AVALIAÇÃO DA TRANSFERÊNCIA DE CARGA DE ESTACAS HÉLICE CONTINUA COM PONTA EM ROCHA

JULIANE ANDRÉIA FIGUEIREDO MARQUES[1]*; RICARDO FIGUEIREDO MARQUES[2]; ABEL GALINDO MARQUES[3]; BRUNO CONDE PASSOS[4]; ENZO GONÇALVES YULITA[5]

[1]Dra. em Geotecnia, Prof[a]. Adj. UFAL / Responsável técnico da AGM Geotécnica, Maceió-AL, julianemarques@hotmail.com;
[2]Me. em Geotecnia / Responsável técnico da AGM Geotécnica / Prof. UNIT, Maceió-AL, ricardofmarques@yahoo.com.br;
[3]Me. em Geotecnia / Responsável técnico da AGM Geotécnica, Maceió-AL; abel@agmgeotecnica.com.br
[4]Graduando em engenharia civil da UFAL; Maceió-AL; bcondepassos@gmail.com;
[5]Graduando em engenharia civil da UFAL; Maceió-AL; egyulita@hotmail.com

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018
21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió-AL, Brasil

RESUMO: Neste trabalho apresentam-se os resultados de provas de carga estáticas em estacas tipo hélice contínua executadas em sedimentos Quaternários da planície costeira da cidade de Maceió-AL. Foram executadas três provas de carga, sendo o primeiro ensaio (PC1) realizado em estaca com diâmetro de 0,50m e comprimento de 14m e os outros dois ensaios (PC2 e PC3) executados em estacas de 0,60m e comprimento de 9,0m. Na PC1 foram aplicadas 1920kN e o recalque máximo foi de 23,62mm. A PC2 foi conduzida até 2500kN e o recalque máximo no topo foi de 40,04mm. Na PC3 foram aplicadas 2800kN, com recalque máximo no topo de 40,04mm, sendo que esta estaca foi instrumentada em profundidade com extensômetros elétricos (strain-gages). Os resultados da instrumentação mostraram que a transferência de carga da estaca para o solo através da ponta ocorreu desde o início do carregamento, e ao final do ensaio 82,5% da carga aplicada no topo foi transferida ao solo pela ponta da estaca.
PALAVRAS-CHAVE: Estaca hélice contínua, prova de carga, transferência de carga.

EVALUATION OF THE LOAD TRANSFER OF CONTINUOS FLIGHT AUGER WITH TIP IN ROCK

ABSTRACT: It's presented the results of static load tests in continuous flight auger piles performed in Quaternary sediments of the coastal plain of Maceió-AL. Three load tests were performed PC2 and PC3) performed, the first test (PC1) held in pile diameter of 0.50m and a length of 14m and the other two tests (on pile of 0.60m and a length of 9.0m. In PC1 were applied 1920kN and the maximum settlement was 23.62mm. The PC2 was conducted to 2500kN and the maximum settlement on top was 40.04mm. In PC3 2800kN were applied, with maximum settlement on top of 40.04mm, and this pile depth was instrumented with strain gages. The results showed that the instrumentation pile load transferred to the ground through the tip occurred since the start of charging, and at the end of the test 82.5% of the load applied on top was transferred to the ground by the tip of the pile.

INTRODUÇÃO

A partir de 2013, a estaca hélice contínua tem sido largamente executada em obras localizadas na região praieira de Maceió-AL. Desde então várias obras têm sido projetadas em estacas hélice contínua, contribuindo para um melhor entendimento do comportamento desse tipo de estaca nos solos característicos da planície costeira da cidade.

Este artigo tem por objetivo apresentar os resultados de provas de carga estáticas em estacas tipo hélice contínua executadas em uma obra localizada na orla marítima de Maceió. Foram executadas três provas de carga numa mesma obra composta por duas torres residenciais de 24 pavimentos, sendo o primeiro ensaio (PC1) realizado em estaca com diâmetro de 0,50m e comprimento de 14m pertencente às fundações da Torre A, e os outros dois ensaios (PC2 e PC3) executados em estacas de 0,60m e comprimento de 9,0m, pertencente às fundações da Torre B.

MATERIAL E MÉTODOS

A investigação geotécnica da área em estudo foi baseada em sondagens a percussão com SPT executadas de acordo comas normas NBR 6484/01 e NBR 8036/83. Foram executados 26 furos de sondagem SPT que indicaram a profundidade do lençol freático da ordem de 3,5m. A Figura 1 apresenta a disposição em planta das Torres A e Torres B e alguns desses 26 furos de sondagem, juntamente com as sondagens rotativas executadas na Torre B (destacadas em azul). Além da localização dos ensaios PC1, PC2 e PC3. A Figura 2 apresenta os perfis de sondagem representativos do subsolo de cada torre e a representação das estacas projetadas para cada torre.

Figura 1. Localização em planta das Torres A e B, furos de sondagens e ensaios PC1, PC2 e PC3 (AGM, 2014).

Figura 2.a) Perfil do subsolo da Torre A e representação da estaca do ensaio PC1 (AGM. 2014).

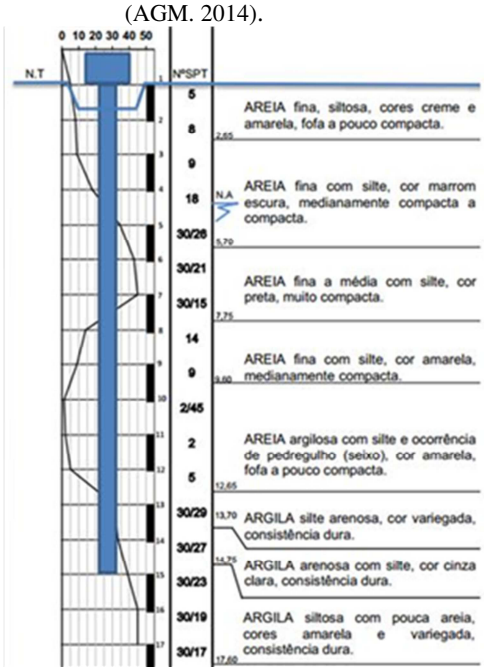
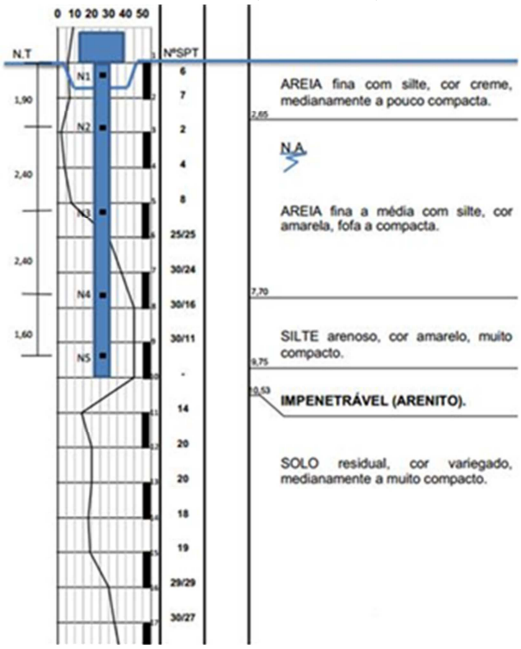


Figura 2.b) Perfil do subsolo da Torre B e representação da estaca instrumentada do ensaio PC3 (AGM, 2014).



O projeto de fundações em estacas hélice continua seguiu o que preconiza a NBR 6122/10. O subsolo da Torre A não apresentou arenito desta forma as estacas foram executadas com trado helicoidal convencional, projetadas com diâmetro de 0,50m e comprimento de 14m, armadura foi constituída de 5 barras longitudinais de ϕ 16,0 mm com comprimento 6,0 m e estribo helicoidal de ϕ 6.3 mm. A ponta da estaca ficou assente na camada de argila arenosa de consistência dura (N_{SPT} = 30/23, ver Figura 2.a, e carga admissível de 1200kN.

As estacas da Torre B foram executadas com diâmetro de 0,60m, comprimento de 9,0m, armadura longitudinal composta por 8 barras de ϕ 16,0mm com comprimento 6,0m e estribo helicoidal de ϕ 6.3 mm. Carga admissível de 1000kN. No processo de perfuração das estacas da Torre B utilizou-se um trado helicoidal especial, com ponta cônica reforçada com "roller-bits", cujo objetivo principal foi permitir o embutimento da ponta em solo de alta resistência. Mesmo com a utilização do trado especial houve grande dificuldade de perfurar o arenito, a exemplo da estaca do ensaio PC3 que ficou com comprimento total de 8,8m ao invés dos 9,0m inicialmente projetado. De forma geral, a ponta das estacas desta torre entraram de 0,20 a 0,30m no arenito (Figura 2.b).

As três provas de carga realizadas (PC1, PC2 e PC3) seguiram os procedimentos da NBR 12131/06. Os ensaios foram do tipo lento. Na execução da estaca a ser instrumentada em profundidade com *strain-gages* (extensômetros elétricos de resistência) referente ao ensaio PC3, houve grande dificuldade para a instalação do tubo de espera no interior da estaca para a colocação das barras instrumentadas. Como a estaca em questão era curta, optou-se por instalar o tubo após a execução da concretagem. O tubo de espera para a instrumentação foi previamente posicionado e fixado no centro da armadura, e ambos foram inseridos juntos após a finalização da concretagem. No dia seguinte após a execução da estaca, a barra instrumentada foi inserida no interior do tubo de espera (Figura 3), para então proceder a injeção da calda de cimento a partir do fundo do tubo, evitando que ocorresse qualquer falha nesse preenchimento (Figura 4). Na saída do tubo, onde se acumulam as fiações dos sensores, foram providenciados proteções para que o bloco de compressão fosse executado sem danificar o sistema.

Figura 3. Barra contínua (Autor, 2014).

Figura 4. Injeção da calda de cimento (Autor, 2014).

Para a instrumentação em profundidade do ensaio PC3 foram utilizados extensômetros elétricos de resistência, instalados em frações de 0,60m de barras de aço CA-50 com diâmetro 12,5mm. Utilizaram-se extensômetros especiais para aço, colados em ponte completa e protegidos com uma resina especial a fim de se evitar danos devido à umidade e choques mecânicos. Após sua confecção, todas as barras foram calibradas em laboratório, garantindo que as leituras fossem realizadas com precisão. Posteriormente as frações de barras foram unidas através de luvas rosqueadas com as profundidades definidas em cada nivel para formarem uma única barra contínua (Figura 3). A confecção das barras instrumentadas teve como base os trabalhos de Albuquerque (2001) e Albuquerque et al (2001). Foram instalados cinco extensômetros nos níveis: 0,20m (seção de referência); 1,90m; 4,30m; 6,70m e 8,30m (Figura 2.b). A barra contínua foi inserida no tubo

galvanizado juntamente com um mangote plástico, com diâmetro de 12mm, utilizado para injeção da calda de cimento (Figura 4). Teve-se o cuidado de deixar a barra suspensa para se evitar flambagem durante a injeção da calda de cimento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras 5, 6 e 7 apresentam, respectivamente, as curvas carga-recalque dos ensaios PC1, PC2 e PC3. Na prova de carga PC1 foram aplicadas 1920kN e o recalque máximo foi de 23,62mm, recalque permanente 20,26mm (Figura 5). A prova de carga estática PC2 foi conduzida até 2500kN e o recalque máximo no topo foi de 40,04mm, com recalque permanente de 30,5mm (Figura 6). Na prova de carga PC3 foram aplicadas 2800kN, com recalque máximo no topo de 40,04mm e recalque permanente de 29,41mm (Figura 7), sendo que esta estaca foi instrumentada em profundidade com extensômetros elétricos.

Figura 5. Curva carga-recalque PC1 (AGM, 2014).

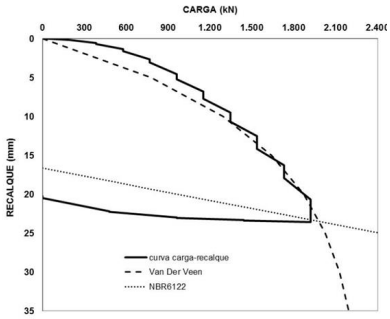


Figura 6. Curva carga-recalque PC2 (AGM, 2014).

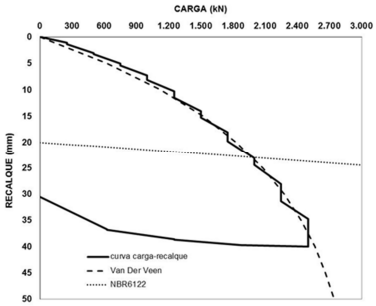
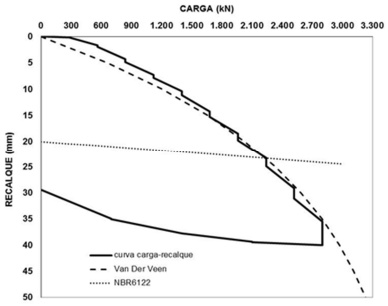
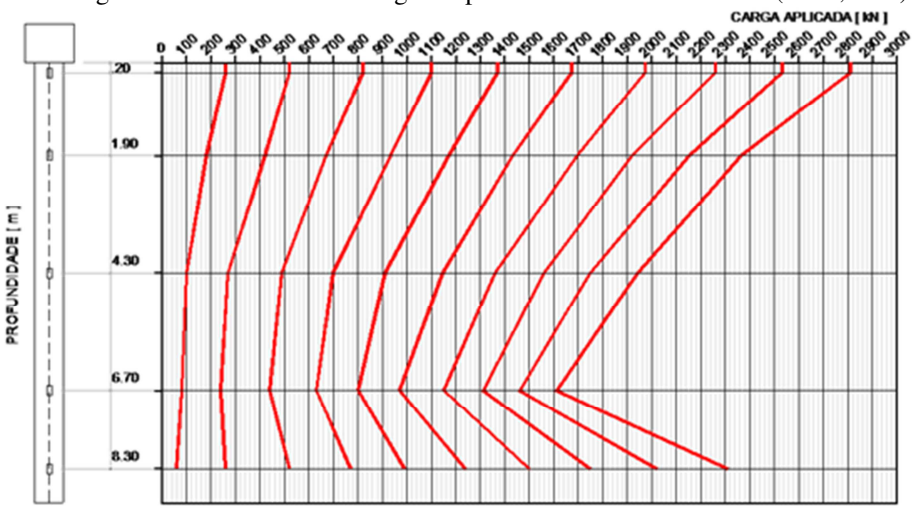


Figura 7. Curva carga-recalque PC3 (AGM, 2014).



Os resultados da instrumentação em profundidade com *strain-gages* do ensaio PC3 são apresentados na Figura 8, onde têm-se os estágios de carga aplicados no topo da estaca e as cargas no níveis instrumentados: 0,20m (seção de referência); 1,90m; 4,30m; 6,70m e 8,30m.

Figura 8. Transferência de carga em profundidade do ensaio PC3 (AGM, 2014).



A instrumentação mostrou que desde o primeiro estágio de carregamento já houve mobilização da ponta com porcentagem de carga de 20,4%. A cada estágio de carregamento a porcentagem de carga absorvida pela ponta aumentou gradativamente. Ao final do ensaio 82,5% da carga aplicada no topo foi transferida ao solo pelo trecho final da estaca, caracterizando um comportamento típico de estaca de ponta.

Observa-se que nos últimos estágios de carregamento a instrumentação indicou valores superiores de carga no nível 8,30m em relação ao nível 6,70m, resultado que fisicamente não é possível ocorrer. Porém há relatos de pesquisas com estacas embutidas na rocha em que a

instrumentação apresentou resultados similares, inclusive confirmados por análise numérica. É um tema que poderá ser melhor interpretado a partir da realização de mais ensaios em estacas embutidas em rocha.

CONCLUSÃO

Da análise das três provas de carga em estacas hélice contínua executadas em solos sedimentares do Quaternário, na região praieira de Maceió-AL, pode-se obter algumas conclusões:

- As provas de cargas atingiram recalques satisfatórios para as análises da interpretação da curva carga-recalque, o ensaio PC1 com deslocamento de 23,62 mm (4,7%D) e os ensaios PC2 e PC3 com o mesmo deslocamento de 40,04 mm (6,7%D), sendo D o diâmetro da estaca;
- Nas estacas dos ensaios PC2 e PC3, com 9,0m de comprimento e diâmetro 0,60m, desde os primeiros estágios de carregamento houve a mobilização da resistência de ponta e aumento gradativo da parcela de ponta com os incrementos de carga;
- A instrumentação em profundidade com *strain-gages* na estaca do PC3 confirmou a mobilização da resistência de ponta desde o início do carregamento. Ao final do ensaio 82,5% da carga aplicada no topo foi transferida ao solo pelo trecho final da estaca, caracterizando um comportamento típico de estaca de ponta. As explicações para o elevado percentual de carga na região da ponta da estaca seriam o embutimento em solo de alta resistência nos últimos três metros do fuste e o formato cônico do trado especial com "roller-bits" que permite o início da concretagem da estaca antes da retirada do trado, evitando assim o desconfinamento do solo.

REFERÊNCIAS

AGM Geotécnica. Parecer técnico sobre a instrumentação em profundidade em estaca hélice contínua, da obra Condomínio Riviera, Construtora Marroquim. *Relatório técnico*. Maceió - Al, 21p., 2014.

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

Albuquerque, P.J.R; Massad, F.; Carvalho, D.; Ferreira, M.A.M. Comportamento à compressão de estacas escavadas, hélice contínua e hélice tipo ômega, em solo residual de diabásio. Campinas-SP: Unicamp, 198 p.; 2001.

Alledi, C.T.D.B. Transferência de Carga de Estacas Hélice Contínua Instrumentadas em Profundidade. *Tese (Doutorado em Engenharia)* - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 293 p.; 2013.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 6122. Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 15 p., 2010.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 12131. Estacas – Prova de carga estática: método de ensaio. Rio de Janeiro, 8 p., 2006.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 6484. Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método e ensaio: Procedimento. Rio de Janeiro, 17 p., 2001.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 8036. Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios – Procedimento. Rio de Janeiro, 3 p., 1983.