

# MANUAL DE SONDAGEM SPT

SONDAGEM SPT (STANDARD PENETRATION TEST)

PREPARADO POR  
PD&A ENGENHARIA



# SUMÁRIO

## 1.SONDAGEM SPT (STANDARD PENETRATION TEST)

### 1.1. O QUE É A SONDAGEM SPT?

### 1.2. FINALIDADES

### 1.3. DIMENSIONAMENTO (NÚMEROS DE FUROS)

### 1.4.DISTRIBUIÇÃO E ESPAÇAMENTO DOS FUROS DE SONDAGENS

### 1.5.PROFUNDIDADE MÍNIMA

### 1.6.CRITÉRIO DE PARALIZAÇÃO DA SONDAGEM

### 1.7.RELATÓRIO TÉCNICO

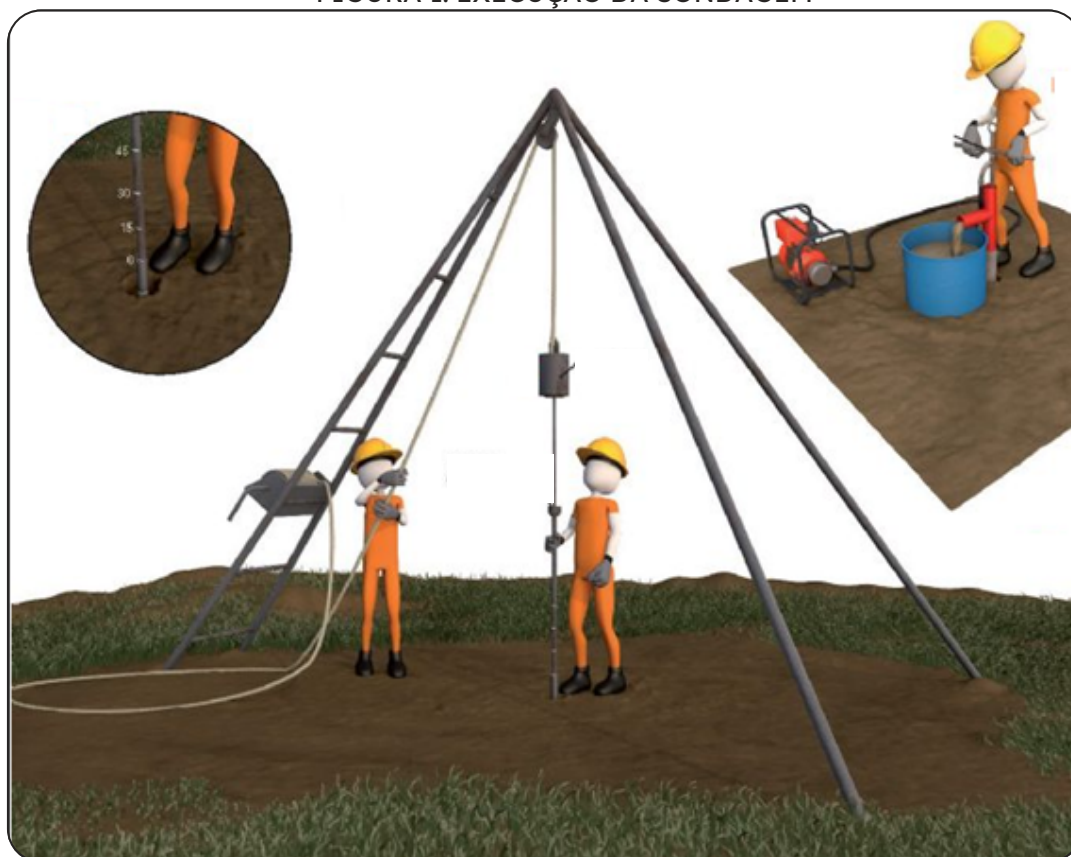
### 1.8. OBSERVAÇÕES IMPORTANTES X LIMITAÇÕES DA SONDAGEM SPT

# 1) SONDAGEM SPT (Standard Penetration Test)

## 1.1. O QUE É A SONDAGEM SPT?

Basicamente é um método de investigação, utilizado na engenharia geotécnica, para reconhecer e avaliar as características do solo onde ficarão assentes as fundações de uma edificações, construções e/ou infraestrutura das obras civis. Esta sondagem é comumente usada para classificar os diversos tipos de solo em suas respectivas camadas, determinar o nível d'água, obter o índice de resistência (NSPT ou N) a cada metro, buscando alcançar o limite máximo da sondagem, sendo esta encerrada mediante atendimento aos critérios de paralização estabelecidos previamente ou pelo cliente ou pela norma ABNT – NBR – 6484:2020.

FIGURA 1. EXECUÇÃO DA SONDAGEM



FONTE: ANUÁRIO PINI, 2014.

## 1.2. FINALIDADES:

As informações advindas do ensaio permitem que o engenheiro geotécnico compreenda o comportamento solo, e por sua vez, tenha condições de propor soluções e/ou dimensionar as estruturas de fundações. Demais finalidades, destacam-se:

- A detecção de camada de argila mole e orientações de possíveis soluções geotécnicas e/ou a necessidade de avançar com investigações especiais;
- Estudo de capacidade de carga para fins de dimensionamento de fundações profundas (quantidade, profundidade, dimensões e ferragem) pelos métodos semi empíricos;
- Estudos geotécnicos em taludes (retaludamento e/ou projetos de contenção);
- Levantamento de parâmetros geotécnicos correlacionados;
- Interação da sondagem com provas de carga de estacas (estática e/ou dinâmica) e ensaio PIT;
- Monitoramento de estruturas.

TABELA 1. ESTADO DE COMPACIDADE E CONSISTÊNCIA.

Solo	Índice de resistência à penetração $N$	Designação <sup>a</sup>
Areias e siltes arenosos	$\leq 4$	Fofa(o)
	5 a 8	Pouco compacta(o)
	9 a 18	Medianamente compacta(o)
	19 a 40	Compacta(o)
	$> 40$	Muito compacta(o)
Argilas e siltes argilosos	$\leq 2$	Muito mole
	3 a 5	Mole
	6 a 10	Média(o)
	11 a 19	Rija(o)
	20 a 30	Muito rija(o)
	$> 30$	Dura(o)

<sup>a</sup> As expressões empregadas para a designação da compactidade das areias (fofa, compacta etc.) são referências à deformabilidade e à resistência destes solos, sob o ponto de vista de fundações, e não podem ser confundidas com as mesmas denominações empregadas para a designação da compactidade relativa das areias ou para a situação perante o índice de vazios críticos, definidos na mecânica dos solos.

FONTE: ABNT - NBR - 6484:2020, TABELA A.1.

### 1.3. DIMENSIONAMENTO (NÚMEROS DE FUROS)

#### 1.3.1. Construções Residenciais, Galpões Industriais e Edifícios

A quantidade de furos de sondagem objetivando construções de residências, galpões e edifícios, está indicada na norma NBR 8036:1983 – Programação de sondagens de simples reconhecimento do solo para fundações de edifícios. Baseia-se na área de projeção da edificação (APE), conforme a tabela abaixo.

TABELA 2. QUANTIDADE DE FUROS VERSUS ÁREA DE PROJEÇÃO DA EDIFICAÇÃO.

<b>APE <math>\leq</math> 200,00: 02 FUROS (ver OBS.1)</b>
<b>200,00 m<sup>2</sup> &lt; APE <math>\leq</math> 400,00m<sup>2</sup>: 03 FUROS</b>
<b>400 &lt; APE <math>\leq</math> 1.200,00m<sup>2</sup>: 01 FURO a cada 200,00m<sup>2</sup> <math>\therefore</math> 4 a 7 furos</b>
<b>1.200,00 &lt; APE <math>\leq</math> 2.400,00: 01 FURO a cada 400,00m<sup>2</sup> <math>\therefore</math> 8 a 10 furos</b>
<b>APE &gt; 2.400,00m<sup>2</sup>: a critério do engenheiro projetista</b>

Da tabela acima, extrai-se:

TABELA 2.1. QUANTIDADE DE FUROS VERSUS ÁREA DE PROJEÇÃO DA EDIFICAÇÃO.

<b>Nº Furos</b>	<b>Área de projeção (m<sup>2</sup>)</b>	
02	até	200
03	200,00 a	400
04	400,01 a	600
05	600,01 a	800
06	800,01 a	1.000
07	1.000,01 a	1.200
08	1.200,01 a	1.600
09	1.600,01 a	2.000
10	2.000,01 a	2.400
A critério	Acima de	2.400

OBS.1: Nos estudos de viabilidade que ainda não disponham de projetos e plantas do edifício, o número de sondagem deve ser fixado de forma que a distância entre furos seja de até 100 metros, com no mínimo de 03 (três) sondagens.

### 1.3.2. Taludes e Encostas - ABNT – NBR – 11682:2009 – Estabilidade de Encostas

Para os estudos e controle de estabilidades de taludes resultantes de cortes e aterros e/ou projetos de contenção, a realização da sondagem é obrigatória

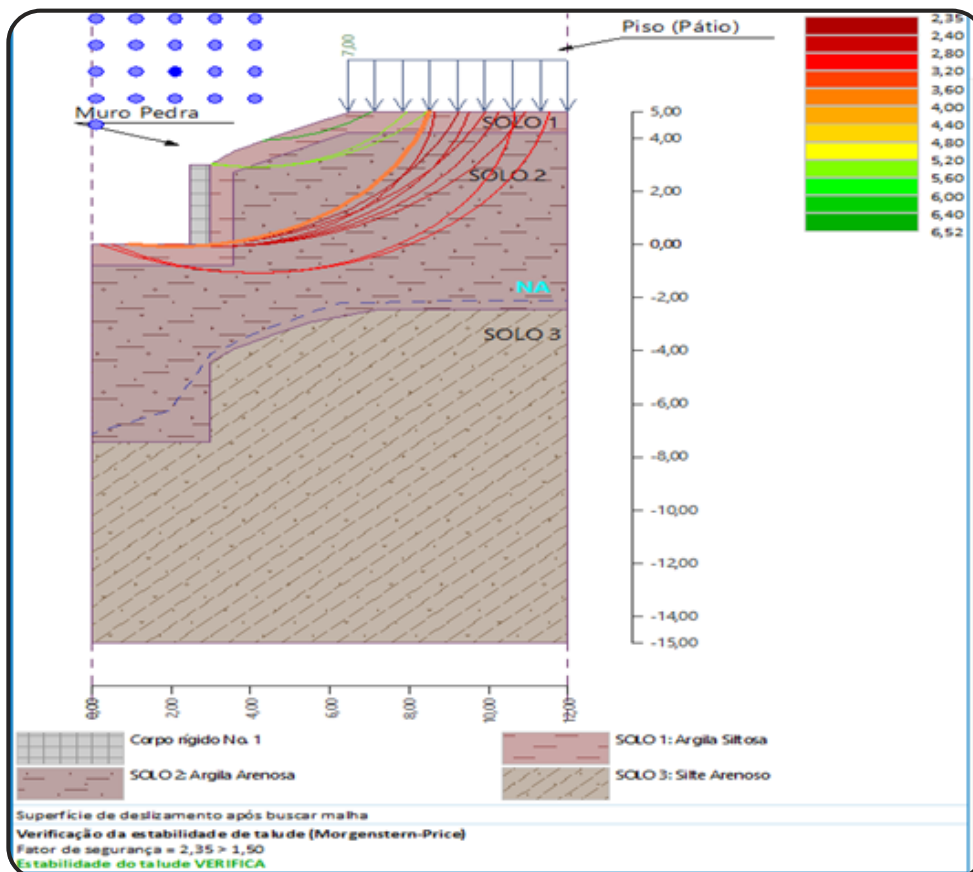
“A execução de sondagens para a caracterização da encosta e determinação da estratigrafia do terreno é obrigatório para estudos e projetos de estabilização de encosta.”

A norma supracitada prevê um número mínimo de três sondagens por seção (item 6.2.1). Desta forma, orienta-se:

**Número mínimo: 03 (três) furos de sondagens por seção crítica.**

Entende-se por seção crítica, aquela de maior inclinação extraída do levantamento topográfico e/ou do projeto de terraplenagem.

FIGURA 2. ESTUDO DE ESTABILIDADE DE TALUDE



FONTE: PD&A ENGENHARIA

### 1.3.3. Obras de Infraestruturas (Estradas, Loteamentos e Condomínios)

Em obras de infraestrutura para fins de construção de estradas, arruamentos e monitoramento de pavimentos, tomam-se por base as prescrições do DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura Terrestre, no documento intitulado como “ ISF 207 – Instrução de Serviços: ESTUDOS GEOTÉCNICOS”, expõe:

*“Deverão ser executadas sondagens à percussão em número suficiente, para o conhecimento da natureza, espessura, volume do material e sua capacidade de suporte. (...). Sugere-se um espaçamento entre sondagens de 50 a 100m.”*

### 1.3.4. Espaçamento das Sondagens

Igualmente, trata-se de uma sugestão trazida pela literatura consagrada e deverá ser convalidado pelo preposto do cliente.

TABELA 3. ESPAÇAMENTOS DAS

Projeto	Espaçamento entre furos (m)
Edificações de um pavimento	25 a 30
Edificações com vários pavimentos	15 a 25
Autoestradas	250 a 300
Barragens de terra	25 a 50
Planejamento de loteamento	60 a 100

FONTE: DAS, BRAJA M. 2011 - FUNDAMENTOS DE ENGENHARIA GEOTÉCNICA.

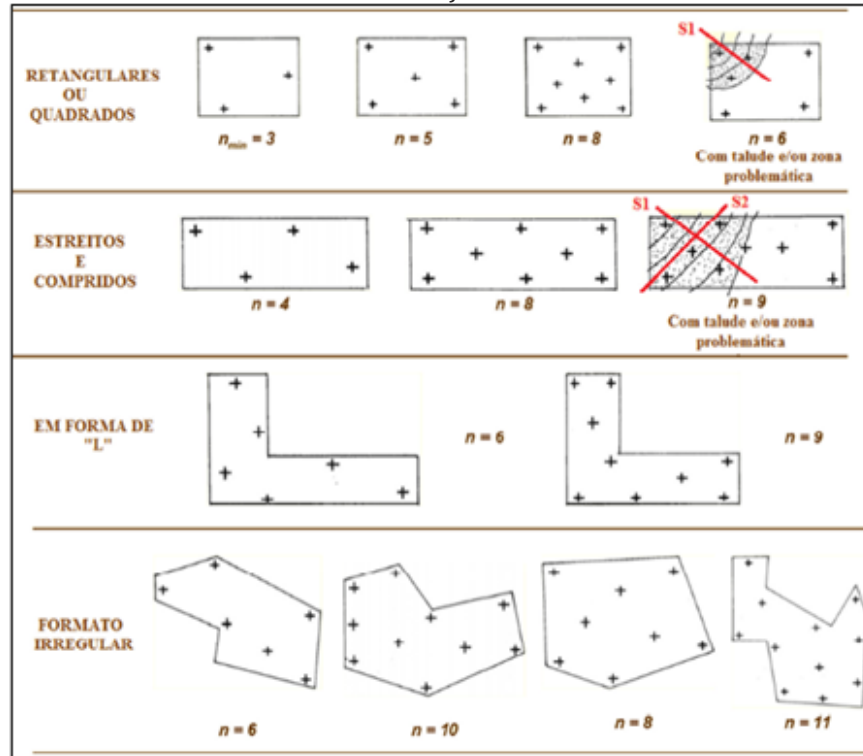
Abaixo, seguem algumas “sugestões” de distribuição de pontos de sondagem no terreno, preferencialmente sob a área de projeção da edificação, mas que sempre deverá ser convalidado pelo preposto do cliente.

## 1.4. DISTRIBUIÇÃO E ESPAÇAMENTO DOS FUROS DE SONDAGENS

### 1.4.1. Distribuição dos Pontos de Sondagem.

Abaixo, seguem algumas “sugestões” de distribuição de pontos de sondagem no terreno, preferencialmente sob a área de projeção da edificação, mas que sempre deverá ser convalidado pelo preposto do cliente.

FIGURA 3. SUGESTÃO DE DISTRIBUIÇÃO DOS PONTOS DE SONDAGEM



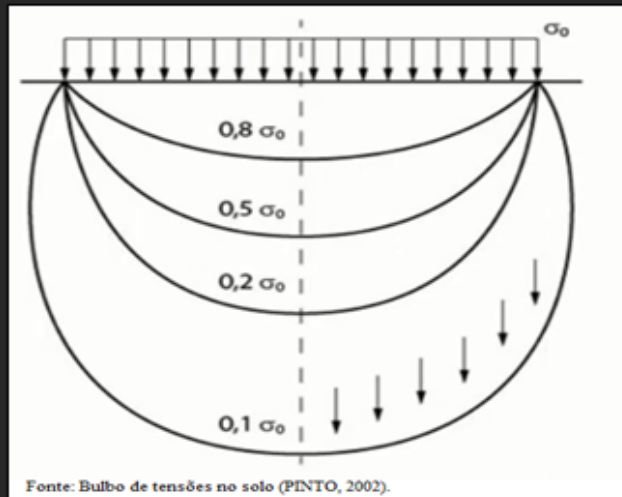
FONTE: JOSÉ M. R. ORTIZ (MODIFICADO POR PD&A ENGENHARIA)

## 1.5. PROFUNDIDADE

### 1.5.1. Normativo

A profundidade mínima da sondagem pode variar dependendo do propósito e do local da sondagem. Em geral, a profundidade mínima da sondagem é determinada pelas necessidades do projeto e pelas características da geologia local. Sob o aspecto geotécnico que circula no contexto nacional, a sondagem deve assegurar o reconhecimento das características do solo solicitado pelos elementos de fundações, à profundidade onde o acréscimo de pressão no solo, devido as cargas aplicadas, for menor que 10% da pressão geostática, como exemplificada na figura abaixo:

FIGURA 4. BULBO DE TENSÕES



Para a estimativa da profundidade mínima para edifícios (para cada corpo ou torre), a já citada norma NBR 8063:93, orienta que:

*“4.1.2.2. As sondagens devem ser levadas até a profundidade onde o solo não seja mais significativamente solicitado pelas cargas estruturais, fixando-se como critério aquela profundidade onde o acréscimo de pressão no solo, devida às cargas estruturais aplicadas, for menor do que 10% da pressão geostática efetiva.”*

Como guia para a estimativa da profundidade mínima, utiliza-se o gráfico abaixo, considerando as seguintes variáveis:

$q$  = pressão média sobre o terreno (peso do edifício dividido pela área em planta), estimado em  $1,20\text{t/m}^2/\text{pavimento}$ ;

$\gamma$  = peso específico médio para os solos ao longo da profundidade em questão, estimado em  $1,60\text{t/m}^3$ .

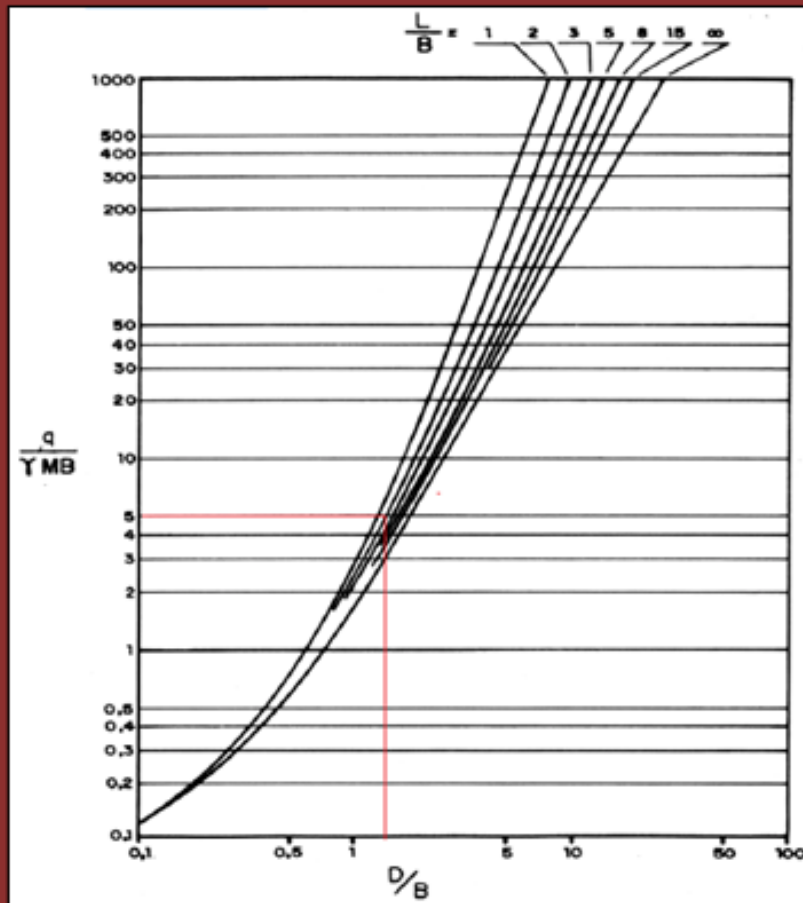
$M = 0,10$  = coeficiente decorrente do critério definido em 4.1.2.2.

$B$  = menor dimensão do retângulo circunscrito à planta da edificação

$L$  = maior dimensão do retângulo circunscrito à planta da edificação

$D$  = profundidade da sondagem

FIGURA 5. GRÁFICO PARA A ESTIMATIVA DA PROFUNDIDADE



FONTE: NBR - 8036:1993

Exemplo: Para um edifício com 20 pavimentos, com projeção de torre no formato retangular 60x30, estimar:

- a) a quantidade de furos SPT (Q) e
- b) a profundidade mínima (D) de alcance da sondagem.

a) Quantidade (Q)

Para uma área de projeção (60x30) = 1.800,00m<sup>2</sup>, da Tabela 2.1.

**Q = 9 furos**

a) Profundidade (D)

$$L/B = 60/30 = 2$$

$$q = 1,20 \cdot 20 = 24 \text{ t/m}^2$$

$$\frac{q}{\gamma \cdot M \cdot B} = \frac{24}{1,60 \cdot 0,130} = 5$$

No gráfico, entra-se com  $q / (\gamma \cdot M \cdot B) = 5$  e  $L/B = 2$  e acha-se  $D/B = 1,30$

$$D = B.1,30 \quad D = 30.1,30 :$$

$$Q = 39 \text{ metros}$$

Caso os critérios de paralização da sondagem trazidos na norma NBR 6484:20, tenham sido alcançados antes desta metragem, respeitar-se-á esta última, já que a profundidade calculada não está condicionada aos critérios de paralização da sondagem.

A profundidade calculada, pode ser usada para a confecção de orçamento da fundação.

### 1.5.2. Literatura

Outras metodologias usadas em outros países podem ser usadas com cautela. Um exemplo, está contido no livro de Das (2011) ao citar o trabalho de Sower e Sowers (1970). Trata-se de uma estimativa grosseira para a profundidade mínima da sondagem para edificações com múltiplos pavimentos. Ele apresenta duas relações, uma voltada para edificações consideradas “leves” e outra para “pesadas”. Desta forma, chega-se a um intervalo. Para fins de planejamento e levantamento de custos estimados, pode ser adotado a média desses dois resultados, já que se aproxima bastante ao resultado normativo brasileiro:

$$3. S^{0,7} < z_b(m) < 6. S^{0,7} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

S = n° pavimentos.

$z_b$  = profundidade mínima da sondagem

Do exemplo anterior:

$$3. 20^{0,7} < z_b(m) < 6. 20^{0,7}$$

$$24 < z_b(m) < 48$$

$$z_{b(\text{médio})} = 36 \text{ metros}$$

### 1.6. CRITÉRIO DE PARALIZAÇÃO

Após a última revisão da NBR 6484:2020, o critério de paralização e quantidade de furos de sondagem SPT passam a ser definidas pelo cliente (através de seu preposto, responsável pelos projetos de fundações), portanto, não sendo mais função e nem obrigação das empresas de sondagem definí-la.

*“NBR-6484:2020 - 5.2.4 Critério de paralisação 5.2.4.1 O critério de paralisação das sondagens é de responsabilidade técnica da contratante ou de seu preposto, e deve ser definido de acordo com as necessidades específicas do projeto.”*

Porém, uma vez não havendo tal definição, a empresa de sondagem será obrigada adotar os critérios de paralisação trazidos pela referida norma. Tais critérios são:

- Impenetrável pelo amostrador padrão
- Impenetrável pelo trépano de lavagem

## 1.7. RELATÓRIO TÉCNICO

A atividade é executada escrupulosamente com base na metodologia descrita da norma da ABNT - NBR 6484:2020 Sondagens de simples reconhecimento com SPT. A empresa PD&A Engenharia adota o procedimento manual. O material que será entregue conterá o Relatório Técnico mais seus anexos (boletins e croqui da locação dos pontos):

a. Relatório Técnico: Contém as informações do cliente, o local da obra, a descrição do procedimento, as características do equipamento empregado e uma tabela resumo com os resultados de campo, além da referência dos anexos e da bibliografia consultada.

b. Anexo – I: Planta de Locação. Após o recebimento da planta de locação enviada pelo cliente, a PD&A Engenharia irá confeccionar uma planta atualizada do local, com a indicação do RN (referência de nível) e as cotas dos furos, amarrações em relação as divisas e as respectivas coordenadas geográficas;

c. Anexo – II: Boletins de Sondagem. Os boletins de campo são passados a limpo, resultando no Boletim de Sondagem. Trata-se do boletim de cada furo, indicando as diversas camadas do solo investigado com identificação do cliente, endereço da obra, as coordenadas do local, o RN, as respectivas camadas, a descrição das amostras, revestimento, o NA (nível d'água), o número de golpes em cada período de 15cm, assim como o NSPT,

profundidade total alcançada, juntamente com o critério de paralização (cliente, amostrador e/ou pelo trépano de lavagem), o nome do responsável técnico e a data de execução do furo.

d. Anexo – III: Perfil Estratigráfico. Por padrão, será composto por dois perfis, um longitudinal e outro transversal. O cliente poderá solicitar outras direções que venha contribuir para o seu projeto.

## 1.8. OBSERVAÇÕES IMPORTANTES X LIMITAÇÕES DA SONDAGEM SPT

a) A sondagem a percussão tipo SPT, possui caráter preliminar, sendo que em função dos resultados obtidos pode ser necessário uma investigação complementar, com a utilização de outros tipos de investigação geotécnica, ensaios de campo e instrumentação. Tais necessidades devem ser avaliadas e decididas pelo engenheiro da obra.


b) O ensaio SPT não ultrapassa matacões, blocos de rocha e vez por outra, camadas de pedregulhos;

c) Falsa camada resistente. Importante observar os critérios de paralização expostos na norma (a percussão e/ou ao trépano de lavagem), podem não representar a camada mais resistente. O encerramento da sondagem, indica que a perfuração, utilizando o sistema SPT, não permite mais o avanço. Portanto, não se deve confundir solo impenetrável com camada resistente.


d) Não retira amostras indeformadas.

e) Não se obtém o índice NSPT no primeiro metro (0 a 1,00m)

e) A referida norma de sondagem não obriga as empresas de sondagem anotar em seus boletins e/ou no relatório, a indicação/sugestão da continuidade da investigação para além dos critérios de paralização estabelecidos. Por não estarem envolvidas diretamente com o projeto da obra, portanto, não deverão imiscuir-se sobre a solução geotécnica, cabendo tão somente ao projetista da obra, que, além de saber bem interpretar o relatório de sondagem, deverá ter um olhar para além dos números apresentados.

 (47) 98870-5034

 comercial@pdeaeng.com.br

 www.pdeaeng.com.br

 @pdea.eng

 Joinville - Santa Catarina