

DOI: 10.47094/COBRAMSEG2024/525

Confiabilidade de Sondagens Mistas - Estudo de Caso de um Projeto de Engenharia

Eva Priscila Cardoso

Mestranda em Geotecnia, Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP, Ouro Preto, Brasil,
eva.cardoso@aluno.ufop.edu.br

Guilherme Jorge Brigolini Silva,

Doutor em Eng. Metalúrgica e de Minas, Univ. Federal de Minas Gerais - UFMG, Belo Horizonte, Brasil,
guilhermebrigolini@ufop.edu.br

Thiago Bomjardim Porto

Doutor em Geotecnia, Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP, Ouro Preto, Brasil,
thiago.porto@cefetmg.br

RESUMO: O conhecimento do comportamento e condições do solo em subsuperfície é essencial para empreendimentos de engenharia seguros e econômicos. Foram analisados 75 boletins de sondagens mistas realizadas por uma empresa especializada na área de geotecnia e com atuação internacional durante o período de novembro de 2012 a fevereiro de 2013, na cidade de Arapiraca – AL (Brasil). As sondagens foram feitas para auxiliar no projeto de implantação das bases civis, para dar apoio a usina de mineração localizada na região. As análises dos dados mostraram que foram encontrados nível de lençol freático em baixa profundidade, indicando uma boa capacidade hídrica. No entanto, a região é caracterizada por escassez de água e as sondagens foram realizadas no período de seca. Tendo em vista os resultados obtidos e as características climáticas, geológicas e hidrográficas da região, constata-se falha na execução e análise das sondagens no que se refere às medições no nível d'água.

PALAVRAS-CHAVE: SPT; Análise de Sondagem; Medições nível d'água.

ABSTRACT: Knowledge of subsurface soil behavior and conditions is essential for safe and economical engineering ventures. 75 bulletins from mixed surveys carried out by a company specialized in the geotechnical field and with international operations were analyzed during the period from November 2012 to February 2013, in the city of Arapiraca - AL (Brazil). The surveys were carried out to assist in the project to set up civilian bases, to support the mining plant located in the region. The analysis of the data shows that water table level was found in very low depth, indicating a good water capacity. However, the region is characterized by water scarcity and surveys were carried out during the dry season. In view of the results obtained and the climatic, geological and hydrographic characteristics of the region, there is a failure to carry out and analyze the surveys with regard to measurements at the water level

KEYWORDS: SPT; Survey Analysis; Water level measurements.

1 INTRODUÇÃO

Na engenharia civil, a análise preliminar do solo é fundamental para escolha do tipo de fundação, permitindo dessa maneira condições adequadas dentro dos parâmetros de segurança exigidos pela normatização (AGUIAR, 2014).

Conhecer o comportamento e as condições do solo em superfície, por meio de ensaios em campo que resultam na definição das propriedades e da estatigrafia do solo, é de grande valia para conquista de empreendimentos de engenharia que sejam seguros e econômicos (FOLLE, 2002; BRAJA, 2011).

A análise minuciosa da estratigrafia do solo permite não só especificar o perfil e a resistência, como perceber a variação no nível de água das camadas analisadas, existindo diversas ferramentas para essas

finalidades, como ensaio de penetração padrão (SPT), de cone (CPT), piezocone (CPTU), ensaio de palheta, pressiométrico, dilatométrico, entre outros (AGUIAR, 2014). O presente trabalho teve por intuito demonstrar dados coletados a partir do ensaio de sondagem mista (SM), ou seja, a penetração padrão, Standard Penetration Test (SPT) com auxílio de sondagem rotativa.

O ensaio SPT (Standard Penetration Test) é um método de investigação e caracterização de solo utilizado no mundo inteiro (FLETCHER, 1965; MOHR, 1966; IRELANDA *et al.* 1970; ODEBRECHT, 2003). Esse método foi difundido pela simplicidade em sua execução, embora problemas como diversidade de procedimentos de ensaio, imprecisões nas medidas e inadequação de métodos de análise são reconhecidos (RODRÍGUEZ *et al.*, 2015). Como qualquer outro ensaio o SPT está sujeito a influência de diversos fatores, podendo serem eles de natureza humana, de equipamento e de procedimento (CARVALHO, 2012).

A sondagem rotativa consiste na rotação de um dispositivo cortante (coroa) com aplicação simultânea de pressão para avanço vertical, permitindo atingir grandes profundidades. Seu principal objetivo é obter amostras de rochas com forma to cilíndrico, representativas das formações geológicas presentes no subsolo para fins de caracterização (CINTRA, 2013).

A investigação adequada do solo é crucial para bons resultados nas obras civis em geral, tendo em vista que o seu valor gira em torno de 0,5 a 1% do custo das obras, não há justificativas para o não aplicação desses estudos. A responsabilidade da análise e avaliação das investigações recai sobre o engenheiro projetista, ficando a cargo desse profissional sempre se deparar com informações inadequadas a respeito do solo, solicitar aferição das características geológico geotécnicas do terreno em estudo (FOLLE, 2002).

Por meio de um estudo de caso, serão apresentados a análise e resultados encontrados em uma série de sondagens mistas. Destacando os possíveis erros e a importância de um estudo prévio de características geológicas, hidrológicas e climáticas para análise de resultados apresentados no ensaio de sondagem mista.

2 METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho foi dividida em duas etapas: a primeira consistiu em uma revisão bibliográfica e a segunda na análise dos resultados de sondagens mistas.

Na revisão bibliográfica, foram estudadas as características geológico-geotécnicas, climáticas, histórico de chuvas, relevo e solo da Região de Arapiraca. Esse estudo teve como objetivo proporcionar um maior entendimento da região e identificar possíveis influências nos resultados das sondagens.

Na segunda etapa, foi realizada uma análise quantitativa e qualitativa de um banco de dados composto por 76 boletins de sondagens do tipo mista, executadas na área rural do município de Arapiraca/AL. Os boletins foram organizados por data e seus dados foram tabelados. As informações apresentadas foram obtidas por uma empresa brasileira de projetos e gerenciamento de obras, e as sondagens foram realizadas por uma empresa brasileira especializada em sondagens.

2.1 Área do estudo de caso

A área de estudo se localiza na Região Nordeste do Brasil, a Oeste do Estado de Alagoas, pertencente ao Agreste Alagoano, no Município de Arapiraca. Referente à distância, situa-se a 131km da capital Maceió. Encontra-se à latitude 09°45'09" S e longitude de 36°39'40" W. O município está localizado exatamente no centro do estado, como ilustra a Figura 1, o que a torna uma importante rota para as mais variadas áreas das cidades circunvizinhas e demais cidades. Sua área é de 367,5 km², sendo que 8,7 km² estão em perímetro urbano



Figura 1: Localização do Estado de Alagoas no mapa do Brasil e localização do município de Arapiraca (destaque em preto) dentro do Estado de Alagoas (XAVIER E DORNELLAS, 2005).

2.2 Características geológicas-geotécnicas da região de Arapiraca

Segundo a CPRM (2017), Alagoas é um estado localizado em termos tectônicos na Província Borborema, mais precisamente na Subprovíncia Externa ou Meridional. Aproximadamente 80% da sua área territorial é ocupada por um substrato formado de rochas cristalinas de idade pré-cambriana, e os outros 20%, formados por rochas sedimentares fanerozoicas. O embasamento cristalino abrange cinco domínios tectono-estruturais diferentes: Jirau do Ponciano, Rio Coruripe, Pernambuco-Alagoas, Canindé e Macururé.

De acordo com estudo realizado pela CPRM (2005), o município de Arapiraca encontra-se geologicamente inserido na Província Borborema, compreendendo rochas do embasamento gnáissico-migmatítico, datadas do Arqueano ao Paleoproterozóico e a sequência metamórfica oriunda de eventos tectônicos ocorridos durante o Meso e NeoProterozóico. Essa Província está representada pelos litótipos dos complexos Nicolau/Campo Grande e Marancó e dos grupos Macururé e Barreiras.

Conforme uma pesquisa realizada pela CPRM (2017), sobre a geologia e recursos minerais da Folha Arapiraca por Mendes et al., 2009, foi possível observar que o município Arapiraca possui 4 depósitos de recursos minerais utilizados como materiais de uso na construção civil, 8 de rochas e minerais industriais, 1 de metais ferrosos e 2 depósitos de gemas, como ilustra o Figura 2.

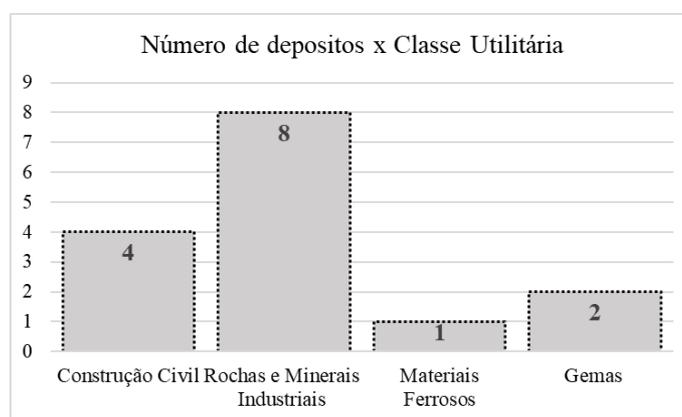


Figura 2: Depósitos do Município Arapiraca (CPRM, 2017).

2.3 Características climáticas e Histórico de chuva da região

Lima (1965) descreve que o município de Arapiraca situa-se na região do agreste sub-úmido, possuindo uma estação seca no verão e chuvas de outono/inverno. Segundo Xavier e Dornellas (2005), a área onde se encontra o município de Arapiraca é caracterizada por altas temperaturas, com uma média de 25°C anual, e precipitação por ano entre o intervalo de 750 a 1000 mm, sendo maio, junho e julho, os meses mais chuvosos, concentrando comumente mais de 50% do total anual, e os mínimos pluviométricos são observados na

primavera ou no verão, possuindo de 4 a 5 meses secos. A Figura 3 apresenta um gráfico com média da série histórica de 1971 a 2003 da distribuição das chuvas na região.

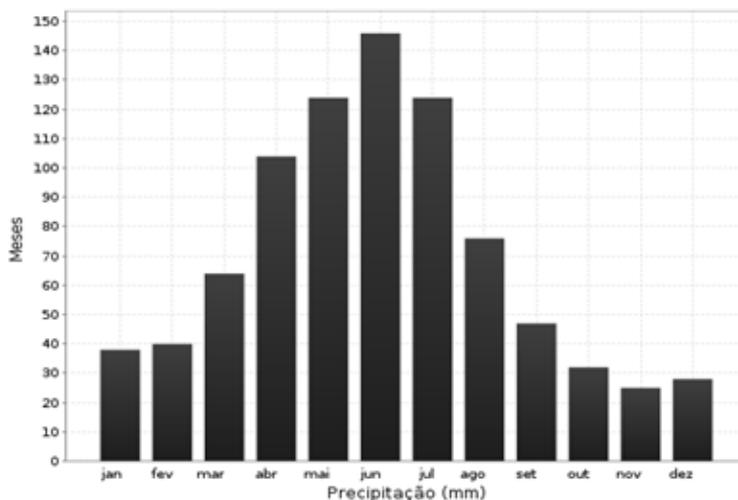


Figura 3: Distribuição da precipitação ao ano (XAVIER E DORNELLAS, 2005)

Apesar dos dados expostos apresentarem um regime estacional típico das regiões de “clima mediterrâneo”, esse comportamento não deve induzir ao erro de classificar o clima do município de Arapiraca como temperado ou mediterrâneo. Nascimento e Xavier (2010), mostra que o município de Arapiraca possui clima tropical semiúmido, após realizarem um vasto estudo pluviométrico do Estado de Alagoas, que possui os climas tropical úmido, tropical semiúmido e tropical semiárido em sua área.

Através do tratamento e análise de dados, de abril de 2008 à abril de 2015, fornecidos por uma estação automática do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) no município, Nunes et al. (2016), observaram que o município possui uma pluviosidade irregular, apresentando totais pluviométricos anuais muito variáveis entre os anos analisados. Os autores observaram também que principalmente nos meses de maio, junho e julho Arapiraca possui regime de chuvas concentradas e que os meses de novembro, dezembro, janeiro e março não apresentaram registros de chuvas acima de 100 mm. Os dados apresentados confirmam a dinâmica regional apresentada por Xavier e Dornellas (2005).

Analisando os dados pluviométricos nos anos de 2010 à 2013 fornecidos por Nunes et al. (2016), e apresentados na Figura 4, pode-se observar que os resultados não diferem dos descritos no parágrafo anterior.

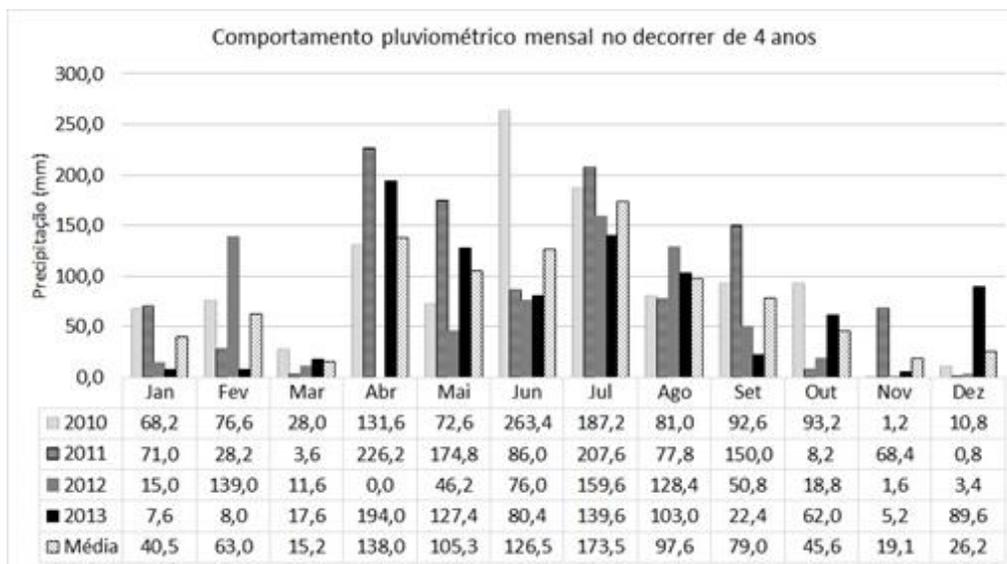


Figura 4: Dados pluviométricos nos anos de 2010 à 2013 (NUNES et al., 2016).

2.4 Relevo e solo de Arapiraca

De acordo com a CPRM (2005), o relevo de Arapiraca pertence a unidade dos Tabuleiros Costeiros. Esta unidade acompanha todo litoral do nordeste, apresenta altitude média de 50 a 100 metros. Segundo Xavier e Dornellas (2005), ao analisar o mapa hipsométrico do Estado de Alagoas é possível verificar que o município de Arapiraca encontra-se basicamente inserido na classe de relevo entre 200 e 300 metros, possuindo uma altitude média de 250 metros em relação ao nível do mar, destacando no seu relevo um conjunto de serrotes aflorantes em uma grande área plana onde se situa a cidade. Os autores ainda explicam que a estabilidade do relevo, bem como sua superfície variando de plana a suavemente ondulada, favoreceram um bom desenvolvimento dos solos no município.

Os solos predominantes em Arapiraca são os latossolos, divididos em dois subtipos: latossolo vermelho-amarelo distrófico, que abrange principalmente a zona urbana, e latossolo vermelho-escuro, localizado no nordeste do município. Em menor proporção, há também solos podzólicos.

Um estudo realizado por Lóz Junior (2016), a partir de dados compilados de NSPT para diferentes profundidades e informações obtidas em cada ponto de sondagem, permitiu ao autor elaborar um mapa de zoneamento geotécnico que revela uma divisão quase igualitária entre solos argilosos (sul e sudeste do centro) e arenosos (norte e nordeste do centro).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram analisados 76 boletins de sondagens mistas, parte de um projeto de mineração na cidade de Arapiraca-AL (Brasil). As sondagens foram realizadas por uma empresa especializada em geotecnia, com atuação internacional, no período de novembro de 2012 a fevereiro de 2013.

Com os dados fornecidos pelas sondagens, têm-se a Figura 5 que mostra a relação entre a profundidade do nível de água encontrado e a profundidade máxima alcançada pelas sondagens, e a Figura 6 que ressalta a profundidade do lençol freático por sondagem.

Através das Figuras 5 e 6 é possível observar sondagens indicando o nível de água na superfície do terreno, variando de 0,15 m a 16,80 m, sendo 16,80 m a maior profundidade encontrada nos ensaios. A média das profundidades do lençol freático encontradas nas sondagens analisadas é de 5,11 m. Em dois dos ensaios realizados, não foi apresentado nível freático até as profundidades de 12,10 m e 20 m. Em 24% das sondagens, os níveis de água foram encontrados abaixo de 3,00 m; em 29%, entre 3,00 m e 5,00 m; em 16%, entre 8,00 m e 10,00 m; e em 7%, as profundidades do lençol freático estavam acima de 10,00 m. Os dados apresentados sugerem que a região possui uma boa capacidade de recursos hídricos subterrâneos.

Em um diagnóstico sobre fontes de abastecimento por água subterrânea no município de Arapiraca, realizado pela CPRM (2005), foi constatado que existem 109 poços cadastrados na cidade, sendo 104 poços tubulares e 5 poços escavados. Destes, 53 estão em operação, 13 foram descartados por estarem secos ou obstruídos, e os poços restantes são não instalados ou paralisados por diversos motivos.

Do total de poços investigados, apenas 1 possui profundidade de 12 m. Trata-se de um poço escavado e não instalado, sendo também o único com profundidade inferior a 23 m entre os estudados. Dos poços operantes, não foi possível identificar a profundidade de 16 deles, enquanto os 37 restantes variam de 23 a 75 m de profundidade. Apenas 2 desses poços possuem profundidade inferior a 30 m e 26 têm profundidade igual ou superior a 50 m (CPRM, 2005).

Com base nos estudos da CPRM (2005) e análise das sondagens, pode-se observar que o apontamento feito pela análise dos gráficos 1 e 2 não condiz com a realidade da região, já que os níveis de água subterrânea obtidos nos ensaios de sondagem, são muito inferiores aos encontrados no município. No entanto, como o clima da região é do tipo tropical chuvoso com verão seco, fez-se necessário avaliar o período de maior precipitação de chuvas.

Conforme mostrado anteriormente (Figura 4), na análise do estudo de Nunes et al. (2016), os meses de maior concentração de chuva são maio, junho e julho. Nos meses de novembro, dezembro, janeiro a março, não foram registrados índices de precipitação acima de 100,0 mm. O Gráfico 3 demonstra que, no período das sondagens, de novembro de 2012 a fevereiro de 2013, a precipitação não ultrapassou 8,0 mm, sendo 1,6 mm a mínima precipitação ocorrida em novembro e 8,0 mm a máxima precipitação ocorrida em fevereiro.

Dessa forma, sugere-se que o nível de água em profundidades tão baixas, considerando a característica da região, não tenha ocorrido devido à incidência de chuvas. Descartando a hipótese de chuva como fator

influenciador nos resultados apresentados, pressupõe-se que houve falha no procedimento realizado e na coleta da informação durante a identificação de água no furo de sondagem.

Uma das recomendações da NBR 6484 (2020) quanto à observação do nível do lençol freático durante a perfuração é a elevação do nível d'água no furo, efetuando leituras a cada 5 minutos, durante no mínimo 15 minutos. Sempre que ocorrer uma interrupção, deve-se medir a posição do nível da água, bem como a profundidade aberta do furo e a posição do tubo de revestimento. Caso sejam observados níveis de água variáveis durante a perfuração, essas variações devem ser anotadas em um relatório (ABGE,2021).

No entanto, ao analisar os relatórios das sondagens, percebe-se que as informações referentes às datas e períodos de análise do lençol freático não são coerentes, o que dificulta a análise dos dados.

Uma das possíveis justificativas para encontrar o nível do lençol freático a uma profundidade tão superficial pode ser a falta de manutenção da carga hidráulica no furo. Segundo Carvalho (2012), essa carga deve ser mantida, no mínimo, igual à do solo. Com a falta desse controle, a água pode ter fluído para o interior da perfuração, e a leitura obtida pode ser da infiltração e não do nível real do lençol freático.

Outra possível justificativa para a identificação de água a uma profundidade tão superficial em uma região com escassez de água pode ser a utilização de água de circulação durante o processo de sondagem, e não somente quando o lençol freático é de fato encontrado. Dessa maneira, entende-se que a leitura realizada foi da água utilizada no procedimento de perfuração e não do lençol freático propriamente dito.

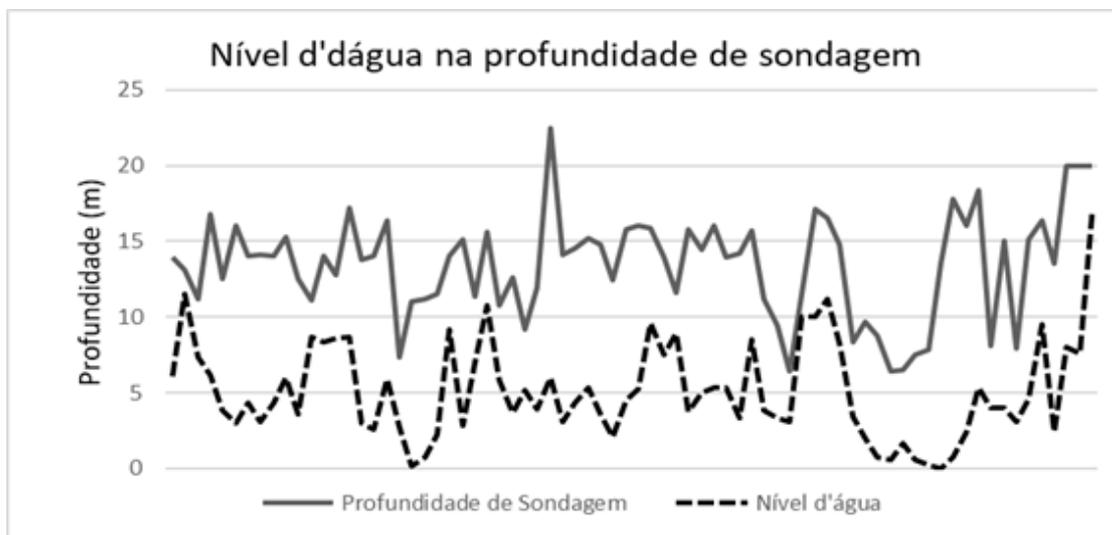


Figura 5: Relação entre a profundidade máxima encontrada e o nível de água.

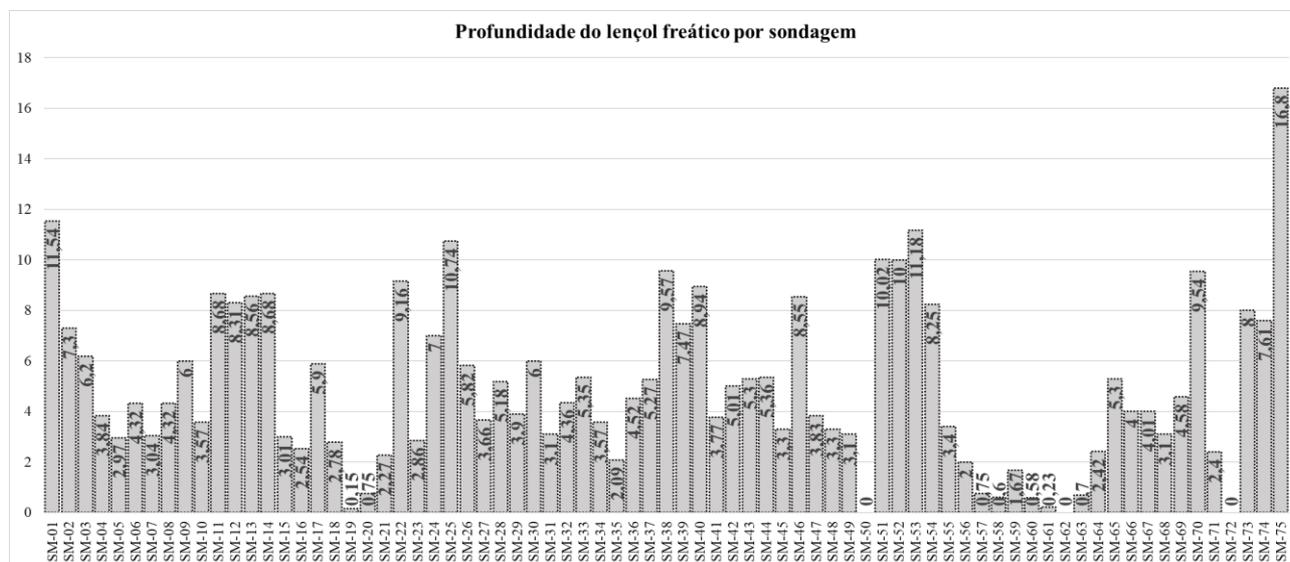


Figura 6: Estratificação das sondagens mistas e o nível de água encontrado.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos indicam falhas na execução e análise das sondagens, especialmente no que se refere às medições do nível d'água. Ao analisar as características geológicas e geotécnicas da região de Arapiraca, constatou-se que o município possui diversos recursos minerais. Estes incluem materiais utilizados na construção civil, rochas e minerais industriais, metais ferrosos e gemas, sendo 53% dos depósitos compostos por rochas e minerais industriais.

Ao comparar o estudo realizado pelo CPRM (2005) e os resultados das sondagens, concluiu-se que as profundidades encontradas nas sondagens analisadas não estavam de acordo com o histórico de águas superficiais da região. O estudo indicou que a maioria dos poços de água subterrânea no município se encontra a profundidades superiores a 23 m, com apenas um poço localizado a uma profundidade de 12 m.

Observando as características climáticas e o histórico de chuvas da região de Arapiraca, identificou-se que a cidade está localizada no agreste sub-úmido, com uma estação seca no verão e chuvas concentradas no outono/inverno. Analisando o histórico de chuvas no município, constatou-se que, no período de novembro de 2012 a fevereiro de 2013, mesmo período da execução das sondagens estudadas, a precipitação foi mínima, não ultrapassando 8,0 mm. Portanto, conclui-se que a chuva não influenciou a discrepância dos dados obtidos no ensaio referente às profundidades superficiais do lençol freático.

Uma possível explicação para a presença de água em profundidade superficial é que a água encontrada na superfície seja a utilizada no procedimento de perfuração do ensaio, e não o nível do lençol freático. A presença do lençol freático acima da cota de assentamento da fundação, como possivelmente indicado pelos resultados das sondagens, influencia diretamente o cálculo da tensão efetiva e, conseqüentemente, a capacidade de carga do terreno. Portanto, erros na identificação do lençol freático podem desencadear uma série de problemas no projeto, como no dimensionamento estrutural, na escolha adequada do tipo de fundação, nos deslocamentos e deformações da estrutura, entre outros.

Esses equívocos, além de comprometerem a vida útil e a segurança das estruturas, podem gerar gastos desnecessários, como o superdimensionamento das fundações e até projetos de rebaixamento do lençol freático, tornando o empreendimento excessivamente oneroso.

O presente trabalho demonstra que um conhecimento prévio de características básicas, como relevo, geologia local, hidrografia, clima e histórico de chuvas, pode auxiliar em uma análise crítica dos resultados de ensaios geotécnicos, mitigando custos e situações inesperadas durante a execução da obra.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), por oferecer um ambiente de estudo agradável, motivador. Ao Núcleo de Geotecnia da UFOP, pelos conhecimentos transmitidos, pelo apoio e incentivo a pesquisa e ensino e por proporcionar um ambiente criativo e amigável para os estudos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABGE (2021) Manual de Sondagens. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL (ABGE). Investigações Geológico-Geotécnicas: Guia de Boas Práticas. São Paulo: Abge, 2021. p. 87-242.
- Aguiar, J. A. C. (2014). *Caracterização do solo da cidade de Santarém – PA com base no SPT*. Dissertação (Mestrado Profissional em Processos Construtivos e Saneamento Urbano) –Universidade Federal do Pará, Pará.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2020). NBR 6484. *Solo - Sondagens de Simples Reconhecimentos com SPT - Método de Ensaio..* Rio de Janeiro.
- Braja, M.D. (2011). *Fundamentos de Engenharia Geotécnica*, 7ª ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011.
- CARVALHO, I. S. de. (2012) *Proposta para certificação das empresas de sondagens à percussão – tipo spt*. 94 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia de Edificações e Ambiental, Arquitetura, Engenharia e Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2012
- CINTRA, J. C. A.; AOKI, N.; TSUHA, C. de H.C.; GIACHETI, H. L. (2013) *Fundações: ensaios estáticos e dinâmicos*. São Paulo: Oficina de Textos.

- CPRM (2005) *Serviço Geológico do Brasil, Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Arapiraca*, estado de Alagoas/ Organizado [por] João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Junior. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.
- CPRM (2017) *Serviços Geológicos do Brasil. Relatório situacional dos recursos hídricos superficiais da bacia hidrográfica do rio Parnaíba*. SACE. Sistema de Alerta de Eventos Críticos Residência de Teresina – RETE, 2017. p.16.
- Fletcher, G.F.A. (1965) Standard Penetration Test: It's Uses and Abuses, Clouere at Discussion, Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division. ASCE. Vol. 91, n. SM4. 1965.
- Folle, D. (2002). *O estudo geoestatístico de sondagens SPT para geração de mapas auxiliares em obras de Engenharia*. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- IBGE (2020) *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/arapiraca/panorama>> . Acesso em: 28 janeiro de 2020.
- Irelanda, H O, Moretto, O. e Vargas, M., (1970) *The Dynamic Penetration Test: A Standard That is not Standardized: Geotechnique*, v. 20: 2, p. 185-192
- Lima, I. F. (1965) *Geografia de Alagoas*. São Paulo: Editora do Brasil S/A, Coleção didática do Brasil, vol. 14, 1965.
- LÓZ JÚNIOR, N. F. (2016) *Caracterização geotécnica do município de Arapiraca - AL por meio da análise de perfis de sondagem SPT*. 2016. 78 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Unidade Delmiro Gouveia-Campus do Sertão, Universidade Federal de Alagoas, Delmiro Gouveia, 2019.
- Mendes, V.A., Brito, M.F.L., Paiva, I.P., (2009) Programa Geologia do Brasil-PGB. Arapiraca. Folha SC.24-X-D. Estados de Alagoas, Pernambuco e Sergipe. Mapa Geológico. Recife: CPRM, 2009, 1 mapa, color, 112,37 cm x 69,42 cm. Escala – 1:250.000.
- Mohr, H.A. (1966) Discussion on “Standard Penetration Test: It's Use and Abuse. Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division. ASCE. Vol. 92. N. SM1.
- Nunes, A. M. L. A. et al. (2016) *Importância dos estudos bioclimáticos no planejamento do desenho urbano: Estudo de caso em Arapiraca-Al.*: CONGRESSO LUSO-BRASILEIRO PARA O PLANEJAMENTO URBANO REGIONAL, INTEGRADO E SUSTENTÁVEL, 7. Maceió. **Anais...** . Maceió: Viva Editora, 2016. p. 1 - 12.
- Odebrecht, E. (2003). *Medidas de Energia no Ensaio SPT*. Tese. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia de Porto Alegre.
- Rodríguez, C.A.M.; Schnaid, F.; Odebrecht, E. (2015). *Estimativa da resistência não drenada através da energia de cravação do SPT*. Geotecnia n.º 133 – março 2015 – p. 35-49.
- Xavier, R.A., Dornellas, P.C. (2005). *Análise do comportamento das chuvas no município de Arapiraca, Região Agreste de Alagoas*. Geografia, 14(2), 49-64.