

ATRITO NEGATIVO: CAUSAS E DANOS REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

NEGATIVE FRICTION: CAUSES AND DAMAGE LITERATURE REVIEW

Vanessa C. da Cunha¹
Carlos Rolim Neto²

RESUMO

O atrito negativo é um fenômeno que ocorre em solos de características mole, solos compressíveis, que possuem baixa resistência ao cisalhamento, e são constituídos, em sua maioria, por matéria orgânica. O atrito negativo acontece, de forma que, o solo mole em que é cravada uma estaca, recalca mais do que a estrutura de fundação. Ao longo dos anos estudiosos vem desenvolvendo pesquisas de campo, pesquisas de laboratório e até mesmo desenvolvendo métodos de cálculo para que seja possível diminuir, em grande escala, os danos que podem ocorrer nas estruturas, chegando ao colapso, se o atrito negativo for desconsiderado. A partir desses estudos, observou-se que alguns efeitos podem acontecer no solo e nas estacas, tanto causando malefícios, quanto benefícios, no qual, um deles é denominado por “efeito setup“ que gera uma grande melhoria na fundação quando se fala de atrito negativo.

Palavras-chave: Atrito negativo; solo; argila orgânica.

ABSTRACT

Negative friction is a phenomenon that occurs in soils with soft characteristics, compressible soils, which have low resistance to shear, and are mostly composed of organic matter. Negative friction occurs, so that the soft soil in which a stake is driven, pushes more than the foundation structure. Over the years, scholars have been developing field research, laboratory research and even developing calculation methods so that it is possible to reduce, on a large scale, the damage that can occur in structures, reaching collapse, if the negative friction is disregarded. From these studies, it was observed that some effects can happen in the soil and in the cuttings, both causing harm, as well as benefits, in which, one of them is called “setup effect” that generates a great improvement in the foundation when it comes to friction negative.

Keywords: Negative friction; soil; organic clay.

INTRODUÇÃO

As fundações no âmbito da engenharia civil são de extrema importância, pois, é através das fundações que as cargas de um edifício são transmitidas para uma camada

¹ Graduando em Engenharia Civil – Centro Universitário UNIESP, Cabedelo, PB. e-mail: meira.carneiro@hotmail.com

² Professor do Curso de Engenharia Civil – Centro Universitário UNIESP, Cabedelo, PB.

resistente do solo, a qual é capaz de suportar toda a carga solicitante da estrutura de uma construção.

A Norma da ABNT NBR 6122:2010, afirma que as fundações profundas são elementos de fundação que realizam a transmissão de cargas ao solo através da ponta ou através do fuste - resistência de ponta e resistência lateral, respectivamente -, ou até mesmo pela combinação de ambos.

Para o dimensionamento de uma fundação é necessário que se obtenha conhecimento do solo do terreno em que será executada a obra, para tanto, é indispensável que seja realizado o ensaio de SPT (Standard Penetration Test) previsto pela norma da ABNT NBR 6484:2001, onde é possível determinar o índice a resistência à penetração do solo, e conhecer o tipo de solo predominante do terreno que está sendo analisado.

Os solos se apresentam na natureza de diversas formas e classificações, as quais são possíveis ser observadas a partir de testes e ensaios feitos em laboratório e também através de sua granulometria, cor e até mesmo a sua textura. Nessas classificações aparecem os solos compressíveis, ou solos moles, que, na maioria das vezes, são os grandes responsáveis pelos problemas que podem surgir e acabar afetando o desempenho e até mesmo a estrutura global de qualquer área que seja, pois, esses solos apresentam características ruins, que são elas: presença de matéria orgânica, baixa resistência, expansibilidade e até mesmo um valor elevado de recalque, que pode ocasionar o atrito negativo (Pereira Filho, 2017).

Segundo Pereira Filho (2017), é imprescindível desconsiderar o atrito negativo, pois este evento enrevesa o sentido que normalmente acontece na interação de atrito entre solo/estaca, e o mesmo ocorre pelo fato do recalque ser maior numa camada compressível ao componente da fundação. O que se torna uma grande adversidade, pois, através dele é ocasionado uma diminuição na carga admissível nas estacas, ligado diretamente à resistência do fuste.

Pereira Filho (2017) ainda afirma que o atrito negativo tem ligação direta com o recalque da camada de solo mole, onde está localizada a execução da fundação profunda ou até mesmo o rebaixamento por compressão do solo devido a cravação de estacas e até mesmo pelo rebaixamento do lençol freático.

Soares (2017) explica que ao solicitar um solo mole através de estacas cravadas, deve-se tomar bastante cuidado, principalmente se o mesmo sofrer carregamentos assimétricos, pois o solo tende a sofrer com deformações e até mesmo provocar o deslocamento de sua massa.

Portanto, visto que o atrito negativo ocorre em solos compressíveis e tem grande influência na resistência admissível das fundações, deve-se considerar e analisar os efeitos ocasionados através deste fenômeno. Ainda que podem ocorrer outros fenômenos que provocam a melhoria do solo a partir do atrito negativo, tal fenômeno denomina-se “efeito setup”, porém, é um efeito que não ocorre em todo tipo de solo e pode demorar meses e até mesmo anos, segundo Paraíso e Costa (2010).

O presente trabalho tem como objetivo realizar uma revisão bibliográfica sobre atrito negativo buscando evidenciar a importância da consideração desse efeito no cálculo de fundações profundas de estacas pré-moldadas em solos moles.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 FUNDAÇÕES

Azeredo (1977) explica que as fundações de um empreendimento, são os elementos estruturais, as quais têm a finalidade de conduzir as cargas da estrutura de uma edificação ao solo.

Para tanto, de acordo com Pinheiro, Crivelaro e Pinheiro (2015), é de extrema importância que, o solo em que será executada uma construção, tenha resistência e rigidez necessária, para que, dessa forma, o solo não sofra com deformações excessivas, o qual é um fator imprescindível para a escolha da fundação. Assim sendo, os autores apresentam os critérios essenciais de escolha para um determinado tipo de fundação, que são:

- As cargas que serão transmitidas ao solo;
- Tipo de solo presente no local da fundação;
- Competência do solo quanto a sua capacidade de carga;
- Altura do nível de água do lençol freático;
- Existência de empresas executoras, bem como ofertamento na prática da execução da fundação;
- Custos da fundação.

As fundações ainda são definidas de acordo com a forma de transmissão de cargas para o solo onde serão apoiadas, que podem ser classificadas como superficiais ou profundas.

2.1.2 Fundações Profundas

Alonso (1983) define estacas como peças estruturais esbeltas que tem como objetivo transmitir cargas de determinada construção para o solo, de forma que as cargas sejam transmitidas tanto pela resistência de ponta, como pela resistência lateral, ou até mesmo pela combinação de ambas; as estacas podem ser inseridas no solo pelo processo de cravação ou por escavação.

Para Azeredo (1977), as fundações profundas ou indiretas, são as fundações cujo seu comprimento é predominantemente maior em relação a sua secção, e são definidas como estacas e tubulão.

Conforme Knappett e Craig (2015), a resistência causada pela compressão em fundações profundas ocorrem através de sua base, o qual é conhecido como resistência de ponta. Quando considera-se o comprimento de uma estaca profunda e nota-se que é um comprimento expressivo, é gerada uma resistência de caráter significativo, e salienta a resistência lateral que ocorre ao longo do fuste causando atrito entre o material que foi executada a estaca com as camadas de solo do terreno.

“elemento de fundação que transmite a carga ao terreno ou pela base (resistência de ponta) ou por sua superfície lateral (resistência de fuste) ou por uma combinação das duas, devendo sua ponta ou base assentada em profundidade superior ao dobro de sua menor dimensão em planta, e no mínimo 3 m. Nesse tipo de fundação incluem-se estacas e tubulões” (NBR 6122/2010, p.3).

2.1.3 Fundações Pré-Moldadas

El Debs (2017) define que peças estruturais produzidas em concreto, e que são fabricadas fora do local da construção em que será aplicada, denomina-se de elemento pré-moldado de concreto.

De acordo com Norma da ABNT NBR 6122:2010, as fundações profundas de estacas pré-moldada, é formada por secções de peças, anteriormente fabricadas, e que são penetradas ao solo por percussão através de martelo de gravidade, de explosão, hidráulico além do martelo vibratório. Para a norma, não há distinção entre as denominações pré-moldado ou pré-fabricado, mas sugere o uso do termo pré-moldado.

2.2 SOLOS

Pedron et al. (2004) determina que a formação dos solos é resultado de milhares e milhares de anos, e composta por materiais alterados devido a vários fatores como clima, tempo, organismos e relevo, além dos processos que ocorrem de forma natural: transporte, transformação, remoção e adição. Os solos se apresentam nas mais variadas composições e advêm de rochas, sedimentos e até mesmo decomposição de matéria orgânica. As propriedades dos solos podem ser analisadas através de sua estrutura, podendo observar a espessura, camadas e dessa forma se apresenta o perfil do solo.

Através de análise técnica, dentro da engenharia civil, quando se utiliza o termo solo, refere-se diretamente a crosta terrestre, onde é utilizada como apoio para obras, após estudar suas propriedades e desempenho. Há várias maneiras de utilizar o solo para a engenharia civil, através de escavação, arrimos ou até mesmo perfurados (Vargas, 1977).

Vargas (1977) ainda afirma que para a identificação de solos é preciso conhecer sua granulometria, textura, plasticidade e a função da parcela de solos finos.

2.2.1 Solos Argilosos

A NBR 6502:1995 define argila como tipo de solo coeso e com plasticidade significativa, é determinada como solo de granulação fina onde suas partículas tem dimensões inferior a 0,002mm.

Segundo Caputo (2014), a composição das argilas é feita através de minerais cristalinos de tamanhos minúsculos, os quais são divididos em três importantes grupos: montmorilonitas, ilitas e caulinitas. Quanto aos grãos, a sua formação deriva do tipo de mineral existente na argila, então, é possível notar os seus vários formatos: lamelar, filiforme, escamosa, e formatos exóticos (vargas, 1977).

2.2.2 Solos Orgânicos

Lepsch (2010) afirma que a matéria orgânica do solo se origina de duas diferenciadas formas; pode ocorrer de maneira natural e também de forma artificial. Na formação natural é necessário que haja a decomposição de resíduos orgânicos que tenham se depositado sobre o solo, ao exemplo de: folhas, frutas, caules, resíduos de origem animais, entre outros. Já na forma artificial é necessário que seja acrescentado algum tipo de matéria, que podem ser fezes de animais e palhas de cultivos.

De acordo com a Norma da ABNT NBR 6502:1995 o solo orgânico é o resultado da mescla entre matéria orgânica que foi decomposta e de matéria de origem mineral, a norma ainda explica que, na maioria dos casos, a coloração apresentada desse tipo de solo é preta ou cinza-escuro.

As substâncias que resultam da putrefação de matéria orgânica se introduzem definitivamente em solos de características finas; os solos que apresentam essas características são: solos argilosos, siltosos, e areias finas, porém, em quantidade não tão significativa, isso ocorre pelo fato desse tipo de solo ter uma grande facilidade em ser transportado através de meio aquoso, seja em solução ou por suspensão (Vargas, 1977).

Pinto (2006) explica que pelos solos orgânicos apresentarem um alto índice de vazios, ter sua capacidade de carga baixa, e ser adensável, esses solos acabam por apresentar grandes problemas. O tipo de solo orgânico é facilmente encontrado na faixa litorânea brasileira, em rios e córregos.

2.3 RECALQUE

Quando se refere ao deslocamento de fundações, Milititsky, Consoli e Schnaid (2015), afirma ser um campo muito vasto quando se considera cada autor e prática, assim sendo, torna-se de difícil compreensão entender o fenômeno descrito.

Amancio (2013) explica que o recalque é simplesmente a movimentação, para baixo, de uma fundação, quando é solicitada por um carregamento. A autora frisa que, os métodos numéricos e teóricos, devem ser utilizados para pressupor o recalque em fundações profundas.

De acordo com Velloso e Lopes (2010), toda fundação sofre com deslocamentos, sejam eles verticais, o qual denomina-se recalque, e também os deslocamentos horizontais e rotacionais; esses deslocamentos são ocasionados pelo tipo de carga as quais estão sendo submetidas. Para os autores, essa movimentação deriva da estatigrafia do solo que está inserido, bem como do material em que a fundação foi executada, o que é influenciado pela interação solo-estrutura.

2.4 ATRITO NEGATIVO

Terzaghi e Peck (1948) foram os primeiros autores a evidenciar o fenômeno conhecido como atrito negativo, há aproximadamente 70 anos, na Holanda. Quando puderam perceber que alguns prédios, executados com fundações profundas em estacas cravadas, recalçaram mais do que se previu. As estacas atravessavam uma camada de solo argiloso muito mole e o terreno havia recebido uma sobrecarga de uma camada de aterro.

Segundo Cintra e Aoki (2010), o atrito negativo ocorre quando o recalque do solo é maior que o recalque da estaca, dessa forma, a camada de solo compressível tende a aumentar a solicitação vertical na estaca, o qual não auxilia na resistência do atrito lateral.

O atrito negativo deriva-se através do aumento da carga axial em decorrência do adensamento da camada de solo mole. O recalque da camada compressível pode ser gerado por amolgamento que se origina na cravação das estacas de fundação ou até mesmo pela sobrecarga que é aplicada no solo (Gusmão Filho, 2003).

Moretto e Bolognesi (1959), Chellis (1961), Elmasry (1963), dentre vários autores, provaram que danos e colapsos em estruturas é em decorrência do atrito negativo que foi gerado nas estacas de fundação.

Santos Neto (1981) fala que ao cravar estacas em solos com camadas de argilas subadensadas, o atrito negativo ocorrerá devido ao recalque que acontecerá na argila.

Uma pesquisa realizada por Casagrande (1932), com argilas plásticas, de dois lugares distintos, Laurentian Valley, no Canadá, e Boston, em Massachussets, revelaram que quando a estrutura da argila sofre amolgamento, há um aumento na sua compressibilidade, através disso, pode-se compreender como o atrito negativo pode ocorrer em alguns casos.

O atrito negativo pode surgir nos mais diversos casos, os autores Velloso e Lopes (2010) mencionam alguns:

Após a cravação de uma estaca, e a mesma atravessa uma camada de argila mole, parte dessa argila é amolgada, o que pode ocasionar no adensamento dessa argila pela ação do seu peso próprio e resulta no recalque da argila em relação a estaca;

Ao rebaixar o lençol freático em camada de areia acima da camada de argila mole, ou até mesmo na desopressão de camadas de areia abaixo da camada de argila mole;

Quando a camada de argila mole é subadensada, isto é, está em processo de adensamento, e uma estaca é cravada e atravessa essa camada de argila, a qual sofreu uma sobrecarga de aterro, o recalque estará presente tanto nas camadas de aterro quanto na de argila mole;

Ao cravar estacas em solos que contem camada de argila mole que está em processo de adensamento, pode provocar atrito negativo nas estacas que foram executadas nesse solo, como nas fundações profundas de obras vizinhas.

Para Poulos (1997), a capacidade de carga das estacas não é afetada diretamente quando estão submetidas ao atrito negativo, mas a maior problemática é no aumento das cargas axiais e do recalque na fundação, o que pode ocasionar no colapso da estaca deixando a incompatibilidade com a superestrutura.

2.5 MÉTODOS DE CÁLCULO

Ao compreender as causas e malefícios que o atrito negativo pode causar em fundações, e esses malefícios refletirem em toda estrutura de um empreendimento podendo levar até o colapso, muitos estudiosos desenvolveram métodos de cálculos afim de melhorar a segurança das fundações sujeitas ao atrito negativo. Autores como Plomp e Mierlo (1948), Auvinet e Hanel (1981), Little (1994), entre outros, realizaram atividades de campo a respeito do atrito negativo. Whitaker (1957), Huang et al. (2014) realizaram pesquisas em laboratórios a respeito do tema.

Além desses estudiosos desenvolveram métodos de cálculo afim de mensurar tamanhas forças geradas nas estacas provenientes de solo moles, cujo estão submetidos a recalques. Dos métodos mais utilizados nos dias atuais, encontram-se o método de Zeevaert (1982); De Beer e Wallays (1983) no qual os autores partem das ideias que Zeevaert (1982) propôs; Briaud et al. (1991); Jeong et al. (1997); e Auvinet e Rodríguez (2017) que se trata de um método mais atual que demonstra que os estudos na área estão sempre se atualizando e fazendo novas descobertas.

2.6 “EFEITO SETUP”

Conforme Paraíso e Costa (2010), o “Efeito Setup” é um fenômeno que ocorre em alguns tipos de solos, e após um certo período de tempo, apresenta estado de melhora em sua resistência, que ocorre devido a utilização da fundação do tipo estaca cravada.

Söderberg, (1962); Azzouz e Baligh, (1984); Whittle e Baligh, (1988); e Bogard e Matlock, (1990) afirmam que, o aumento da resistência em solos argilosos, através do fenômeno denominado como efeito setup, ocorre em meses e até mesmo ano.

3 METODOLOGIA

3.1 TIPO DE PESQUISA

Gil (2002), afirma que trabalhos desenvolvidos a partir de pesquisas científicas ou livros já existentes na literatura é do tipo de pesquisa bibliográfica.

Tachizawa e Mendes (2006), falam que a pesquisa de forma teórica não exige coleta de dados e nem a pesquisa realizada em campo. É a forma de pesquisa que prioriza a discussão de um determinado tema.

Portanto, a pesquisa aqui desenvolvida, enquadra-se no tipo de pesquisa bibliográfica ou teórica, buscando conhecimento, dados e análises de outros autores, bem como métodos de cálculo já desenvolvidos anteriormente, com o fundamento de analisar, expor e explicar, de forma clara, todo o conteúdo explanado diante do assunto proposto.

3.2 MÉTODO DE PESQUISA

Para o desenvolvimento deste trabalho, inicialmente foi realizada busca nos mais diversos materiais bibliográficos como livros, dissertações, teses, artigos, artigos de congressos, revista e meios eletrônicos, que estivessem relacionados com atrito negativo e todos os fatores que influenciam a causa desta problemática.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como foi tratado durante este trabalho, o atrito negativo deriva-se do recalque de solos moles, e esse recalque torna-se maior que o adensamento da estaca, assim sendo, o solo perde sua resistência ao cisalhamento que origina outros danos, o que enfatiza que este fenômeno não é um problema direto da fundação, mas ocorre devido a cargas excessivas aplicadas ao terreno em forma de aterro, pelo amolgamento da camada de solo compressível, pelo deslocamento do solo após a cravação de estacas pré-moldadas, dentre outras várias causas que resultam ao acontecimento deste fenômeno. Para solucionar essa problemática, autores desenvolveram métodos de cálculos afim de reduzir os impactos causados pelo atrito negativo, esses cálculos são utilizados hoje, quando se verifica a necessidade, e analisa o perfil de solo em que será executada uma construção.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo do presente trabalho foi examinar e comprovar a importância do atrito negativo, sendo um fenômeno que ocorre em solos de características mole, solos compressíveis, que possuem baixa resistência ao cisalhamento, e são constituídos, em sua maioria, por matéria orgânica. Com a finalidade de aprimorar o estudo, foi analisado alguns efeitos e conseqüentemente podem acontecer no solo e nas estacas, tanto causando malefícios, quanto benefícios, no qual, um deles é denominado por “efeito setup” que gera uma grande melhoria na fundação quando se fala de atrito negativo.

Contudo, conclui-se que o estudo referente ao fenômeno do atrito negativo é de extrema importância, tanto para a engenharia civil, como para a engenharia geotécnica. Torna-se cada vez mais necessário que pesquisas sejam realizadas, as de campo e as laboratoriais, para que assim, torne-se possível evitar que construções sejam danificadas ou até mesmo cheguem ao colapso pela movimentação vertical do solo, fazendo com que a fundação sofra uma sobrecarga a qual não tinha sido prevista em projeto.

REFERÊNCIAS

ALONSO, U.R. **Exercícios de Fundações**. São Paulo, SP, Ed. Edgard Blücher Ltda., 1983.

AMANCIO, Luciana Barbosa. **Previsão de Recalques Em Fundações Profundas Utilizando Redes Neurais Artificiais Do Tipo Pcreptron**. Programa de Pós-Graduação Em Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 2013

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122**: Projeto e Execução de Fundações. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6484**: Solo - Sondagem de Simples Reconhecimento com SPT - Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6502**: Rochas e Solos - Terminologia. Rio de Janeiro, 1995.

AUVINET, G. G. & HANEL, J. J. (1981). **Negative skin friction on piles in Mexico City clay. Proceedings**: 10th ICSMFE, Estocolmo, Suécia: 599-604.

AZEREDO, H. A. **O Edifício até sua Cobertura** 2a Ed. São Paulo, SP, Ed. Edgard Blücher Ltda., 1977.

AZZOUZ, A. S. and Baligh, M. M. (1984) – **Behavior of Friction Pile in Plastic Empire Clays**, Report N R84 - 14, vol II, Constructed Facilities Division, Department of Civil Engineering, MIT,, Cambridge, MA.

BOGARD, J. D. and Matlock, H. (1990) **Application of Model Pile Tests to Axial Pile Design** – Proceedings, 22 nd Annual Offshore Technology Conference, Houston,Texas, vol 3, p 271-278.

BRIAUD, J. L., JEONG, S., Y BUSH, R. (1991). **Group effect in the case of downdrag**. Geotechnical Engineering Congress Vol. I ASCE, pp. 505-518. Colorado, USA.

CAPUTO, H. P. **Mecânica dos Solos e Suas Aplicações** Vol. 1. 6a Ed. Rio de Janeiro, RJ, Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda., 2014.

CASAGRANDE, A. - **The Structure od Clay and its Importance in Foundati on Engineering**, Contributions to Soil Mechanics, Boston Society of Civil Eng. - 1932.

CHELLIS, R. D. - **Pi 1 e Foundati on**, McGraw-Hi 11, New-York, 2nd Edi t ion, 1961.

DE BEER, E. E; WALLAYS, M. (1983). **Quelques Problèmes que Posent les Fondations sur Pieux dans les Zones Portuaries**. La Technique des Travaux, pp. 375-384.

EL DEBS, Mounir Khalil. **Concreto Pré-moldado: Fundamentos e Aplicações**. 2a Ed. São Paulo, SP, Oficina de Textos, 2017.

ELMASRY, M.A. - **The Negative Skin Fricticiri bf Bearing Pilles''**, Swiss Federal Institute of Technology, Zurick, Thesis for the Degree of Doctor of Technical Sciences, 1963.

FILHO, André Luiz Delmondes Pereira. **Atrito Negativo No Projeto de Fundação Profunda**: Estudo de Caso. Universidade Federal de Sergipe, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia - Departamento de Engenharia Civil. São Cristóvão, 2017.

GIL, Antônio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4a Ed. São Paulo, SP, Atlas, 2002.

GUSMÃO FILHO, J. A. **Fundações de Pontes**. Recife, PE, Editora Universitária, Universidade Federal de Pernambuco, 2003.

HUANG, T., ZHENG, J. & GONG, W. (2014). **Research on negative skin friction on pile by a simple model experiment**. Applied Mechanics and Materials, p. 693-696.

JEONG, S., KIM, S. & BRIAUD, J. (1997). **Analysis of downdrag on pile groups by finite element method**. Computers and Geotechnics, v. 21, n. 2, p. 143-161.

KNAPPETT, J. A.; CRAIG, R. F. **Craig mecânica dos Solos**. 8a Ed. Rio de Janeiro, RJ, LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S. A. 2015.

LEPSCH, Igo F. **Formação e Conservação dos Solos** 2a Ed. São Paulo, SP, Oficina de Textos, 2010.

LITTLE, J.A. (1994). **Downdrag on piles: review and recent experimentation**. Geotechnical Special Publication, ASCE, p. 1805-1826.

MILITITSKY, Jarbas; CONSOLI, Nilo Cesar; SCHNAID, Fernando. **Patologia das Fundações** 2a ed. rev. e ampl. São Paulo, SP, Oficina de Textos, 2015.

MORETTO, O.; BOLOGNESI, A.J.L. - **Pile Foundations Stressed by Negative Friction**, Proc. of the ,st. Pan Amer. Corif. on Soil Mech. and Found. Eng., Vol. 3, Mexico, 1959, pp. 315-325.

PARAÍSO, Sérgio C.; COSTA, Cláudia Maria Cunha. **A Eficácia do Ensaio de Carregamento Dinâmico na Avaliação do Efeito de “Setup” em Estacas Cravadas**. COBRAMSEG 2010: Engenharia Geotécnica Para O Desenvolvimento, Inovação E Sustentabilidade, 2010.

PEDRON, Fabrício de Araújo; DALMOLIN, Ricardo Simão Diniz; AZEVEDO, Antônio Carlos de; KAMINSK, João. **Solos Urbanos**, Ciência Rural Vol. 34, núm. 5, setembro-outubro, 2004, pp. 1647-1653. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

PINHEIRO, A. C. F. B.; CRIVELARO, M.; PINHEIRO, R. G. B. **Projetos de Fundações e Terraplenagem**. 1ª Ed. São Paulo, SP, Editora Érica-Saraiva, 2015.

PLOMP, A. & MIERLO, W.C. (1948). **Special problems, effects of drainage by well points on pile foundations**. Proceedings: 2nd ICSMFE, Rotterdam, v. 4, p. 141-148.

POULOS, H. G. (1997). **Piles subjected to negative friction: a procedure for design**. **Geotechnical Engineering**, Vol. 28, No. 1, pp. 23 - 44.

SANTOS NETO, Pedro Murrieta. **Métodos de Cálculo de Atrito Negativo em Estacas** - Estudo e Discussão. Rio de Janeiro,RJ, COPPE-UFRJ, 1981.

SOARES, Eloiza Ramalho Montenegro. **Efeito Tschebotarioff em estacas metálicas**: estudo de caso na ponte sobre o rio Jaguaribe. João Pessoa, PB, 2017.

SÖDERBERG, L. O. (1962). **Consolidation Theory Aplied to Foundation Pile Time Effects**, Geotechnique,12.

TACHIZAWA, T. e MENDES, G. **Como Fazer Monografia na Prática**. 12a ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2006.

TERZAGHI. K.; PECK, R.B. - **SOiJ Mechanics in Engineering Practice**, John Wiley and Sons, 2nd Editions, New-York, 1967.

VARGAS, M. **Introdução à Mecânica dos Solos**. São Paulo, SP, Editora McGrawHill do Brasil, 1977.

VELLOSO, D. A.; LOPES, F. R. **Fundações** Vol. Único. São Paulo, SP, Oficina de Textos, 2010.

WHITAKER, T. (1957). **Experiments with model piles in groups**. Géotechnique, 7(4), p. 147- 167. WHITAKER, T. (1957). Experiments with model piles in groups. Géotechnique, 7(4), p. 147- 167.

WHITTLE, A. J. and Baligh, M. M. (1998). **The Behavior of Piles supporting Tension Leg Platforms**, Final Report Phase III, Constructed Facilities Division, Department of Civil Engineering, MIT,, Cambridge, MA.

ZEEVAERT, L. (1982). **Foundation engineering for difficult subsoil conditions**. Van Nostrand Reinhold Company. New York, USA, 2nd ed, 696p.

AUVINET, G. G. & RODRÍGUEZ, J.F.R. (2017). **Criteria for the design of friction piles subjected to negative skin friction and transient loads**. Ingeniería Investigación y Tecnología, México, v. XVIII, n. 3, p. 279-29.