

ANÁLISE DOS PERFIS DE SONDAGEM SPT EM CAXIAS/MA

MIKHAEL FERREIRA DA SILVA SANTOS^{1*}, CLÁUDIO VIDRIH FERREIRA²
JACKSON DOUGLAS DA CRUZ SILVA³; FERNANDA DUARTE DE SOUSA⁴ PAULO RICARDO ALVES DOS
REIS SANTOS⁵

¹Acadêmico de Eng. Civil, FACEMA, Caxias - MA, mikhaelmk@hotmail.com;

²Dr. em Engenharia Civil, Prof. Adj. FACEMA, Caxias - MA, vidrih@vidrih.com;

³Acadêmico de Eng. Civil, FACEMA, Caxias - MA, jacksondouglasncr@hotmail.com.

⁴Acadêmica de Eng. Civil, FACEMA, Caxias - MA, fernanda.desousa@hotmail.com

⁵Acadêmico de Eng. Civil, FACEMA, Caxias - MA, paulinho.ars@hotmail.com.

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2017
8 a 11 de agosto de 2017 – Belém-PA, Brasil

RESUMO: O adequado conhecimento das características e parâmetros geotécnicos, essencialmente os relacionados a compressibilidade e deformabilidade, propicia projetos de fundações otimizados. Nos últimos anos, a cidade de Caxias/MA tem passado por um acentuado processo de crescimento com significativo aumento do potencial econômico e, conseqüentemente, do número de edificações. Apesar disso, o correto dimensionamento das fundações tem ficado em segundo plano, haja vista a quase inexistência de pesquisas que proporcionem um maior conhecimento do solo. Nesse sentido, buscou-se apresentar os resultados e interpretação de relatórios de sondagem realizados no município de Caxias – MA. Para o desenvolvimento desse estudo, a pesquisa foi ancorada em revisão de literatura, pesquisa documental e exploratória e pesquisa em campo. Quando se conhece bem a região de uma cidade através do ensaio SPT, o terreno fica melhor representado, sendo ainda possível realizar correlações para tomada de decisão, enfatizando, novamente, que é uma estimativa preliminar.

PALAVRAS-CHAVE: Geotecnia, SPT, Fundações.

ANALYSIS OF SPT SURVEY PROFILES AND APPLICATION OF EMPIRICAL IN CAXIAS / MA

ABSTRACT: The adequate knowledge of geotechnical characteristics and parameters, essentially those related to compressibility and deformability, provides optimized foundation projects. In recent years, the city of Caxias / MA has undergone a strong growth process with a significant increase in economic potential and, consequently, in the number of buildings. Despite this, the correct sizing of the foundations has been in the background, due to the almost inexistence of research that provides a greater knowledge of the soil. In this sense, we sought to present the results and interpretation of two (2) survey reports conducted in the city of Caxias - MA. For the development of this study, the research was anchored in literature review, documentary and exploratory research and field research. When the region of a city is well known through the SPT, the terrain is better represented, and it is still possible to make correlations for decision making, emphasizing again that it is a preliminary estimate.

KEYWORDS: Geotechnics, SPT, Foundations.

INTRODUÇÃO

Historicamente, o registro do primeiro uso do solo como material de construção permeia a subjetividade em sua datação. Entretanto, quanto ao suporte de obras, tem-se as palafitas, conjunto de estacas que sustenta habitações construídas sobre a água, que possuem indícios de terem sido inventadas no período neolítico (SKEMPTON, 1985). Do ponto de vista da engenharia civil, o solo pode ser definido como um material formado por agregados não-cimentados de grãos minerais, produtos da intemperização das rochas, e matéria orgânica, com os espaços vazios entre as partículas sólidas preenchidos por líquido e gás (DAS, 2007).

Todas as obras de engenharia civil inevitavelmente assentam-se sobre o solo, e por isso o comportamento desse material de suporte das edificações, que é o ponto final do caminhar das ações solicitantes, deve impreterivelmente ser considerado. Trabalhos marcantes sobre o comportamento do solo podem ser encontrados nas clássicas obras de Coulomb (1773), Rankine (1856) e Darcy (1856). Não obstante, mesmo com todo desenvolvimento teórico dos estudos referentes ao comportamento do solo, no início do século XX, inúmeros insucessos em obras de engenharia civil foram registrados, como por exemplo a ruptura do Canal do Panamá ou o rompimento de grandes taludes em construções de estradas nos Estados Unidos (PINTO, 2006).

As investigações geotécnicas, nesse sentido, possuem a função de conhecer a estratificação real do solo e estimar seu comportamento frente as ações solicitantes, para propiciar subsídios de um projeto de fundação estável, eficiente e econômica (DAS, 2007). Essas investigações normalmente envolvem ensaios de campo e obtenção das amostras, deformadas ou indeformadas, para avaliação em laboratório. Em todos os casos, cabe ao engenheiro responsável verificar a aplicação de todos os ensaios, para propiciar resultados confiáveis para obtenção dos parâmetros geotécnicos (BICALHO et al., 2002).

O Ensaio de Simples Reconhecimento, ou *Standard Penetration Test* – SPT, é uma das investigações mais utilizadas no Brasil e no Mundo. O amplo emprego desse ensaio se justifica, no âmbito da engenharia geotécnica, devida sua simplicidade, robustez e facilidade de execução em campo, sem contar que também desenvolve parâmetros de correlação com diversas outras propriedades físicas do solo, tais como tensão admissível utilizado no dimensionamento das fundações (LUKJANTCHUKI, 2012). No Brasil, o SPT está normatizado pela NBR 6484 (2001), que caracteriza o Índice de Penetração Dinâmica (N_{SPT}), sendo obtida através da cravação de um amostrador padrão sob a energia dinâmica da queda de martelo, com massa de 64 kg de uma altura de 75 cm. O valor do N_{SPT} é a soma dos números de golpes necessários para cravar os 30 cm, após uma escavação inicial de 15 cm.

Dentre as vantagens do SPT, pode-se citar o seu baixo custo, a facilidade de execução, amplamente divulgada, principalmente com a globalização, permite recolher amostras deformadas, permite determinar o nível d'água, e também informações de consistência, no caso de solos finos, ou compacidade, solos grossos (BUENO e VILAR, 1984).

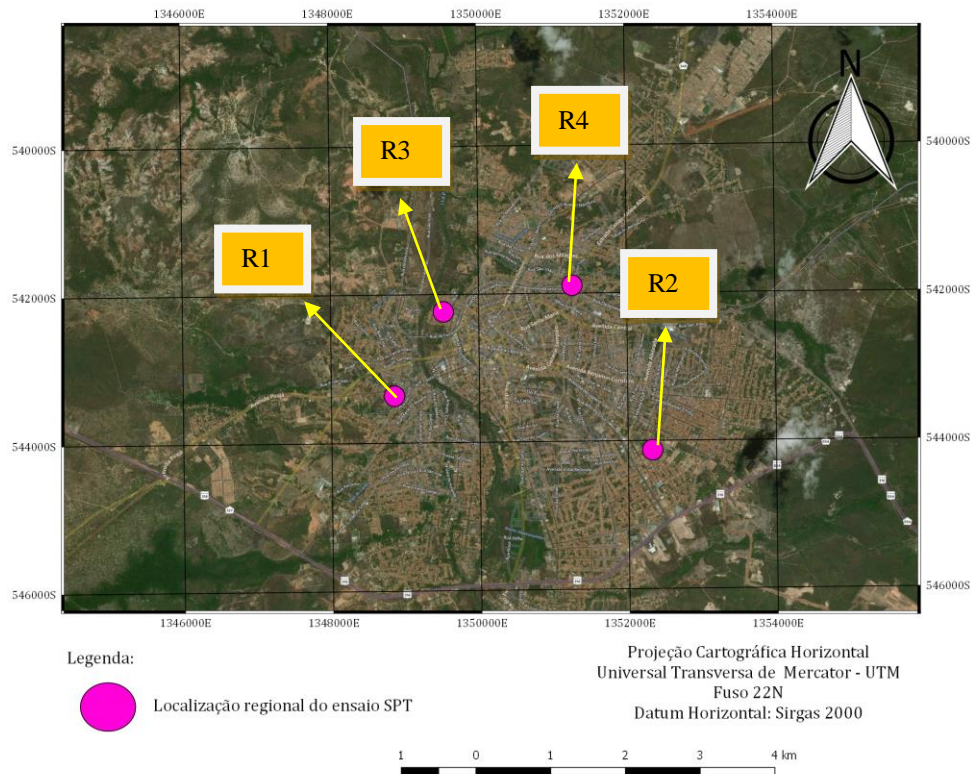
Assim, o SPT fornece o Índice de Resistência a Penetração (NSPT) que é a soma do número de golpes da cravação dos últimos 30 (trinta) centímetros, lembrando que são anotados o número de golpes para que o martelo perfure o solo em 15 (quinze) centímetros. Salienta-se que a NBR 6484/1980 apresenta todas as etapas, equipamentos e procedimentos para que realizar o ensaio.

Com o adequado conhecimento das características e parâmetros geotécnicos dos solos, ressaltando os parâmetros de resistência e deformabilidade, propicia uma otimização dos projetos de fundações em geral (FERREIRA, 1991). Considerando, como dito anteriormente, que o SPT é o ensaio mais utilizado, o adequado conhecimento e análise dos seus resultados é importantíssimo na área de engenharia geotécnica. Nesse sentido, buscou-se apresentar os resultados e interpretação de 2 (dois) relatórios de sondagem realizados no município de Caxias – MA, buscando destacar os aspectos que diferenciam as duas áreas analisadas. Espera-se que este artigo incentive a publicação de trabalhos geotécnicos no município de Caxias - MA, devido a escassez de estudos específicos.

MATERIAIS E MÉTODOS

O município de Caxias, situado no estado do Maranhão, também conhecido como “princesinha do sertão maranhense”, localizado na mesorregião leste do estado, no nordeste brasileiro, é o quinto município mais populoso do estado, estando distante cerca de 360 km da capital São Luís. O município possui extensão de, aproximadamente, 5.200 km², com uma população estimada de 160.000 habitantes e densidade demográfica de 30,99 hab./km² (IBGE, 2010). Nos últimos anos, a cidade tem passado por um acentuado processo de crescimento com significativo aumento do potencial econômico e, conseqüentemente, do número de edificações. Apesar disso, o dimensionamento de fundações tem ficado em segundo plano, haja vista a quase inexistência de pesquisas que proporcionem um maior conhecimento do solo. A fim de uma melhor visualização dos locais onde os ensaios foram executados, a figura 01 mostra um mapa georreferenciado com a localização das regiões nos quais as sondagens foram executadas.

Figura 01. Localização dos locais de sondagens, inseridos no contexto urbano da cidade.



O objetivo principal desse estudo é interpretar os ensaios de sondagens SPT no município de Caxias, estado do Maranhão. Com isso, é possível analisar as características e informações dos solos e as possíveis dificuldades que os profissionais poderão encontrar. Salienta-se que as informações aqui descritas devem ser usadas apenas como norteamento para estudos específicos, nunca usá-las como informações geotécnicas finais, pois isso cabe aos ensaios em campo e laboratoriais propriamente ditos que depende muito de cada caso.

O ensaio à penetração dinâmica do solo, SPT, foi executado a cada metro de profundidade, conforme norma vigente. Com os resultados obtidos pelos relatórios dos ensaios SPT, foi possível observar o perfil estratigráfico, nível do lençol freático e a estimativa da resistência dos solos. As informações obtidas a partir dos relatórios de sondagens proporcionam valores que merecem atenção especial, devido as diversas variáveis que podem causar distorção dos resultados. A análise dos possíveis erros é primordial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme proporcionado pelos relatórios de sondagens, a tabela 01 ilustra o solo típico médio encontrado nas regiões onde se foram executados os ensaios de sondagem SPT.

Tabela 4. Classificação média do solo em Caxias/MA.

Prof. (m)	Classificação	Porcentagem
1	Pedregulho laterítico	70%
	Argila dura	30%
2	Argila dura	40%
	Areia com pedras de quartzo	60%
3 - 5	Areia siltosa medianamente compacta	60%
	Argila consistente e dura	40%

Como é possível observar, o solo característico mais encontrado em Caxias é areia compacta com pedras de quartzo e argila de consistência dura. É possível observar locais próximos às margens dos rios, sejam estes ativos ou não, que diferem significativamente do material médio encontrado.

A figura 01 ilustra um dos perfis encontrado no centro do município, em um local que antes havia um rio. Esse fato justifica a baixa resistência encontrada.

Vale ressaltar que existem locais próximos das margens dos rios, ou locais em que no passado existia um rio ativo, que se difere muito das médias encontradas no município. A figura 7 retrata um caso próximo à margem do rio.

Figura 01. Relatório de sondagem R3 em Caxias – MA.

LOCAL: AVENIDA OTÁVIO PASSOS, S/N - CENTRO - CAXIAS - MA										PESO BATENTE: 65Kg		ALTURA DE QUEDA: 0,75m	
P E N E T R A Ç Ã O										P E R F I L	M A T É R I A L		
Profundidade (m)		RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO			GRÁFICO SPT Golpes P/30cm finais						CLASSIFICAÇÃO TÁCTIL VISUAL		
De	Até	15	15	15	10	30	50	70	90				
0,00	0,45	5	3	4	[Gráfico SPT]					0,53m	0,53m	Piso cerâmico e contra piso. Areia muito fina, pouco a medianamente argilosa, pouco compacta de cor creme amarelado escuro com presença acentuada de materiais de demolição (pedaços de tijolos, concreto e etc). De 0,00 à 0,53m. Aterro.	
1,00	1,45	5	5	4	[Gráfico SPT]								
2,00	2,45	4	5	7	[Gráfico SPT]								
3,00	3,45	6	7	8	[Gráfico SPT]							Areia, muito fina, argilosa, medianamente compacta de cor creme amarelado escuro com presença acentuada de pedregulhos de quartzo (seixo) fino. De 0,53 à 4,39m.	
4,00	4,45	7	8	8	[Gráfico SPT]					4,39m	4,39m		
5,00	5,45	8	8	8	[Gráfico SPT]					5,77m	5,77m	Areia muito fina, pouco a medianamente argilosa, medianamente compacta de cor creme amarelado escuro com presença eventual de materiais de demolição (pedaços de concreto) e fragmentos de pedras de arenito silicificado. De 4,39 à 5,77m.	
5,45	5,77	-	-	-	[Gráfico SPT]								
5,77	5,77	5/0	-	-	[Gráfico SPT]								

Quanto às cotas altimétricas do lençol freático, em todos os relatórios analisados, o nível do lençol freático não foi encontrado. Ou seja, em poucas profundidades encontraram rochas impenetráveis. Em apenas um dos casos, encontrou o nível do lençol freático a três metros de profundidade. Isso se justifica devido a existência passada de um rio no local onde o ensaio foi realizado.

Quanto ao Índice de Resistência à Penetração (N_{SPT}), a figura 02 ilustra os resultados médios encontrados em cada local de estudo.

Como se pode observar, a variabilidade dos valores de N_{SPT} foi significativa. O R3 apresentou um solo com baixa resistência até a cota -8 metros. Isso se justifica, como dito anteriormente, que existia um rio no local, por isso que houve a necessidade de aplicação de fundação profunda no local. Conforme dito, a figura 02 ilustra um projeto de estacas raiz que está em andamento no local onde se realizou a sondagem, ratificando a fragilidade do solo naquele local.

Figura 02. Projeto de estacas raiz no centro de Caxias – MA.



Diferentemente do caso anterior, local onde havia um rio no passado, as fundações são sempre superficiais, pois o município de Caxias, conforme determinado nos relatórios de sondagens, apresenta um afloramento de rochas. O impenetrável não passou da cota -2,5 metros. Isso ratifica que as rochas estão muito próximas da superfície, o que resulta, por exemplo, em pedras de quartzo misturado em areias, conforme pode ser encontrado no RC2.

CONCLUSÕES

Independente do porte e finalidade da obra, as sondagens com SPT é um subsídio valioso para a Engenharia Geotécnica, principalmente na tomada de decisões, como os estudos ensaios que devem ser realizados, dimensionamento de fundações, obras de contenção, entre outros. Quando se conhece bem a região de uma cidade através do ensaio SPT, o terreno fica melhor representado, sendo ainda possível realizar correlações para tomada de decisão, enfatizando, novamente, que é uma estimativa preliminar. Portanto, aconselha-se que seja realizado um levantamento dos relatórios de sondagens para formar um banco de dados, pois assim beneficia a sociedade de forma geral.

O solo de Caxias se mostrou muito resistente, exceto em locais próximos às margens dos rios ou em locais onde no passado existiam rios. A rocha é muito próxima da superfície, conforme pode ser observado nas cotas onde o resultado foi impenetrável. Outro fato importante, é que o lençol freático não se encontra na superfície.

REFERÊNCIAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas (2001a) Solo - Sondagens de simples reconhecimentos com SPT - Método de ensaio. NBR 6484. 2001.
- Bicalho, K. V., Castello, R. R. e Polido, U. F. Improvement of Loose Sand with Clayey Bands by Sand Columns. ASCE Geotechnical Special Publication, Vol. 116, 2, p. 1166-1173, 2002.
- Bueno, B. S.; Vilar, O. M. Mecânica dos solos: volume 1. São carlos: 1984.
- Das, B. M. Fundamentos de engenharia geotécnica. São Paulo: Thomson Learning, 2007. 562 p.
- Ferreira, C. V. Caracterização Geotécnica do Solo de uma área da cidade de Bauru – SP. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 11 de maio de 2017.
- Lukiantchuki, J. A. Interpretação de resultados do ensaio SPT com base em instrumentação dinâmica. Tese (doutorado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.
- Pinto, C. S. Curso Básico de Mecânica dos Solos. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.
- Skempton, A. W. Standard Penetration Test Procedures and the Effect in Sands of Overburden Pressure, Relative Density, Particle Size, Aging and Overconsolidation. Geotechnique, v. 36, n. 3, p. 425 – 447, 1986.