



Análise do Uso de Estacas Pré-Moldadas de Concreto Executadas com Pré-Furo Utilizando Tubo Franki na Cidade de Vila Velha-ES

Sandro Pimentel Tovar
Engenheiro Civil, UNICID, Espírito Santo, Brasil, sptovar@hotmail.com

Marcos Fábio Porto de Aguiar
Engenheiro Civil, IFCE, Fortaleza, Brasil, marcosporto@ifce.edu.br

Fernando Feitosa Monteiro
Engenheiro Civil, Unichristus, Fortaleza, Brasil, fernando.monteiro@unichristus.edu.br

Giliane Castro Alves do Prado
Graduando, IFCE, Fortaleza, Brasil, giliane.castro@outlook.com

Luiz Kauã Grangeiro Barata
Graduando, IFCE, Fortaleza, Brasil, luiz.kaua.grangeiro@gmail.com

Marina Albuquerque Porto de Aguiar
Graduando, IFCE, Fortaleza, Brasil, marina.aporto@gmail.com

RESUMO: O objetivo deste estudo é analisar a carga de trabalho e o percentual de carga mobilizada absorvida por resistência de ponta e atrito lateral em estacas pré-moldadas de grande diâmetro. Como estudo de caso, foi considerada a execução de fundações profundas para um conjunto residencial em Vila Velha-ES. Com base nos relatórios de sondagem, identificou-se a presença de camadas de solo resistente, dificultando a cravação de estacas. Para solucionar o problema, adotou-se a execução de pré-furo com tubo Franki para estabilização do terreno. Essa solução possibilitou a cravação das estacas em maiores profundidades, mostrando-se uma abordagem econômica e tecnicamente viável, otimizando a quantidade de estacas necessárias e obtendo resultados satisfatórios em provas de carga estática e ensaios de carregamento dinâmico.

PALAVRAS-CHAVE: Fundações profundas, Pré-furo. Tubo Franki, Provas de carga.

ABSTRACT: The objective of this study is to analyze the workload and the percentage of mobilized load absorbed by tip resistance and side friction in large-diameter precast piles. As a case study, the execution of deep foundations for a residential complex in Vila Velha-ES was considered. Based on the borehole reports, the presence of resistant soil layers was identified, making it challenging to drive the piles. To solve the problem, the execution of pre-drilling with Franki tubes was adopted for soil stabilization. This solution enabled the piling of the piles at greater depths, proving to be an economical and technically viable approach, optimizing the required number of piles, and achieving satisfactory results in static load tests and dynamic loading trials.

KEYWORDS: Deep foundations, Pre-boring, Franki tube, Load tests.

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



1 Introdução

A busca por projetos os quais conciliem segurança e economia, de modo compatível com as características da superestrutura, consiste em um dos principais desafios na escolha do tipo de fundação diante da análise das particularidades que possibilitem a utilização da solução desejada. Diante das inúmeras opções existentes, o presente trabalho se dedica ao estudo das estacas pré-moldadas de concreto como uma alternativa promissora.

A adequada execução de provas de carga, associadas a sua correta interpretação, constitui uma forma confiável de se estabelecer a capacidade de carga do elemento de fundação. O caráter experimental dos ensaios, que submetem o conjunto solo-estrutura a condições reais de trabalho e o uso de equipamentos de precisão fornecem ao projetista informações importantes para identificar o comportamento da estrutura dimensionada em projeto frente às cargas aplicadas.

O presente artigo objetiva uma análise do comportamento de estacas pré-moldadas de grande diâmetro com a execução de pré-furo com tubo Franki executadas para as fundações da obra de um conjunto habitacional residencial localizado no bairro de Garanhuns na cidade de Vila Velha, Espírito Santo. A análise foi realizada com base em dados de sondagem a percussão obtidos para o terreno de implantação e resultados de provas de carga estática e ensaios de carregamento dinâmico.

2 Referencial Teórico

2.1 Estacas Pré-moldadas

Estacas pré-moldadas são aquelas constituídas de segmentos previamente fabricados para uma posterior utilização. Esse elemento de fundação pode ser de concreto armado ou protendido, vibrado ou centrifugado com qualquer forma geométrica para a sua seção transversal, devendo apresentar resistência compatível com os esforços de projeto e decorrentes do transporte, manuseio, cravação e eventuais solos agressivos.

Velloso e Lopes (2010) citam em seu trabalho algumas vantagens das estacas pré-moldadas de concreto em relação às estacas moldadas *in loco*. Dentre essas vantagens estão a melhor qualidade do concreto e em não haver qualquer influência dos eventuais agentes agressivos encontrados no solo sobre o processo de pega e cura do mesmo, fatos que decorrem do maior controle durante a fabricação desses elementos estruturais. Como desvantagem apontada pelos autores, está a dificuldade de adaptar à geometria disponível no mercado para as estacas em função das características do terreno de implantação.

2.1.1 Nega, Repique Elástico e Diagrama de Cravação

Conforme a NBR 6122 (ABNT, 2022), denomina-se nega a medida da penetração permanente de uma estaca no solo decorrente da energia aplicada por um golpe de martelo de cravação, ou seja, altura de queda e peso próprio. Geralmente a medição obedece um intervalo a cada série de 10 golpes devido a pequena grandeza dos resultados medidos na cravação, sendo o controle da nega realizado para os últimos 30 golpes no final da cravação de cada estaca.

Segundo Alonso (2019), durante o processo de cravação de estacas por percussão, é comum realizar, em obra, um controle da capacidade de carga utilizando o método conhecido como nega. Esse procedimento consiste na penetração permanente da estaca com a aplicação de um golpe de pilão, geralmente correspondente a um décimo da penetração ao ser submetida a dez golpes. Para

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



estacas do tipo Franki, o autor cita que a nega é obtida ao final da cravação do tubo, no entanto, o processo não caracteriza a nega como um controle de capacidade de carga, haja vista que ainda será executado o alargamento da base seguido da retirada do tubo e posterior concretagem.

Com base no princípio da conservação de energia, na formulação dinâmica, a parcela de energia dinâmica da cravação é igual a de energia estática do produto “carga x recalque” acrescida das perdas de energia. A Equação 1 exprime essa equivalência.

$$W \cdot h = R \cdot s + \text{perdas} \quad (1)$$

Onde:

W = peso do martelo (tf);

h = altura do martelo (cm);

R = resistência do solo à penetração da estaca no terreno (tf);

s = nega correspondente ao valor de h (cm).

O deslocamento máximo de uma seção da estaca é provocada pela aplicação de um golpe do martelo, segundo Cintra *et al.* (2013), é composto pela deformação plástica na cravação (nega) e pela parcela elástica (repique). Ainda segundo os autores, a medição desse deslocamento pode ser realizada pelo método de Chellis (1951) com o auxílio de um lápis apoiado em uma régua fixa e uma folha de papel fixada no topo da estaca a qual será riscada a cada golpe do martelo, conforme exibido na Figura 1.

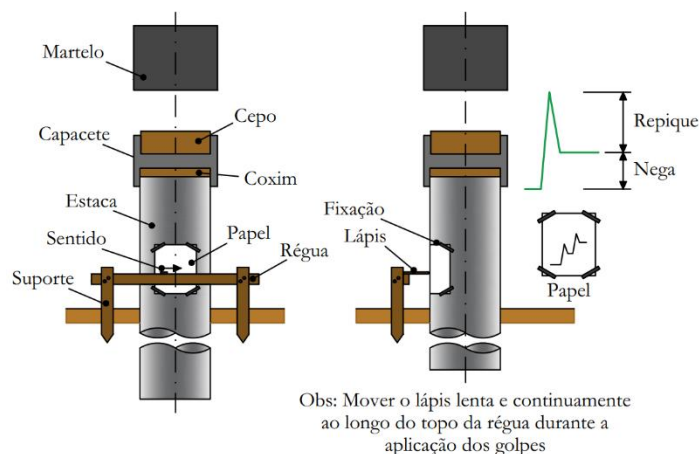


Figura 1. Esquemática da obtenção manual de nega e repique elástico.

De acordo com Velloso e Lopes (2010), o diagrama de cravação é um importante registro para estacas cravadas. Esse diagrama consiste em anotar o número de golpes necessários para cravar um determinado comprimento da estaca no solo, normalmente fixado em 50,00 cm no Brasil. O procedimento consiste em marcar riscas a cada intervalo de comprimento cravado e registrar em uma planilha o número de golpes necessários para atingir a marcação. Os autores também recomendam que o diagrama deve ser feito a cada 10 estacas ou em uma estaca de caga grupo (ou pilar), e sempre que uma estaca for cravada próxima a uma sondagem.

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



2.2 Prova de Carga Estática (PCE) e Ensaio de Carregamento Dinâmico (ECD)



A NBR 16903 (ABNT, 2020) descreve a prova de carga estática como um método que consiste na aplicação de esforços sobre o elemento de fundação e o registro dos deslocamentos provocados correspondentes. Esses esforços podem ser aplicados por tração, compressão ou fluxopressão, em diferentes direções, como vertical, horizontal ou inclinada.

Ainda conforme a NBR 16903 (ABNT, 2020), durante a execução da prova de carga estática em estacas teste, é necessário submetê-las a sucessivos carregamentos até atingir sua ruptura, valor que corresponde a duas vezes sua carga de trabalho. Ainda segundo a norma, o projetista pode optar por um carregamento lento (onde as cargas são impostas gradativamente em estágios iguais e sucessivos até a estabilização dos deslocamentos por no mínimo por 30 min e as leituras devem continuar até a estabilização após o total descarregamento) ou por um carregamento rápido (onde a carga máxima aplicada em cada estágio não deve ultrapassar 10% da carga de trabalho, mantida durante 5 min independente de estabilizar os deslocamentos e com uma leitura final após 10 min do descarregamento total).

Segundo a NBR 13208 (ABNT, 2007), o ensaio de carregamento dinâmico consiste em avaliar as cargas mobilizadas e as cargas dinâmicas inerentes à superfície estaca-solo diante das tensões de tração e compressão presentes ao longo da estaca, bem como aferir a eficiência do sistema de impacto e sua integridade estrutural. Esse tipo de ensaio pode ser realizado tanto durante a execução de estacas cravadas, utilizando o próprio martelo do bate-estacas, quanto após sua instalação, respeitando um intervalo de pelo menos 7 dias estabelecido na NBR 13208, para o caso de estacas moldada *in loco*, adotando-se uma carga em queda livre sobre a estaca.

2.2.1 Métodos CASE e CAPWAP®

Segundo Avelino (2006), o Método Case consiste em uma abordagem fechada da equação da onda, baseando-se nos valores de força e velocidade para cada golpe do martelo registrados na seção instrumentada da estaca. O método utiliza mecanismos de reflexão e superposição das ondas de tensão registradas. Os parâmetros utilizados no método são obtidos em dois instantes distintos: tempo t_1 (quando o golpe atinge sua maior intensidade) e o tempo t_2 (quanto a onda refletida na base da estaca retorna).

Conforme Velloso e Lopes (2010), o Método CAPWAP® é um programa de computador desenvolvido pela *Case Western Reserve University* em conjunto com a empresa *Pile Dynamics*. O método fornece uma outra maneira de interpretar os parâmetros coletados pela instrumentação na estaca durante o Ensaio de Carregamento Dinâmico (ECD). Uma de suas características importantes é a capacidade de calcular uma previsão para a velocidade no ponto onde foi instalada a instrumentação, por meio de uma solução para a equação da onda e parâmetros pré-escolhidos, levando em consideração a força medida. Contudo, é notório que existem parâmetros, como a resistência estática (R_u), o quake (q) e as constantes de amortecimento (j_c) que não devem ser tratados como parâmetros do solo, mas sim como parâmetros de ajuste.

3 Dados de Obra e Terreno

A obra em estudo refere-se à construção de um condomínio residencial com quatro torres na cidade de Vila Velha, estado do Espírito Santo. Para identificar as características geológico-geotécnicas do terreno local, foram executados 23 furos de sondagem a percussão com profundidades médias variando entre 25,00 e 35,00 m. Como resultado, o relatório de sondagem evidenciou camadas heterogêneas, destacando a predominância de solo arenoso resistente entre

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



as profundidades de 7,00 e 12,00 m. No entanto, a partir das camadas seguintes, verificou-se uma notável diminuição na resistência, com valores de N_{SPT} aumentando significativamente somente em profundidades superiores a 25,00 m.

Com base no relatório de sondagem a percussão (Figura 2), constatou-se a presença de camadas de solo com alta resistência, com valores de N_{SPT} que variam em torno de 20, seguida por camadas menos resistentes, com valores de N_{SPT} próximos a 1. Essa característica representa uma dificuldade executiva para a cravação de estacas pré-moldadas, normalmente realizada com bate-estacas. A necessidade de vencer essa camada e alcançar maiores profundidades despertou a busca por diferentes soluções para o problema.

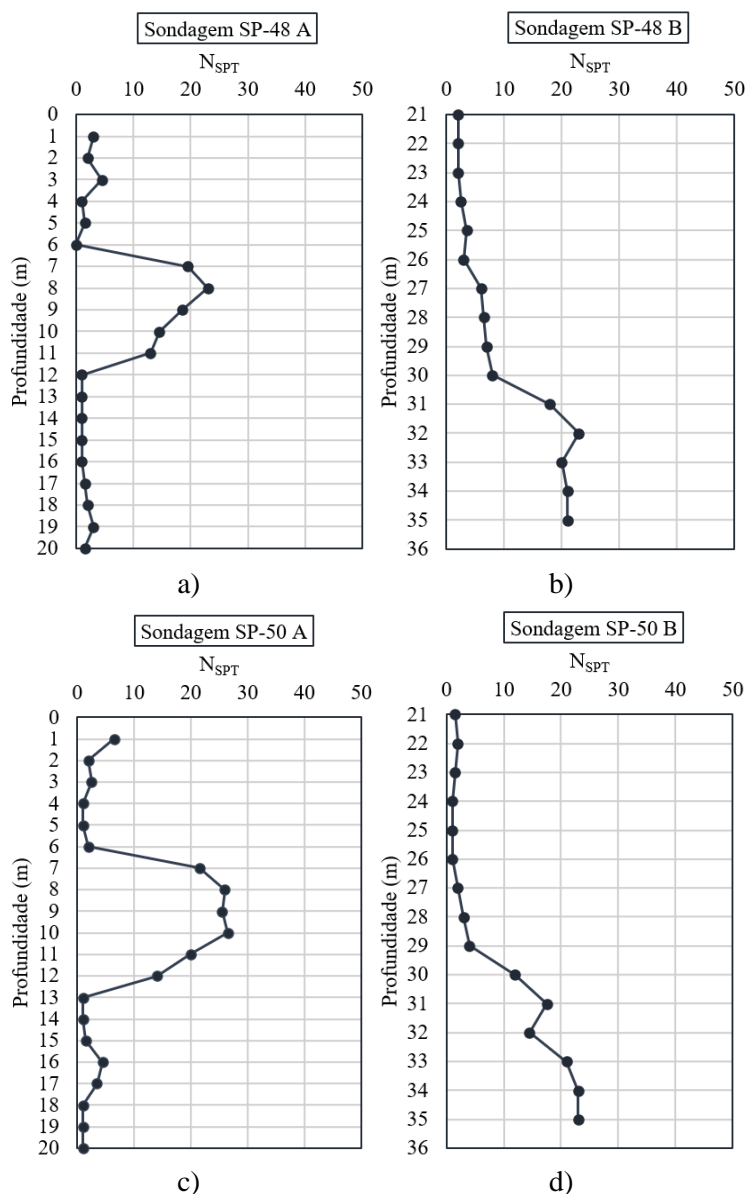


Figura 2. Perfis de sondagem: a) SP-48 A, b) SP-48 B, c) SP-50 A e d) SP-50 B.

Aponte a câmera do seu smartphone para o QR Code ao lado e salve o evento na sua agenda.



A escolha da solução de fundação a ser adotada, além dos parâmetros obtidos na sondagem, levou em consideração as elevadas cargas provenientes da superestrutura, com muitos dos pilares indicando valores acima de 200,00 tf. Tal fato tornou necessário ultrapassar a camada de solo resistente, perpassar as camadas adjacentes e alcançar profundidades com valores constantes de N_{SPT} elevado para atender a carga de trabalho estabelecida.

Inicialmente, considerou-se o uso de estacas metálicas como solução de fundação para o projeto, entretanto, a necessidade de alcançar grandes profundidades inviabilizou seu uso do ponto de vista econômico. Outra solução possível seria utilizar estacas do tipo hélice contínua, porém, sua execução exigiria equipamentos de grande porte, não disponíveis no mercado local.

O uso de estacas pré-moldadas de grande diâmetro acarretaria deslocamento de grandes volumes de solo. Além disso, a execução de pré-furo com equipamento rotativo na camada composta por areia média compacta mostrou-se inviável tecnicamente, uma vez que o furo tenderia a desmoronar, mesmo com circulação de lama bentonítica. Durante a cravação das estacas, a intensa vibração causou o fechamento dos furos, o que se mostrou ineficiente para atingir as cotas de projeto, gerando registros de “nega falsa” nos boletins de cravação. Para solucionar o problema, optou-se por utilizar o tubo Franki, evitando o fechamento do furo durante a execução, visto que só seria retirado após a cravação da estaca e registro da nega.



Figura 3. Bate-estacas Franki adaptado com pilão e piteira para execução do pré-furo.

Para a realização da obra em estudo, foram utilizadas estacas com diferentes diâmetros: 420,00, 260,00 e 230,00 mm, com comprimentos variando entre 6,00 m e 9,00 m. Para o processo de estaqueamento, empregou-se um bate-estacas Franki com torre de 27,00 m de altura e um pilão de 7,00 tf, responsável pela execução do pré-furo. Além disso, empregou-se um bate-estacas de queda-livre, equipado com um pilão de 2,90 tf, para realizar a cravação das estacas.

O tubo Franki foi cravado até a profundidade de 12,00 m, ultrapassando a camada de areia média compacta. Para garantir a execução bem-sucedida, a retirada do material no interior do tubo foi realizada com a utilização de piteira e circulação de lama bentonítica para facilitar a retirada do material arenoso, considerando a proximidade do nível do lençol freático, aflorando a uma profundidade de 1,50 m em relação ao nível do terreno. As estacas, com diâmetro de 420,00 mm, foram cravadas seguindo o procedimento realizado dentro do tubo Franki, com diâmetro maior de 520,00 mm. Ao término da cravação, o tubo era retirado do terreno.

Com o objetivo de verificar experimentalmente a capacidade de carga do elemento de fundação, foram realizadas duas provas de carga estática e ensaios de carregamento dinâmico.

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



Conforme as indicações preconizadas na norma NBR 12131 (ABNT, 2006), para a prova de carga estática, foram realizados 9 (nove) estágios de carregamento, com incrementos de carga de 26,00 tf e 4 (quatro) estágios de descarregamento, com decréscimos de carga de 52,00 tf. Os deslocamentos verticais (recalques) foram medidos com a utilização de 4 (quatro) deflectômetros eletrônicos, com faixa nominal de 25,00 mm. Para o ensaio, a estaca teste designada foi a E12, com carga máxima, inicialmente calculada, de 260,00 tf, correspondente a duas vezes a carga de trabalho. Entretanto, o procedimento foi paralisado no 9º estágio de carregamento, com uma carga máxima registrada de 234,00 tf.

Para o ensaio de carregamento dinâmico, foi utilizado o método de energias crescentes, conforme a NBR 13208 (ABNT, 2007), empregando um martelo de queda-livre com 7,00 tf. Além disso, um sistema de amortecimento foi implementado com a utilização de um coxim de madeira. Os resultados do ensaio foram coletados por meio de instrumentação da estaca ensaiada em seu fuste, próximo ao topo, utilizando um equipamento PDA (*Pile Driving Analyser*).

4 Dados Analisados

4.1 Prova de Carga Estática (PCE)

Com o intuito de aprimorar a caracterização e o detalhamento para as conclusões do presente trabalho, apresentaremos a seguir uma análise das Provas de Carga Estática (PCE) consultadas em relatórios elaborados pela empresa contratada para o empreendimento. Os testes foram executados de acordo com a norma NBR 12131 (ABNT, 2006). Os referidos relatórios foram descritos detalhadamente por Tovar (2018).

Para a obra, foram realizadas duas provas de carga estática com carregamento lento à compressão. A estaca teste utilizada foi a E12, com diâmetro de 420,00 mm e comprimento útil de 23,00 m. Os testes foram executados durante a construção do Edifício Mar Egeu - Bloco A, localizado no bairro Praia das Gaivotas, em Vila Velha, Espírito Santo, em novembro de 2012.

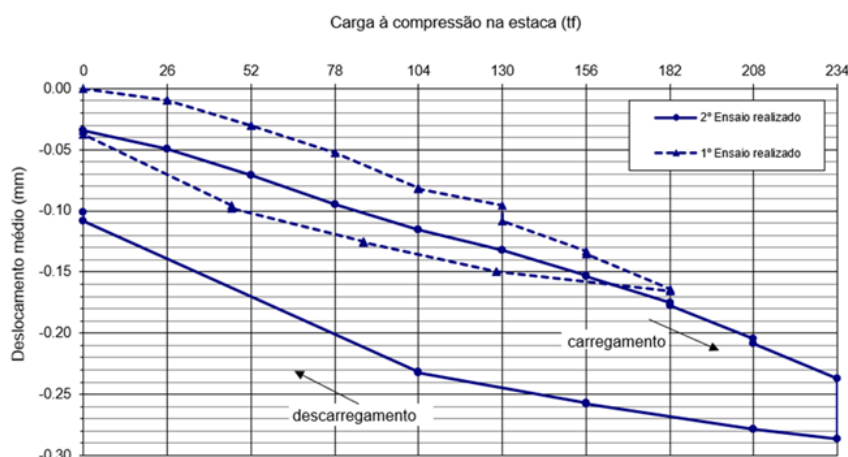


Figura 4. Curva carga versus recalque - PCE.

Com os resultados da prova de carga realizada, verificou-se que a carga máxima foi de 234,00 tf, obtida no 9º estágio de carregamento. O deslocamento máximo medido por meio da instrumentação da estaca pelos deflectômetros foi de 25,29 mm. Após o descarregamento, foi registrado o valor de 6,71 mm para o deslocamento residual.

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



4.2 Ensaio de Carregamento Dinâmico (ECD)

Para a obtenção dos resultados analisados neste estudo, a seguir são apresentados dados dos ensaios de carregamento dinâmico executados em 08 (oito) estacas do tipo pré-moldada de concreto armado, localizadas no Bloco B do condomínio. Cada estaca foi produzida com resistência característica à compressão (f_{ck}) de 35,00 MPa para o concreto utilizado. A Tabela 1 apresenta informações detalhadas sobre as características das estacas ensaiadas.

Tabela 1. Características das estacas ensaiadas.

Estaca	Diâmetro (cm)	Comprimento Abaixo dos Sensores (m)	Comprimento Embutido (m)	Carga de Trabalho (kN)
E10	42,00	29,10	28,00	774,00
E53	42,00	29,70	28,50	1180,00
E64	42,00	30,50	29,30	1113,00
E70	42,00	29,60	29,00	1170,00
E84	42,00	30,30	9,00	1170,00
E101	42,00	10,20	9,00	870,00
E123	42,00	9,20	8,00	963,00
E130	42,00	9,50	8,70	805,00

Na Tabela 2, encontram-se os registros com a sequência dos golpes executados nas estacas durante os ensaios. A nega das estacas foi medida *in loco* pela equipe de cravação.

Tabela 2. Sequência de golpes realizados - ECD.

Estaca	Número de Golpes	Altura de Queda (cm)	Nega por Golpe (mm)	Nega Total (mm)
E10	3	40/60/80	0/0/1	1,00
E53	4	40/60/80/100	0/0/0/0	0
E64	3	40/60/80	0/0/0	0
E70	3	40/60/80/100	0/0/0/0	0
E84	4	40/60/80/100	1/0/0/1	2,00
E101	1	40	1	1,00
E123	4	40/60/80/100	1/3/5/7	16,00
E130	2	40/60	2/0	2,00

A tabela 3 apresenta um resumo com os resultados dos ensaios obtidos com a utilização do Método CAPWAP[®] para os golpes selecionados. Para o método, foi selecionado o sinal correspondente a maior sollicitação de cada estaca ensaiada. Vale ressaltar que, para os golpes selecionados onde a nega foi igual a 0 (zero), o valor foi substituído por 0,10 mm. A alteração foi necessária pois o programa não aceita valores nulos como parâmetro de entrada para a nega.

Tabela 3. Resultados obtidos pela análise CAPWAP[®].

Aponte a câmera do seu smartphone para o QR Code ao lado e salve o evento na sua agenda.



Estaca	Número de Golpes	Carga Mobilizada (kN)	Atrito Lateral		Ponta		Máximo (mm)	Quake de Ponta (mm)
			Carga (kN)	Carga (%)	Carga (kN)	Carga (%)		
E10	3	1927,10	1736,00	90,00	191,10	10,00	4,44	1,06
E53	4	2816,90	2687,80	95,00	129,10	5,00	1,00	0,92
E64	3	2502,40	2372,10	95,00	130,30	5,00	2,53	1,00
E70	3	1672,70	172,70	100,00	0	0	4,20	2,25
E84	4	2914,60	2754,10	94,00	160,50	6,00	1,21	0,73
E101	1	2125,70	1423,20	67,00	702,50	33,00	1,49	1,44
E123	4	1721,80	971,30	56,00	750,50	44,00	1,18	11,32
E130	2	1533,60	755,50	49,00	778,10	51,00	6,08	2,62

A tabela 4 apresenta os valores de tensão máxima atuantes nas estacas ensaiadas, obtida a partir do método CAPWAP[®], e suas respectivas profundidades abaixo dos sensores.

Tabela 4. Tensões máximas - ECD.

Estaca	Número de Golpes	Tensão Máxima		Tensão Máxima		Tensão Máxima	
		(MPa)	Profundidade (m)	(MPa)	Profundidade (m)	(MPa)	Profundidade (m)
E10	3	22,70	15,10	3,38	22,70	0,10	23,10
E53	4	30,10	5,10	1,66	13,30	0,14	15,40
E64	3	25,60	2,00	1,79	14,20	0,13	22,40
E70	3	17,70	3,10	1,73	9,20	0,09	19,40
E84	4	29,30	4,00	2,20	16,20	0,14	16,20
E101	1	23,10	2,00	1,19	2,00	0,35	2,00
E123	4	24,00	5,10	0,97	8,20	0,36	8,20
E130	2	19,70	7,40	0,26	7,40	0,14	9,50

Verificou-se que as estacas E10, E53, E64, E84 e E101 apresentaram um desempenho satisfatório durante o ECD, com valores de resistência mobilizada superiores ao dobro de suas respectivas cargas de trabalho para baixos valores de nega. Em todas as estacas, mostrou-se predominante o atrito lateral. Não foi possível obter a curva RMX x DMX para a estaca E101, pois o dobro do valor de capacidade de carga foi alcançado no primeiro golpe durante o ensaio.

As estacas E123 e E130 apresentam resistência mobilizada de aproximadamente 1,8 e 1,9 vezes suas respectivas cargas de trabalho. Ademais, a estaca E130 apresentou baixos valores de nega, enquanto a estaca E123 apresentou uma nega superior. Em ambos os casos, verificou-se uma distribuição proporcional entre a resistência por atrito lateral e de ponta. É importante ressaltar que essas estacas, juntamente com a estaca E101, demonstraram resistência de ponta superior em relação às demais, fato que justifica a cravação mais curta dessas estacas.

A estaca E70 apresentou uma resistência mobilizada inferior a 1,6 vezes a sua carga de trabalho, considerando baixos valores de nega, e não foi identificada qualquer influência da resistência de ponta. Essa estaca apresentou possibilidade de dano, indicado pelo fator BETA menor que 60%, a uma profundidade de aproximadamente 3,50 m abaixo do nível dos sensores.

Aponte a câmera do seu smartphone para o QR Code ao lado e salve o evento na sua agenda.



Em todos os ensaios realizados, os valores de tensões medidos mostraram-se abaixo dos limites estabelecidos de 38,00 MPa para compressão e 3,80 MPa para tração. Com exceção da estaca E70, nenhuma das demais apresentou qualquer indício de redução de impedância (fator BETA menor que 60%). Com base nesses resultados, podemos concluir que todas as estacas ensaiadas se encontram íntegras e em boas condições de resistência.

5 Conclusões

Sob o aspecto econômico, para as características do terreno de implantação, o emprego da solução adotada mostrou-se vantajosa. Verificou-se que o método permitiu atingir profundidades significativas, alcançando maiores valores para a capacidade de carga do elemento de fundação, uma vez que possibilitou a cravação das estacas através das camadas de solo mais resistentes. Além disso, essa abordagem reduziu o número de estacas por bloco, o que, por consequência, contribuiu para a redução dos custos do empreendimento.

Cabe ressaltar que, do ponto de vista executivo, a solução utilizada requer equipamentos de grande porte, como um bate-estacas com martelo de no mínimo 7,00 kg para atingir a energia de cravação necessária. Além disso, o processo de cravação do tubo Franki, a retirada do material dentro da piteira e a posterior cravação do elemento pré-moldado até a obtenção da nega demandam tempo, o que resulta em uma baixa produtividade. Além de demandar precauções em todos os procedimentos de execução para evitar quebras e retrabalhos.

AGRADECIMENTOS

Os autores deste artigo gostariam de agradecer ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e a Funcap (Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo apoio e suporte financeiro na concessão de bolsas de iniciação científica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alonso, U. R. *Previsão e controle das fundações*. 3ª edição. Editora Edgard Blucher, 2019.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6122: *Solo - Projeto e execução de fundações*. Rio de Janeiro, 2022.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 16903: *Solo - Prova de carga estática em fundação profunda*. Rio de Janeiro, 2020.

Avelino, J. D. *Análise de Desempenho de Estacas de Fundação em um Terreno com Presença de Solos Moles*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006.

Chellis, R.D. (1951). *Pile foundations*. New York: McGrawHill Company.

Cintra, J. C. A. et al. *Fundações - Ensaios Estáticos e Dinâmico*. 1ª. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

Tovar, S. P. *Comportamento das estacas pré-moldadas de grande diâmetro com a execução de pré-furo com tubo Franki na cidade de Vila Velha-ES*. 2018. 53 p. Monografia. Universidade Cidade de São Paulo. São Paulo.

Velloso, D. A.; Lopes, F. R. *Fundações*. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.

