saes, J.L., Frota, R.G.Q., Carvalho, C.S. & Niyama, S. (eds), Editora PINI Ltda, São Paulo, SP, pp. 265-327.
- Gotlieb, M.; Penna, A.S.D; Romano Jr., R.; Rodrigues, L.H.B (2000). *Um Método Simples para a Avaliação da Tensão Admissível no Topo de Estacas Tipo Hélice Contínua*. 4º Seminário de Engenharia de Fundações

- Especiais e Geotecnia, São Paulo, 1: 312 - 319.
- Gotlieb, M.; Penna, A.S.D.; Romano Jr., R.; Rodrigues, L.H.B. (2002). *Comprimentos Adequados para as Estacas Tipo Hélice Contínua*. 12º Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, São Paulo, 1375 - 1381.
- Kárez, M.B.; Rocha, E.A.C. (2000). *Estacas Tipo Hélice Contínua: Previsão da Capacidade de Carga*. 4º Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia, São Paulo, 1: 274 - 278.
- Magalhães, P.H.L. (2005). *Avaliação dos Métodos de Capacidade de Carga e Recalque de Estacas Hélice Contínua Via Provas de Carga*. 2005. 243 p. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2005.
- Monteiro, P.F. (1997). *Capacidade de Carga de Estacas – Método Aoki – Velloso*. Relatório Interno de Estacas Franki Ltda.
- Penna, A.S.D.; Caputo, A.N.; Maia, C.M.; Palermo, G., Gotlieb, M., Paraíso, S.C.; Alonso, U.R. (1999). *Estaca Hélice-Contínua: Experiência Atual*. ABMS/ABEF Editores, São Paulo.
- Vorcaro, M. C.; Velloso, D.A. (2000). *Avaliação de Carga Última em Estacas Escavadas por Regressão Linear*. 4º SEFE, São Paulo, SP, 2: 331 – 344.