

ANÁLISE PRELIMINAR DOS PARÂMETROS DO SOLO DA CIDADE DE MATIPÓ – MG POR MEIO DE SONDAGENS SPT JÁ REALIZADAS

Dayse de Paula Latine¹
Marlon Bortoni Martins¹
João Antônio Sabino Júnior²
Cristiano Oliveira Ferrari³
Anselmo José Coelho Mendes⁴
Marcos Paulo de Oliveira⁵
Mateus Zanirate de Miranda⁶

mateus.zanirate@engenharia.ufjf.br

ÁREA DE CONHECIMENTO: Engenharias

RESUMO

O objetivo do trabalho é analisar os parâmetros encontrados nos solos de Matipó por meio de boletins de sondagens SPT já realizados, buscando relacionar resultados, compilar características semelhantes. Trata-se de uma pesquisa quantitativa e qualitativa descritiva. Através de boletins de sondagens disponibilizados por profissionais na área da engenharia, executadas por empresas de investigação geotécnica, de onde serão retiradas as informações para a análise do solo da cidade de Matipó. Os materiais envolvidos são os boletins de sondagens, resultados de 25 investigações de subsolo localizadas em 10 pontos distintos da cidade de Matipó. De acordo com a pesquisa realizada os principais resultados encontrados foram: tipo de solo predominante (argila siltosa), cor predominante do solo (amarelo avermelhado), resistência do solo e características do lençol freático, além de perceber que não houve a possibilidade de catalogar o solo da cidade, uma vez que a formação natural do solo por meio do processo de intemperismo impossibilita uma configuração homogênea de características.

PALAVRAS CHAVE: investigação geotécnica; solo; características do solo.

¹ Graduandos em Engenharia Civil pela Faculdade Vértice – UNIVÉRTIX

² Graduado em Engenharia Civil. Especialista em Docência do Ensino Superior. Professor na Faculdade Vértice – UNIVÉRTIX.

³ Graduado em Engenharia Civil. Especialista em Gestão de Negócios e Pessoas. Professor na Faculdade Vértice – UNIVÉRTIX.

⁴ Graduado em Engenharia Civil. Especialista em Engenharia de Saúde e Segurança. Mestre em Geotecnia. Professor na Faculdade Futuro – FAF

⁵ Engenheiro Ambiental. Especialista em Avaliação de Impacto Ambiental e Recuperação de Áreas Degradadas - Professor na Faculdade Vértice - UNIVÉRTIX

⁶ Graduado em Engenharia Civil. Especialista em Docência do Ensino Superior. Professor na Faculdade Vértice – UNIVÉRTIX.

1. INTRODUÇÃO

Toda e qualquer construção civil assentada sobre o terreno, requer que seja considerado o estudo das características dos solos. O estudo que determina o comportamento dos solos e as tensões aplicadas sobre ele é denominado a Mecânica dos Solos, no qual é usada como base para fazer projetos de engenharia (PINTO, 2006). De acordo com Folle (2002), Nas obras civis, estima-se que o custo de investigação do subsolo seja em torno de 0,5 e 1% to custo total da construção.

Tendo em vista que Matipó, por ser uma cidade universitária, e que tem como sua principal fonte de renda a agropecuária, com maior destaque na cafeicultura, esta cidade está sujeita a expansão. É preciso ter uma visão e um conhecimento mais a fundo sobre o solo onde se encontra a cidade, conhecimento que são indispensáveis para o ramo da Engenharia Civil, em projetos de fundações.

O objetivo do trabalho é analisar os parâmetros encontrados nos solos de Matipó por meio de boletins de sondagens SPT já realizados, buscando relacionar resultados, compilar características semelhantes e atribuir conceitos teóricos clássicos da mecânica dos solos às atividades práticas de engenharia.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS

Os estudos que referem à execução de projetos de fundações exigem investigações geotécnicas prévias. Um dos maiores problemas que pode haver no ramo da engenharia civil, é começar um obra sem o conhecimento prévio do terreno que será executado a obra (CAPUTO, 2014). As informações que são retiradas de processos de investigações no terreno são essenciais para a atividade preliminar de um bom projeto. Com elas, permitem que o projeto seja elaborado com segurança e economia e evita todas as dificuldades que podem ser encontradas ao longo da execução (CRAIG, 2013).

Com os resultados das análises de investigação são fornecido noções adequadas para o dimensionamento da fundação da obra (CRAIG, 2013). Segundo Craig (2013), os principais objetivos da investigação são: determinar o seguimento, as espessuras e a extensão lateral das camadas do solo e, quando conveniente, o nível do substrato rochoso; conseguir amostras

significantes dos solos para a classificação e reconhecimento, se for necessário, obter amostras para ensaios em laboratórios que possibilitam a adequação de parâmetros do solo; identificação dos níveis e condições do lençol freático.

Para Caputo e Caputo (2015) o planejamento de um programa de investigação, não pode considerar apenas as informações retiradas nas investigações. O tipo da estrutura que será situado no terreno se é pequena ou grande, leve ou pesada, flexível ou rígida, são fatores que devem ser levados em conta para fins de posição do reconhecimento, a locação dos pontos deve ser corretamente definida (VELLOSO; LOPES, 2011).

De acordo com Chiossi (2013), os métodos são divididos em métodos indiretos que são baseadas em certas medidas físicas, como por exemplo, gravimétricos, magnéticos, elétricos e sísmicos; em métodos diretos que consiste em operações destinadas a observar diretamente o solo ou obter amostras ao longo de uma perfuração, exemplos como, poços manuais, trincheiras, sondagens à percussão, sondagens rotativas, sondagens mistas.

O método que será utilizado será sondagens a percussão (SPT). Segundo Yazigi (2013) para qualquer projeto de fundação, deve ser feito no mínimo Sondagens a Percussão (SPT) de acordo com as normas, com a finalidade de determinar a classificação dos solos, a posição do nível d'água e a medida do índice de resistência à penetração.

2.3 SONDAGENS A PERCUSSÃO (SPT)

O SPT (*standard penetration test*), abreviatura do nome do ensaio ou sondagens de simples reconhecimento, tem como objetivo fornecer informações para o conhecimento dos solos destinado à elaboração de projetos geotécnicos para a construção civil (ABNT, 1983). Segundo a NBR 6484 (ABNT, 2001) tem a finalidade de determinar os tipos e a profundidade dos solos, a localização subterrânea do lençol freático e o índice de resistência à penetração a cada metro dado pela letra N.

Para Budhu (2015), o ensaio de campo mais utilizado no mundo é o SPT. Segundo Chiossi (2013) a sondagem a percussão (SPT) é usada em solos, sedimentos ou rochas poucos resistentes, a amostragem é feita cravando um amostrador padrão. Budhu (2015) já afirma que o termo *standard*

(padrão) é impróprio para o SPT, já que apresentam em diversas partes do mundo, procedimentos discrepantes, com valores de peso do martelo, altura da queda e entre outras medidas, e afirma que o valor de N, é passível de erros, devido a distorções, má limpeza do furo, hastes frouxas, procedimentos e métodos inadequados de cravação.

Antes do início da programação, são necessárias as operações preliminares de limpeza do local e preparação do terreno. A cada metro que é introduzido no solo pelo amostrador, são recolhidas amostras do solo em seu interior, logo, o solo recebe uma classificação quanto sua granulometria (REBELLO, 2008). Lembrando que de acordo com a norma NBR 6484 (2001), o primeiro metro analisado está logo depois do procedimento de escavar com o trado-concha ou cavadeira manual o solo até a profundidade de um metro, para iniciar a investigação do subsolo. Para obter o valor de N, anota-se a penetração apenas dos últimos 30 centímetros (CHIOSSI, 2013).

Rebello (2008) afirma que ao detectar a presença de lençol freático deve se esperar um tempo. Esse tempo, segundo Craig (2013), depende da permeabilidade do solo, portanto, as medições devem ser feitas em intervalos de tempo até que as oscilações do nível d'água se estabilizem. Budhu (2015) afirma que, na falta da identificação do lençol, pode acarretar sérios problemas na construção, ocasionando no custo acima do previsto em obra.

Os resultados das características dos solos são apresentados em forma de relatórios, numerados, datados e assinados por responsável técnico. O relatório é apresentado em um desenho na escala de 1:100 que representa o perfil lateral individual de cada sondagem do subsolo (YAZIGI, 2009).

2.4 SOLOS

O objetivo que o engenheiro espera com as sondagens é a coleta do material, investigação e a classificação das propriedades físicas dos solos, onde serão usadas para o dimensionamento das fundações (BUDHU, 2015). Para Rebello (2008), as cores encontradas para os solos não são aplicadas na escolha do tipo de fundação e determinação da resistência do solo. A descrição e a identificação dos solos são termos importantes para conhecer o comportamento que eles terão nos projetos de fundações (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2008).

Os solos que são apresentados como grossos (pedregulhos e areias), expressam boa capacidade de carga e são drenantes, a variação de volume que pode acontecer não afeta sua resistência e características de variação de volume (BUDHU, 2015). Os solos finos (siltes e argilas) possuem baixa capacidade de carga e são praticamente impermeáveis (REBELLO, 2008). De acordo com Budhu (2015), os solos finos mesmo em contato com grandes depósitos de solos granulares, tem sido responsável por várias rupturas geológicas.

A classificação dos solos é feita em laboratórios, depois de ter tirado amostras do solo reconhecendo os termos de identificação, são realizadas análises pra reconhecer seu comportamento (CAPUTO, 2014).

3.METODOLOGIA

O presente trabalho trata-se de uma pesquisa quantitativa e qualitativa descritiva.

Por definição, as abordagens qualitativa e quantitativa em pesquisa encerram conjuntos de práticas interpretativas, denominados métodos, que, em tese, não se prendem a um único campo do conhecimento; entendido aqui o conhecimento como área fronteira de manifestação dos processos de produção científica (LANDIM, et al. 2006, p. 2-3).

Realizada através de boletins de sondagens disponibilizados por profissionais na área da engenharia, executadas por empresas de investigação geotécnica, serão retiradas as informações para a análise do solo da cidade de Matipó. Os materiais envolvidos são os boletins de sondagens, resultados de 25 investigações de subsolo localizadas em 10 pontos distintos da cidade de Matipó datadas de 19/03/14 a 29/01/18.

Foi feito a organização do banco de dados formados pelos 25 boletins de sondagem. Após a reagrupação dos boletins, foi executada a coleta dos dados do tipo de solo, a característica da textura e o índice de resistência à penetração (N) de metro a metro de cada perfil de sondagem, limitando a análise no 15º metro, para ser realizada uma análise geral na cidade e uma análise local de cada metro de profundidade. E por fim, a identificação do nível médio do lençol freático.

Usando o software Excel para a compilação dos dados, foram montadas as tabelas para serem gerados os gráficos que representam a predominância do solo, o índice de resistência à penetração e o nível do lençol freático. Através da análise desses resultados, pretende-se verificar a possibilidade de se encontrar características semelhantes em diferentes áreas da cidade a fim de criar um modelo teórico da estimativa da capacidade de carga de um solo para a cidade de Matipó – MG. A coleta de dados foi realizada no segundo semestre de 2018.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 RESULTADOS DA PREDOMINÂNCIA DO TIPO DE SOLO NA CIDADE DE MATIPÓ

O banco de dados composto por 25 boletins de sondagens distribuídos em 10 pontos distintos da cidade totalizam 199 metros de solo analisado. Limitando a pesquisa das análises até o 15º metros de profundidade em dados boletins foi elaborada um modelo de agrupamento das análises a cada metro de profundidade para confecção das características similares do substrato e teve as seguintes porcentagens de cada solo encontrado.

Prevaleceu nas amostras coletadas o solo argila siltosa, foi encontrada em 11 boletins, sendo comumente encontrada na primeira camada do solo variando entre 1 a 14 metros de profundidade, evidenciando como rochas sedimentares os argilitos. Segundo Branco (2015), as rochas argilosas ou argilitos são as mais abundantes das rochas sedimentares, mas as mais difíceis de serem estudadas, pois é devido a sua granulometria fina dos sedimentos que as compõem.

De acordo com Oliveira (2008), a predominância da argila indica a ocorrência do intemperismo dos latossolos, que são solos minerais, homogêneos, que não possuem diferenciação entre os horizontes e camadas, que são caracterizados facilmente pela cor quase homogênea do solo com a profundidade. Segundo Almeida (2005), embora o solo argiloso apresente granulação fina constituindo basicamente de partículas com dimensões menores que 0,002 mm, com características que apresentam coesão, adesão e plasticidade em sua superfície, de acordo com Oliveira (2008), o avanço do intemperismo provocado pelos latossolos alteram suas propriedades matriz, e

que quando ocorrido, a argila pode se comportar como silte e até mesmo como areia fina.

O solo siltoso contém grandes quantidades de parcelas de silte, que geralmente são muito erodíveis (CAMPOS, 2009). Segundo a NBR 6502 (ABNT, 1995) sobre rochas e solos, o silte pode ser definido como solo que apresenta baixa ou quase nenhuma plasticidade e que pode exibir baixa resistência quando seco ao ar.

Para saber qual o tipo de solo que predomina na cidade de Matipó, foi feito a junção de solos que apresentavam predominância similar para ser considerado apenas um tipo de solo, por fim teve os seguintes resultados:

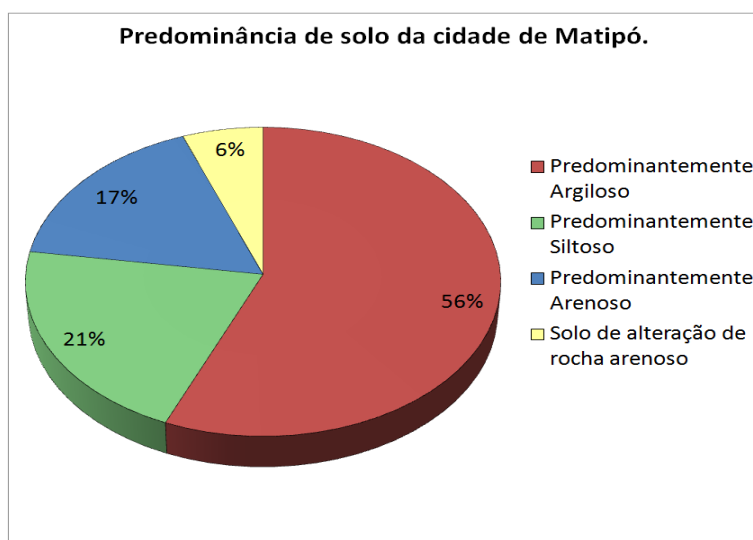


Figura 1: Gráfico do tipo de solo da cidade de Matipó com base em boletins.
Fonte: Os autores (2018)

De acordo com a NBR 7250 (ABNT, 1982) quando o solo argiloso é umedecido, tornando-se plástico, pode ser trabalhado e sofrer deformações sem apresentar em sua superfície rupturas e fissuramento. O solo argiloso compreende uma alta densidade quando não está em contato com a água, tornando-o viscoso. É recomendado realizar estudos sobre a aplicação da geofísica para saber qual tipo de fundação será utilizado. O uso de fundações rasas são mais usuais em solos argilosos, podendo ser reforçadas com sapatas ou usando *radiers* (CAMPOS, 2009).

4.2 RESULTADOS DAS CORES PREDOMINANTES DO SOLO NA CIDADE DE MATIPÓ

Prevaleceu nas amostras coletadas as cores na tonalidade amarelo e vermelho que pode ser resultado de um solo com a presença de óxidos de ferro (FERNANDES et al, 2004).As colorações predominantes também podem ser típicas de solos bem drenantes e desenvolvidos, caso os latossolos que são solos de intemperização intensa, velhos e com a presença de óxido de ferro alumínio e silício com baixa fertilidade (OLIVEIRA, 2008). Caso a predominância seja a ocorrência de latossolos, para Fernandes et al (2004), a predominância dos óxidos hematita e goetita, é uma garantia da viabilidade e potencial dos dados proporcionados pela cor.

4.3 RESULTADOS DA RESISTÊNCIA DO SOLO DA CIDADE DE MATIPÓ

Abaixo serão mostrados os resultados dos valores médios de N do SPT dado a cada metro de profundidade, alguns boletins foram interrompidos antes que chegassem ao 15^o metro.

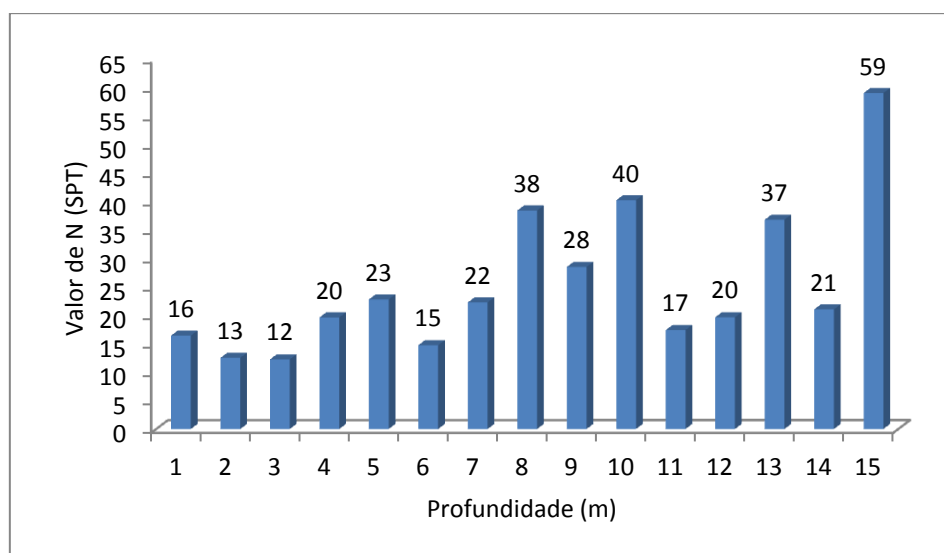


Figura 2: Resistência média à penetração de metro a metro até o 15^o metro com base em boletins de sondagem.

Fonte: Os autores (2018)

Os resultados apresentaram valores de desvio padrão das profundidades analisadas do 1^o ao 15^o metro respectivamente, 31,92; 9,28; 8,60; 21,32; 28,07; 12,11; 23,92; 39,08; 34,17; 39,75; 11,65; 11,82; 30,59; 10,77; 29,19. Um grande desvio padrão em algumas profundidades em relação à média dos valores de NSPT. De acordo com Martins (2013), o desvio padrão é uma medida de difusão dos dados relativamente à média, os pontos dos dados estão separados por uma extensa gama de valores maiores e menores,

ou seja, o valor médio da profundidade está entre o valor de seu desvio padrão tanto para baixo quanto para cima.

Para valores maiores, pode ser explicado pelo fato de que com o decorrer dos relatórios utilizados na pesquisa, as investigações foram encontrando em diferentes profundidades, a resistência desejada, resultando na interrupção dos boletins de sondagens. Para valores inferiores, a justificativa pode vir dos relatórios 19, 20, 21 e 22 que fazem parte de dois locais, o número de golpes do SPT variou em números relativamente baixos, de 2 a 10 em todo o segmento do ensaio, reagindo com valores altos apenas no último metro.

Para entender mais sobre os valores dados nos boletins 21 e 22 serem relativamente baixos, é que o tipo do solo que predominou foi argila siltosa, variando sua consistência de muito mole à média apenas alcançando uma consistência maior no último metro analisado, apresentando uma coloração predominantemente amarela, dando uma característica de solo oxidado (BUDHU, 2015).

4.4 RESULTADOS DAS CARACTERÍSTICAS DO LENÇOL FREÁTICO DA CIDADE DE MATIPÓ

Para finalizar a análise dos parâmetros, foi feita a média do nível do lençol freático de acordo com os relatórios que apresentaram os dados em suas investigações no subsolo. Ao todo 20 boletins encontraram o nível do lençol freático, contudo, chegando à cota média de 3,86m de profundidade, com desvio padrão 1,85 para cima e para baixo.

Não há estudos que delimitem o nível de lençol ideal, o que pode ser feito na ocorrência de um lençol muito próximo da superfície, são técnicas para o rebaixamento do lençol d' água. O procedimento pode ocorrer no local ou estender na vizinhança da edificação. O principal objetivo do processo de rebaixamento é para facilitar na escavação para construções de estruturas enterradas abaixo do lençol freático, para essa, a execução ser feita a seco (MARTINS, 2012).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todas as informações que são encontradas nos boletins são de extrema importância, o entendimento do solo é indispensável para o planejamento

urbano. Pode-se concluir que o solo é uma grande massa que apresenta bastante heterogeneidade em sua formação, não se sabe realmente se o solo em determinada localização apresente características superficiais que possa definir seu interior.

Espera-se que essa pesquisa possa ter continuidade a fim de contribuir para uma abordagem maior das propriedades do solo para auxiliar nos processos que envolvam problemas de planejamento urbano e de edificações no que tange ao processo de escolha e dimensionamento de fundações. Para futuros trabalhos, a atualização do banco de dados com novas informações, torna se mais confiável as análises, as variações e os atributos do solo relacionados quanto mais perto às amostras analisadas estiverem. Essa correlação entre os resultados encontrados pode servir como auxílio no entendimento da diversidade do solo que possui no município de Matipó, com a intenção de incentivar na utilização dos processos de investigação do solo para evitar possíveis problemas na concepção de fundações.

A caracterização física de um solo ideal pode ser complicada definir, devido ao tipo e natureza das variações físicas que acontecem ao longo do substrato, do tempo e na perspectiva da superfície (REINERT e REICHERT, 2006). Motivo pelo qual não foi possível catalogar de maneira fiel os dados do solo para a cidade de Matipó – MG, por se tratar de uma área grande e possuir características de solo muito distintas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Gil C. P. de. **Caracterização física e classificação de solos**. Universidade De Juiz de Fora / Departamento de transportes. Juiz de Fora/MG, 2005. Disponível em: <<https://www.ebah.com.br/content/ABAAAAsEAAG/caracterizacao-fisica-dos-solos>> Acesso em: 09 out. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 6122/96: **Projeto e execuções de fundações**. Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 6484/01: **Execução de Sondagens de Simples Reconhecimento dos Solos**. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 6502/95: **Rochas e solos**. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 7250/82: **Identificação e descrição de amostras de solos obtidas em sondagens de simples reconhecimentos dos solos.** Rio de Janeiro, 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 8036/83: **Programação de Sondagens de Simples Reconhecimento dos Solos para Fundações de Edifícios.** Rio de Janeiro, 1983.

BRANCO, Pércio de Moraes. **As rochas** – Curso de extensão para professores do Ensino Médio. Disponível em: < <http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Canal-Escola/Rochas-1107.html>>. Acesso em: 08 nov. 2018.

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

CAMPOS, Iberê M. **Conheça Os Três Tipos Principais De Solo: Areia, Silte E Argila.** Instituto Brasileiro de Desenvolvimento da Arquitetura IBDA, 2009. Disponível:

<<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=9&Cod=59>>. Acesso em: 29 set 2018.

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos solos e suas aplicações: Fundamentos.** 6ª.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

CAPUTO, Homero Pinto; CAPUTO, Armando Negreiros. **Mecânica dos Solos e suas Aplicações: Fundamentos.** 7ª.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

CHIOSSI, Nivaldo José. **Geologia de Engenharia.** 3ª.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

CRAIG, Robert F. **Mecânica dos Solos** / R. F. Craig; tradução Amir Kurban. 7ª.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

FERNANDES, R.B.A. et al. **Quantificação de óxidos de ferro de latossolos brasileiros por espectroscopia de refletância difusa.** Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v28n2/20207.pdf> >. Acesso em: 02 nov. 2018.

FOLLE, Daiane. **O Estudo Geoestatístico de Sondagens SPT para Geração de Mapas Auxiliares em Obras de Engenharia.** Porto Alegre, 2002. 245p. Dissertação/ Mestrado – Escola de Engenharia Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

FONTELES, Helano Regis da Nóbrega. **Caracterização geotécnica do subsolo da porção nordeste do município de Fortaleza (CE) com base em geoestatística.** São Carlos, 2003. 146p. Dissertação/ Mestrado – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

LANDIM, Fátima Luna Pinheiro, et al. **Uma reflexão sobre as abordagens em pesquisa em ênfase na integração qualitativo-quantitativo:** descrição ou avaliação de métodos, técnicas, procedimentos e instrumentais. Fortaleza, 2006, 6f. Dissertação/Mestrado. Universidade de Fortaleza.

MARTINS, Márcio da Fonseca et al. **Variação da profundidade do lençol freático em uma área de construção civil em Pelotas-RS.** Disponível em: https://wp.ufpel.edu.br/rhima/files/2010/09/EN_00725-M%C3%A1rcio.pdf. Acesso em: 05 nov. 2018.

MARTINS, Maria Eugénia Graça. Revista de Ciência Elementar. **Desvio Padrão** Amostral, vol 1 / número 1, p1. Outubro a dezembro. 2013.

MILITITSKY, Jarbas; CONSOLI, Nilo Cesar; SCHNAID, Fernando. **Patologia das fundações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

MORAIS, Thaise da Silva Oliveira. **Interpretação racional de resultados de ensaios SPT com base em conceitos de energia**. São Carlos, 2014. 210p. Dissertação/ Mestrado – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

OLIVEIRA, Robson Martins de. **Banco de dados de sondagens para a descrição de solos – município de Goiânia-GO**: Ensaio sobre as possibilidades de análise e correlação entre fatores/elementos fisiográficos. Goiânia, 2008. Monografia/Graduação – Universidade Federal de Goiás.

PINTO, Carlos de Sousa. **Curso Básico de Mecânica dos Solos**: Em 16 aulas. 3ª.ed. São Paulo: 2006.

REBELLO, Yopanan Conrado Pereira. **Fundações**: Guia Prático de Projeto, Execução e Dimensionamento. Editora: Igurate, 2008.

REINERT, Dalvan José, REICHERT, José Miguel. **Propriedades físicas do solo**. 2006. Disponível em: <https://www.agro.ufg.br/up/68/o/An_lise_da_zona_n_o_saturada_do_solo__texto.pdf > Acesso em: 10 de nov de 2018.

RUVER, Cesar Alberto. **Determinação do comportamento carga-recalque de sapatas em solos residuais a partir de ensaios SPT**. Porto Alegre, 2005. 182p. Dissertação/ Mestrado – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

VARGAS, Milton. Dupla Transparência: **O caso da Mecânica dos Solos**. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/revusp/article/download/55861/59259>. Acesso em: 24 mai. 2018.

VELLOSO, Dirceu de Alencar; LOPES, Francisco de Rezende. **Fundações**: Critérios de Projeto – Investigação do Subsolo – Fundações Superficiais. 2ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

YAZIGI, Walid. **A técnica de edificar/ WalidYazigi**. 10ª ed. São Paulo: Pini: SindusCon, 2009.

YAZIGI, Walid. **A técnica de edificar/ WalidYazigi**. 13ª ed. São Paulo: Pini: SindusCon, 2013.