

IMPORTÂNCIA DA SONDAGEM SPT NA CONSTRUÇÃO CIVIL: TIPOS DE SONDAGENS, SEUS MÉTODOS E UTILIDADES

Bianca Borba Galvão¹; Juarez Silva Santos¹; Raoni Camargo Santos¹; Renan Prado dos Santos¹; Rodrigo de Matos Nogueira¹; William Valeriano de Andrade¹; Júlio Cesar Swartele²³; Ronaldo Barros Órfão²⁴; Mayara dos Santos Amarante²⁵

RESUMO

A prática e a teoria são métodos de aprendizagem que devem caminhar juntos sempre, a partir desse princípio, foi proposto na disciplina de Projeto Integrador VI do Centro Universitário Braz Cubas, um artigo científico de tema livre a ser escolhido pelo grupo. Assim, visto a importância do conhecimento acerca do tema escolhido, foi decidido apresentar a importância em que o estudo e o reconhecimento dos solos desempenham na construção civil, a real necessidade de se realizar uma sondagem do solo antes de iniciar qualquer projeto. Para a realização da construção de um empreendimento imobiliário, devido à segurança necessária para a estabilização da estrutura, é necessário que todas as etapas de estudo do solo sejam realizadas com o maior nível de excelência possível e necessário, portanto, nesse estudo prévio de todos os fatores que envolvem o projeto, deve conter especialmente a realização de sondagens, esse artigo abordará os métodos de sondagens mais utilizados atualmente, dando ênfase ao mais aplicado no Brasil, o método de sondagem a percussão simples (SPT) Standard Penetration Test, também conhecido como sondagem à percussão ou sondagem de simples reconhecimento); um breve relato histórico do processo; a análise do método de execução; as patologias comuns que podem surgir durante a aplicação do meio de execução; a necessidade indispensável da contratação de empresas especializadas; o prazo de validade específico do documento normativo; podendo assim definir corretamente o dimensionamento e o tipo das fundações que servirão de base para a edificação, diminuindo a possibilidade de riscos causados nas obras posteriormente.

Palavras-chave: Sondagem SPT, construção civil, sondagem à percussão.

ABSTRACT

The practice and the theory are methods of learning that must walk together always, from this principle, was proposed in the discipline of Integrator VI Project of the University Center Braz Cubas, a scientific article of free subject to be chosen by the group. Thus, given the importance of knowledge about the chosen theme, it was decided to present the importance of the study and recognition of soils in construction, the real need to perform a soil survey before starting any project. For the construction of a real estate project, due to the necessary security for the stabilization of the structure, it is necessary that all the stages of soil study are carried out with the highest level of excellence possible and necessary, therefore, in this previous study of all factors that involve the project, should especially contain the performance of surveys, this article will address the most widely used survey methods, with emphasis on the most applied in Brazil, the Standard Penetration Test (SPT) simple percussion method, also known as percussion drilling or simple reconnaissance drilling); a brief history of the process; analysis of the method of implementation; the common pathologies that may arise during the application of the means of execution; the indispensable need for the hiring of specialized companies; the specific period of validity of the normative document; so that it can correctly define the size and type of foundations that will serve as a basis for building, reducing the possibility of risks caused in the works later.

Keywords: Survey SPT, construction, percussion drilling

1 INTRODUÇÃO

No processo da construção de um empreendimento imobiliário, de acordo com a segurança necessária para a estabilização da estrutura, é imprescindível que todas as etapas de estudo do solo sejam realizadas com o maior nível de excelência, portanto, esse estudo prévio de todos os fatores que envolvem o projeto, deve conter especialmente a realização de sondagens, pois além de se descobrir qual é tipo de solo a partir as amostras coletadas em campo, é possível também realizar ensaios de geotecnia e comportamento mecânico do solo em diferentes circunstâncias. (PEREIRA, 2015).

1 BACHARELANDOS do Curso de Engenharia de Civil, Centro Universitário Braz Cubas, Brasil.

2 PROFESSOR Titular da Universidade Braz Cubas, Brasil.

3 MESTRADO em Tecnologias Ambientais pelo Centro de Educação Tecnológica Paula Souza, Brasil (2011).

4 MESTRADO em Educação Matemática pela Universidade Bandeirante de São Paulo, Brasil (2012).

5 MESTRADO em Ciências e Tecnologias Espaciais pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica, Brasil (2014).

Através das sondagens, podemos obter as mais variadas informações como o tipo do solo, profundidade, comportamento, perfil, nível do lençol subterrâneo e determinação da resistência do solo às tensões. Estes dados nos auxiliam e são cruciais no processo de tomada de decisões em relação ao projeto, viabilizando uma execução mais eficiente, precisa, segura e econômica, com informações a respeito do posicionamento da edificação no terreno e o melhor tipo de fundação, evitando com isso uma série de patologias à obra. (BELINCANTA, 1985).

2 METODOLOGIA

Este estudo relaciona referências bibliográficas de vários autores experientes no ramo da engenharia e mecânica dos solos a importância de se realizar a sondagem SPT antes de iniciar qualquer projeto, levando em consideração uma revisão. Deste modo, iremos mostrar os métodos de execução, erros comuns, procedimentos, custos benefício, normatização e confiabilidade na contratação de empresas com profissionais qualificados. Esperamos, de forma resumida, esclarecer algumas dúvidas do público alvo e que, no final desta pesquisa possamos acrescentar um pouco mais de conhecimento para o estudo das sondagens.

3 SONDAGEM SPT

3.1 Relato histórico da Sondagem SPT

Iniciamos o estudo, falando sobre o histórico breve da Sondagem SPT (Teste Padrão de Penetração), que historicamente, era conduzido por um processo bastante precário e pouco normatizado, seus estudos de solos não eram os melhores para sua época (BELINCANTA, 1985).

Antes mesmo de 1902, a perfuração era feita através da circulação de água recolhendo detritos deste precário método, resultando em um processo de tipo e propriedades do solo não coerentes com o natural. Em 1902, através de Charles R. Gow iniciou-se um novo processo feito através da cravação de tubos com intervalos de penetração, altura de queda de impacto, descrição do quantitativo de golpes e entre outros.

Foi publicado em 1948 por Terzaghi e Peck, um estudo dos procedimentos da sondagem por circulação de água, ligando a penetração e a resistência do material penetrado do solo, e assim, vindo o nome descrito “*Standard Penetration Test*”. Este revolucionário método introduzido, foi uma brilhante contribuição para a construção civil, agregando índices de resistência à penetração do solo com elementos de estudo como a resistência, consistência, compacidade, os equipamentos e formas de elaboração do teste em si.

O teste “SPT” sofreu mudanças e algumas elaborações de normas sendo a primeira conhecida em 1958, a norma D1586-58T (ASTM, 1958) da *American Society for Testing and Materials* (ODEBRECHT, 2003). Mas estes estudos só foram trazidos para o Brasil na década de 30, onde foi gerado um grande valor pelo estudo, antes disso, a análise baseava-se pelo contato tátil-visual. Porém, mesmo com estudo em terras brasileiras, ainda havia uma grande dificuldade pelo fato da execução não normatizada, apenas em 1974 apresentado no 5º Congresso Brasileiro de Mecânicas dos Solos, foi citada a normatização propondo criar um método execução da sondagem simples do reconhecimento dos solos. Com o aparecimento de normas como a MB - 1211 (1979), que foi renumerada para NBR-6484 (ABNT 1980) “Execução de sondagem de simples reconhecimento dos solos”, os procedimentos passaram a ser padronizados para o estudo da resistência dos solos em sua penetração.

Segundo Odebrecht (2003), os primeiros trabalhos para a definição de quantidade ou energia de golpes feitos no amostrador, surgiram de 1970 em diante, onde era estabelecido

que o equipamento e sua manutenção, ou seja, o estado apresentado, tal como a forma que é realizado o teste, tivesse certas características para obtenção de resultados.

A partir de 1970, no entanto, os equipamentos passaram por transformações para ganhar maior precisão e resistência do equipamento em si, assim como os operadores obtiveram maior capacitação. O teste continua o mesmo desde que foi normatizado até os dias atuais.

3.2 Tipos de Sondagem

3.2.1 Sondagem Rotativa

O processo de sondagem rotativa possibilita o reconhecimento de rochas e solos, no qual permite a retirada de amostras de rochas atravessadas, portanto podendo até mesmo atingir grandes profundidades (PEREIRA, 2015).

Compreende-se que a sondagem rotativa é um processo de investigação realizada, na qual busca perfurar um determinado terreno através de um movimento de rotação, e ela também permite o avanço da investigação do subsolo quando, se tem um de alta resistência, rocas e matacões, por fim, ela permite o avanço da investigação do solo, quando se tem ou encontra um solo com a resistência muito grande até o alcance da rocha.

A sondagem rotativa é um método de investigação geotécnico representado como um conjunto motomecanizado, na qual foi projetada para buscar e obter amostras de materiais rochosos, contínuos e que tenham formatos cilíndricos, por meio da execução perfurante que é vista ou chamada de forças de penetração e rotação que são unidas, agem com poder cortante. A amostra da rocha que é coletada tem seu nome como testemunho (WILSON, 1999, p.22).

Portanto, os resultados obtidos pelo processo de sondagem são apresentados por meio de relatórios, com a planta do local, na qual estão demarcados os pontos para a execução da perfuração, com perfis geológicos geotécnicos de cada sondagem, nelas contém todas as informações necessárias da obra, com número, inclinação e rumo de sondagem, a data de início e término, a cota do furo e nível da água quando é encontrado, a profundidade e cotas verticais, o diâmetro de sondagem e a profundidade dos revestimentos, o comprimento de cada manobra, os números dos golpes SPT (quando solo), recuperação dos testemunhos, mudança, coerência, faturamento, RQD, designação das camadas de transição, especificação e interpretação geológica (PEREIRA, 2015).

3.2.2 Sondagem a Trados Manuais

O trado manual é um processo visto como o mais simples, mais rápido e econômico para a investigação do solo. Portanto a sondagem a trado manual é feita geralmente somente nas camadas dos solos que possuem baixa resistência e nível acima da água. Por sua vez a furação no solo é feita pelos operadores, por meio de uma barra acoplada horizontal a haste vertical, onde ficam localizadas as brocas, onde a cada 5 ou 6 rotações é retirada a broca para que seja removido o material acumulado (PEREIRA, 2001).

Pereira (2001), ainda descreve que a amostra é feita geralmente a cada metro, anotando as profundidades e as alterações nos materiais. Este processo de sondagem é bastante utilizado para a indicação do nível do lençol freático. Todas as amostras retiradas pelo trado manual são sempre deformadas, na qual não possuem características físicas quando são retiradas da natureza. Todos os resultados apresentados pela sondagem são por meio dos perfis individuais ou tabelas, na qual são gerados ou traçados perfis gerais do subsolo.

3.2.3 Sondagem a Trados Mecânicos

Diante dos trados mecanizados podemos notar que é um processo de fundação de custo menor em relação aos processos relacionados a perfuração e ao volume de concreto. Portanto é uma escolha bastante utilizada nos canteiros de obra, portanto este processo é considerado o mais limpo, porque não produz lama, possui o transporte mais simples e mobilizado dentro da execução do serviço, no qual também necessita de um número menor de funcionários, também é uma execução dita como mais breve. A execução da sondagem por trado mecânico é caracterizada por não ter vibração durante a execução da perfuração dos solos de resistência elevada (PEREIRA, 2001).

Enfim, entende-se que a sondagem a trado pode ser manual ou mecânica, onde o processo manual é executado por 2 pessoas e o processo mecânico é feito com o auxílio de uma máquina.

4 EXECUÇÃO DA SONDAGEM SPT

Segundo a NBR 6484 (Norma Brasileira Regulamentadora, 2001), descreve que considera correto para a execução do processo de sondagem, o procedimento do reconhecimento do solo com (SPT), que respalda-se na perfuração e cravação dinâmica de um amostrador-padrão, em que a cada metro de solo, decorrendo na determinação dos determinados tipos de solo em suas específicas profundidades, e ainda no índice de resistência à penetração de cada metro aprofundado, ao ponto do nível do lençol freático. Com o prognóstico do solo e o projeto da edificação, conclui-se que é possível obter uma escolha mais apropriada de fundação. O ensaio se dá início com a sondagem de determinado terreno a começar pela superfície onde se encontra a instalação do equipamento até 1 metro de profundidade com o trado concha ou cavadeira manual onde é recolhido uma amostra dessa parte inicial. Após a perfuração de 2 metros, dá-se início ao procedimento com amostra padrão que é fixada no conjunto de haste do aparelho. Um determinado martelo pesando 65 kg é erguido em uma altura de 75 cm que tem um auxílio de uma corda de sisal que cai sobre uma queda livre sobre o amostrador que é chamado padrão. Na qual este processo é repetido 45 cm pelo amostrado até o solo, é contado número de golpes a cada 15 cm que o martelo vai atingindo a profundidade e assim o valor de (N_{spt}) é a soma do número dos golpes que são necessários para a penetração do amostrador nos últimos 30 cm no solo.

A sondagem (SPT) se divide nas seguintes operações:

- 1- Abertura do furo;
- 2- Ensaio de penetração;
- 3- Amostragem;
- 4- Avaliação do nível d'água;
- 5- Identificação e classificação das amostras;
- 6- Relatório.

E ainda por meio do processo da sondagem à percussão do tipo SPT é provável definir o tipo de solo que é atravessado pelo amostrador padrão, a resistência (N) que é mencionado pelo solo da cravação do amostrador e como é posicionado diante do nível de água que é encontrado durante a perfuração (PEREIRA, 2015).

De acordo com a NBR 6484 (ABNT, 2001), o procedimento de perfuração por circulação por meio de água está associado por meio dos ensaios de penetração, na qual deve ser empregado onde tiver as condições seguintes:

1. Em que 3 m sucessivos se atingir 30 golpes para penetração dos 15 cm iniciais do amostrador padrão;
2. Em que 4 m sucessivos se atingir 50 golpes para penetração dos 30 cm iniciais do amostrador padrão; e

3. Em que 5 m sucessivos se atingir 50 golpes para a penetração dos 45cm do amostrador-padrão.

De acordo com a NBR 6484 (ABNT, 2001), a cravação do amostrador padrão é paralisada antes dos 45 cm de penetração todas as vezes que acabar ocorrendo as seguintes situações:

1. Onde os três seguimentos de 15 cm e o número de golpes acaba ultrapassando 30;
2. E no caso onde o total de 50 golpes acabar sendo aplicado durante toda a gravação;
3. Por fim não ser observado o avanço do amostrador-padrão no momento que a aplicação de cinco golpes sucessivos do martelo.

Por fim esta norma acaba trazendo relações dos estados da dureza e da aparência dos solos.

5 PATOLOGIAS

Nessa etapa iremos apresentar algumas diferenças obtidas através de resultados da coleta de dados feitos por um artigo (BELINCANTA, 2018), no qual foi instruído através de placas A/D com softwares para coleta e análise de sinais, que foi basicamente composta por carga devidamente averiguada através desses aparelhos.

Nesse primeiro teste (Tabela 1), foi constatado que através de um mesmo equipamento, com o martelo com pino guia, com coxim de madeira, operado com corda, a utilização do mecanismo de gatilho, retratou uma maior eficiência em relação ao mesmo equipamento e as mesma condições mudando apenas do gatilho para o mecanismo manual, ficando 8,8% mais eficiente o gatilho em um teste inicial com a cabeça de bater normal de 3,6kg fixada em barras desgastadas de 3,18kg/m. Já em condições normais padronizadas através das normas e seguindo novamente toda diretriz de mesmo equipamento, mesmas condições, o uso do gatilho apresentou um rendimento maior de 12,7% de maior eficiente em relação ao uso da corda manual (BELINCANTA, 2018).

(Tabela1: Ensaio acionamento manual e por gatilho).

Fonte: BELINCANTA (1985).

Tipo de Martelo	Tipo de Acionamento	Número de Registro	Força máxima de impacto (kN)	
			Média medida	Fairhust
Pino guia	Corda/manual	178,0	48,0	53,8
	Corda/gatilho	195,0	49,5	55,9

Nesta etapa (Tabela 2), novamente testado o mesmo equipamento com o martelo com pino guia, com coxim de madeira, operado com corda e gatilho sobre uma cabeça de bater normal de 3,6 kg fixado desta vez em hastes novas de 3,25 kg (variando 0,07 kg de algumas hastes novas), os resultados novamente obtidos foram de 11,8 % de maior eficiência do martelo acionado através do gatilho. Utilizando a padronização de 75 cm de altura convencional esse mesmo equipamento com hastes novas, novamente a utilização de gatilho teve maior eficiência tendo 13,4 % maior precisão em relação à utilização manual, apresentando assim um nível de confiabilidade maior com o mecanismo automatizado (BELINCANTA, 2018).

(Tabela 2: Ensaio acionamento manual e por gatilho).
Fonte: BELINCANTA (1985).

Tipo de Martelo	Tipo de Acionamento	Número de Registro	Força máxima de impacto (kN)	
			Média medida	Fairhurst
Pino guia	Corda/manual	153,0	49,1	5,2
	Corda/gatilho	90,0	52,3	59,5

6 CUSTO-BENEFÍCIO DA SONDAGEM SPT NO BRASIL

É de extrema importância que o ensaio de sondagem SPT seja executado corretamente, visto que na maioria das obras é o único ensaio geotécnico disponível. As sondagens representam em média, para obras de edifícios, menos de 1% do custo total da obra (RIBEIRO, 2018).

O custo deste serviço será rapidamente revertido em benefício da obra, e na economia que obterá no dimensionamento do projeto de fundação, evitando desta forma o desperdício de material, pelo superdimensionamento, por não conhecer as condições do subsolo.

Um projeto de fundação não consiste exclusivamente no conhecimento da carga que a estrutura descarrega na fundação, e a simples divisão destes valores pela carga de trabalho estrutural da fundação, para se determinar o tipo de fundação necessária. Consiste efetivamente na determinação de um comprimento mínimo e sua seção transversal, capaz de transmitir as cargas solicitantes para o solo, e para isso é necessário à investigação do subsolo (GEOESP).

A não execução da prospecção do subsolo antes de iniciar uma obra torna-a sujeita a patologias futuras que poderiam ter sido evitadas. A sondagem é sempre a melhor opção que qualquer profissional da engenharia possa tomar antes de iniciar qualquer projeto.

7 CONTRATAÇÕES DE EMPRESAS EXPERIENTES

A contratação de empresas para execução de sondagens é de extrema importância, visando que para este processo, a contratante necessita conhecer no mínimo três empresas prestadoras de serviços no ramo, com boas referências de mercado, assim como, alguns serviços prestados para certificar um bom planejamento do projeto.

Deve ser avaliado, se a mesma possuiu uma boa estrutura física, exigindo uma mão de obra qualificada com profissionais técnicos habilitados para estes trabalhos.

Exigir fiscais competentes com conhecimento das normatizações em estudos de solos fazer acompanhamentos com relatório fotográfico e exigindo que o Relatório Diário de Obra (RDO) seja entregue diariamente pelo encarregado da obra e fazer anotações prévias quando cabível, sempre avaliando a passo a passo e tomada de decisões.

A qualidade de um trabalho começa sempre com uma boa contratação, servindo como base para evitar problemas futuros.

8. VALIDADE DOS LAUDOS DE SONDAGENS

Segundo a NBR 6484, os relatórios de campo devem ser conservados à disposição dos interessados por um período mínimo de um ano, a contar da data da apresentação do relatório definitivo. Já o relatório definitivo deve apresentar os resultados das sondagens de simples reconhecimento em relatórios numerados, datados e assinados por responsável técnico pelo trabalho, perante o Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia.

9 CONFIABILIDADE ENTRE SONDAÇÃO MANUAL E MECANIZADA.

Compreende-se por meio de relatos e citações em que vimos até agora sobre sondagem manual e sondagem mecânica que cada uma tem suas vantagens e desvantagens, quanto ao custo e segurança.

Sabe-se que o processo manual é um processo mais barato, não requer profissionais que tenha uma maior habilidade, não necessita de maquinários com preços elevados, é considerado rápido, porém mais demorado em relação à sondagem mecanizada, possui a profundidade limitada à do nível d'água, permite a retirada de amostras deformadas, há desgaste humano, pois uma pessoa não tem o mesmo ritmo como a máquina. Mas sabe-se que com processo mecânico se tem uma precisão maior e até uma confiabilidade e ganho de tempo.

A sondagem mecânica é caracterizada por não ter vibração durante sua execução, no processo mecânico pode-se cavar em profundidades mais baixas onde um processo manual não se consegue chegar, é um processo bem mais ágil que a sondagem manual, não há desgaste humano e cansaço para quem o executa, sabe-se que com processo mecânico se tem uma precisão maior, qualidade, o que é visado bastante à produtividade.

Enfim, quando um cliente contrata um serviço, ele espera que o mesmo seja entregue com qualidade, tempo ágil, custo/benefício, produtividade e analisando todos os pontos percebe-se que o mecanizado mesmo que tenha um custo maior na locação do método, é o mais eficaz, pois o mecanismo é mais preciso, o tempo de execução é menor, assim obtendo a qualidade e produtividade mais elevadas.

10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após estudos realizados para o desenvolvimento do artigo, concluímos que as metodologias de execução de sondagens exigem conhecimentos específicos e realmente importantes para a elaboração de uma obra na construção civil, apesar de notadas algumas variações e erros nas técnicas dos procedimentos operacionais, notamos que não há grande interferência nos resultados obtidos em cada um deles, sendo assim, a confiabilidade de cada um dos métodos, de maneira geral, é aceitável. Apesar do custo na sondagem ser considerado baixo, esse investimento ainda é revertido em ganho de tempo na execução e no dimensionamento da obra. Acreditamos ainda, que os métodos citados no artigo, podem evoluir muito com a contribuição dos avanços tecnológicos.

BIBLIOGRAFIA

- BELICANTA, Antônio. **Avaliação de fatores intervenientes do índice de resistência à penetração do SPT**. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18132/tde-12062018-162336/en.php>>. Data de acesso: 03/05/2019
- ODEBRECHT, Edgar. **Medidas de energia no ensaio de SPT**. Porto Alegre, 2003. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/5840>>. Data de acesso: 11/05/2019
- PEREIRA, Caio. **Tipos de Sondagem de Solo**. Escola Engenharia, 2015. Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/tipos-de-sondagem/>>. Data de acesso: 11/05/2019.
- WILSON, Shoji Iyosama. **Manual de sondagens**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 4ª edição, 1999.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6484: **Solo Sondagem de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio**. Rio de Janeiro. 2001.
- CÂMARA, Kadson; PEREIRA, Alexandre da C. **Análise de perfis de sondagem SPT e caracterização geotécnica de solos do município de Natal-RN**. Disponível em:

<<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/56>>. Data de acesso: 12/04/2019.

RIBEIRO, Daniela. **Sondagem SPT: Processo executivo e dicas importantes.** Disponível em: <<https://www.engenhariaconcreta.com/sondagem-spt/>>. Data de acesso: 11/05/2019

GEOESP. **O valor de uma sondagem.** Disponível em <<http://www.geoesp.com.br/importancia-da-sondagem.html> >. Data de acesso: 11/05/2019