

ANÁLISE DE CAPACIDADE DE CARGA E RECALQUE DE FUNDAÇÕES PROFUNDAS, CONSIDERANDO MODELOS SEMI-EMPÍRICOS

ANALYSIS OF LOAD CAPACITY AND REPRESSION OF DEEP FOUNDATIONS, CONSIDERING SEMI-EMPIRICAL MODELS

João Vicente De Camargo¹

Matheus Napole²

Fabio Braga Da Fonseca³

RESUMO: A fundação tem um papel importante na estrutura de um imóvel, seja ele de uso comercial ou residencial, pois é ela que suporta toda a estrutura que está acima do solo. Este artigo traz como objetivo mostrar alguns tipos de fundações tais como: Franki, Metálica, Pré-Moldada, Escavada e Hélice Continua, em uma obra, sendo calculados através dos métodos de Aoki-Velloso, Decourt-Quaresma e Teixeira, para descobrir sua capacidade de carga e por último calcular o recalque. Para concluir, neste caso tem-se que os três primeiros métodos de cálculo, tem a função de descobrir o quanto cada estrutura suporta de carga, já o último quanto a estrutura tende a recalcar após todo esse processo.

Palavras-chave: Capacidade de carga, recalque, Aoki-Velloso, Decourt-Quaresma, Teixeira.

ABSTRACT: *The foundation has an important role in the structure in the structure of a property, be it of commercial or residential use, because it that supports all the structure that is above the ground. This article aims to show some types off foundations suchs as: Franki, Metallic, Pre-Molded, Excavated and Helix continues, in a work, being calculated through the methods of Aoki-Velloso, Decourt-Quaresma and Teixeira, to discover its capacity and calculate the repression. To conclude, in this case it is assumed that the first three methods of calculation have the function of finding out how much each structure supports of load, already the last one as the structure tends to empasize after this whole process.*

Keywords: Load capacity, repression, Aoki-Velloso, Decourt-Quaresma, Teixeira.

¹ Graduando em Engenharia Civil no Centro Universitário UNIFAFIBE de Bebedouro, SP. E-mail: joacamargo672@gmail.com.

² Graduando em Engenharia Civil no Centro Universitário UNIFAFIBE de Bebedouro, SP. E-mail: mnapole@live.com.

³ Docente em Engenharia Civil no Centro Universitário UNIFAFIBE de Bebedouro, SP. E-mail: fabriobf31@yahoo.com.br.

1 INTRODUÇÃO

Dentre os tipos de fundações utilizadas usualmente no Brasil, elas recebem toda a carga da superestrutura (vigas e pilares) distribuindo as cargas na infraestrutura (fundações), que por fim distribui toda sua carga para o solo. Assim sendo estão destacadas as fundações superficiais (blocos, sapatas, etc.), e as profundas (estacas e tubulões, caixões, etc.). Onde geralmente uma obra que tem uma carga elevada, os solos superficiais apresentam uma baixa resistência, sendo assim utilizam-se fundações profundas, principalmente as estacas (MAGALHÃES, 2005).

Fundações profundas ou indiretas são aqueles em que toda as ações de cargas acima do solo são transmitidas ao solo, por meio da resistência da base, resistência lateral, ou pelas duas. Alguns exemplos são as estacas e tubulões, necessitando-se entender as características do tipo de fundação a ser utilizada em cada obra, atendendo os requisitos de segurança, e principalmente a qualidade (CAMPOS, 2015).

Fundações profundas podem ser aplicadas tanto em solos argilosos, que ao receber água, pode se tornar lama, onde após esse processo se tornam plásticas e tendem a se obter uma maior estabilidade quando secos, apresentando uma maior compactação e solidez. Quanto em solos com agregados graúdos onde são compostos por pedras, pedregulhos, cascalhos, ou seja, de partículas grossas (REBELLO, 2008).

Além da capacidade de carga deve-se ser observado o recalque que determina a deformação do solo que ocorre quando ele é submetido a cargas elevadas. Essas mudanças em configurações geométricas provocam alterações no solo que permitem seu deslocamento vertical, movimentando as fundações que, dependendo de outros fatores, podem ocasionar sérios prejuízos a superestrutura (VELLOSO; LOPES, 2010).

A capacidade de carga é definida tanto em ruptura generalizada quanto ruptura localizada, em que a ruptura generalizada confere aos solos que já estão compactados e não sofreram recalque, já a ruptura localizada define-se como um solo que não foi compactado e seus recalques podem aumentar com a pressão (ALONSO, 2011).

O recalque em uma estaca pode ser considerado como: encurtamento do fuste da estaca, recalque do solo, recalque do solo na ponta da estaca (força vertical devido

a reação de ponta que gera tensões nas camadas subjacentes) e recalque do solo na lateral da estaca (força lateral devido as reações as cargas laterais) (BUDHU, 2015).

O recalque tem uma função importante na estrutura, pois é nessa parte que se encontra alguns erros em uma obra por um pequeno descuido muito importante pode-se danificar a estaca deixa-se passar uma coisa muito importante, com base no solo do terreno estudado deve-se ser descoberto qual estaca pode ser melhor utilizada (VELLOSO; LOPES, 2010).

Também se deve levar em consideração o local onde será executado essa obra de fundação, pois como se sabe se tem certos tipos de estacas que não se pode utilizar por causarem prejuízos a vizinhos por conta do impacto sofrido na descida do soquete (ALONSO, 2011).

O objetivo do artigo é realizar uma análise de três métodos de dimensionamento, entre eles Aoki-Velloso, Decourt Quaresma e Teixeira, pela capacidade de carga e recalque utilizando apenas uma estacas Franki, metálicas, pré-moldada, escavada e hélice contínua.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Fundações Profundas

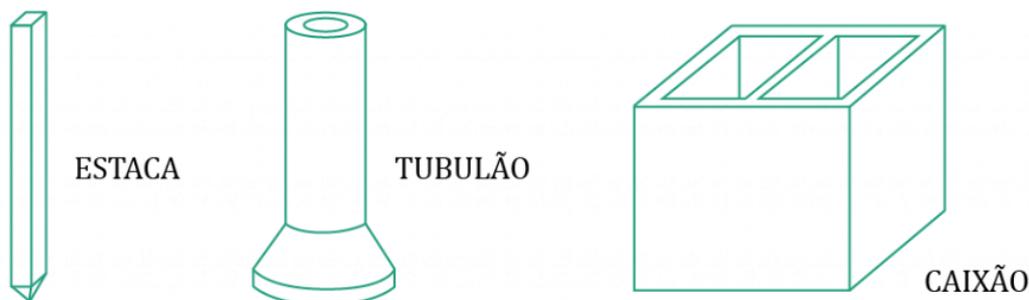
As fundações profundas são aplicadas em profundidades maiores que duas vezes menor dimensão em projeto, ou profundidade mínima igual a 3,0 metros. O principal papel das fundações profundas é sustentar as cargas originarias das estruturas. Com isso o tipo da fundação a ser aplicada em uma edificação ou obra é determinado através de estudos no solo ou sondagens do terreno (FERREIRA; GONÇALVES, 2014).

A estrutura transfere a carga resultante da superestrutura ao solo pela base através da resistência de ponta da estaca, por sua face lateral através da resistência de atrito do solo com o fuste ou pelas duas. As fundações profundas se dividem em três tipos: entre elas as estacas, tubulões e caixões (FIGUEIREDO; SILVA; FROTA, 2015).

As estacas diferenciam-se de caixões e tubulões pela realização por ferramentas ou equipamentos, onde sua execução pode ser realizada por ferramentas ou equipamentos, em que o operário não tenha que descer em seu interior em nenhuma fase. Podem ser classificadas por serem fabricadas com diferentes

materiais: madeira, concreto, aço ou mistas (concreto e aço). Já a diferença entre caixão e tubulão está em sua simetria o primeiro é prismático e o segundo é cilíndrico (VELLOSO; LOPES, 2010).

FIGURA 1. Tipos de fundações profundas



Fonte: Me Passa Aí (2016)

2.2 Estacas

Esses tipos de fundações podem ser representados como “estacas cravadas” onde sua execução é realizada por apiloamento do solo (bate estaca), ou “estacas escavadas” com emprego de brocas. Dentre os materiais utilizados citam-se: aço, concreto pré-moldado, madeira, concreto moldado *in loco* ou mistos (concreto e aço) (REBELLO, 2008).

As estacas constituem parte da fundação da obra, onde ela que tem como intuito de suportar toda a carga da estrutura, e dando apoio à construção para que não aconteçam recalques caso o solo venha ceder. Utilizam-se estacas quando após estudos e sondagens o tipo de solo superficial não pode suportar cargas elevadas, desta forma é necessário que se execute uma fundação profunda (CAMPOS, 2015).

2.2.1 Estaca Franki

A estaca Franki é um tipo de estaca de concreto armado, cravada no solo que é executada no próprio local, realizada por meio de uma fixação no terreno de um tubo de revestimento de ponta fechada por meio de bucha de plástico e recuperada ao ser concretada à estaca (HACHICH et al., 1998).

É um tipo de estaca que tem como característica uma base alargada, sendo obtida colocando-se no terreno uma apropriada quantidade de material granulométrico ou concreto. São dimensionadas para que a carga que vem da superestrutura seja

suportada pela resistência de ponta e resistência lateral (BUDHU, 2015).

Para se obter um resultado bem sucedido, tudo depende de como deve-se ser executada a estaca, do uso de equipamentos corretos, e de mão de obra especializada. Por sua característica de processo de fixação, este tipo de estaca não é recomendado em terrenos com rochedos, onde as construções próximas não suportam vibrações (FIGUEIREDO; SILVA; FROTA, 2015).

Na estaca tipo Franki tem-se algumas vantagens, como: apresentam uma grande resistência de carga, tanto lateral quanto de ponta, assim cooperando para a dispersão de cargas no solo. Esse tipo de estaca pode chegar em camadas mais profundas no solo e também podem ser efetuadas abaixo do nível de água (VELLOSO; LOPES, 2010).

Apesar de suas vantagens à Estaca Franki também possui suas desvantagens, pois por conter vibrações em sua execução. Para realização deste tipo de estaca recomenda-se realizar algum tipo de laudo pericial nas edificações vizinhas antes de sua execução para poder fazer um registro em construções ao redor da obra (RESENDE; MARTINS, 2014).

2.2.2 Estaca metálica

As estacas metálicas são compostas por perfis laminados ou soldados, simples ou múltiplos, em situações necessárias elas podem ser emendadas, mas onde a emenda é feita deve-se resistir as solicitações que ocorrem durante o manuseio e a cravação, é obrigatório que ela resista a corrosão pela natureza do aço (EQUIPE TÉCNICA GERDAU, 2015).

Antigamente perfis metálicos eram utilizados somente para reduzir as vibrações decorrentes das estacas de deslocamento, onde não a necessidade da retirada do material para sua cravação. Atualmente são encontradas em diferentes formas desde perfis (laminados ou soldados), a tubos. Os aços mais utilizados seguem os padrões de tensão de escoamento 250 MPa e 345 MPa. Em sua composição da liga metálica pode ser adicionado uma porcentagem de cobre visando aumentar sua resistência a corrosão natural (VELLOSO; LOPES, 2010).

A cravação das estacas metálicas pode ser feita por golpes, prensagem ou vibração. Para se fazer a escolha do tipo de equipamento a ser utilizado deve ser analisada de acordo com as seguintes características: dimensão da estaca, tipo de

solo, condições de vizinhança (alguns lugares não se deve ser aplicado à estaca por vibração), características do projeto e peculiaridades do local (CAMPOS, 2015).

Dentre as vantagens das estacas de fundação metálicas, as principais são: facilidade de serem emendadas, apresentam uma alta resistência a compressão e tração, não fissurem, e não terem complicações por trincas e possuem pouca vibração quando colocadas ao solo (HACHICH et al., 1998).

Dentre as desvantagens, citam-se: possuem alto custo comparado às estacas Franki e pré-moldadas, dependendo do local onde são construído elas podem ser facilmente prejudicadas por águas e solos corrosivos, característicos de pântanos, solos contaminados e pontos alcalinos; sua fabricação exige um tipo de maquinário específico, a distância entre o destino e o local de sua fabricação pode acarretar custos elevados (RESENDE; MARTINS, 2014).

2.2.3 Estaca pré-moldada

A utilização de estacas pré-moldados vem se transformando em um fator bastante significativo no avanço de processos construtivos que pretendem ter uma redução no tempo e consumo de materiais na construção. A utilização desses tipos de elementos isenta a necessidade de estocagem de materiais e de serviços relativos a sua fabricação e execução no canteiro de obras. Outro aspecto importante é que este tipo de fundação é fabricado em locais apropriados, utilizando-se métodos e equipamentos de controle tecnológico de concreto, assegurando no final um produto com padrão de qualidade elevado (DUTRA, 2012).

Atualmente a construção civil possui diferentes tipos de estacas pré-moldadas, tanto de concreto protendido quanto de concreto armado, centrifugado ou vibrado. São classificados pelo tipo de seção transversal, que podem ser, tanto maciça quanto vazada, em formas hexagonal, octogonal, quadrada e circular. Os procedimentos relevantes de cravação deste tipo de estacas são: prensagem, percussão ou vibração. Entre esses métodos o mais utilizado por questões econômicas é a cravação de percussão (CAMPOS, 2015).

As vantagens das estacas pré moldadas são: ela tem uma boa capacidade de carga e uma resistência de esforços de cisalhamento e flexão. Podem ser executadas em solos moles com lençol freático próximo ao nível do solo, tem uma execução simples e prática, contribui para que se tenha uma obra mais limpa e mais organizada (HACHICH et al., 1998).

Dentre as desvantagens cita-se que por serem de concreto protendido ou armado, ela gera alta vibração devido a utilização dos equipamentos para cravação, quando encontrado uma camada do solo muito resistente esse tipo de estaca pode quebrar durante a cravação, tem um alto peso próprio limitando seus comprimentos em função de seu transporte, e emendas e cortes são complexos de serem executados (DUTRA, 2012).

2.2.4 Estaca escavada

Estaca escavada é um modelo de fundação profunda caracterizada por ser realizada por perfuração mecânica, após a retirada do material é concretada sendo utilizada ou não lama bentonítica após a concretagem, de revestimento total ou parcial (ALBUQUERQUE, 2001).

Caracterizam-se por serem um tipo de estaca moldada no local, após feita a escavação no solo, podem ser realizadas por sondas específicas para a retirada de terra. Podem ser utilizadas perfuratrizes rotativas, com trados mecânicos ou manuais. Pode ser ou não um tipo de fundação com base alargada, conforme o tipo de solo onde será realizada (CESÁRIO, 2005).

Por ter um processo de fabricação mais simples e suas dimensões serem comumente diminuídas, as brocas operam com cargas de no máximo 50 kN. Por terem possibilidade de estreitamento do fuste, é sugerido que as brocas não sejam realizadas sobre o nível de água (GELESOV, 2015).

2.2.5 Estaca hélice contínua

A hélice contínua é um tipo de estaca escavada de fundação profunda que é realizada por meio de uma estaca moldada *in loco*, e sua armadura é somente colocada após o lançamento do concreto. Ela é executada por meio de um equipamento de trado helicoidal contínuo que ao mesmo tempo em que realiza a retirada do solo faz a concretagem da estaca (ALBUQUERQUE, 2001).

Uma das vantagens desse tipo de estaca é que ela se sobressai por ter um alto custo x benefício, decorrente se sua produtividade, da mobilidade de equipamentos, que por fim resultam em uma grande economia, diante a redução dos cronogramas de obra. Pode ser realizada na maioria dos tipos de solos, não podem ser executadas quando verificam-se que o solo são rochas e matacões (FIGUEIREDO; SILVA; FROTA, 2015).

2.3 Capacidade de carga do solo

Para a escolha de uma estaca escavada deve, primeiramente, considerar sua capacidade estrutural, ela deve resistir os esforços sem que ocorram fissuras ou danos à estaca, não levando em consideração as tensões resistentes que há no solo. A capacidade de carga estrutural varia conforme as dimensões da estaca e o material utilizado (DAMASCENO, 2013).

A capacidade de carga das fundações pode ser estipulada por métodos teóricos, métodos semi-empíricos ou provas de cargas realizadas *in loco*. As elaborações teóricas não são totalmente confiáveis para previsão de capacidade de suporte de estacas. Porém, existe uma diversidade de métodos que podem antever com maior nível de segurança a capacidade de carga desses elementos (ALONSO, 2011).

Pode-se dizer que a capacidade de carga trata-se do valor de força corresponde à máxima resistência que o sistema pode oferecer, ou do valor representativo da condição de ruptura do sistema. Assim sendo constata-se que há duas formas de resistência: as tensões resistentes ao longo do fuste e as tensões resistentes na ponta da estaca (RUBIN, 2016).

2.4 Recalque do solo

Os recalques são presumidos supondo-se que cada elemento isolado de fundação possa se deslocar de modo independente dos demais. Em outros modos, admite-se que os elementos estrutura e fundação possuem papéis independentes, ou seja, são desprezados os efeitos da interação solo-estrutura ocasionados pela deformação do solo e pela rigidez da estrutura (GONÇALVES, 2004).

Evidenciam que na prática brasileira de fundações realizam-se medidas de recalques exclusivamente em situações nas quais são examinados problemas em edificações, tais como; trincas ou rachaduras ou, ainda, quando são realizadas escavações perto da obra (BUDHU, 2015).

A percepção do recalque é importante, ocorre durante a etapa de análise e projeto de fundações, quando é feito o cálculo do recalque das fundações e é preciso tomar providências a adequação dos resultados obtidos com o desempenho desejado da estrutura (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2015).

3 MATERIAL E MÉTODOS

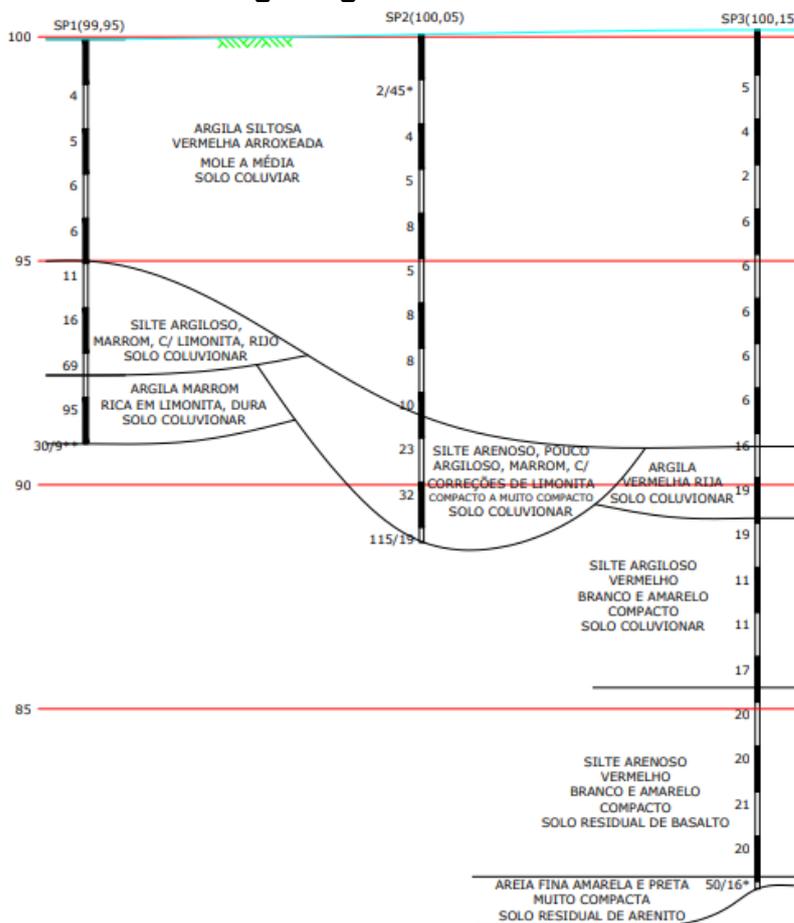
Para ser feito o levantamento necessário de qual fundação utilizar, deve-se primeiro saber com qual tipo de solo lidar. Para isso foi utilizado o método de SPT (Standart Penetration Test).

Após saber quais os tipos de solo, serão feitos cálculos de capacidade de carga e recalque com alguns tipos de estacas Franki, metálicas, pré-moldada, escavada e hélice contínua, utilizando para todas as estacas o mesmo diâmetro. Após isto são feitos levantamentos de custos de cada passo da fundação para se descobrir qual tem o melhor custo benefício.

3.1 Local

O local situa-se na região de Ribeirão Preto. As amostras coletadas caracterizam-se por serem solos compostos de argila e areia (FIGURA 2.)

FIGURA 2. Perfil geológico do terreno a ser estudado



Fonte: Roma (2016)

3.2 Procedimentos

3.2.1 Capacidades de carga

Depois de obtido o ensaio de SPT, começa um estudo de caso em capacidade de carga utilizando os métodos citados a baixo, cada método tem uma força resistência admissível (R_{adm}).

3.2.1.1 Métodos de Aoki-Velloso

Para o método de Aoki-Velloso os solos é repartido em camadas para encontrar o $N_{SPT, Lateral}$ ao longo do fuste. Neste caso de acordo com a sondagem tem-se 5 tipos de N_{SPT} ao longo do fuste. No método de Aoki-Velloso são utilizados os seguintes passos:

- Encontrar o $N_{SPT, Lateral}$ ao longo do fuste, que seria a média de cada tipo de solo
- Resistência de atrito lateral ao longo do fuste (RL)

$$R_L = \sum \frac{(\alpha \cdot K \cdot \bar{N}_{L,SPT})}{FC_2} \cdot per \cdot \Delta L \quad (1)$$

Sendo que:

- RL – resistência de atrito lateral ao longo do fuste (kN)
- α – fator de correlação entre CPT e SPT
- K - fator de correlação entre CPT x N_{SPT} x solo
- $N_{L, SPT}$ – média de cada tipo de solo
- FC_2 – fator de correção 2
- per – perímetro
- ΔL – comprimento da camada de solo analisada

- N_{SPT} , ponta, que seria o número de SPT na ponta da estaca
- Resistência de ponta (RP)

$$R_p = \frac{k \cdot N_{p,SPT}}{FC_1} \cdot \frac{\pi \cdot \phi^2}{4} \quad (2)$$

Sendo que:

- R_p - resistência de ponta (kN)
- k - carga usual da estaca (kN)
- $N_{p,SPT}$ - SPT na ponta da estaca
- FC_1 - fator de correção 1
- \emptyset - diâmetro da estaca

e) Capacidade total do solo

$$R = R_p + RL \quad (3)$$

f) Carregamento admissível da estrutura para o solo

$$R_{adm} \leq \frac{R_{ult}}{1,4} \quad (4)$$

3.2.1.2 Métodos de Decourt-Quaresma

No método de Decourt ocorre o inverso ao de Aoki, a mudança ocorre no modo de achar o $N_{SPT, L}$, onde se soma todos os N_{SPT} de forma única para gerar um único valor, já os outros passos de cálculo são diferentes.

a) Encontrar o $N_{SPT, Lateral}$, que seria a média de todos os SPT

b) Encontrar a resistência lateral ao longo do fuste (τ_L)

$$\tau_L = 10 \left(\frac{\bar{N}_{SPT,L}}{3} + 1 \right) \quad (5)$$

c) Encontrar $N_{SPT, Ponta}$ na base da estaca

$$N_{SPT,\bar{P}} = \frac{N_{SPT,P} + N_{SPT,P-1} + N_{SPT,P+1}}{3} \quad (6)$$

d) Encontrar tensão na base da estaca

$$\sigma_p = C \cdot N_{SPT,\bar{P}} \quad (7)$$

Sendo que:

- C - coeficiente característico do solo
- $N_{SPT, P}$ - SPT médio ponta, anterior, posterior
- σP - tensão na base da estaca (kN/m²)

e) Encontrar fatores α e β

f) Encontrar áreas A Ponta e A Lateral

$$A_p = \frac{\pi \cdot \phi^2}{4} \quad (8)$$

$$A_L = \pi \cdot \phi \cdot L \quad (9)$$

Sendo que:

- A_p – área de ponta da estaca (m^2)
- ϕ – diâmetro da estaca
- A_L – área lateral da estaca (m^2)

g) Capacidade total do solo

$$R = \alpha \cdot \sigma_p \cdot A_p + \beta \cdot \tau_L \cdot A_L \quad (10)$$

h) Capacidade admissível da estrutura para o solo

$$R_{adm} \leq \frac{R_{ult}}{1,4} \quad (4)$$

3.2.1.3 Métodos de Teixeira

Do mesmo modo de Decourt, Teixeira soma o $N_{SPT, L}$ de forma única, e como previsto nos três cada um terá uma forma diferente de ser calculado obtendo assim valores diferentes em cada execução de cálculo.

a) Encontrar o $N_{SPT, Lateral}$, que seria a média de todos os SPT

b) Encontrar a resistência lateral ao longo do fuste (kN/m^2)

$$\tau_L = \beta_T \cdot \bar{N}_{SPT, L} \quad (11)$$

c) Encontrar $N_{SPT, P, T}$

$N_{SPT, P, T} = \text{media } N_{SPT, P, 4\phi \text{ acima}}$

$N_{SPT, P, 1\phi \text{ abaixo}}$

d) Determinar a tensão na ponta da estaca (kN/m^2)

$$\sigma_p = \alpha_T \cdot N_{SPT, P, T} \quad (12)$$

e) Encontrar áreas A Ponta e A Lateral

$$A_p = \frac{\pi \cdot \phi^2}{4} \quad (8)$$

$$A_L = \pi \cdot \phi \cdot L \quad (9)$$

Sendo que:

- A_p – área de ponta da estaca (m^2)
- \emptyset – diâmetro da estaca
- A_L – área lateral da estaca (m^2)

f) Capacidade total do solo

$$R = \sigma_p \cdot A_p + \tau_L \cdot A_L \quad (13)$$

g) Capacidade admissível da estrutura para o solo

$$R_{adm} \leq \frac{R_{ult}}{1,4} \quad (4)$$

3.2.2 Recalques

Logo em seguida inicia-se o cálculo de recalque para cada estaca proposta para assim poder chegar a uma conclusão quanto de recalque sofrerá e quais ações deverão ser tomadas caso perceba-se que o recalque sofrido por cada estaca ainda seja significativo. Deverá ser calculado do seguinte modo:

a) Diagrama de carga (kN)

Neste caso pega a carga total e vem subtraindo as outras resistências de capacidade.

b) Recalque devido ao encurtamento elástico do fuste

$$\rho_{fuste} = \sum \frac{(\bar{F}i \cdot Li)}{A \cdot E} \quad (14)$$

c) Cálculo de acréscimo de tensão

$$A = \frac{\pi \cdot (\emptyset + h + \frac{H}{2})^2}{4} \quad (15)$$

d) Recalque devido ao solo (kN/m^2)

$$E_0 = 6 \cdot k \cdot N_{SPT} \text{ (estaca cravada)} \quad (16)$$

$$E_0 = 4 \cdot k \cdot N_{SPT} \text{ (estaca hélice continua)} \quad (17)$$

$$E_0 = 2 \cdot k \cdot N_{SPT} \text{ (estaca escavada)} \quad (18)$$

$$\sigma_0 = \gamma_1 \cdot h_1 + \gamma_2 \cdot h_2 + \gamma_3 \cdot h_3 \quad (19)$$

$$E_s = E_0 \cdot \frac{\pi \cdot (\sigma_0 + \Delta\sigma)^n}{\sigma_0} \quad (20)$$

e) Recalque total (mm)

4. RESULTADOS

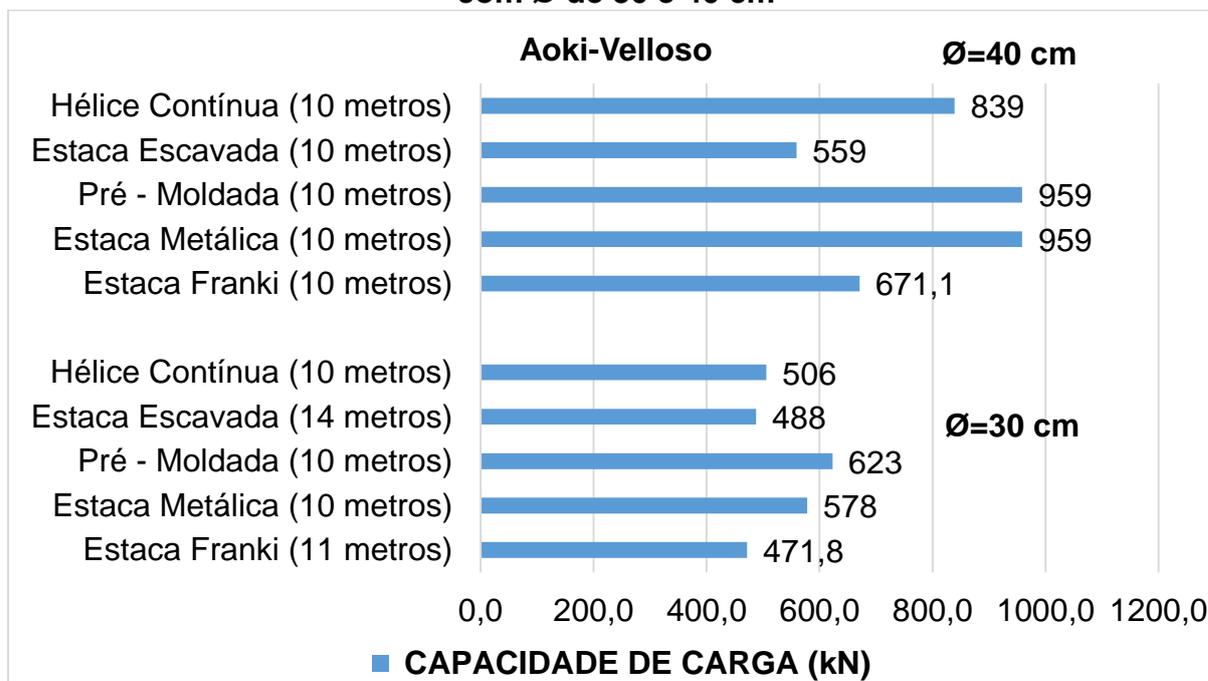
4.1 Capacidade de carga

TABELA 1. Fator de correção de carga com Ø de 30 e 40 cm

Carga	Fator de correção	Carga corrigida kN
300	1,4	420

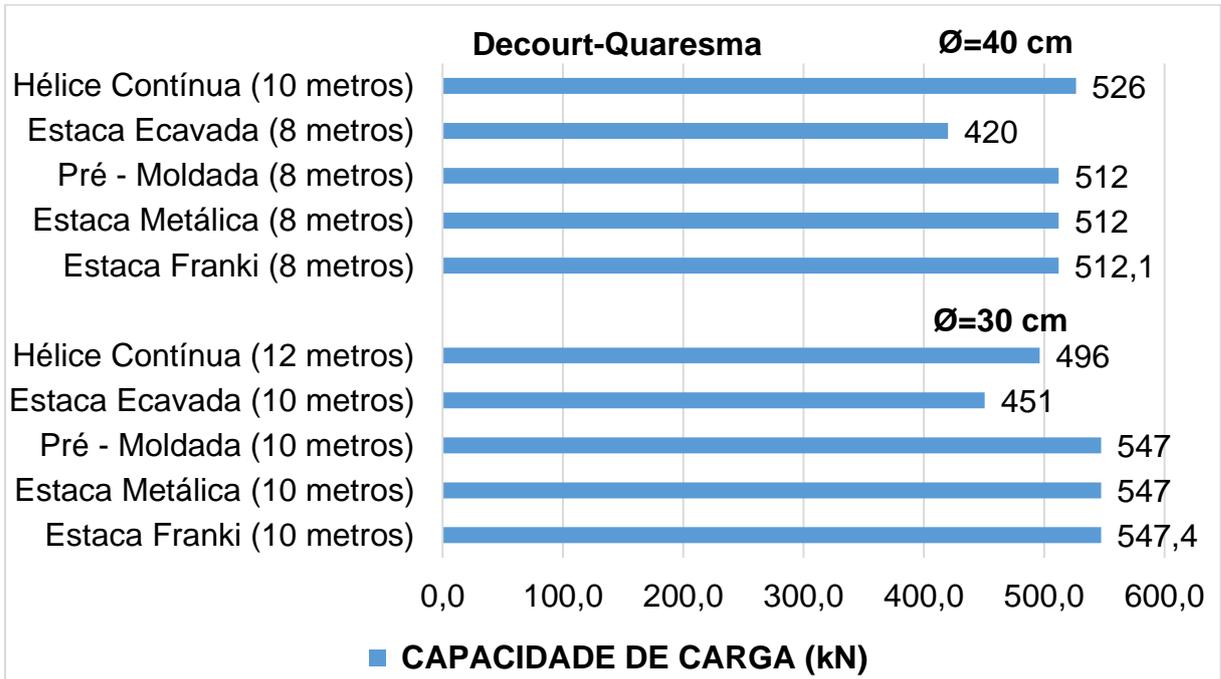
Fonte: Próprio autor

GRÁFICO 1. Capacidade de carga e comprimento pelo método de Aoki-Velloso com Ø de 30 e 40 cm



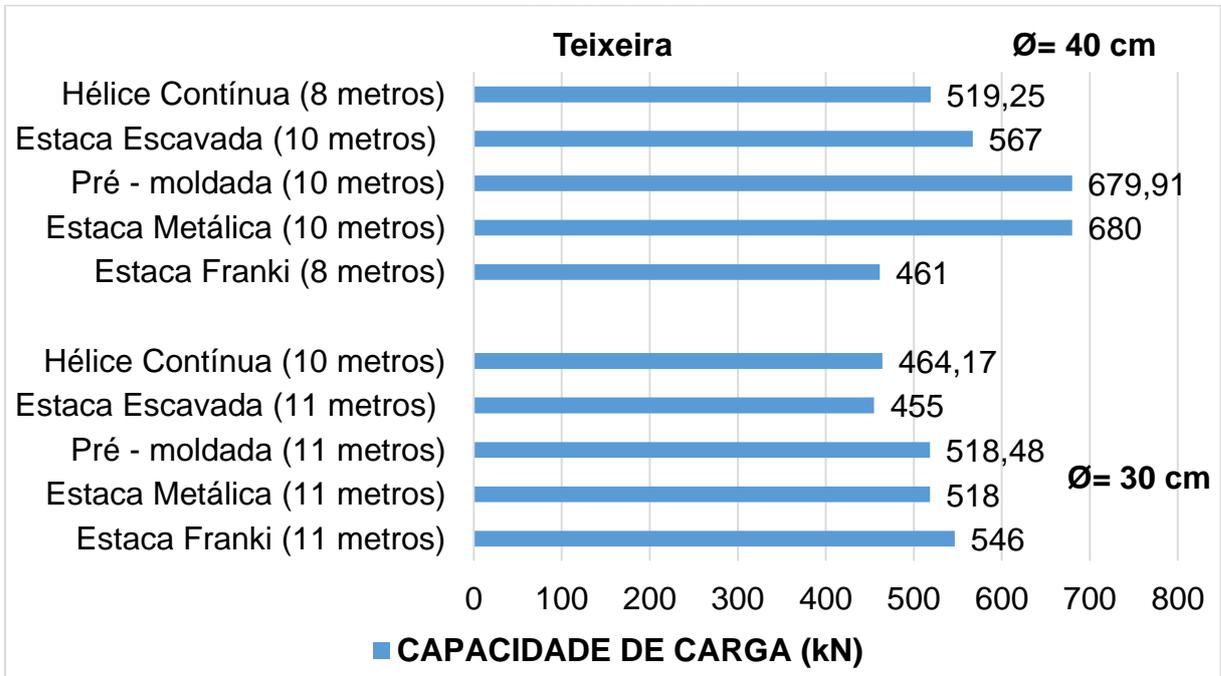
Fonte: Próprio autor

GRÁFICO 2. Capacidade de carga e comprimento pelo método de Decourt-Quaresma com Ø de 30 e 40 cm



Fonte: Próprio autor

GRÁFICO 3. Capacidade de carga e comprimento pelo método de Teixeira com Ø de 30 e 40 cm



Fonte: Próprio autor

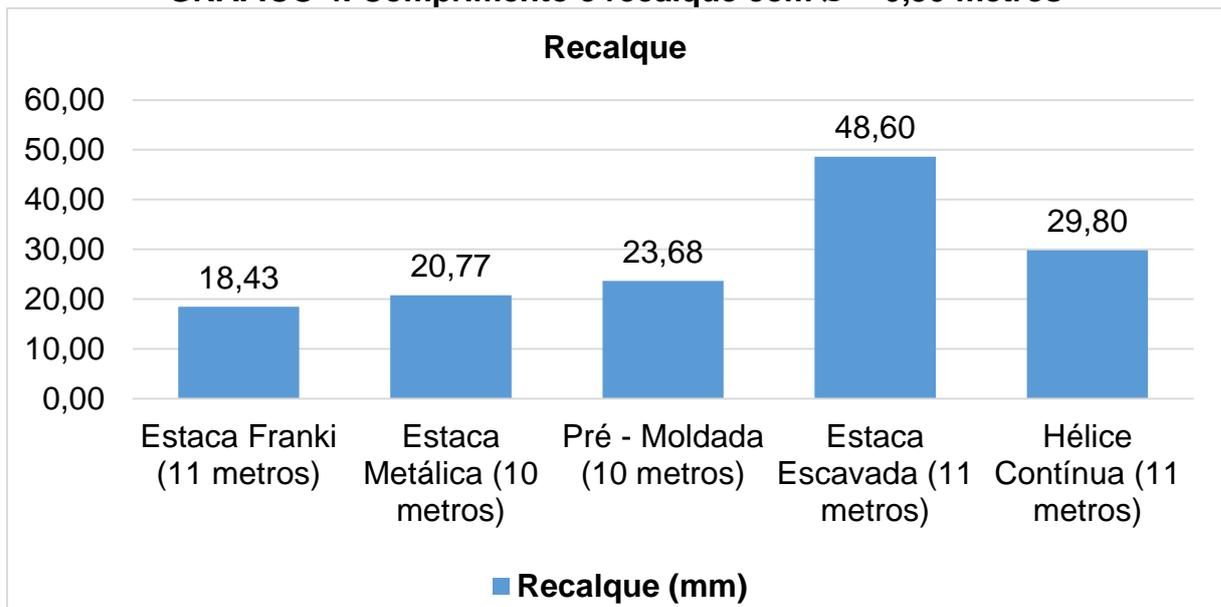
4.2 Recalque

TABELA 2. Fator de correção de carga com Ø de 30 e 40 cm

Carga	Fator de correção	Carga corrigida kN
300	1,4	420

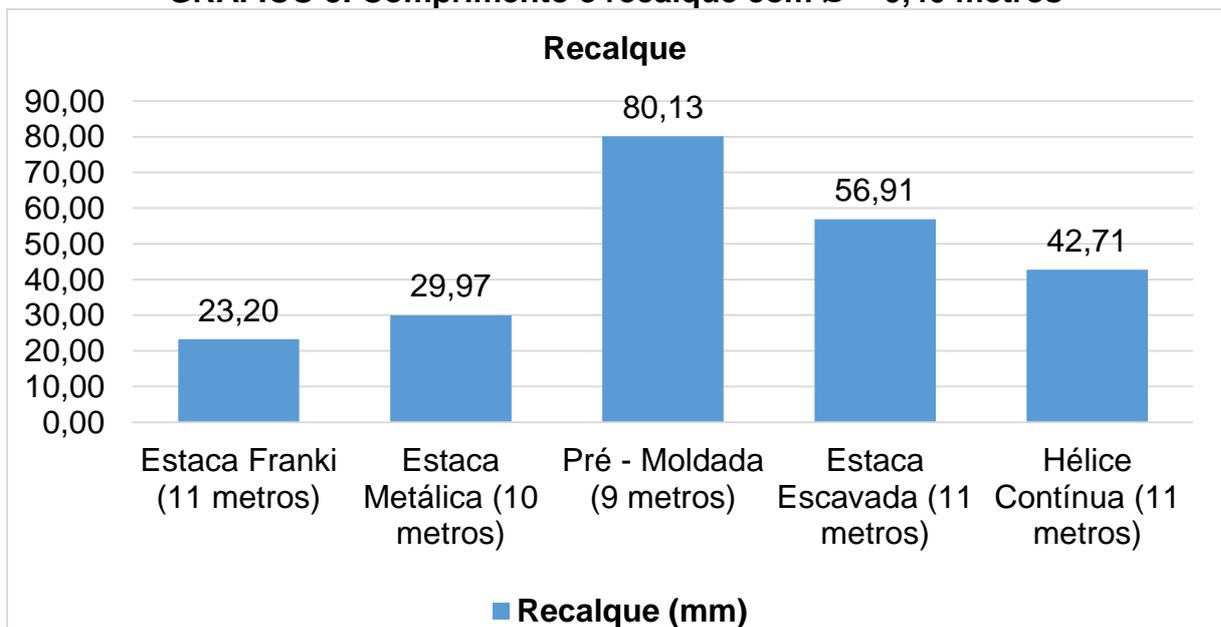
Fonte: Próprio autor

GRÁFICO 4. Comprimento e recalque com Ø = 0,30 metros



Fonte: Próprio autor

GRÁFICO 5. Comprimento e recalque com Ø = 0,40 metros



Fonte: Próprio autor

5. DISCUSSÃO

TABELA 3. Comparação entre Capacidade de Carga e Recalque com $\varnothing = 0,30$ metros

Tipos de estacas	Comprimento (m)	Capacidade de carga (kN)	Recalque (mm)	Comprimento (m)
Franki	11 metros	471,8	18,43	11 metros
Metálica	10 metros	578	20,77	10 metros
Pré-Moldada	10 metros	623	23,68	10 metros
Escavada	14 metros	488	48,60	11 metros
Hélice Continua	10 metros	506	29,80	11 metros

Fonte: Próprio autor

TABELA 4. Comparação entre Capacidade de Carga e Recalque com $\varnothing = 0,40$ metros

Tipos de estacas	Comprimento (m)	Capacidade de carga (kN)	Recalque (mm)	Comprimento (m)
Franki	10 metros	671,1	23,20	11 metros
Metálica	10 metros	959	29,97	10 metros
Pré-Moldada	10 metros	959	80,13	9 metros
Escavada	10 metros	559	56,91	11 metros
Hélice Continua	10 metros	839	42,71	11 metros

Fonte: Próprio autor

Após efetuar todos os cálculos para os dois diâmetros utilizando uma carga de 300 kN com fator de correção de 1,4 a carga corrigida chegou a 420 kN (TABELA 1 E 2).

Para as estacas com o diâmetro de 0,30 metros com o comprimento de 10 metros com a carga aplicada de 420 kN, à estaca Pré-Moldada obteve uma grande capacidade de carga de 623 kN, e seu recalque de 23,68 milímetros não foi tão elevado. Pensando na estaca que não obteve grande eficiência foi à estaca Escavada, pois ela tem 14 metros de comprimento e somente para resistir apenas 488 kN.

Para as estacas com diâmetro de 0,40 metros ficou claro que as estacas Metálicas e Pré-Moldadas com comprimento de 10 metros com carga aplicada de 420 kN, a capacidade de carga de ambas as estacas foram elevadas de 959 kN, foram

superiores aos outros tipos. Analisando o recalque a melhor entre as duas seria a Metálica que obteve um recalque baixo de 29,97 milímetros.

Apesar da estaca Metálica ter uma grande capacidade de carga seu recalque mesmo sendo baixo é significativo, se a opção seria reduzir o recalque poderia utilizar a estaca Franki em ambos os diâmetros.

6. CONCLUSÃO

Não existe um tipo de estaca ideal tanto para capacidade de carga e recalque, tudo vai depender de qual tipo de finalidade desejada.

Considerando o tipo de solo considerado no artigo a estaca para diâmetro de 0,30 metros a estaca que aceita a maior capacidade de carga comparada com a carga aplicada é a Pré-Moldada que foi a estaca com melhor desempenho para o solo resistir a máxima carga dele, porém quando se deseja analisar somente recalque a estaca que gera o menor recalque é a Franki.

Já para o diâmetro de 0,40 metros à estaca que aceita maior capacidade de carga comparando com a carga aplicada, considerando o menor recalque foi a Metálica, porém se desejado analisar somente o recalque a estaca com menor recalque foi a Franki.

Lembrando o artigo é somente uma análise de projeto geotécnico, se necessário uma análise mais aprofundada, seria necessário realizar um estudo do projeto estrutural para saber qual a resistência do concreto e a quantidade de armadura, além disso o custo de execução.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Paulo José Rocha de. **Estacas escavadas, hélice contínua e ômega: Estudo do comportamento à compressão em solo residual de diabásio, através de provas de carga instrumentadas em profundidade.** 2001. 297 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

ALONSO, Urbano Rodriguez. **Previsão e Controle das Fundações.** São Paulo: Blucher, 2011.

ARARIPE, Mateus Alvarenga de Alencar. **PROJETO GEOTÉCNICO E ESTRUTURAL DE FUNDAÇÕES DE UMA EDIFICAÇÃO.** 2016. 159 f. TCC

(Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

BUDHU, Muni. **Fundações e Estruturas de Contenção**. Rio de Janeiro: Ltc, 2015.

CAMPOS, João Carlos de. **Elementos de Fundações em Concreto**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

CESÁRIO, Douglas Ferraz. **Estacas escavadas com trado mecânico: Análise da resistência lateral sob solicitação de compressão**. 2005. 177 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

DAMASCENO, Davi Luiz Gruhn. **AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE CARGA GEOTÉCNICA E RECALQUE DE ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA MONITORADA EM UM EDIFÍCIO DE RIO BRANCO – AC**. 2013. 124 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará, Belém, 2013.

DUTRA, Luis Henrique Antunes. **Estacas pré-fabricadas de concreto: Avaliação do reforço para tensões geradas na cravação**. 2012. 57 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2012.

EQUIPE TÉCNICA GERDAU. **Estacas Metálicas Gerdau**. 8. ed. [s.l.]: Gerdau, 2015.

FERREIRA, Ademir Martins; GONÇALVES, Thales Vinicius Assis. **Estacas Cravadas pré-moldadas de concreto: procedimentos para escolha e execução**. Revista Pensar Engenharia, [s.l.], v. 2, n. 1, p.3-4, jan. 2014.

FIGUEIREDO, Cássio Marcus Mory; SILVA, Matheus Pena da Silva e; FROTA, Consuelo Alves da. **Estudo de caso: edificação com fundações em estacas hélice contínua monitorada**. Estudos Tecnológicos em Engenharia, [s.l.], v. 11, n. 1, p.33-33, 9 out. 2015. UNISINOS - Universidade do Vale do Rio Dos Sinos.

GEHLEN, Douglas Dalton. **DIMENSIONAMENTO E COMPARATIVO ENTRE ESTACAS FRANKI, HÉLICE CONTÍNUA E STRAUSS: Estudo de caso**. 2016. 119 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2016.

GELESOV, Yuri Trivinho. **Previsão da capacidade de carga de estacas escavadas em solo arenoso da região de Araquari-Sc**. 2015. 88 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

GONÇALVES, Juliane Cristina. **AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DOS RECALQUES DAS FUNDAÇÕES NA VARIAÇÃO DE CARGAS DOS PILARES DE UM EDIFÍCIO**. 2004. 141 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

HACHICH, Waldemar et al (Ed.). **Fundações: Teoria e Prática**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1998.

MAGALHÃES, Paulo Henrique Lourenço. **Avaliação dos métodos de capacidade de carga e recalque de estacas hélice contínua via provas de carga.** 2005. 270 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, 2005.

ME PASSA AÍ. Disponível em: <http://blog.mepassaai.com.br/tipos-de-fundacoes-e-terminologia/>. Acesso em nov. 2018.

MILITITSKY, Jarbas; CONSOLI, Nilo Cesar; SCHNAID, Fernando. **Patologia das Fundações.** São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

REBELLO, Yopanan C. P. **Fundações: Guia Prático de Projeto, Execução e Dimensionamento,** São Paulo: Ziguarte, 2008.

RESENDE, Rafael Junio; MARTINS, Marlucio. **Estudo comparativo de viabilidade dos principais tipos de fundações profundas.** Revista Pensar Engenharia, [s.l], v. 2, n. 1, p.17-17, jan. 2014.

ROMA, Luís Fernando. **Perfil geológico do terreno a ser estudado.** [online]. Disponível na Internet via correio eletrônico: luis.roma@urben.com.br. Mensagem: Fundações Profundas. Fevereiro 2018.

RUBIN, Arthur Bopp. **PREVISÃO DA CAPACIDADE DE CARGA DE ESTACAS DO TIPO HÉLICE CONTÍNUA.** 2016. 92 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

VELLOSO, Dirceu de Alencar; LOPES, Francisco de Rezende. **Fundações.** São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 2 v.