

Previsão de Capacidade de Carga de Estacas Escavadas à Trado Mecanizado e Hélice Contínua na Cidade de Natal-RN

José Lúcio de Almeida Neto
UFERSA, Angicos-RN, Brasil, luciozao_@hotmail.com

Arthur Gomes Dantas de Araújo
UFERSA, Angicos-RN, Brasil, arthur.araujo@ufersa.edu.br

Milány Kárcia Santos Medeiros
UFERSA, Angicos-RN, Brasil, milanymedeiros@gmail.com

Paulo Leite Souza Júnior
UFERSA, Angicos-RN, Brasil, paulo.leite@ufersa.edu.br

RESUMO: Neste trabalho foram feitas análises da previsão da capacidade de carga de estacas através de métodos semiempíricos e de resultados experimentais através de provas de carga estática em estacas escavadas à trado mecanizado e hélice contínua. O estudo foi realizado em quatro locais diferentes na cidade de Natal/RN. As obras foram denominadas neste trabalho como obra A, B, C e D. Nas obras A e B foram executadas estacas Hélice contínua e nas obras C e D estacas escavadas à trado mecanizado. Os perfis de sondagem SPT indicaram camadas de areia fina e média siltosa, seguidas de camadas de areia fina argilosa. O nível do lençol freático foi identificado nas obras B e C em profundidades de 5 metros e 15 metros, respectivamente. Através dos resultados de provas de carga estática, foi estimada a capacidade de carga pelos métodos de Van der Veen (1953), Van der Veen Modificado por Aoki (1976), Décourt (1996) e a NBR 6122/2010. Estes resultados foram comparados com o dimensionamento das estacas através dos métodos semiempíricos de Aoki e Velloso (1975), Teixeira (1996) e Décourt-Quaresma (1982). Dessa maneira, pode-se indicar o método semiempírico que mais se aproximou dos resultados experimentais. Em todas as obras, houveram uma grande variação entre os valores de capacidade de carga obtidos pelos métodos semiempíricos e pelas provas de carga estáticas.

PALAVRAS-CHAVE: Prova de Carga Estática, Estacas, Capacidade de Carga.

1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento dos centros urbanos e do aprimoramento das técnicas construtivas, as edificações tem tornado-se cada vez mais verticais. Nessas obras, em que se têm cargas elevadas ou quando da ocorrência de solos de baixa capacidade de suporte, as solicitações atuantes nas fundações são cada vez maiores.

Assim, é necessário estudar os aspectos geotécnicos da interação solo-estrutura para se ter projetos mais seguros e econômicos.

Conforme Cintra & Aoki (2010) no projeto de fundações submetidas a carregamentos verticais é importante calcular a carga de ruptura das estacas que compõe o elemento de fundação para evitar recalques diferenciais ou até mesmo a ruptura do solo. Por este motivo, as fundações por estacas são tradicionalmente empregadas como elemento estrutural para receberem os esforços solicitantes e distribuir estes esforços no solo.

Conforme Azeredo (1988) as fundações têm como função suportar as cargas provenientes da

superestrutura. São diversos tipos de variáveis a que se deve ter atenção na escolha do tipo de fundação a ser utilizada. As características do subsolo do local, os carregamentos que a edificação irá aplicar no solo, os dados das construções vizinhas, são dados essenciais para se projetar fundações.

De acordo com Cintra & Aoki (2010) a carga de ruptura é comumente estimada por meio de métodos semiempíricos em que se consegue prever a geometria do elemento de fundação mais indicada para projetos mais seguros e econômicos.

Como o ensaio SPT é geralmente o único ensaio de campo comercial, difundiu-se no Brasil a prática de relacionar medidas do N_{spt} diretamente com a capacidade de carga de estacas. Embora, os métodos normalmente adotados constituírem-se em ferramentas valiosas para a engenharia de fundações, é importante reconhecer que, devido a natureza estatística, a validade está limitada à prática construtiva regional e às condições específicas dos casos utilizados em seus estabelecimentos (Schnaid, 2000).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para este trabalho foi fornecido perfis de sondagem SPT realizados conforme indicações da NBR 8036/1983 para as obras que foram objeto de estudo. Em que, por meio destes, foi desenvolvido o cálculo para previsão de capacidade de carga em estacas escavadas hélice contínua e à trado mecanizado. Estes são, na atualidade, os tipos de fundações profundas mais utilizadas na cidade de Natal-RN.

Foram selecionadas quatro obras diferentes, sendo duas executadas estacas hélice contínua denominadas obras A e B e as outras duas executadas estacas à trado mecânico, denominadas obras C e D. Através de métodos semiempíricos e de resultados experimentais através de provas de carga estática, foram analisados e interpretados os resultados de capacidade de carga do sistema solo-estaca.

2.1 Apresentação das obras

Na Tabela 1 abaixo, têm-se um resumo da geometria das estacas de cada obra estudada.

Tabela 1. Parâmetros das Estacas ensaiadas nas PCE's dos empreendimentos.

	Ponta Negra	Areia Preta	Petrópolis	Lagoa Nova
Obra	A	B	C	D
Diâmetro (mm)	600	500	600	400
Comprimento (m)	13	10	10	11

2.1.1 Obra A

Na primeira obra, situada no bairro de Ponta Negra, na cidade de Natal, RN, a fundação foi executada em estacas hélice contínua, com diâmetros variando em estacas de ϕ 500mm e ϕ 600mm todas com comprimento de 13m. A prova de carga estática (PCE) foi realizada em estaca de ϕ 600mm.

Inicialmente, apresentam-se camadas de areia fina e média pouco siltosa até 5m de profundidade. Posteriormente, até 18m encontram-se camadas de areia fina argilosa. Não foi encontrado o nível do lençol freático no terreno.

2.1.2 Obra B

A segunda Obra é um Edifício Residencial, situado no bairro de Areia Preta, na cidade de Natal-RN. Toda a sua fundação foi executada em estacas Hélice Contínua, com diâmetros variando de ϕ 300mm, ϕ 400mm, ϕ 500mm e ϕ 700mm, todas com comprimentos igual a 10m. A Prova de Carga Estática foi executada para uma estaca de ϕ 500mm.

A descrição das camadas de sondagem apresenta que até 8m de profundidade têm-se camadas de areia fina e média argilosa. Posteriormente, até 13m de profundidade foi encontrado camadas de argila arenosa. O lençol freático foi encontrado a aproximadamente 5m de profundidade.

2.1.3 Obra C

A terceira obra é um Edifício Residencial, situado no bairro Petrópolis, na cidade de Natal-RN. Toda a sua fundação foi executada em estacas escavadas à trado mecanizado, com diâmetros variando de ϕ 350mm, ϕ 500mm e ϕ 600mm com comprimentos de 8m para as estacas de diâmetro igual ou inferior a 500mm.

Para as estacas com diâmetro igual à 600mm com comprimento igual a 10m. Foi realizada uma prova de carga estática (PCE) nessa obra em estaca de diâmetro igual a ϕ 600mm.

Através do perfil de sondagem, foi encontrado camadas de areia fina e média até 3m de profundidade. Posteriormente, foi encontrada camadas de areia fina siltosa até 11m de profundidade. Abaixo dessa camada, até 17m de profundidade foi encontrado camadas de areia fina argilosa.

Por fim, foi encontrada camadas de argila arenosa até 20m de profundidade. O nível do lençol freático foi encontrado a aproximadamente 16m de profundidade.

2.1.4 Obra D

A quarta obra é um Prédio Comercial, situado no bairro de Lagoa Nova, na cidade de Natal, RN. Toda a sua fundação foi executada em estacas escavadas à trado mecanizado, com diâmetros de ϕ 300mm e ϕ 400mm, todas com comprimento igual a 11m. Foi realizada uma prova de carga estática nessa obra em estaca de diâmetro igual à ϕ 400mm.

O perfil de sondagem desse terreno apresenta camadas de areia fina siltosa até 2m de profundidade. Posteriormente, foi encontrado camadas de areia fina argilosa. Não foi encontrado o nível do lençol freático no perfil das sondagens neste terreno.

Na Figura 1 têm-se o perfil de sondagem de todas as obras.

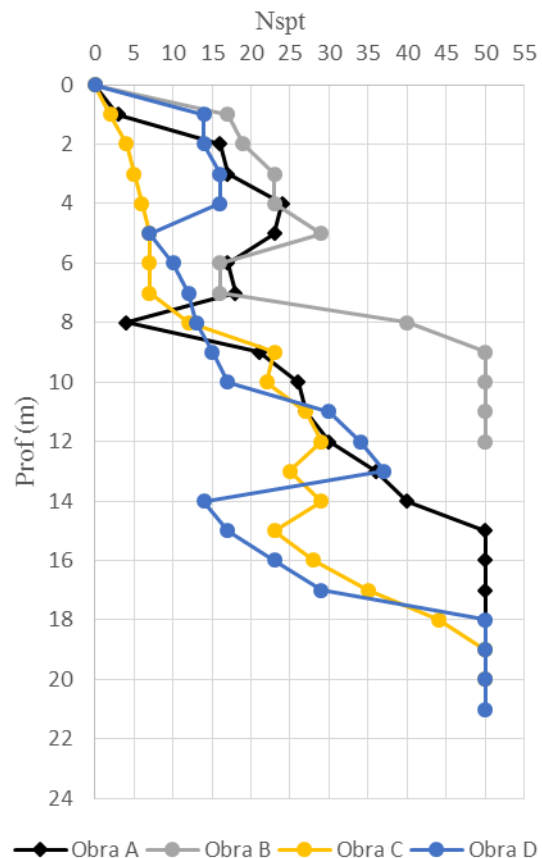


Figura 1. Perfil de sondagem das obras objetos de estudo.

2.2 PROVAS DE CARGA ESTÁTICA

As Provas de carga estática realizadas nessas obras utilizaram tirantes como estaca de reação, o ensaio regido pela norma da ABNT 12.131/2006, em que consiste na aplicação de cargas conhecidas no topo da estaca. São aplicados estágios de carregamentos com a simultânea monitoração dos recalques da estaca, até que haja a ruptura do solo ou a carga máxima estimada para o ensaio seguida do descarregamento. A Figura 2 apresenta um esquema de montagem de uma prova de carga estática.

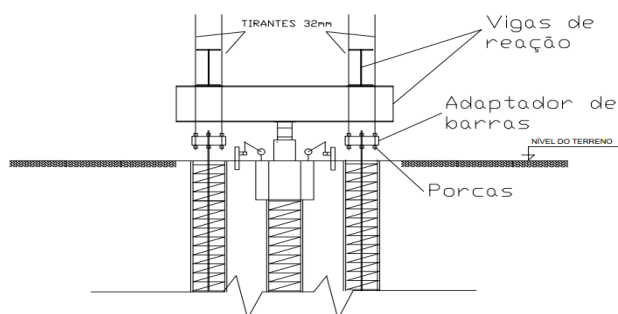


Figura 2. Esquema de uma PCE com toda a aparelhagem necessária.

As curvas carga *versus* recalque das estacas ensaiadas hélice contínua encontra-se na Figura 3. Já as curvas obtidas para as estacas escavadas à trado mecanizado enontram-se na Figura 4. Os valores da capacidade de carga obtidos experimentalmente serão comparados com os resultados de capacidade de carga obtidos pelos métodos semiempíricos.

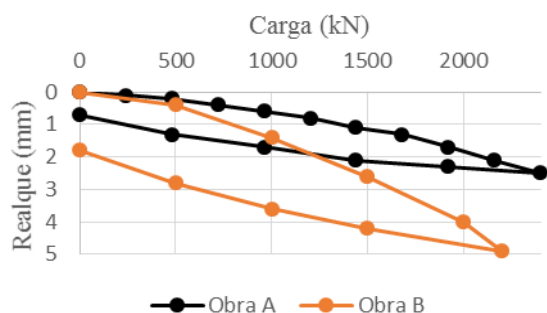


Figura 3. Curva carga *versus* recalque das obras A e B.

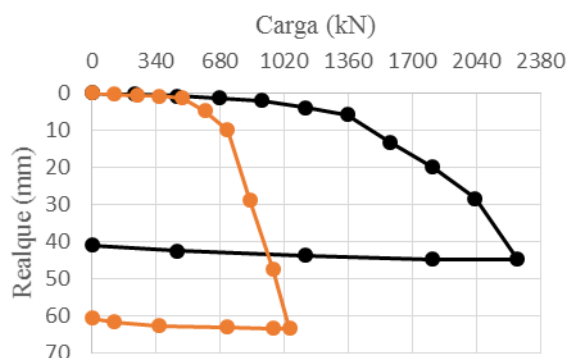


Figura 4. Curva carga *versus* recalque das obras C e D.

Os métodos semiempíricos utilizados para prever a capacidade de carga das estacas foram: Aoki & Velloso (1975), Décourt-Quaresma (1982) e Teixeira (1996). Através das provas de carga estáticas, a capacidade de carga foi estimada pelos critérios de ruptura convencional da NBR 6122/2010, pelo método da rigidez de

Décourt (1996) e pelos critérios de ruptura física de Van der Veen (1953) e Van der Veen modificado por Aoki (1976).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Resultados obtidos para a obra A

As Tabelas 2, 3 e 4 apresentam os resultados obtidos pelos métodos semiempíricos, das previsões de capacidade de carga através das provas de carga estáticas pelos critérios de ruptura física e convencional, respectivamente.

Tabela 2. Resultados obtidos através dos métodos semiempíricos da Obra A.

Obra/ Método	Aoki & Velloso (1975)	Décourt- Quaresma (1982)	Teixeira (1996)
A	2.610 kN	1.486 kN	1.883 kN

Tabela 3. Resultados obtidos através dos critérios de ruptura física da Obra A.

Obra/ Método	Van der Veen (1953)	Van der Veen modificado por Aoki (1976)
A	3.080 kN	3.340 kN

Tabela 4. Resultados obtidos através dos critérios de ruptura convencional da Obra A.

Obra/ Método	Décourt (1996)	NBR 6122/2010
A	4.962 kN	Não foi possível

3.2 Resultados obtidos para a Obra B

As Tabelas 5, 6 e 7 apresentam os resultados obtidos pelos métodos semiempíricos, das previsões de capacidade de carga pelos critérios de ruptura física, e convencional, respectivamente.

Tabela 5. Resultados obtidos pelos métodos semiempíricos da Obra B.

Obra/ Método	Aoki & Velloso (1975)	Décourt- Quaresma (1982)	Teixeira (1996)
B	1.684 kN	920 kN	1.396 kN

Tabela 6. Resultados obtidos conforme os critérios de ruptura física da Obra B.

Obra/ Método	Van der Veen (1953)	Van der Veen modificado por Aoki (1976)
B	2.840 kN	3.450 kN

Tabela 7. Resultados obtidos conforme os critérios de ruptura convencional da Obra B.

Obra/ Método	Décourt (1996)	NBR 6122/2010
B	4.361 kN	Não foi possível

3.3 Resultados obtidos para a obra C

As Tabelas 8, 9 e 10 apresentam os resultados obtidos pelos métodos semiempíricos, das previsões de capacidade de carga pelos critérios de ruptura física, e convencional, respectivamente.

Tabela 8. Resultados obtidos segundo os métodos semiempíricos da Obra C.

Obra/ Método	Aoki & Velloso (1975)	Décourt-Quaresma (1982)	Teixeira (1996)
C	1.061 kN	850 kN	1.048 kN

Tabela 9. Resultados obtidos conforme os critérios de ruptura física da Obra C.

Obra/ Método	Van der Veen (1953)	Van der Veen modificado por Aoki (1976)
C	2.306 kN	1.450 kN

Tabela 10. Resultados pelos métodos de ruptura convencional da Obra C.

Obra/ Método	Décourt (1996)	NBR 6122/2010
C	2.831 kN	1.808 kN

3.4 Resultados obtidos para a obra D

As Tabelas 11, 12 e 13 apresentam os resultados obtidos pelos métodos semiempíricos, das previsões de capacidade de carga pelos critérios de ruptura física, e convencional, respectivamente.

Tabela 11. Resultados obtidos por meio dos métodos semiempíricos da Obra D.

Obra/ Método	Aoki & Velloso (1975)	Décourt-Quaresma (1982)	Teixeira (1996)
D	682 Kn	531 kN	687 kN

Tabela 12. Resultados dos métodos para critério de ruptura física da Obra D.

Obra/ Método	Van der Veen (1953)	Van der Veen modificado por Aoki (1976)
D	1.070 kN	1.100 kN

Tabela 13. Resultados obtidos pelos métodos para obtenção da carga de ruptura convencional da Obra D.

Obra/ Método	Décourt (1996)	NBR 6122/2010
D	1.456 kN	750 kN

A Figura 5 apresenta uma comparação entre os resultados experimentais obtidos.

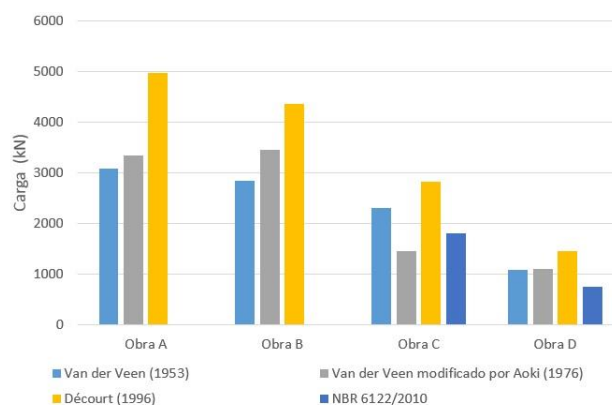


Figura 5. Comparativo entre os métodos de ruptura física e convencional.

Conforme a Figura 5, temos o método de Décourt (1996) com maior valor obtido de capacidade de carga entre os métodos de ruptura física e convencional. A NBR 6122/2010 para as obras que foi possível utilizá-lo, obras C e D, obteve resultado intermediário na obra C, juntamente com o de Van der Veen (1953) e inferior na obra D. Nas obras A e B, O método que obteve menor capacidade de suporte foi Van der Veen (1953), valores intermediários pelo mesmo método modificado por Aoki (1976). Na obra D os métodos de ruptura física obtiveram resultados similares e os de ruptura convencional obtiveram os valores mínimos e máximos, sendo a NBR 6122/2010 o que obteve resultado inferior e o de Décourt (1996) o maior valor.

A Figura 6 apresenta um comparativo entre os métodos semiempíricos de previsão de capacidade de carga de estacas.

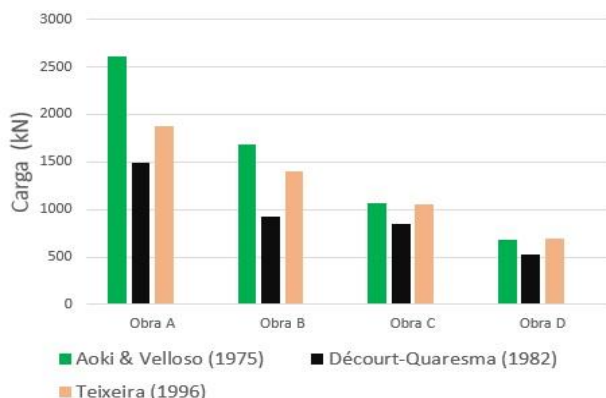


Figura 6. Comparativo entre os métodos semiempíricos.

Conforme a Figura 6, o método semiempírico de Décourt-Quaresma (1982), apresentou em todos os casos menor valor de capacidade em comparação aos métodos de Aoki & Velloso (1975) e Teixeira (1996). O método de Teixeira (1996) apresentou resultados intermediários nas obras A e B. Para as obras C e D os resultados obtidos pelo método de Teixeira (1996) foram aproximadamente iguais aos resultados obtidos pelo método de Aoki & Velloso (1975).

Independentemente do tipo de estaca, os resultados obtidos pelo método de Décourt-Quaresma (1982) foi inferior aos demais métodos semiempíricos.

A Figura 7 apresenta uma comparação entre os métodos semiempíricos e experimentais.

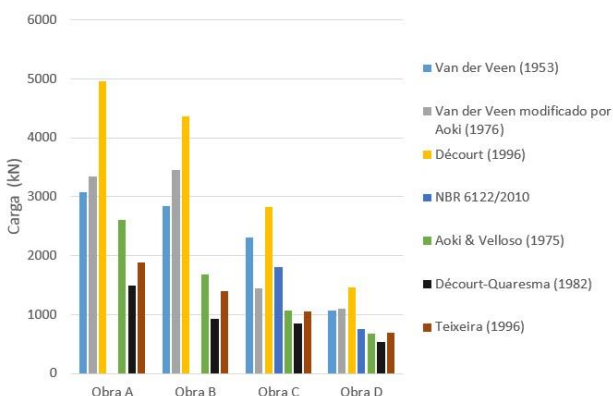


Figura 7. Comparativo entre os métodos semiempíricos e das PCE's.

Conforme a Figura 7 houve uma grande variação entre os métodos semiempíricos, os critérios de ruptura física e convencional.

No geral, para todas as obras, o método que obteve maior capacidade de carga foi o critério de ruptura convencional de Décourt (1996), e o método que obteve sempre valores inferiores de capacidade de carga foi o método semiempírico

de Décourt-Quaresma (1982). Os demais métodos obtiveram resultados intermediários com grande variação.

4 CONCLUSÕES

Através das análises realizadas nesse estudo, foi possível quantificar a capacidade de carga das estacas hélice contínua e escavada à trado mecanizado, por diversos métodos consagrados na literatura, assim como, os métodos que utilizam os critérios de ruptura física e convencional, para um melhor parecer técnico quanto as fundações mais utilizadas na região.

Os métodos semiempíricos obtiveram resultados inferiores aos critérios de ruptura física e convencional em todas as análises realizadas para as obras objeto de estudo. Quanto aos critérios de ruptura convencional obteve sempre maiores resultados de capacidade de carga para as obras A e B, já que não foi possível estimar pela NBR 6122/2010, quanto as obras C e D a NBR 6122/2010 obteve resultados intermediários em relação aos critérios de ruptura física e aos métodos semiempíricos na obra C e na obra D os resultados foram bem similares aos métodos semiempíricos.

Concluiu-se que dentre os métodos analisados o de Décourt-Quaresma (1982) apresentou valores de baixa capacidade de carga, independentemente do tipo da estaca. Nos métodos que utilizam os critérios de ruptura física os métodos utilizados obtiveram resultados distintos quanto ao tipo de estaca.

Pelos critérios de ruptura convencional, nas obras A e B não foi possível estimar a capacidade de carga pela NBR 6122/2010 pois os níveis de recalque foram baixos, nas obras C e D o método da rigidez de Décourt (1996) obteve sempre valores superiores à NBR.

Tendo em vista esses resultados encontrados é imprescindível realizar o procedimento de cálculo das fundações por vários métodos consagrados na literatura para que se tenha mais confiança nos resultados obtidos comparando os resultados entre si. A confirmação da capacidade de carga se dará apenas com os resultados das provas de carga estática.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seus agradecimentos à Geoquality Geotecnia LTDA. pelo apoio e a UFERSA por incentivar a pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, NBR – 12.131/2006. *Estacas – Prova de carga estática*. Rio de Janeiro.
- _____. NBR – 8036/1983. *Programação de Sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios*. Rio de Janeiro.
- _____. NBR – 6122/2010. *Projeto e execução de fundações*. Rio de Janeiro.
- _____. NBR – 6484/2001. *Sondagens de Simples Reconhecimento com SPT*. Rio de Janeiro.
- Azeredo, H.A. de. (1977) *O edifício até sua cobertura – Prática da construção civil*. 2.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 182 p.
- Cintra, J.C.A. e Aoki, N. (2010) *Fundações por estaca: projeto geotécnico*. Oficina de textos. São Paulo, 96 p.
- Cintra, J.C.A et al (2013) *Fundações ensaios estáticos e dinâmicos*. Oficina de textos. São Paulo, 144 p.
- Schnaid, F. (2000) *Ensaio de campo e suas aplicações à engenharia de fundações*. Oficina de textos. São Paulo, 189p.