

ESPECIFICAÇÕES E PROCEDIMENTOS DE SONDAGEM À PERCUSSÃO DE SIMPLES RECONHECIMENTO - SPT

Eng^o Cíntia Milena Silva de Araújo – Engenheira Ambiental - araujo.cintia@yahoo.com.br

DSc. Marcos Porto – Coordenador da UNICID – Universidade de São Paulo - INBEC

Eng^o Luiz Antonio Naresi Junior – Comercial da Progeo Engenharia Ltda, Belo Horizonte/MG – naresi@progeo.com.br

Eng^o Antônio Geraldo da Silva – Geólogo da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, Belo Horizonte/MG

RESUMO: Este artigo tem como objetivo apresentar as especificações e os procedimentos para a realização de sondagens à percussão de simples reconhecimento, definindo os critérios determinantes para a execução de um bom trabalho que dê aos profissionais envolvidos subsídios para tomada de decisão no momento da escolha do projeto estrutural e geométrico da obra. Para isso, será realizada uma revisão bibliográfica da sondagem à percussão, do ensaio SPT, suas etapas de execução, coleta de amostras, determinação do nível d'água, interpretação e apresentação dos resultados com a posterior confecção do relatório final. Tendo conhecimento dessas informações espera-se concluir quanto à importância de uma interpretação correta dos resultados da sondagem e principalmente da sua execução, tendo em vista os possíveis prejuízos decorrentes de um erro de interpretação.

PALAVRAS-CHAVE: sondagem à percussão, sondagem de simples reconhecimento, especificações

1 INTRODUÇÃO

Sondagem é um tipo de investigação do solo, através de perfurações realizadas no terreno, que precede o desenvolvimento de qualquer projeto de engenharia, podendo ser necessária no transcorrer da obra, ou posteriormente à ela.

Através das sondagens é possível saber qual o tipo de solo existente em um terreno, a sua resistência, a espessura das camadas, a profundidade do nível d'água, a profundidade onde esta a rocha, dentre outros. O conhecimento das características do solo permitem aos profissionais envolvidos (engenheiros, geólogos, arquitetos e etc.) um maior embasamento em decisões no que diz respeito a fundações, projeto geométrico e estrutural da obra.

Todas as sondagens devem ser completas, permitindo a perfeita caracterização do solo. Podem ser classificadas em sondagens diretas por analisarem o terreno a olho nú, sendo mais utilizada em obras lineares como ferrovias e em pequenas obras, sondagens semidiretas em que

a análise do solo acontece por meio de amostras coletadas, tendo como exemplo a sondagem à percussão, e por último as sondagens indiretas em que não se coleta amostras e nem se vê o perfil dos solos, neste caso a identificação é feita através de informações obtidas indiretamente, são alguns exemplos de sondagens indiretas o ensaio de penetração estática de cone (CPT), provas de carga e ensaio de pressiômetro (PMT).

A grande vantagem na variedade de tipos de sondagem esta na possibilidade de se associar diferentes ensaios para obter diversos parâmetros. As modalidades mais utilizadas atualmente no Brasil são mostradas no quadro abaixo:

Quadro 1: Modalidades de sondagem mais empregadas no Brasil.

TIPO DE SONDAGEM	SIGLA	MÉTODO	PROCESSO
Poço de Inspeção	PI	direto	mecânico
Trincheira	TR	direto	mecânico
A Trado	ST	direto	mecânico
A Percussão	SP	direto	mecânico
Rotativa	SR	direto	mecânico
Mista	SM	direto	mecânico
Sísmica de Refração Rasa	SS	indireto	geofísico
Eletroresistividade	SE	indireto	geofísico

Fonte: (ABPv, 2002)

A Sondagem à Percussão é a mais frequentemente usada na engenharia, pois é através dela que realiza-se a Sondagem de Simples Reconhecimento (*Standart Penetration Test – SPT*), objeto de nosso estudo. Com a execução do SPT é possível obter os parâmetros de resistência do solo através da cravação de um amostrador padrão, obter amostras representativas do solo para a classificação táctil-visual e verificar a posição do nível d'água do subsolo.

Por isso a sondagem à percussão é um recurso valioso que pode facilitar a escolha do tipo de fundação que venha ser utilizada não importando o porte da obra e influencia diretamente nos padrões de segurança, qualidade e economia. Em função disso faz-se necessária a busca de um melhor entendimento e avaliação dos fatores intervenientes neste tipo de ensaio, objetivando sempre a perfeita execução do mesmo.

O objetivo geral deste trabalho é descrever as especificações e procedimentos de execução de uma sondagem à percussão, incluindo os equipamentos utilizados e a correta interpretação dos resultados obtidos. Para alcançar-se o objetivo geral proposto será necessária a obtenção dos seguintes objetivos específicos:

- Realizar revisão bibliográfica dos tipos de sondagens existentes, dando um maior enfoque as sondagens à percussão, seus principais usos e métodos executivos.
- Estudar e compreender os diversos fatores envolvidos no ensaio de SPT.
- Avaliar os resultados finais e concluir sobre as características do solo estudado, fornecendo parâmetros confiáveis para os

profissionais envolvidos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 SONDAGEM À PERCUSSÃO

A sondagem de solo à percussão consiste basicamente na penetração de um amostrador padrão no solo através da queda livre de um peso. Para iniciar a sondagem monta-se sobre o terreno na posição desejada um cavalete de quatro pernas. Através de uma roldana e de um cabo o peso é orientado sobre o amostrador e solto em queda livre.

Atualmente a Norma Brasileira que regulamenta a execução do ensaio de SPT é a NBR 6484/01 – Execução de Sondagens de Simples Reconhecimento de Solos.

A NBR6484/01 prescreve que o método correto de execução da sondagem à percussão (SPT), que consiste na perfuração e cravação dinâmica de um amostrador padrão, a cada metro de solo, resultando na determinação dos tipos de solo, em suas respectivas profundidades, além do índice de resistência à penetração a cada metro, a posição do nível do lençol freático.

O ensaio inicia-se com a sondagem a trado do terreno a partir da superfície de instalação do equipamento até 1,0 m de profundidade com o trado concha ou cavadeira manual onde se recolhe uma amostra dessa parte inicial.

A partir de 2,0 m de perfuração inicia-se a sondagem a percussão com o amostrador padrão fixado no conjunto de hastes do aparelho. Um martelo de 65kg é erguido a uma altura de 75cm com a ajuda de uma corda de sisal caindo em queda livre sobre o amostrador padrão.

Este procedimento é repetido até que o amostrador penetre 45 cm no solo, a cada 15 cm conta-se o número de golpes do martelo para atingir tal profundidade, e o valor do Índice de Resistência a Penetração (N_{spt}), é a soma do número de golpes necessários para penetrar o amostrador nos últimos 30 cm de solo.

O número mínimo de sondagens deve ser de duas perfurações para áreas de até 200 m² de projeção em planta, três para área entre 200 m² e 400 m² e para os casos em que não houver ainda disposição em planta dos edifícios, como

nos estudos de viabilidade de construção ou de escolha do local, o número de sondagens deve ser fixado de forma que a distância máxima entre elas seja de 100 m, com um mínimo de três sondagens. Já a profundidade a ser explorada pelas sondagens depende do tipo de edifício, das características da sua estrutura, e das condições geotécnicas e topográficas do local garantindo que não venha prejudicar a estabilidade e o comportamento estrutural e funcional do edifício (SCARABEL, 2012).

2.1.1 EXECUÇÃO DA SONDAAGEM

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.

A sondagem deverá ser iniciada após a realização de limpeza de uma área que permita a execução de todas as operações sem obstáculos. Deve ser providenciada a abertura de uma vala ao redor da sonda que desvie as águas no caso de chuva. Quando for necessária a construção de uma plataforma, essa deverá ser totalmente assoalhada e cobrir, no mínimo, a área delimitada pelos pontos de fixação do tripé.

É de obrigação do sondador durante a execução conhecer todo o equipamento, sistema operacional e realizar a manutenção dos equipamentos operacionais da sondagem. Segundo Scarabel (2012), a falta de manutenção no equipamento acarreta um desvio de configuração que conseqüentemente interfere nos resultados finais. Os equipamentos que devem ser analisados são:

- TRIPÉ: Verificar as emendas das pernas e condição da escada;
- ROLDANA: Se esta rodando livremente;
- HASTES: Se estão retílineas;
- BICO DO AMOSTRADOR: Observar a cada ensaio o seu estado, caso esteja amassado ou quebrado deve ser substituído;
- AMOSTRADOR: Verificar se não esta

- empenado ou se a válvula não esta entupida;
- MARTELO: Verificar se o coxin de madeira encontra-se em bom estado e se a haste guia não esta empenada;
- CRUZETA DE LAVAGEM: Verificar se há vazamento;
- MOTO-BOMBA: Verificar o nível do óleo e do combustível diariamente. Se há vazamento de água, perda do rendimento e desgastes da gaxeta;
- CORDAS: Se não estão gastas;
- TRADO CAVADEIRA: Observar o estado das conchas, se estão trincadas, amassadas ou se estão boas de corte;
- TRADO ESPIRAL: Verificar seu diâmetro mínimo (47,63mm);
- PEÇA DE LAVAGEM (FACA): Verificar o diâmetro e o corte, para ver se esta de acordo com a norma (56 – 62mm).

Quando for atingido o lençol freático ou se o avanço do trado espiral for inferior a 50 mm em 10 minutos de operação contínua de perfuração ou nos casos de solos aderentes ao trado, passe-se para o método de percussão com circulação de água (lavagem). Para tanto é obrigatória a cravação do revestimento.

Durante as operações de perfuração, caso a parede do furo se mostre instável, é obrigatório, para amostragens subsequentes, a descida do tubo de revestimento até onde se fizer necessário, alternadamente com a operação de perfuração, de tal modo que a boca inferior do revestimento nunca fique a mais de 1,0 m do fundo do furo e nem menos de 10 cm, no momento de cravar o barrilete amostrador.

Quando o avanço do furo se fizer por lavagem, deve-se erguer o sistema de circulação d'água (o que equivale a elevar o trépano) da altura de aproximadamente 0,3 m e durante sua queda deve ser manualmente imprimido um movimento de rotação na coluna de hastes.

Durante o processo de perfuração por lavagem, quando solicitado pela Fiscalização, deverão ser anotados os avanços para cada dez minutos de operação contínua, ou os tempos gastos para atingira cota do ensaio de penetração.

Na retirada de detritos pesado, que não são carregados com a circulação d'água ou na perfuração de materiais sem coesão, deverão ser utilizados barriletes com válvulas de disco na

parte inferior (denominados baldinhos com válvula de pé) em substituição a lavagem com trépano.

No caso da sondagem atingir o nível freático, a sua profundidade deverá ser anotada. Quando ocorrer artesianismo não surgente deverá ser registrado o nível estático e no caso de artesianismo surgente, além do nível estático deverá ser medida a vazão e o respectivo nível dinâmico.

O nível d'água ou as características do artesianismo deverão ser medidos todos os dias antes do início dos trabalhos e na manhã seguinte após a conclusão da sondagem.

O controle das profundidades das manobras deverá ser feito pelas diferenças entre o comprimento total das hastes e a sobra das mesmas em relação ao nível de referência colocado na boca do furo.

A água de circulação deverá se apresentar visualmente limpa, não sendo permitida sua reutilização, exceto quando autorizado pela fiscalização. Neste caso, a mesma deverá circular por dois tambores de 200 litros cada, abertos longitudinalmente e ligados entre si pela parte superior. A fiscalização poderá solicitar a substituição da água de circulação e a limpeza dos tambores quando julgar conveniente, assegurando que a água se apresente visualmente limpa.

A sondagem à percussão será dada por terminada nos seguintes casos:

- quando atingir a profundidade especificada na programação de serviços;
- quando no ensaio de lavagem por tempo, atingir o impenetrável ao SPT, forem obtidos avanços inferiores a 5,0 cm por períodos, em três períodos consecutivos de 10 minutos, o material será considerado impenetrável à lavagem;
- quando estiver prevista sua continuação pelo processo rotativo e forem atingidas penetração inferior a 5 cm durante 10 golpes consecutivos, não se computando os 5 primeiros golpes do teste, ou quando o valor do SPT ultrapassar 50 num mesmo ensaio. Nestas condições o terreno será considerado impenetrável ao SPT e deverão ser anotados o número de golpes e a penetração respectiva.

Salvo orientação ao contrário dada pela Fiscalização, imediatamente após a última leitura do nível d'água ou término de furo seco, este deverá ser totalmente preenchido com solo ou areia.

Concluída a sondagem, deverá ser colocado junto ao local do furo um marco de concreto, com comprimento mínimo de 50,0 cm, exposto 10,0 cm acima do terreno, com inscrições onde conste:

- denominação do furo;
- cota da boca do furo (se fornecida);
- profundidade.

2.1.2 EXECUÇÃO DA SONDAGEM SPT

O Manual do Sondador (2013) definiu os seguintes passos na execução da sondagem SPT:

- Marcar o local do furo;
- Levantar o tripé e centrar sobre o local marcado usando o martelo como fio de prumo;
- Abrir o furo usando um trado até que o solo mude ou chegue a 1,0 m de profundidade;

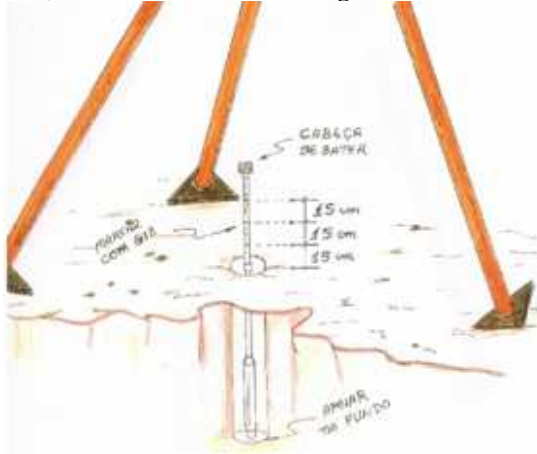
Figura 1 - Inicia-se a sondagem com o trado concha (TC), até o primeiro metro.



Fonte: (Manual de Especificações de Sondagem a Percussão e Procedimentos, 2015)

- Coletar amostras de solo sempre que o solo mudar;
- Na profundidade de 1,0 m, colocar o amostrador padrão no fundo do furo;
- Na haste que ficou fora da boca do furo marcar três trechos de 15 cm;
- Alinhar o martelo com a haste;

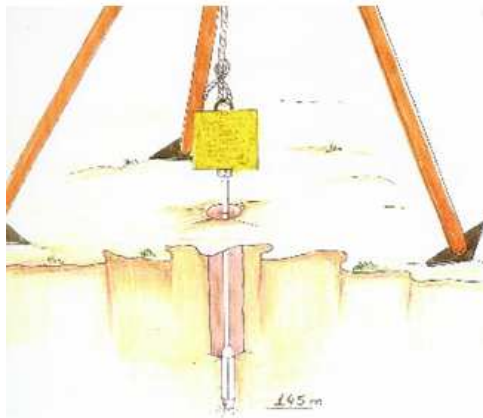
Figura 2 - Montar a composição (amostrador + hastes) e descer no furo até atingir o fundo.



Fonte: (Manual de Especificações de Sondagem a Percussão e Procedimentos, 2015)

- Levantar o martelo até 75 cm;
- Soltar o martelo (golpe);
- Repetir os golpes até cravar o primeiro trecho de 15 cm;
- Anotar a quantidade de golpes;
- Fazer a mesma coisa para cravar os outros dois trechos de 15 cm;
- Anotar o número de golpes para cada trecho;

Figura 3 - Anotar o número de golpes para cada estágio de 15 cm, marcado na haste. Exemplo: 2/15, 5/15, 8/15.



Fonte: (Manual de Especificações de Sondagem a Percussão e Procedimentos, 2015)

- Retirar o amostrador;
- Abrir o amostrador soltando o bico e a haste para coletar a amostra;
- Guardar a amostra em um saquinho plástico;
- Fazer a etiqueta da amostra;

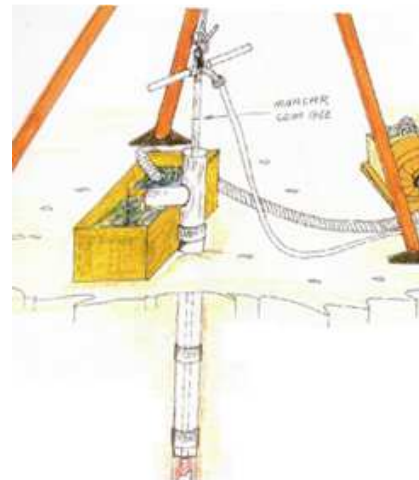
Figura 4 - Etiquetar devidamente as amostras. Deve-se tomar cuidado ao retirar a amostra do amostrador para não destruí-la.



Fonte: (Manual de Especificações de Sondagem a Percussão e Procedimentos, 2015)

- Continuar o furo com trado até que chegue a 2 m;
- Repetir a cravação do amostrador padrão e coleta de amostra;
- Quando o avanço com o trado ficar difícil ou encontrar o nível de água, revestir o furo e instalar a bomba;
- O revestimento deve ficar sempre acima do fundo do furo;
- O revestimento deve ficar firme no solo, sem balançar ou girar;
- A boca do revestimento deve ficar 75 cm acima do terreno;
- A bica deve ficar pelo menos 50 cm acima do nível do terreno;

Figura 5 - Avanço da sondagem realizado por lavagem.



Fonte: (Manual de Especificações de Sondagem a Percussão e Procedimentos, 2015)

ARTIGO

amostra. Essa etiqueta que fica dentro da embalagem e junto com a amostra deve ser protegida por um outro saco plástico, pequeno e bem fechado. Essas duas etiquetas são necessárias porque é comum a perda ou dano devido a choques ou umidade.

As informações mínimas que devem conter nas etiquetas são: obra, cliente, endereço, data, solo, número do furo, número da amostra, profundidade e sondador. Essas informações devem ser colocadas na hora que as amostras forem colhidas.

2.1.4 DETERMINAÇÃO DO NÍVEL D'ÁGUA

Na realização da sondagem à percussão, a determinação da profundidade do Nível da Água (NA) subterrânea é também um valioso subsídio para qualquer tipo de obra que se pretenda edificar (ABPv, 2012).

Quando a sondagem atingir o primeiro nível d'água, o sondador deve anotar a data, hora e profundidade do furo, feito isso, paraliza-se a sondagem e aguarda-se por um período de 30 minutos a estabilização do NA, realizando leituras com o auxílio de uma medidor de NA a cada 5 minutos.

No final da jornada diária de trabalho o furo deve ser esgotado e o nível atingido anotado, no dia seguinte deverá ser feito a leitura do nível d'água antes do início dos trabalhos. Deve atentar-se para o caso em que se perceba mais de um nível d'água.

Se ocorrer artesianismo deve-se anotar a altura em que a água esta saindo para fora do furo, para isso deve-se colocar tubos de revestimentos na boca da sondagem, o necessário e suficiente, até que o nível d'água se estabilize e ele possa ser medido.

Após o término da sondagem, deve-se obturar o furo com calda de cimento (cimento + água) e para que se tenha certeza de que o furo esteja totalmente preenchido, deve-se proceder da seguinte maneira: descer as hastes da percussão do furo, deixando apenas 0,60 m a 1,00 m para atingir o furo. Em seguida, injeta-se a calda. Com isso toda a água e lama existentes no furo retornarão pela boca do furo. Quando aparecer calda na boca do furo, é sinal de que todo o

trecho foi preenchido. Retira-se então as hastes e completa-se o furo pela boca com a ajuda de um balde.

2.1.5 O BOLETIM DE CAMPO

O boletim de campo de uma sondagem é um documento muito importante pois ele traz anotado todas as ocorrências de uma sondagem e que será avaliado pelo responsável técnico do projeto. É a partir desse documento, verifica-se a tensão do solo naquele ponto, onde os projetos de engenharia são elaborados dentro da construção civil.

A responsabilidade de um sondador e de sua equipe é muito grande, por isso, devem executar a sondagem da melhor maneira possível, dentro da melhor técnica e com qualidade. Os dados constados no boletim de campo, ou boletim de sondagem, servirão de base para todos os estudos e conclusões futuras, por isso a atenção no seu preenchimento deve ser redobrada. Abaixo a Figura 8 exemplifica um modelo de boletim de sondagem.

Figura 8 - Exemplo de um boletim de sondagem.

PROFUNDIDADE		TEMPO DE PERCUSSÃO		CLASSIFICAÇÃO MATERIAL	
0,00	0,00				---
0,00	0,00				---
0,00	0,00				---

Fonte: (Manual de Especificações de Sondagem a Percussão e Procedimentos, 2015)

3 RESULTADOS DA SONDAGEM

3.1 INTERPRETAÇÃO E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

A classificação e a caracterização das amostras coletadas, nas sondagens à percussão, é feita através da identificação tátil-visual do solo constituinte das amostras, quando observa-se características como a sua granulometria, a sua origem ou gênese, a sua composição mineralógica visível a olho nu, ou com auxílio de lupa e a sua cor. Esses fatores permitem a definição do tipo do solo.

Já a interpretação dos resultados obtidos nas sondagens à percussão, esta associada principalmente:

- Ao sítio onde estão localizadas as sondagens;
- Ao tipo de morfologia ocorrente (terreno plano, ondulado, escarpado);
- À natureza das rochas e dos solos, principalmente, quanto a sua gênese; e se o solo é de origem sedimentar ou residual;
- À espessura das diversas camadas de solo obtidas nos perfis individuais;
- À resistência ao ensaio de penetração obtido durante a realização das sondagens, nas diferentes camadas de solos detectadas;
- À confecção da seção transversal geológico-geotécnico, das subsuperfície do terreno, levando em consideração o SPT, o N.A, a ocorrência de possíveis lentes compressíveis;
- À identificação de parte de um maciço de terra, susceptível a escorregamento, através de perfis longitudinais / transversais.

Torna-se necessário lembrar que toda interpretação, além da experiência do técnico responsável pela sua elaboração, apresenta inevitavelmente uma dose de subjetividade. A interpretação das formas de jazimento das camadas do subsolo, tende a se aproximar cada vez mais da realidade, quando o fator subjetividade diminui. Isso devido a qualidade, e a eficiência de execução da sondagem associada a uma interpretação correta dos resultados, daí a enorme responsabilidade dos profissionais envolvidos.

A qualidade e a eficiência das sondagens estão associadas à observância das normas de sondagens, tanto no que se reporta ao

equipamento e seu estado de conservação, quanto à realização das sondagens, por sondador devidamente treinado para a sua execução.

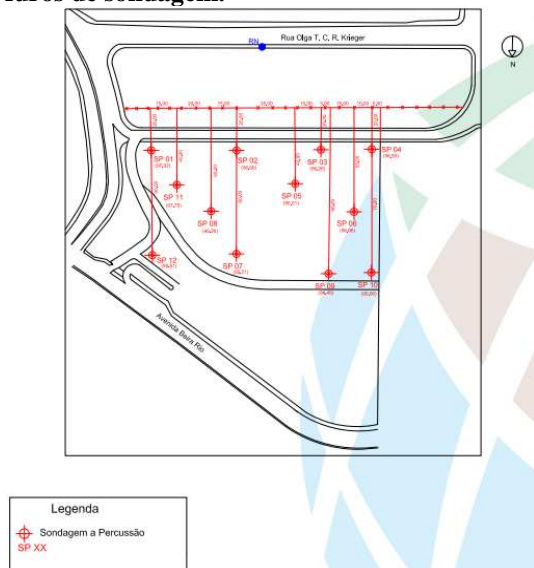
Estudos realizados no Brasil ("The Standard Penetration Test State of the Art Report " XII ICMFE, Rio de Janeiro, 1989") sobre a eficiência do SPT, em comparação com outros países, e principalmente nos Estados Unidos, quando o mesmo é executado de acordo com a NBR 6484, sua eficiência é em média 72%. Atualmente há nos Estados Unidos uma variedade enorme de equipamentos de sondagem à percussão, para a realização de ensaio SPT, com eficiência variando de no mínimo 40%, e um máximo de 95% (ABPv, 2012).

A interpretação dos resultados deve ser feita preferencialmente por um engenheiro geotécnico ou geólogo, e objetiva fornecer elementos confiáveis como por exemplo dados concretos para que o projetista ou calculista de uma fundação possa definir a taxa de fundação e a sua cota de assentamento.

Outros elementos adquiridos através da sondagem são as características geotécnicas dos terrenos, os materiais de construção, a estabilidade dos taludes permitindo identificar a melhor diretriz para caso de estudos de viabilidades técnica ou projeto executivo de determinada obra.

A NBR 6484/01 determina que para cada furo de sondagem realizado seja preparado um desenho no formato A4, a ser apresentado no relatório final, contendo o perfil individual do furo, geralmente na escala de 1:100, com a cota de boca de cada furo, a identificação das diferentes camadas atravessadas pela sondagem, as profundidades onde forem realizadas os ensaios de penetração e coletadas as amostras, com os respectivos índices de resistência a penetração (inicial e final), o gráfico de penetração relativo às penetrações inicial e final e à cota de paralisação da sondagem. É parte também integrante do relatório final, um desenho com a localização das sondagens em relação a pontos bem determinados do terreno como mostra a Figura 9.

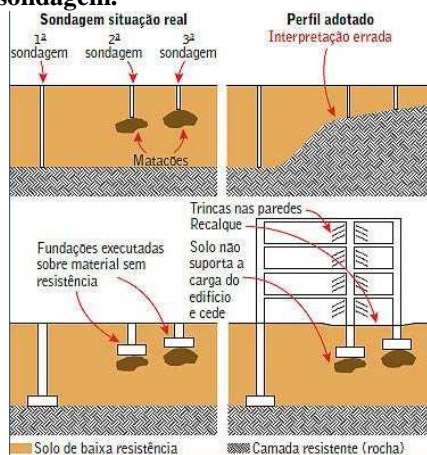
Figura 9 - Desenho esquemático (perfil longitudinal) dos furos de sondagem.



Fonte: (D-Geo Geologia e Ambiental, 2012)

Erro de interpretação de dados é a principal causa de problemas com fundações. É comum no meio geotécnico, casos em que a fundação de uma obra é feita sobre matacões de rocha quando na verdade acredita-se ter encontrado a rocha sã. Isso acontece quando se adota estacas hélice contínua monitorada onde o trado helicoidal não tem força para romper o matacão que pode ter até mais de 3,0 m e geralmente se acha a falsa nega, acreditando ter chegado no solo firme. Executada a estaca mais próxima de onde fora constatado o problema, nota-se que a estaca ultrapassa em muito a estaca vizinha, fatalmente falha na execução, entre o definido em projeto, o necessário a obra, visto a falta de sondagens mista que poderiam detectar este problema.

Figura 10 - Fundação feita sobre um matacão por um erro de sondagem.



Fonte: (LAN – Luiz A. Naresi Jr., 2015)

3.2 RELATÓRIO FINAL

De uma maneira geral, as empresas contratadas para realizar as sondagens apresentam em seu relatório final as mesmas informações do boletim de sondagem, com pequenas variações.

A NBR6484/01 diz que o relatório final deve ser entregue ao contratante em um prazo de até 30 dias após a realização do último furo de sondagem. Os resultados devem ser numerados, datados e assinados por responsável técnico pelo trabalho perante o Conselho Regional de Engenharia Arquitetura e Agronomia – CREA.

Devem constar no relatório:

- Nome do interessado;
- Local e natureza da obra;
- Descrição sumária do método e dos equipamentos empregados na realização das sondagens;
- Total perfurado em metros;
- Declaração de que foram obedecidas as normas brasileiras relativas ao assunto;
- Outras observações e comentários se julgados importantes;
- Referências aos desenhos constantes do relatório.

Anexo ao relatório deve constar desenho contendo:

- A planta do local da obra, cotada e amarrada a referências facilmente encontradas e pouco mutáveis de forma a não deixar dúvidas quanto a localização;
- Nessa planta deve constar a localização das sondagens cotadas e amarradas a elementos fixos e bem definidas no terreno.

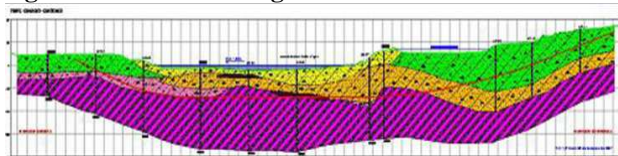
Os resultados das sondagens devem ser apresentados em desenhos contendo o perfil individual de cada sondagem (Figura 12 – em anexo) e/ou seções do subsolo, nos quais devem constar, obrigatoriamente:

- O nome da firma executora das sondagens, o nome do interessado, local da obra, indicação do número do trabalho, e os vistos do desenhista e do engenheiro ou geólogo responsável pelo trabalho;
- Diâmetro do tubo de revestimento e do amostrador empregados na execução das sondagens;
- Número das sondagens;

- Cota da boca do furo de sondagem com precisão de 10 mm;
- Posição das amostras colhidas;
- Os índices de resistência à penetração calculados;
- A posição do nível d'água encontrado;
- Datas de início e término de cada sondagem;
- Indicação dos processos de perfuração empregados.

O perfil geológico-geotécnico do solo estudado, mostrado na Figura 11, é a representação de todas as informações obtidas na sondagem SPT, sendo possível traçar a estratigrafia das camadas do solo.

Figura 11 - Perfil Geológico-Geotécnico.



Fonte: (LAN – Luiz A. Naresi Jr., 2015)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A forma de se fazer o SPT ou as condições do equipamento podem alterar os resultados do ensaio. Para que seja possível comparar resultados é necessário comparar a eficiência dos mesmos. Quanto mais eficiente for um ensaio melhor será a sua qualidade para o projeto. A eficiência perfeita é de 100%, porém no Brasil a eficiência média está em torno de 76% (Manual do Sondador, 2013).

Existem inúmeros fatores que podem influir sobre o índice de resistência à penetração, como por exemplo, a técnica operacional, os equipamentos utilizados e o tipo de solo em amostragem.

A mão de obra não especializada, com baixa instrução reflete diretamente na qualidade dos serviços de sondagem, como solução para resolver este problema é necessário que se cobre dos funcionários uma capacitação e que a empresa invista em curso de aperfeiçoamento de seus colaboradores.

A altura de queda do martelo, quando o processo é realizado manualmente, é outro fator interveniente, pois com o tempo e com o cansaço do operador, essa altura tende a diminuir e conseqüentemente a energia de

cravação, como solução deve-se automatizar o aparelhamento para garantir a constância da altura de queda.

A limpeza do furo de sondagem no processo de perfuração, quando não adequadas, deixa resíduos de perfuração suficientes para prejudicar o ensaio. Estes resíduos podem obstruir os orifícios e a válvula existente na cabeça do amostrador, aumentando a pressão interna e dificultando a cravação do mesmo, aumentando assim o número necessário de golpes quando a perfuração está sendo realizada por circulação d'água.

Uso d'água na perfuração acima do lençol freático que pode falsear os resultados do ensaio, não só pela desagregação excessiva mas também pela destruição da estrutura natural do solo, principalmente nos casos de areias finas e de siltes. Além disto, a umidade pode ter um efeito deletério na resistência do solo.

A péssima condição de uso da sapata do amostrador e mesmo dos seus demais componentes, se danificados pelo uso ou mal uso e deteriorados pelo efeito abrasivo das areias e pedregulhos ou mesmo por deformações plásticas, oriundas de esforços concentrados, aumentam a resistência à cravação e, portanto, o número de golpes.

Em argilas muito sensíveis o efeito de amolgamento causado pela própria penetração do amostrador tende a diminuir o valor de "N", além do que, a presença de pedregulhos esparsos em areias de baixa compactidade pode alterar notavelmente o valor do índice de resistência à penetração, causando interpretações errôneas quanto a compactidade do solo principal. Quanto maior for a textura dos pedregulhos e, portanto, quanto menor a possibilidade dele ser amostrado, maior será o índice medido.

5 CONCLUSÃO

Dentro da engenharia não há como desenvolver projetos de fundações e de geotecnia em geral sem investigações de campo. A sondagem é uma ferramenta de trabalho que deve ser utilizada por fornecer uma grande quantidade de dados, por apresentar uma facilidade relativa de operação e principalmente por propiciar ao engenheiro condições para melhores soluções

em seus projetos.

A sondagem a percussão com medida de SPT com sua simplicidade e robustez, tem-se mostrado suficientemente eficiente e um ensaio de uso corrente nas obtenções de parâmetros necessários a tais projetos.

Com base neste trabalho foi possível identificar as características da sondagem à percussão, os principais pontos que devem ser observados no momento da execução, os fatores que interferem nos resultados e a grande importância da correta interpretação dos resultados obtidos, para que as decisões tomadas pelos profissionais envolvidos sejam embasadas em fatores reais que descrevem fielmente o solo estudado.

Ressalta-se a importância da padronização dos equipamentos e procedimentos de acordo com a NBR 6484/01 para que todas as empresas sejam capazes de executar o ensaio com equivalência dando ao cliente, contratante do serviço, confiança em seu trabalho.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6484: **Execução de sondagens de simples reconhecimento dos solos**. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PAVIMENTAÇÃO (ABPv), **Curso de Sondagem à Percussão de Simples Reconhecimento – Fundamentos, Interpretação e Aplicações Práticas**. 2002. Disponível em: <
<http://www.helix.eng.br/downloads/sp.pdf>>
Acesso em 4dez. 2015

AUGUSTI, R. **Sondagem a percussão com medidas de SPT e torque, sua metodologia de campo e aplicações em obras de engenharia**. 2004. Disponível em: <
<http://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/585.pdf>> Acesso em: 07dez. 2015

BRASIL. Ministério da Educação. Instituto Federal de Brasília. **Manual do Sondador**. 2013. Disponível em: <
<https://www.ifb.edu.br/attachments/article/6190/007%20-%20Manual%20do%20Sondador.pdf>> Acesso em: 23nov. 2015

D-GEO GEOLOGIA E AMBIENTAL. **Relatório de Sondagem à Percussão**. 2012. Disponível em: <
<http://dap.ifc.edu.br/wp-content/uploads/sites/11/2014/06/RSPT-Relat%C3%B3rio-de-Sondagens-SPT-Brusque.pdf>> Acesso em: 07dez. 2015

MOURÃO, C. **Estudo da aplicação da NBR6484/01 por construtoras de Campo Mourão e Região**. 2012. Disponível em: <
http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1868/1/CM_COMAC_2012_1_02.pdf>
Acesso em: 23nov. 2015

NARESI JR., L. A.; SILVA, A. G. **Manual de Especificações de Sondagem a Percussão e Procedimentos**. 2015.

SANTA CATARINA. Companhia Catarinense de Águas e Saneamento. Resolução nº 194 de 13 de março de 1997. **Manual de Execução de Sondagens e o Manual para Serviços Topográficos**. Disponível em: <
http://www.casan.com.br/ckfinder/userfiles/files/Documentos_Download/manual_sondagem.pdf>
> Acesso em: 04dez. 2015

SANTA CATARINA. Departamento Estadual de Infra-estrutura, **IN 06/94 – Instrução Normativa para Execução de Sondagem à Percussão**. 1994. Disponível em: <
http://www.deinfra.sc.gov.br/jsp/relatorios_documentos/doc_tecnico/download/engenharia_rodoviaria/IN-06.pdf> Acesso: 4dez. 2015



Cíntia Milena Silva de Araújo é Engenheira Ambiental formada pela Universidade Federal de Ouro Preto (2013), Pós graduanda em Engenharia Geotécnica pela UNICID – Universidade Cidade de São Paulo.



Prof. **Marcos Porto** é engenheiro civil pela Universidade Federal do Ceará (1993), Mestre em Geotecnia e Infraestrutura pela Universidade de Hannover - Alemanha (1997) e Doutor em Engenharia Civil, área de concentração em Geotecnia pela COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro (2008). Professor do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) e Universidade de Fortaleza (UNIFOR), Coordenador do Curso de Engenharia Geotécnica da UNICID – Universidade de São Paulo e consultor nas áreas de Infraestrutura de Transportes e Fundações.



Luiz Antonio Naresi Júnior é engenheiro civil com ênfase na área de Saneamento, possui pós-graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Analista Ambiental pela UFJF (Universidade Federal de Juiz de Fora), e em Engenharia Geotécnica pela UNICID (Universidade Cidade de São Paulo). É especialista em obras de Fundação Profunda, Contenções de Encosta, Obras de Artes Especiais, Projetos de Contenção, Infraestrutura Ferroviária e Rodoviária. Atualmente é sócio da ABMS (Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica), diretor do Clube de Engenharia de Juiz de Fora (MG), consultor, comercial e assessor da diretoria da Empresa Progeo Engenharia Ltda.



Antônio Geraldo da Silva é Engenheiro Geólogo formado pela Escola de Minas – UFOP, ano de 1973. Com especialidade em sondagens rotativas e percussão. Com quinze anos de trabalhos em mapeamento e sondagens em Geotecnia para barragens (PCH), elaboração de laudos Geotécnicos e prestação de serviço em Áreas de Risco Geológico pela Prefeitura – BH. .

