

Subárea: 30.01.02 – Engenharia Civil / Estruturas.

ANÁLISE COMPARATIVA DO PROJETO DE FUNDAÇÕES POR ESTACA TIPO PRÉ-MOLDADA E HÉLICE CONTÍNUA MONITORADA – ESTUDO DE CASO

Claudenise Alves de Lima Silva¹, José Emerson Gonçalves Silva², Rayanne Karlla Santos da Silva³, Vinicius Costa Correia⁴.

1. Bacharel em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Alagoas – Campus Sertão.
2. Bacharel em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Alagoas – Campus Sertão.
3. Mestranda em Engenharia Civil/ Geotecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte
4. Professor Mestre na Universidade Federal de Alagoas – Campus Sertão.

Resumo

O processo do dimensionamento de fundações profundas apresenta uma série de opções quanto ao tipo de fundação a ser utilizada. No entanto, é comum que a escolha de determinado modelo dependa apenas da familiaridade do projetista com o tipo de fundação. Desse modo, a economia em se adotar um modelo em relação a outro é, em alguns casos, deixada de lado. Em função disso, o presente trabalho busca estudar e comparar dois tipos de fundações profundas: estaca pré-moldada de concreto e estaca hélice contínua. A investigação proposta foi feita por meio do dimensionamento das duas soluções acima citadas, através da análise da porcentagem de aproveitamento da capacidade de carga dos conjuntos de estacas propostos e os volumes de concreto. Os resultados mostraram que a solução com estaca hélice contínua apresenta economia de concreto aproximada de 38,83% quando comparados à solução com estaca pré-moldada de concreto.

Palavras-chave: Volume de Concreto; Estaca Pré-moldada de Concreto; Estaca Hélice Contínua.

Introdução

Sendo as fundações profundas o tipo indicado para maciços de solo com baixa resistência nos metros iniciais ainda resta ao projetista a escolha do melhor tipo de fundação profunda em tal cenário. O dimensionamento dessa fundação é comumente realizado a partir de métodos semiempíricos. Por essa razão, tem em sua concepção várias aproximações e extrapolações o que torna delicada a previsão dessa transferência de carregamentos ao solo de forma segura e confiável como alertam Velloso e Lopes (2010, p.02).

São diversas as características levadas em consideração no processo de escolha do tipo de fundação profunda. Segundo Alonso (2010, p. 117), para uma determinação adequada, o projetista deve atentar-se para características do maciço de solo, dados estruturais da edificação, vizinhança, limitações existentes no mercado local e aspectos econômicos. Outro fator restritivo é a baixa capacidade de carga de determinados solos utilizados. Em função disso, surge a necessidade de maiores análises entre os tipos de fundação profunda.

O objeto de estudo da pesquisa em questão gira em torno do dimensionamento de fundação profunda de um edifício de 14 pavimentos, localizado no município de Aracaju, capital de Sergipe, sendo conhecidos o projeto estrutural e laudos de sondagem. O dimensionamento foi feito a partir do método semiempírico proposto por Aoki-Velloso e considerações feitas a partir dos tipos de solo determinados pelo ensaio de sondagem à percussão realizado no local.

Diante do exposto, tal análise compreenderá o confronto entre os dois tipos de estaca analisados – estacas do tipo pré-moldada circular e hélice contínua monitorada – a partir do volume de concreto, dimensões de cada elemento e aproveitamento da capacidade de carga do conjunto de estacas adotado para um mesmo tipo de solo.

Metodologia

A partir dos estudos feitos foram desenvolvidas, pelos autores, planilhas para os dimensionamentos realizados nas duas soluções de fundação propostas com auxílio do software Excel e para desenho da disposição das estacas adotadas foi utilizado o software AutoCad.

Para capacidade de carga foi adotado o método de Aoki-Velloso e para cálculo do estaqueamento o método de Nökkenteved para estaqueamento paralelo, desconsiderando as

cargas horizontais produzidas pela ação dos ventos e tomando estacas sempre de mesmo material para cada bloco de coroamento.

Dando prosseguimento ao dimensionamento proposto, foram tomados os intervalos de diâmetros padrões (variando de $\varnothing 15$ cm à $\varnothing 42$ cm seguindo o catálogo técnico Benapar Benabrax – no caso da estaca do tipo pré-moldada – e entre $\varnothing 25$ cm à $\varnothing 50$ cm de acordo com o catálogo Geofix fundações, para estacas do tipo hélice contínua) para análise dos comprimentos necessários ao suporte da fundação em ambas as situações.

O sistema estaca-solo possui um valor máximo de carga admissível para suporte da edificação, valor este conhecido como capacidade de carga do conjunto estaca-solo. Para cada diâmetro de estaca analisado haverá uma cota de assentamento ideal e um valor de capacidade máxima de carga admissível.

Durante a determinação da capacidade de carga para os diâmetros analisados foi tomado como diâmetro indicado aquele que apresenta melhor relação de aproveitamento percentual da capacidade estrutural que essa estaca tem de suportar carregamentos e o menor volume de concreto necessário a esse conjunto de estacas, a fim de verificar a melhor solução de fundação profunda.

Resultados e Discussão

Como indicado no item anterior, o procedimento adotado para determinação da capacidade de carga do sistema analisado foi o método de Aoki-Velloso. Com análise realizada de metro a metro para determinação do comprimento da estaca, faz-se o cálculo dessa capacidade de carga para diferentes diâmetros do mesmo tipo de estaca, possibilitando a oferta de opções com o intuito de garantir a escolha do melhor diâmetro das estacas para cada bloco de coroamento.

Explorando os laudos de sondagem, percebe-se que alguns perfis de solo apresentaram resistência muito baixa, o que acarreta valores muito baixos da capacidade de carga. Objetivando maior aproveitamento da capacidade estrutural da estaca, a análise foi realizada com sete diâmetros diferentes ($\varnothing 15$ cm, $\varnothing 18$ cm, $\varnothing 23$ cm, $\varnothing 28$ cm, $\varnothing 33$ cm, $\varnothing 38$ cm e $\varnothing 42$ cm), disponíveis no catálogo técnico Benapar Benabrax, para a estaca tipo pré-moldada nas sondagens de menor resistência e três diâmetros diferentes ($\varnothing 15$ cm, $\varnothing 18$ cm, $\varnothing 23$ cm) disponível no mesmo catálogo para as sondagens que apresentaram maior resistência.

Já para o cálculo da capacidade de carga do sistema contendo a solução tipo hélice contínua, foram usados cinco diâmetros diferentes ($\varnothing 25$ cm, $\varnothing 30$ cm, $\varnothing 35$ cm, $\varnothing 40$ cm, $\varnothing 50$ cm), disponíveis no catálogo técnico Geofix fundações, compreendendo o intervalo semelhante ao adotado para o caso das estacas pré-moldadas em todas as sondagens.

A partir das planilhas geradas nos cálculos da capacidade de carga, observam-se poucas divergências de comprimento entre os diferentes diâmetros adotados para cada sondagem – com valores variando entre 10 m e 18,4 m.

Nas sondagens que apresentam maior resistência e, conseqüentemente, valores maiores de capacidade de carga, a determinação do número de estacas para cada conjunto (n) sucedeu-se a partir da razão entre a carga de compressão atuante nesse bloco e a capacidade de carga encontrada no conjunto solo-estaca por meio do método Aoki-Velloso.

No entanto, em sondagens com baixos valores de resistência nas camadas mais profundas do perfil de solo, priorizou-se a adoção da razão entre a carga de compressão atuante e a carga admissível estrutural da estaca. Esta medida foi tomada por razões de execução buscando evitar um grande número de estacas por bloco. Para tanto foi adotado o número máximo de 20 estacas por bloco, admitindo que estando a estaca diretamente apoiada sobre a rocha (camada intransponível para penetração do amostrador durante o ensaio de sondagem e, portanto, sem valores de SPT) sua ruptura só se dará por ruína estrutural e não por rompimento do sistema solo-estaca.

De forma análoga aos casos semelhantes ao exposto acima, determina-se o número de estacas para as demais sondagens que apresentam baixos valores de capacidade de carga. Tal medida foi tomada nesses casos para garantir o maior aproveitamento da capacidade estrutural do conjunto de estacas.

Com isso, é escolhida a configuração de estacas que apresente maior aproveitamento da capacidade estrutural das estacas analisadas e assim seja capaz de promover a escolha mais assertiva acerca da configuração de estacas adotada. Uma amostra desse método de

escolha da melhor configuração de estacas para cada bloco pode ser vista na tabela 1 e tabela 2, onde as escolhas realizadas para dois blocos de estacas hélice contínua encontram-se destacadas em vermelho.

Tabela 1 - Porcentagem de Aproveitamento da Capacidade de Carga do Conjunto de Estaca por Bloco

Bloco	Ø25	Ø30	Ø35	Ø40	Ø50
34	92,54%	98,71%	92,54%	92,54%	85,42%
35	91,77%	87,40%	91,77%	86,03%	70,59%

Fonte: Os Autores (2019)

Tabela 2 - Volume de Concreto por conjunto de Estacas (m³)

Bloco	Ø25	Ø30	Ø35	Ø40	Ø50
34	7,07	6,36	6,93	6,79	7,07
35	8,84	8,91	8,66	9,05	10,60

Fonte: Os Autores (2019)

Durante o dimensionamento proposto, observou-se que algumas porcentagens de aproveitamento se repetem para um mesmo bloco (como ocorreu no bloco 35 indicado na tabela 1). Nesses casos, foi adotada a configuração que apresenta menor volume de concreto, a fim de garantir maior eficiência na comparação feita no presente trabalho.

A partir da análise do número de estacas encontrado para as duas soluções dimensionadas, percebeu-se um aumento significativo para o caso das estacas pré-moldadas o que já indica um aumento no volume de concreto necessário, já que os comprimentos adotados para os dois tipos de estacas diferiram muito pouco entre os casos de mesma sondagem. A tabela 3 indica o quantitativo do volume de concreto calculado para as duas soluções:

Tabela 3 - Volume do Consumo de Concreto

	Estaca Pré-moldada	Estaca Hélice Contínua
Volume (m ³)	376,42	230,22

Fonte: Os Autores (2019)

Diante do exposto, ficou claro com base na análise feita acerca do volume de concreto empregado e o aproveitamento máximo da capacidade de carga das configurações de estaca encontradas para o objeto de estudo proposto que a solução que se mostrou mais eficiente é a utilização de estacas hélice contínua. Esta apresentou uma economia de concreto em torno de 38,83% em comparação com a opção de fundação por estaca pré-moldada.

Conclusões

O estudo de fundações é justificado ao passo em que nesse elemento ocorre a interação entre o solo e a estrutura. Sendo as características do solo variáveis, a engenharia geotécnica acaba por estimar a capacidade de carga de acordo com sondagens médias, envolvendo uma série de incertezas, que perpassam pelo método de cálculo, normalmente baseado em experiência local e correlações empíricas. (LOPES, MAIA e PRELLWITZ, 2019).

Milititsky, Consoli e Schnaid (2015) afirmam que o custo usual de uma fundação circunda entre 3 a 6% do valor total da obra. Entretanto, em casos especiais, considerando, dentre outros fatores, o tipo da estrutura a ser suportada, solicitações e características do subsolo, esse valor pode ultrapassar os 15%.

O dimensionamento de fundações não é simples e requer atenção a toda adoção realizada durante tal procedimento, seja no processo de escolha do tipo de fundação, no material empregado ou modo de execução necessário.

Nessa ótica, a presente pesquisa teve como proposta analisar dois tipos de fundações como solução economicamente viável, considerando os parâmetros de concreto e aproveitamento da capacidade de carga das estacas dimensionadas. Para isso, foi feita uma caracterização do estudo de caso apresentado e análise comparativa da viabilidade das soluções sugeridas de acordo com os condicionantes impostos.

De acordo com as características encontradas no maciço de solo destinado à construção do edifício indicado, as camadas de solo iniciais possuem baixos valores de N_{SPT}

(índice de resistência a penetração). Por essa razão, as soluções de fundação propostas necessitam do alcance de camadas mais profundas de solo, a fim de garantir a utilização de valores maiores de capacidade de carga. Com base nisso, pode-se dizer que os tipos de estaca propostos na pesquisa são viáveis, pois possuem facilidade de transpasse dessas camadas. Vale ressaltar também, que foi feita a escolha de tipos de fundação resistentes à água, já que algumas sondagens exibem presença de água nas camadas de transpasse.

Tais condicionantes exigem o uso de fundação profunda e permitem o uso de estacas pré-moldadas e hélice contínua, por conta de sua facilidade de cravação, resistência à água e apresentam o suporte de carga necessário aos esforços apontados pelo projeto estrutural do edifício.

Portanto, tal estudo cumpre com os objetivos pretendidos inicialmente, pois realizou uma abordagem com os principais elementos que permeiam o dimensionamento de fundações profundas, onde foi analisado o comparativo entre os dois tipos de fundações profundas para assim obter a solução mais eficiente. Desenvolvendo esforços no que tange a compreensão da interação solo-estrutura, levando em consideração o volume de concreto. E concluindo assim que a solução de fundação profunda por estaca hélice contínua se mostrou mais eficiente de acordo com os parâmetros analisados.

REFERÊNCIAS

ALONSO, U.R. **Exercícios de Fundações**. 2ª. ed. São Paulo: Ed. Edgard Blücher Ltda, 2010.

Book Company – BENAPAR BENABRAX, Fundações, Geotecnia e Estruturas, Catálogo técnico. Curitiba: Benapar, p. 05.

Book Company - GEOFIX, Hélice contínua monitorada, Catálogo técnico. São Paulo: Geofix, 2012, p. 04.

LOPES, M. P. C. L.; MAIA, P. C. A.; PRELLWITZ, M. F. Análise do Índice de Confiabilidade de Fundações em Estacas Empregando Diferentes Metodologias - Estudo de Caso. In: SEMINÁRIO DE ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES ESPECIAIS E GEOTECNIA, 9. Feira da Indústria de Fundações e Geotecnia, 3. 2019. São Paulo. **Anais** [...]. São Paulo: SEFE, 2019.

MILITITSK, J.; CONSOLI N. C.; SCHNAID F. **Patologia das fundações**. 2ª ed. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2015.

VELLOSO, D.A.; LOPES, F.R. **Fundações: Critérios de Projeto, Investigação do Subsolo, Fundações Superficiais, Fundações Profundas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.