

Banco de Dados On-Line Com Guia de Referência Rápida dos Métodos Semiempíricos de Capacidade de Carga de Estacas nos Solos Brasileiros

Mayara Justi Furlan

Centro Universitário da FEI, São Bernardo do Campo, Brasil, mayarafurlan@yahoo.com.br

Kurt André Pereira Amann

Centro Universitário da FEI, São Bernardo do Campo, Brasil, kpereira@fei.edu.br

RESUMO: O presente trabalho propõe identificar quais os métodos semiempíricos de maior uso e aplicabilidade para estimativa da carga de ruptura geotécnica de fundações por estacas no Brasil. O levantamento de dados inclui pesquisa de publicações (congressos, seminários e eventos) da última década que demonstrem a aplicabilidade de alguns métodos em solos específicos, conforme preconiza a norma brasileira de fundações NBR 6122. A apresentação dos resultados será em forma tabulada e deverá ser disponibilizada no site do Centro Universitário da FEI, visando agilizar o processo de projeto ao permitir rápida consulta da aplicabilidade de cada método ao solo estudado. A divulgação do projeto ao meio técnico será feita a partir de um banco de dados acessível, mediante cadastro, pelo site da FEI, ligado ao Departamento de Engenharia Civil, cuja criação faz parte da proposta.

PALAVRAS-CHAVE: Fundações por estacas, Métodos semiempíricos, Solos Regionais.

1 INTRODUÇÃO

As pesquisas realizadas mostram que há uma grande riqueza de informações nos trabalhos publicados em congressos. Tais informações são de grande valia para profissionais do ramo de fundações, pois decisões tomadas no projeto, como o tipo de estaca a ser utilizada, por exemplo, são determinadas através de ensaios e da experiência do profissional envolvido. Tal fato justifica o objetivo deste projeto.

A organização das informações pesquisadas e sua análise quantitativa facilitam a busca de informações desejadas, mas principalmente permitirão sua disponibilização on-line para o acesso de profissionais de fundações.

2 MÉTODOS SEMIEMPÍRICOS

No Brasil há mais de 30 anos são muito utilizados os chamados métodos semiempíricos

para estimativa da carga de ruptura geotécnica de fundações por estacas. Segundo Amann (2010), há hoje mais de uma dúzia de métodos de diferentes autores como Aoki e Velloso (1975), Décourt e Quaresma (1998) e David Cabral (1986), aplicáveis a diferentes tipos de estacas (hélice-contínua, raiz, de grande diâmetro, cravadas, Franki, etc.), e a distintos tipos de solo (residuais, sedimentares, moles, etc.). São baseados no equilíbrio de forças estáticas. As parcelas envolvidas são correlacionadas com ensaios de campo como SPT e CPT (parcela empírica) e com métodos teóricos baseados na capacidade de carga de Terzaghi (1962), que consideram a ruptura da ponta como uma pequena sapata. Em linhas gerais, a ruptura da estaca se dá quando, depois de esgotada a resistência de cisalhamento do solo por atrito lateral ao longo do fuste, esgota-se também a resistência de ponta.

As fundações por estacas podem ser classificadas como fundações profundas ou

como fundações indiretas, pois transmitem ao solo os esforços que suportam por meio de atrito, não só em sua base, como no caso das sapatas, mas também ao longo do fuste, ou seja, sua área lateral.

Partindo deste conceito os métodos semiempíricos estimam os parâmetros de resistência do solo (necessários para o cálculo da tensão de cisalhamento máxima de resistência do solo ao redor do fuste e da tensão normal máxima de resistência do solo ao nível da ponta) a partir de ensaios de campo. Os ensaios mais utilizados no Brasil são sondagens tipo SPT, onde é contabilizado o número de golpes para cravação a percussão do trecho final de 30 cm do amostrador padrão; e o CPT, onde é avaliada a tensão de resistência à penetração “estática” (prensagem) de cone (Décourt, 1996).

As recomendações gerais são de que sejam aplicados com cautela a solos não pesquisados pelos autores dos métodos, visto que são desenvolvidos para locais e tipos de estacas específicos. A norma brasileira de fundações, NBR 6122 (2010), recomenda que sua aplicabilidade seja avaliada em relação à estaca e ao tipo de solo, de forma a inibir a ocorrência de subdimensionamento e possível ruína da edificação, através de ensaios de prova de carga.

De acordo com a norma NBR 6122 (2010), para fundações rasas, é indicado o uso do método semiempírico que atenda ao domínio de validade do terreno local. Para fundações profundas, é recomendado observar os domínios de validade e sua aplicação. A proposta do trabalho é facilitar a busca por fundamentação da aplicabilidade, ou seja, do domínio de aplicação do tipo de fundação no solo local (com avaliação dos resultados obtidos), fazendo a indicação de artigos em que se tenham estudado estes tipos de fundação no solos em que o profissional deverá desempenhar o projeto.

Para comprovar a aplicabilidade a solos específicos, diversos trabalhos foram e vem sendo desenvolvidos no sentido de ensaiar à prova de carga estacas em verdadeira grandeza em diferentes tipos de solos conforme o interesse e o desenvolvimento das diversas regiões do país (Alonso, 2004).

A interpretação da curva carga-recalque

(deslocamentos verticais) obtida depende de critérios de ruptura como NBR 6122 (2010), Van der Veen (1953), Chin (1972) e Décourt (1996), para definição da carga de ruptura a ser adotada para o ensaio.

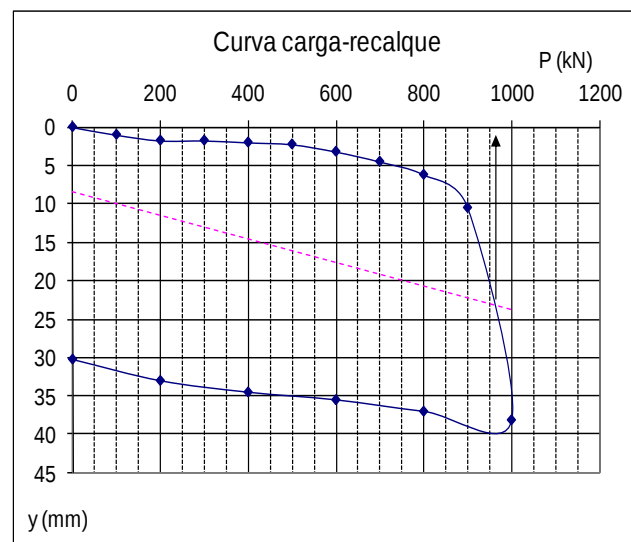


Figura 1. Curva carga recalque e indicação do critério de ruptura da NBR 6122.

A comparação entre os resultados destes critérios e as estimativas semiempíricas indicam a aplicabilidade de cada método, considerando-se adequado o método que não supera o valor obtido em ensaio, sendo, contudo conservado o que resultar muito abaixo deste (abaixo de 10 a 20%, de forma geral).

Os trabalhos publicados em congressos, seminários e eventos brasileiros na última década são de especial riqueza em informações a respeito da aplicabilidade destes métodos em diferentes solos pelo país afora, contudo falta um repositório único que condense tais informações de forma prática e indique para cada situação estaca-solo quais métodos poderiam ser aplicados de forma confiável. Daí vem à justificativa do presente trabalho. Trabalhos semelhantes foram realizados por alguns alunos de iniciação científica do Centro Universitário da FEI relativamente às décadas de 1970 a 2000, sendo o presente trabalho não só uma atualização, mas também um fechamento preliminar do banco de dados para permitir seu acesso à comunidade técnica via sítio de Internet da FEI.

Com tais informações condensadas de forma prática e disponível para consulta, o trabalho de

projeto de fundações ficará bastante facilitado sendo portanto uma contribuição valiosa aos profissionais de geotecnia, o que garante o interesse de acesso ao site.

3 BASE DE DADOS

3.1 Base de Dados Geotécnico de Lisboa

Uma proposta semelhante de trabalho foi realizada em Portugal por Amorim (2012). Trata-se do projeto GeoSIS_LX, que tinha por objetivo a compilação, digitalização, uniformização e armazenamento de todos os dados geotécnicos de Lisboa, e numa segunda fase do projeto, a criação de um modelo geotécnico tridimensional.

Foi montada uma base de dados geotécnicos de aproximadamente cem anos utilizando-se o software Microsoft Access, devido à sua fácil acessibilidade. Devido a quantidade de informações surgiu a necessidade de uma plataforma onde fosse possível realizar pesquisas de maneira mais prática e de fácil acesso aos profissionais interessados. Os dados foram transferidos para o software MySQL, e posteriormente, foi realizado um trabalho de programação através da linguagem PHP (Hypertext Preprocessor).

Dessa forma foi desenvolvido o protótipo de um mini-site dinâmico de consulta, o quick access site, que pode ser visto na Figura 2.



Figura 2. Mini site desenvolvido (Amorim, 2012).

No site, é possível ter acesso a diversos dados geotécnicos ordenados por fichas, processos ou empresas. Em algumas informações é possível acessar um *link* com

dados mais detalhados, inclusive fichas em formato PDF, retratando o documento original digitalizado de onde foi retirado a informação.

As informações incluem coordenadas dos pontos de sondagem dos dados. Através do uso do *Google Maps API*, é possível visualizar o local exato de retirada das informações, através do *Street View* inclusive.

Após a verificação do uso do mini-site, o projeto foi disponibilizado em um servidor externo, para permitir a pesquisa para utilizadores.

3.2 Base de Dados Geotécnico do Brasil

Para a realização do presente trabalho, foram realizadas pesquisas em artigos publicados em congressos e outros eventos no Brasil na última década (2003 à 2013) relativos ao tema Fundações e Mecânica dos Solos, apresentando em condensado um panorama da aplicabilidade dos métodos semi-empíricos. Os artigos pesquisados são dos eventos COBRAMSEG's (2012 e 2014), SEFE (2012), Congresso Nacional de Geotecnia (2008, 2010 e 2012).

As informações buscadas para compor a tabela visam identificar o local das provas de carga, tipo de solo, tipo de estaca, métodos usados na estimativa de capacidade de carga, resultados da comparação entre previsão e ensaio e critério de ruptura usado na avaliação da curva carga-recalque das estacas. A pesquisa realizada até o momento foi voltada para fundações por estacas, porém, deverá ser incluído ao trabalho posteriormente pesquisa voltada para fundações rasas.

Foram reunidos todos os dados pesquisados neste projeto de iniciação e nos projetos realizados por Alvarez (2010), Cerigatto (2012) e Morelli (2012) dentro deste mesmo tema. Posteriormente serão disponibilizados no site do Centro Universitário da FEI (www.fei.edu.br) através de um sistema de busca, acessível mediante cadastro.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

As pesquisas realizadas, além de reunidas de forma tabelada, foram reunidas em um banco de dados com o auxílio do software Microsoft Access. Alguns exemplos de pesquisa serão realizados a seguir para simular a busca que poderá ser feita no site da FEI, quando os dados da pesquisa forem disponibilizados para acesso.

O primeiro exemplo será a pesquisa por tipo e estaca, envolvendo como filtros os dados referentes à cidade e tipo de solo, como pode ser visto na Figura 3. Usando como exemplo a busca por estacas do tipo hélice-contínua, obtemos os resultados de pesquisa que podem ser vistos na Figura 4.

Campo:	Tipo de estaca	Tipo de solo	Cidade
Tabela:	Pesquisa completa	Pesquisa completa	Pesquisa completa
Classificação:			
Mostrar:	☒	☒	☐
Critérios:	Como "*" & [Qual tipo]		

Figura 3. Exemplo de busca por tipo de estaca (Autor, 2015).

Tipo de estaca	Tipo de solo	Cidade
Hélice contínua	Arenoso	Fortaleza
Hélice Contínua		Recife
Hélice contínua	Residual	Campinas
Pré-moldada/ escavada/ hélice contínua/ ômega	Laterítico	Campinas
Escavada/ hélice contínua	Colapsível	Campinas
hélice contínua	Residual jovem	Águas Claras
hélice contínua	Sedimentar	Vitória
hélice contínua	Residual	São Paulo
Radier estaqueado (hélice contínua)	silte arenoso	
Hélice Contínua	poroso, intemperizado, saturado	Guará
Hélice Contínua		
Hélice Contínua	Areia fina	Natal

Figura 4. Resultado da busca por tipo de estaca (Autor, 2015).

No segundo exemplo será feita a pesquisa por tipo de solo, usando como exemplo a busca por solos arenosos, relacionando a pesquisa com os dados de sondagem e método semi-empírico

utilizado, como pode ser visto na Figura 5. Os resultados da busca podem ser vistos na Figura 6.

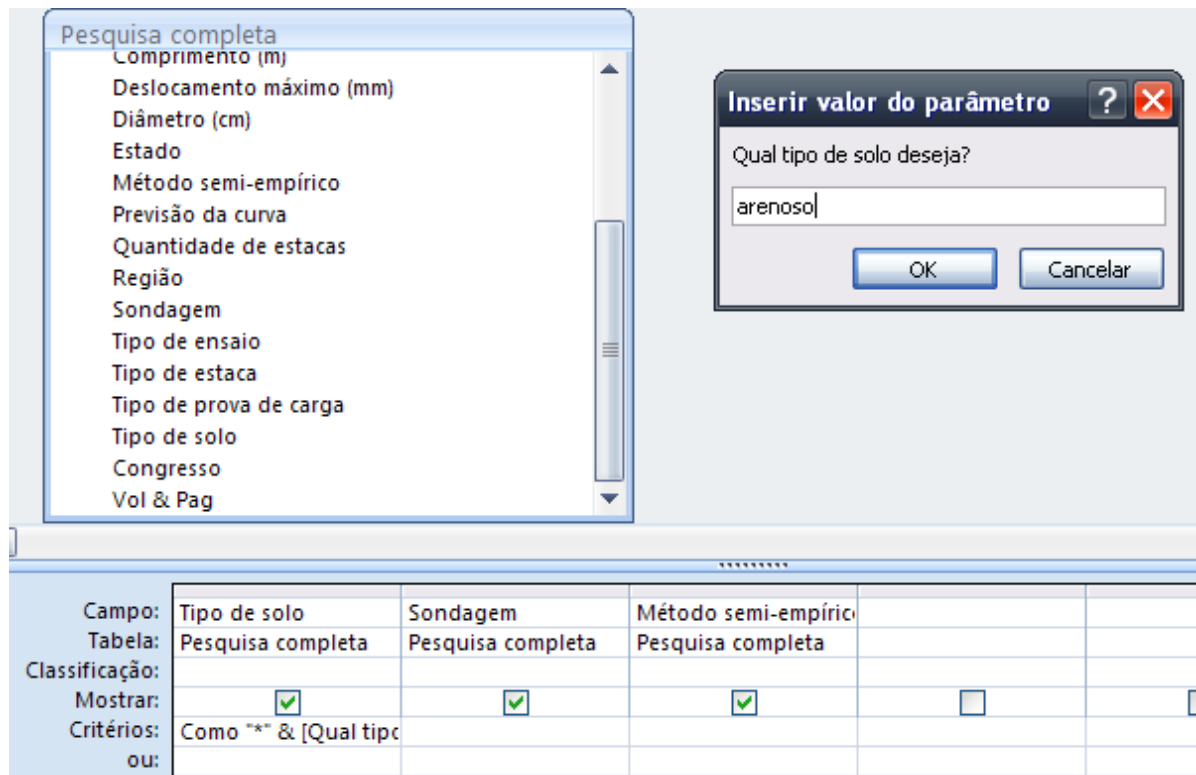


Figura 5. Exemplo de busca por tipo de solo (Autor, 2015).

Tipo de solo	Sondagem	Método semi-empírico
Argiloso, Arenoso e Siltoso	SPT	Velloso
Arenoso	SPT	Velloso
arenoso: areia argilosa laterítica	SPT	Aoki-Velloso
SILTE ARENOSO E Areia Siltosa	SPT	
Arenoso	SPT/ CPT	Décourt/ Philipponnat
Arenoso	SPT	Aoki e Velloso/ Antunes e Cabral
Arenoso	SPT	Aoki/ Cabral/ Lizzi/ Brasfond
Arenoso		Alonso
Arenoso/ Argiloso	SPT	Décourt-Quaresma
Arenoso/ Argiloso/ Siltoso		Décourt-Quaresma
argila silto-arenosa/ silte arenoso	SPT	Décourt & Quaresma/ Aoki & Velloso/ P.P. Velloso/ Mc
argila silto-arenosa/ silte arenoso	SPT	Décourt & Quaresma/ Décourt (modificado)/ Alonso
silte arenoso/ areia siltosa	SPT	
argila siltosa/ silte arenoso/ silte argiloso	SPT	
silte argiloso/ argila siltosa/ silte arenoso	SPT	
Silte arenoso/ argila	SPT	
Arenoso	SPT	Décourt-Quaresma
Arenoso/ argiloso/ siltoso	SPT	Amaral/ Amaral-Baggio/ Décourt/ Aoki
sedimentos marinhos argilosos e arenosos e solo resi	SPT	Aoki-Veloso/ Décourt-Quaresma
argila silto arenosa, silte argilo arenoso		
silte arenoso	SPT	Décourt-Quaresma
silte argiloso com areia e silte arenoso com pedregulh	SPT	software Aoki-Veloso
argila silte-arenosa e silte arenoso	SPT	Décourt & Quaresma/ Aoki & Velloso/ Teixeira/ P.P Vel

Figura 6. Resultado da busca por tipo de solo (Autor, 2015).

Como último exemplo será simulada a pesquisa por dados referentes à cidade de São Carlos, relacionando a busca com os dados referentes ao tipo de estaca e tipo de solo, como pode ser visto na Figura 7. Os resultados podem ser vistos na Figura 8.

A pesquisa em materiais e artigos de congresso foram realizadas e reunidas com os materiais obtidos em iniciações científicas anteriores, e poderá, a partir de então, ser

disponibilizada no site do Centro Universitário da FEI.

Sugere-se que o projeto possa continuar em desenvolvimento, através de pesquisas posteriores de alunos e também de aprimoramentos no banco de dados existente, para que futuramente possa haver no Brasil um banco de dados com ferramentas equivalentes ao exemplo do projeto GeoSIS_LX.

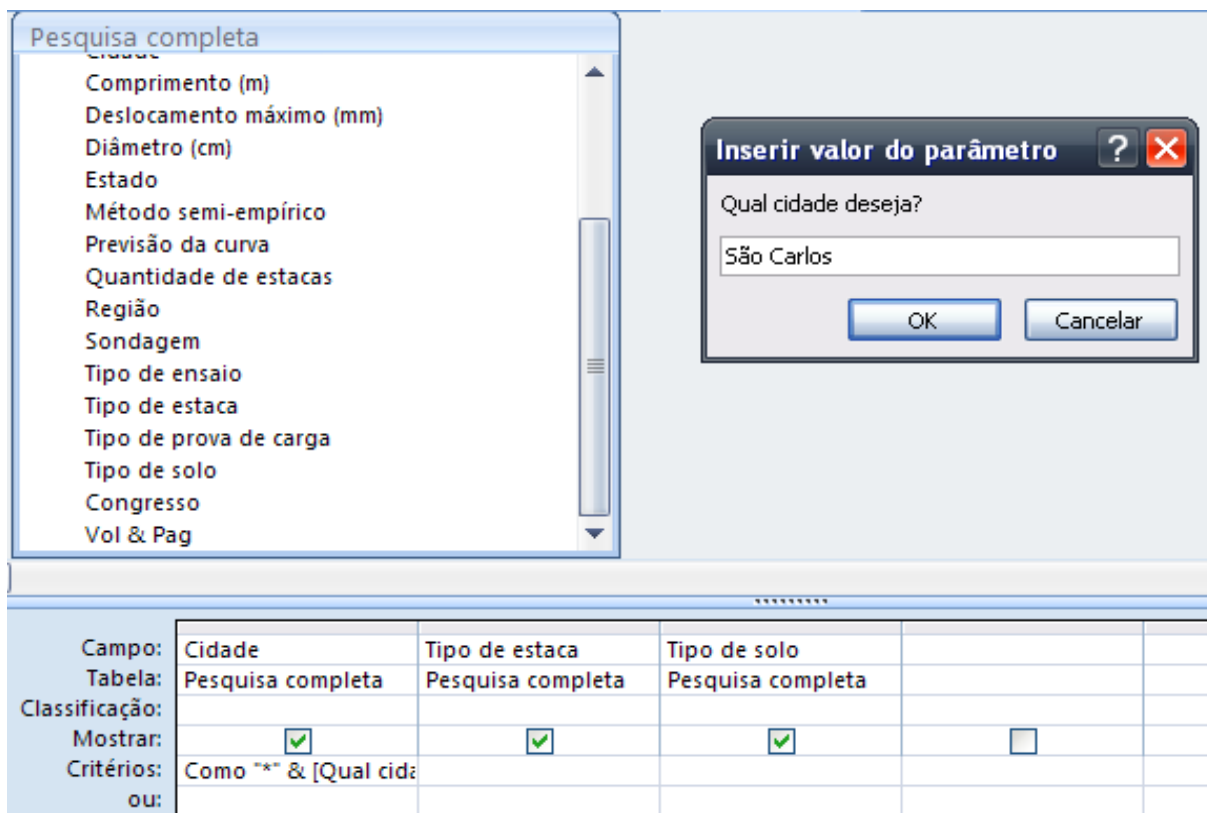


Figura 7. Exemplo de busca por cidade (Autor, 2015).

Cidade	Tipo de estaca	Tipo de solo
São Carlos	Escavadas do tipo broca	arenoso: areia argilosa laterítica
São Carlos/ São Paulo	Hélice-contínua/ barrete/ metálica	Pré-Cambriano/ Decomposição de aren
São Paulo, São Carlos, Máu, Várzea Paulista	Strauss, apiloada, escavada e hélice-contín	Pré-Cambriano da grande São Paulo
São Carlos	strauss	Colapsível e Residual
São Carlos	concreto pré-moldado centrifugada	silte argiloso com areia e silte arenoso
*		

Figura 8. Resultado da busca cidade (Autor, 2015).

Para que seja realizado no Brasil, um banco de dados semelhante ao de Portugal é preciso a colaboração das empresas de sondagens e a clareza de que o acesso à essas informações não exime o projetista de solicitar as sondagens, visto que o solo local da obra é extremamente variável e particular de cada região.

No banco de dados atual, podem ser filtradas informações para busca, como tipo de estaca, tipo de solo, etc., porém, não apresenta os artigos. Os artigos nacionais de congressos podem ser obtidos atualmente no site (<http://www.cobramseg2014.com.br/anais/>). O acervo completo de trabalhos publicados no ano

de 2014 podem ser acessados em (<http://cobramseg.m.tap.cr/sessionsv2/event/6637/datetime/12-09-2014>). Ressalta-se que os trabalhos encontram-se disponíveis para acesso até o presente momento, podendo ser retirados do acesso on-line pelos responsáveis pelo site. Os artigos publicados pelos eventos SEFE não estão disponíveis para acesso on-line.

5 CONCLUSÕES

O trabalho apresentado propõe a criação de um banco de dados com informações sobre os métodos semiempíricos de maior uso e aplicabilidade para estimativa da carga de ruptura geotécnica de fundações por estacas no Brasil, através de pesquisa de publicações das últimas décadas que demonstrem a aplicabilidade de alguns métodos em solos específicos.

Foram realizadas pesquisas em trabalhos técnicos publicados de 2003 à 2013 e somados a pesquisas realizadas por outros alunos da FEI, de trabalhos publicados em décadas anteriores.

Os resultados serão posteriormente disponibilizados no site do Centro Universitário da FEI, para acesso aos profissionais da área de geotecnia. Espera-se que a realização do trabalho possa ser uma referência e auxiliar o trabalho de profissionais do ramo de fundações e geotecnia.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao Centro Universitário da FEI.

REFERÊNCIAS

- ABNT. Projeto e execução de fundações. NBR-6122. Rio de Janeiro-RJ, Maio, 2010.
- ALONSO, U.R. Projeto e desempenho das fundações (retrospectiva da experiência brasileira). V Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia - SEFE V. São Paulo-SP, 2004. vol. II Pp. 1-34.
- ALVAREZ, A.A. Uso e aplicabilidade de métodos semiempíricos de estimativa de carga de ruptura de estacas nos solos brasileiros. Iniciação Científica - FEI. São Bernardo do Campo-SP, 2010. Pp. 1-45.
- AMANN, K. A. P. Metodologia Semiempírica Unificada para previsão da capacidade de carga de estacas. In: XV Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, 2010, Gramado-RS. Anais do XV Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica. São Paulo : ABMS, 2010. v. CD. p. id158.pdf.
- AMORIM, A.; MATILDES, R.; ALMEIDA, I. M. Base de dados geotécnicos de lisboa – quick access site. In: XIII Congresso Nacional de Geotecnia, VI Congresso Luso Brasileiro de Geotecnia. Lisboa, 2012. V. CD. P. 429.pdf.
- AOKI, N.; VELLOSO, Dirceu de Alencar. An approximate method to estimate the bearing capacity of piles. In: V CONGRESO PANAMERICANO DE MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES – PASSMFE, Buenos Aires, Anais... Buenos Aires: Sociedad Argentina de Mecánica de Suelos e Ingenieria de Fundaciones V5, p. 367-374, 1975.
- CABRAL, D.A. O uso da estaca raiz como fundação de obras normais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES, 8, 1986, Poto Alegre. Anais... COBRAMSEF VIII. Porto Alegre: ABMS, 1986.
- CERIGATTO, Isabela. Guia de Referência Rápida dos métodos semiempíricos de capacidade de carga de estacas nos solos brasileiros na década de 1990. Iniciação Científica - FEI. São Bernardo do Campo-SP, 2012.
- CHIN, F. K. Discussion: “Pile tests. Arkansas River Project”, JSMFD, ASCE, v 27, nº SM7, 1970.
- CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA. XV COBRAMSEG. Búzios-RJ, 4 vol. Out. 2008.
- CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA. COBRAMSEG. Gramado, 2010.
- XIII CONGRESSO NACIONAL DE GEOTECNIA, VI CONGRESSO LUSO BRASILEIRO DE GEOTECNIA. Lisboa, 2012.
- DÉCOURT, L. Análise e Projeto de Fundações Profundas - Estacas. In: Fundações: teoria e prática. 1.ed. São Paulo-SP, Novembro, 1996. ABMS/ABEF/Pini. Pp. 265-301.
- MORELLI, Mayara. Guia de Referência Rápida dos métodos semiempíricos de capacidade de carga de estacas nos solos brasileiros na década de 1980 e 2000. Iniciação Científica - FEI. São Bernardo do Campo-SP, 2012.
- QUARESMA, Arthur Rodrigues Filho; et. al.,1996. Fundações Teoria e Prática. vol. 1, 2 Ed. Pini. São Paulo, 1998. Pp.119-121.
- SEMINÁRIO DE ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES ESPECIAIS. SEFE 7. São Paulo, 2012.
- TERZAGHI, K.; PECK, R. B. Mecânica dos solos na prática da engenharia. 1962.
- VEEN, C. V. Design The Bearing Capacity of Piles. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING, 3, 1953, Amsterda.