



## COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ - SANEPAR

### PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO DE PROJETOS BÁSICOS GEOTÉCNICOS E SERVIÇOS DE ENSAIOS E SONDAGENS - ESPECIFICAÇÕES GERAIS.

Revisão n.º	1	2	3	4	5	6	7
Data	18/03/11	31/03/16	15/08/16	05/06/17			
Responsável	Heber	Heber	Heber	Heber			

INDICE

1	OBJETIVOS .....	6
2	COMPOSIÇÃO DE SERVIÇOS E PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO.....	7
2.1	Sondagem SPT .....	7
2.2	Ensaio de Campo e Laboratório .....	10
2.3	Projeto Básico Geotécnico .....	11
3	RELATÓRIO DA INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA, VISITA TÉCNICA E DA CONCEPÇÃO DO PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO .....	14
3.1	Investigação Geotécnica – Coleta de Amostras .....	15
3.1.1	Coleta de Amostra Deformada.....	15
3.1.2	Coleta de Amostra Indeformada .....	15
3.2	Investigação Geotécnica - Ensaio de Caracterização.....	21
3.3	Investigação Geotécnica - Ensaio Geotécnicos Mecânicos.....	22
3.3.1	Ensaio de adensamento (NBR 12007).....	23
3.3.2	Ensaio de cisalhamento .....	26
3.4	Investigação Geotécnica - Sondagens SPT .....	27
3.4.1	Interpretação dos dados do boletim .....	31
3.4.2	Locação e nivelamento dos furos.....	34
3.4.3	Deteção do nível de água e Ensaio de Infiltração .....	34
3.5	Relatório da visita técnica de campo. ....	35
3.6	Relatório da Concepção do Projeto Básico Geotécnico .....	36
3.6.1	Modelo Geológico Tridimensional .....	36
3.6.2	Relatório técnico resumido.....	37
4	RELATÓRIO DO PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO .....	38
4.1	Descrição das unidades e informações geotécnicas; .....	40
4.2	Definição do tipo de fundação direta ou profunda; .....	40
4.2.1	Fundação Direta - Estimativa da tensão admissível .....	41
4.2.2	Fundação Profunda - Estimativa da carga admissível .....	42
4.3	Definição das escavações e/ou aterros da terraplanagem .....	42
4.4	Definição do sistema de rebaixamento.....	50

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO  
DE PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO E EXECUÇÃO DE  
SERVIÇOS DE ENSAIOS E SONDAGENS**



4.4.1	Esgotamento direto da cava.....	51
4.4.2	Poços Profundos.....	52
4.4.3	Ponteira Filtrante.....	54
4.5	Definição do Sistema de Contenção.....	54
4.6	Descrição do Desmorte de Rocha.....	55
4.7	Definição de Pavimentação.....	57
4.8	Quadro de Quantitativos.....	58
5	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	59

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Escavação mecânica a céu aberto com uso de uma retroescavadeira. Limite de 3m de profundidade ou pela capacidade de alcance da máquina. ....	16
Figura 2 - Escavação manual em poços.....	16
Figura 3 – Escarificação do solo com uso de lâminas (facas) para moldar um bloco indeformado.....	17
Figura 4 – a) Proteção com uso de talagarça e parafina, b) Realizar 3 camadas de sequenciais de talagarça e parafina, c) Identificar a face do topo e a direção norte d) Arrasar o fundo com lâmina e proteger a face exposta. ....	18
Figura 5 – Coleta de amostra direto nos anéis de ensaio para o Cisalhamento Direto e Adensamento.....	19
Figura 6 – a) Esquema de instalação do Amostrador, b) Shelby mostrado em detalhes. .	20
Figura 7 – Vista geral do Amostrador Shelby de paredes delgadas. ....	20
Figura 8 - Modelo Apresentação do Boletim de Sondagem SPT.....	32
Figura 9 -- Interpretação do valor $N_{spt}$ . (A) representa a soma de golpes da 1ª e 2ª camada. (B) representa a soma de golpes da 2ª e 3ª camada.....	33
Figura 10 - Perfil Geológico baseado nas informações da investigação geotécnica. ....	36
Figura 11 – Exemplo do Perfil de Terraplanagem com informações geológicas, cruzando as unidades. ....	43
Figura 12 - Perfil de Terraplanagem da Urbanização com informações geológicas.....	44
Figura 13 - Perfil de Terraplanagem com as dimensões da cava como a cota de fundo, topo, inclinação de talude e profundidade. Reaterro lateral parcial com rebaixo para esgotamento direto da cava.....	45
Figura 14 - Perfil de Terraplanagem com as dimensões da cava como a cota de fundo, topo, inclinação de talude e profundidade. Reaterro lateral total com poço para esgotamento direto da cava.....	46
Figura 15 - Detalhe do afastamento mínimo de 1m da face da estrutura em relação ao fundo da escavação.....	49
Figura 16 - Detalhe da berma/banqueta com largura mínima de 1m na interface do contato solo/rocha.....	50

---

Figura 17 - Detalhe do Poço Profundo.....	53
Figura 18 - Localização dos poços de rebaixamento.....	53

## **1 OBJETIVOS**

A campanha de sondagem a percussão SPT representa o método direto que visa o reconhecimento do subsolo existente para a obtenção de dados geotécnicos como a estratigrafia com classificação táctil e visual do material, presença de NA e o índice de resistência à penetração ( $N_{spt}$ ). A interpretação destes dados baseará o projeto básico geotécnico de solos.

Adicionalmente às sondagens a investigação geotécnica inclui os serviços de ensaios de campo e laboratório destinados a caracterizar e estudar o comportamento mecânico dos solos.

O Projeto Básico Geotécnico deverá definir a concepção das soluções e quantitativos de terraplanagens, escavações, fundações, rebaixamento de lençol freático e pavimentos, baseando-se nos resultados da investigação geotécnica prevista na contratação.

## **2 COMPOSIÇÃO DE SERVIÇOS E PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO**

O projetista geotécnico é o responsável pela a execução e análise dos resultados dos ensaios de campo e laboratório contratados. A descrição destes serviços está relacionada abaixo:

### **2.1 Sondagem SPT**

- a) Os serviços serão encaminhados à empresa vencedora mediante a emissão de uma Ordem de Serviço (OS), contendo prazo e os quantitativos a executar;
- b) A Sanepar fornecerá a planta impressa e digital do Layout das unidades a implantar com a topografia levantada da área em cotas reais (RNM), a locação em planta dos pontos de sondagens, coletas de amostras e ensaios de permeabilidade a serem executados e locados;
- c) A Sanepar definirá as profundidades das sondagens SPT programadas de maneira que seja investigado o subsolo abaixo do provável nível de assentamento das estruturas;
- d) A Sanepar fornecerá os contatos locais para o acompanhamento da realização dos serviços de campo de maneira a minimizar problemas de locação e impedimentos legais para a execução dos trabalhos. Caso ocorra algum problema quanto da execução, a empresa contratada deverá descrever o fato em relatório e encaminhar à Sanepar.
- e) Os serviços relacionados para execução das sondagens a percussão, coleta de amostras e de topografia para sondagem pertencem ao Manual de Obras de Saneamento – MOS – 4ª edição (topografia, sondagem SPT) e a Tabela de Preços para Ensaios Geotécnicos como segue abaixo:

MPS	MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO	Revisão 3	Página 7 / 61
-----	----------------------------------	--------------	------------------

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO  
DE PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO E EXECUÇÃO DE  
SERVIÇOS DE ENSAIOS E SONDAGENS**



Orçamento Sondagens SPT e Ensaios			
MOS 4ª edição (topografia, sondagem SPT) Tabela de Preços para Ensaios Geotécnicos			
Item	Serviços		ud
206	SONDAGEM A TRADO		
20601	Sondagem à trado - Perfuração em solo		m
20602	Estadia de equipe		m
20603	Transporte de equipe		km
204	SONDAGEM SPT		
20401	Sondagem à percussão:		m
180101	Acesso a Coleta de Amostra Indeformada - Poço à pá e picareta (poços c/ h=3,00m)		ud
180102	Acesso a Coleta de Amostra Indeformada - Poço com retroescavadeira (poços c/ h=3,00m)		ud
180103	Coleta de amostra indeformada (bloco 30x30x30)		ud
180104	Perfuração com tubo camisa 6" para acesso do amostrador Shelby		m
180105	Coleta de amostra indeformada com Amostrador Shelby		ud
180106	Coleta de amostra deformada (60 Kg)		ud
180209	Permeabilidade in situ Vertical		ud
180210	Permeabilidade in situ Horizontal		ud
20402	Estadia		m
20403	Transporte e Mobilização		km
1803	SONDAGEM MISTA		
180301	Perfuração em solo (com revestimento de 4")	furos c/ XX m	m
180302	Perfuração em alteração de rocha (BX)	furos c/ XX m	m
180303	Perfuração em rochas sedimentares - arenito, filito, folhelho, calcário - (BX)	furos c/ XX m	m
180304	Perfuração em rocha - basalto, diabásio e granito - (BX)	furos c/ XX m	m
180305	Perfuração em rocha - gnaiss e migmatito - (BX)	furos c/ XX m	m
180306	Estadia de equipe de perfuração		m
180307	Transporte e mobilização para perfuração (mínimo 20km)		Km
201	TOPOGRAFIA - SERVIÇOS		
20104	Locação de pontos		ud
20105	Transporte de cota: extensão <= 2 km		km
20111	Locação e nivelamento de linha		km
202	TOPOGRAFIA - ESTADIA		



**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO  
DE PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO E EXECUÇÃO DE  
SERVIÇOS DE ENSAIOS E SONDAGENS**



20204	Locação de pontos	ud
20205	Transporte de cota: extensão <= 2 km	km
20211	Locação e nivelamento de linha	km
203	TOPOGRAFIA - TRANSPORTE DA EQUIPE	
20301	Transporte de equipe	km

Os serviços de coleta de amostras deformada e indeformada estão previstos pela equipe de sondagem SPT. No entanto, se a contratada julgar necessário, poderá ser realizado pela equipe do Laboratório de Solos, sem ônus à Sanepar.

O ensaio de permeabilidade “in situ” (ABGE boletim nº4) deverá ser realizado durante a fase de execução da sondagem SPT em pontos selecionados previamente pelo projetista geotécnico. Este serviço é pago como serviço unitário e a ausência da detecção de água na sondagem elimina a necessidade deste ensaio.

O item referente ao “Transporte de cota” e “Locação e Nivelamento de Linha” somente serão quantificados caso for necessário, e serão definidos pela Equipe da Sanepar.

O item referente ao “Transporte e Mobilização” é determinado pela distância, em km, correspondente à trajetória do circuito definido pelas cidades pertencentes a esta licitação em relação à cidade de Curitiba. Caso a contratante julgue necessária poderá ocorrer agrupamento de cidades, gerando um ou mais circuitos com origem à cidade de Curitiba.

Segundo o MOS – 4ª edição, os limites das distâncias a considerar entre a cidade sede da empresa contratada e o local do serviço, será no mínimo 20 km e no máximo a distância de Curitiba até a cidade do local do serviço.

- f) As atividades deverão seguir o Cronograma Físico da licitação. Caso for necessária alguma alteração, a empresa poderá apresentar nova proposta de Cronograma para aprovação da fiscalização da Sanepar.

MPS	MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO	Revisão 3	Página 9 / 61
-----	----------------------------------	--------------	------------------

## 2.2 Ensaios de Campo e Laboratório

- a) A planilha abaixo apresenta os ensaios geotécnicos de campo e laboratório necessários para caracterizar e estudar o comportamento mecânico do solo, sendo a relação destes ensaios listados abaixo:

<b>Orçamento Ensaios Geotécnicos</b>			
<b>Tabela de Preços para Ensaios Geotécnicos</b>			
Item	Serviços		ud
<b>ENSAIOS</b>			
180201	Resistência à compressão simples		ud
180202	Cisalhamento direto (por ponto), sendo	Envoltória(s)	ud
180203	Cisalhamento triaxial - CD - por ponto		ud
180204	Cisalhamento triaxial - CU - por ponto		ud
180205	Cisalhamento triaxial - UU - por ponto		ud
180206	Adensamento		ud
180207	Adensamento com colapsividade		ud
180208	Permeabilidade carga constante ou variável (amostras indeformadas ou compactadas)		ud
180211	Ensaio de granulometria		ud
180212	Granulometria com sedimentação		ud
180213	Ensaio de limite de liquidez		ud
180214	Ensaio de limite de plasticidade		ud
180215	Ensaio de massa específica real de grãos		ud
180216	Ensaio de massa específica natural		ud
180217	Ensaio de umidade natural		ud
180218	Compactação Proctor Normal		ud
180219	CBR na umidade ótima		ud
180220	Transporte de amostras coletadas em campo para laboratório (xxxCIDADE01xxx - xxxCIDADE02xxx)		Km

- b) Os custos dos Ensaios Geotécnicos relacionados estão presentes na Tabela de Preços para Ensaios Geotécnicos, disponibilizada pela Unidade de Serviços de Aquisição – USAQ.
- c) Na ausência do serviço de sondagem, o transporte para os serviços de coleta de amostras deformada e indeformada serão realizados pela equipe do Laboratório de Solos (item 180220).

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO  
DE PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO E EXECUÇÃO DE  
SERVIÇOS DE ENSAIOS E SONDAGENS**



- d) As atividades deverão seguir o Cronograma Físico da licitação. Caso for necessária alguma alteração, a empresa poderá apresentar nova proposta de Cronograma para aprovação da fiscalização da Sanepar.

## 2.3 Projeto Básico Geotécnico

- a) O valor do Projeto Básico Geotécnico está definido segundo as planilhas do MOEP (Manual de Orçamentação de Estudos e Projetos), onde relaciona unitariamente o custo em função dos tipos de unidades e acessos a implantar/ampliar indicadas no ETP (Estudo Técnico Preliminar) e da complexidade geotécnica. Abaixo segue a tabela com a relação dos tipos de unidades a considerar.

Orçamento Projeto Básico Geotécnico		
MOEP		
Item	Serviços	ud
VISITA TÉCNICA**		
Despesas de Viagem -		ud
009.001	PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO PARA CAIXAS EM GERAL, BLOCOS E DISSIPADORES - Caixas em geral , blocos, dissipadores com embutimento inferior a 2,00m.	
009.001.001	Concepção do projeto básico geotécnico	ud
009.001.002	Caixas em geral , blocos, dissipadores com embutimento inferior a 2,00m	ud
009.002	PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO OU DESMONTE DE ROCHA PARA UNIDADES DE SAA, SES E EDIFICAÇÕES.	
009.002.001	Concepção do projeto básico geotécnico sem pavimentação	ud
009.002.002	Caixas em geral , blocos, dissipadores com embutimento inferior a 2,00m	ud
009.002.003	Unidades construtivas COM ÁREA EM PLANTA ATÉ 200 M <sup>2</sup> , apoiadas ou com embutimento até 2,00m	ud
009.002.004	Unidades construtivas COM ÁREA EM PLANTA ATÉ 200 M <sup>2</sup> COM embutimento entre 2,00m até 4,00m	ud
009.002.005	Unidades construtivas COM ÁREA EM PLANTA ATÉ 200 M <sup>2</sup> COM embutimento acima de 4,00m	ud

MPS	MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO	Revisão 3	Página 11 / 61
-----	----------------------------------	--------------	-------------------

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO  
DE PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO E EXECUÇÃO DE  
SERVIÇOS DE ENSAIOS E SONDAGENS**



009.002.006	Unidades construtivas COM ÁREA EM PLANTA ENTRE 201 M <sup>2</sup> E 500 M <sup>2</sup> , apoiadas ou com embutimento até 2,00m	ud
009.002.007	Unidades construtivas COM ÁREA EM PLANTA ENTRE 201 M <sup>2</sup> E 500 M <sup>2</sup> COM embutimento entre 2,00m até 4,00m	ud
009.002.008	Unidades construtivas COM ÁREA EM PLANTA ENTRE 201 M <sup>2</sup> E 500 M <sup>2</sup> COM embutimento acima de 4,00m	ud
009.002.009	Unidades construtivas COM ÁREA EM PLANTA ACIMA DE 501 M <sup>2</sup> , apoiadas ou com embutimento até 2,00m	ud
009.002.010	Unidades construtivas COM ÁREA EM PLANTA ACIMA DE 501 M <sup>2</sup> COM embutimento entre 2,00m até 4,00m	ud
009.002.011	Unidades construtivas COM ÁREA EM PLANTA ACIMA DE 501 M <sup>2</sup> COM embutimento acima de 4,00m	ud
009.003	<b>PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO PARA PROTEÇÃO / CONTENÇÃO DE MARGENS E BARRAGENS, RECUPERAÇÃO DE TALUDES</b>	
009.003.001	Concepção do projeto básico geotécnico	ud
009.003.002	Proteção de Margem ou Recuperação de Taludes - Seção de análise com altura inferior a 2,00m	ud
009.003.003	Proteção de Margem ou Recuperação de Taludes - Seção de análise com altura entre 2,00m e 4,00m	ud
009.003.004	Proteção de Margem ou Recuperação de Taludes - Seção de análise com altura superior a 4,00m	ud
009.003.005	Proteção de Margem e Barragem - Seção de análise com altura inferior a 2,00m	ud
009.003.006	Proteção de Margem e Barragem - Seção de análise com altura entre 2,00m e 4,00m	ud
009.003.007	Proteção de Margem e Barragem - Seção de análise com altura superior a 4,00m	ud
009.004	<b>PROJETO BÁSICO VIAS INTERNAS</b> Não está incluso custos de ensaios	
009.004.001	Concepção do projeto básico	ud
009.004.002	Dimensionamento e detalhamento do Pavimento Flexível em CBUQ	ud
009.004.003	Dimensionamento e detalhamento do Pavimento Rígido de Concreto	ud
009.004.004	Dimensionamento e detalhamento do Pavimento Flexível com base de solo cimento	ud
009.004.005	Dimensionamento e detalhamento do Pavimento de Paver	ud
009.005	<b>PROJETO BÁSICO VIAS EXTERNAS</b> Não está incluso custos de ensaios	

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO  
DE PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO E EXECUÇÃO DE  
SERVIÇOS DE ENSAIOS E SONDAGENS**



009.005.001	<p>Acesso externo sem aprovação junto a órgãos como DNIT, DER E PREFEITURAS, envolvendo:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ANÁLISE DAS SONDAGENS E ENSAIOS DE CAMPO E LABORATÓRIO</li> <li>2. PROJETO GEOMÉTRICO</li> <li>3. PROJETO DE TERRAPLENAGEM</li> <li>4. PROJETO DE DRENAGEM</li> <li>5. PROJETO DE SINALIZAÇÃO</li> <li>6. PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO - DEFINIÇÃO E DIMENSIONAMENTO</li> <li>7. PROJETO DE PAISAGISMO</li> <li>8. PROJETO DE ILUMINAÇÃO.</li> <li>9. RELATÓRIO DESCRITIVO E PEÇAS GRÁFICAS</li> </ol>	km
-------------	--	----

b) O item “Visita Técnica” refere-se às despesas de viagem como horas de profissional, hospedagem, diárias de alimentação e consumo de combustível. A composição é conforme o MOEP;

Para a composição do valor global é determinado um circuito de cidades definindo a distância e o tempo total necessário para realizar as viagens e visitas técnicas. O custo unitário para cada cidade será dado pela média em relação ao número de cidades.

Para o faturamento deste item “Visita Técnica”, a empresa deverá entregar à Sanepar um relatório técnico da visita realizada, conforme o item 3.3.

**VISITA TÉCNICA**

011	ITENS COMUNS	
<b>Orçamento Mobilização</b>		
<b>MOEP</b>		
001.001	<p>Visita Técnica** - Despesa de viagem por cidade</p> <p>Circuito: xxxCIDADESxxx</p>	
001.001.003	Horas do profissional na viagem para a visita - eng pleno	H/h
001.001.011	Hospedagem	pernoite
001.001.012	Diária	diária
001.001.013	Quilometragem	km rodado

### **3 RELATÓRIO DA INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA, VISITA TÉCNICA E DA CONCEPÇÃO DO PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO**

Este relatório representa a primeira parte do Projeto Básico Geotécnico deverá conter os elementos apresentados abaixo:

- a) Investigação Geotécnica (Sondagens SPT e Ensaios Geotécnicos);
- b) Relatório da Visita Técnica de campo;
- c) Concepção do Projeto Básico Geotécnico;
  - Modelo Geológico Tridimensional
  - Relatório técnico resumido

O profissional geotécnico deverá analisar e definir um “Plano de Investigação Geotécnica” com base nas plantas de implantações das áreas/unidades a estudar. Este plano deverá constar:

- A locação dos furos de sondagem SPT e profundidades previstas;
- A locação dos pontos da coleta de amostras indeformadas, descrevendo a profundidade e os ensaios previstos para cada ponto;
- A locação dos pontos da coleta de amostras deformadas, descrevendo a profundidade e os ensaios previstos para cada ponto;

O Plano de Investigação Geotécnica deverá definido 1 semana antes do serviço de campo, devendo ser encaminhado previamente ao responsável da contratada para aprovação.

### **3.1 Investigação Geotécnica – Coleta de Amostras**

#### **3.1.1 Coleta de Amostra Deformada**

A coleta de amostra deformada é realizada escavando o solo com uso trado ou pá manual, sendo o solo escavado acondicionado em sacos de ráfia. Desta forma, para cada ponto de coleta de amostra deformada, retira-se 60 kg de material/saco a ensaiar.

Para a comprovação deste serviço pela a fiscalização, o executor deverá apresentar um relatório fotográfico, ilustrando a coleta, o acondicionamento do solo (sacos de ráfia) e a identificação do ponto conforme definido pelo Plano de Investigação Geotécnica. Ainda, descrever o tipo de solo, a data e as condições climáticas.

#### **3.1.2 Coleta de Amostra Indeformada**

As amostras indeformadas preservam a mesma integridade do solo em campo. Ou seja, possui as mesmas características e propriedades “in situ” como a estrutura porosa, a feição geológica, o peso específico, a umidade e a compacidade (areias) ou a consistência (argilas). No laboratório, estas amostras são destinadas a ensaios mecânicos como exemplo o cisalhamento direto, triaxial, adensamento, entre outros.

O acesso para a coleta de amostras através de Blocos Indeformados pode ser dado por uma escavação mecânica em cavas a céu aberto, com profundidade em torno de 3m ou limitada pela capacidade de alcance da retroescavadeira ou escavadeira (Coleta de Bloco – NBR 9604), conforme ilustrado na Figura 1.

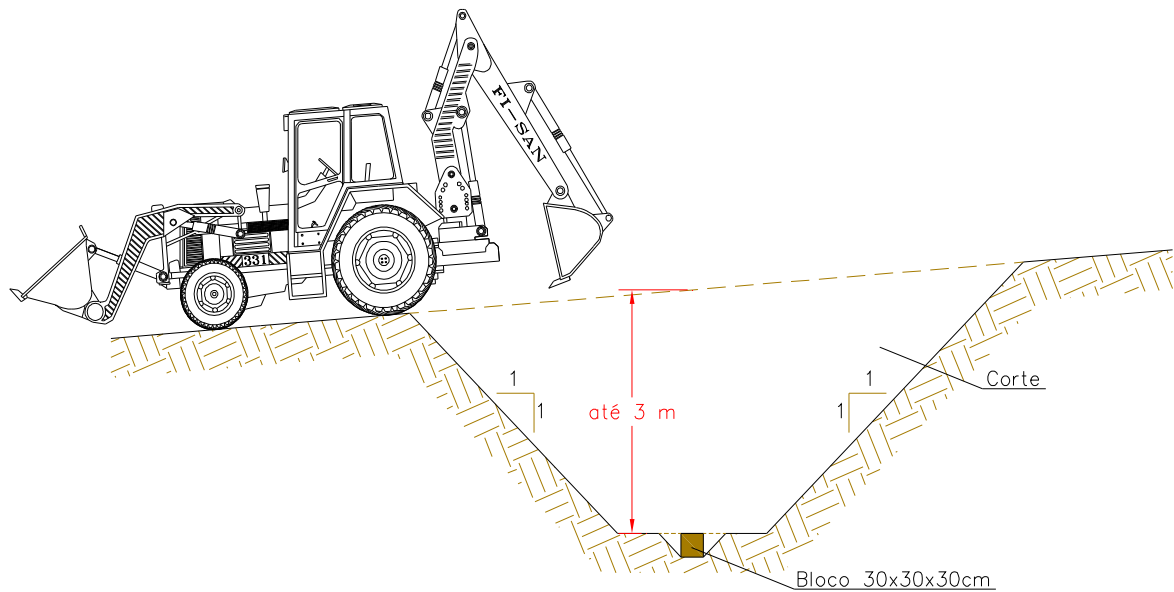


Figura 1 – Escavação mecânica a céu aberto com uso de uma retroescavadeira. Limite de 3m de profundidade ou pela capacidade de alcance da máquina.

Em casos de áreas com espaço restrito é possível realizar uma escavação manual em poços (Coleta de Bloco – NBR 9604), conforme ilustrado na Figura 2.

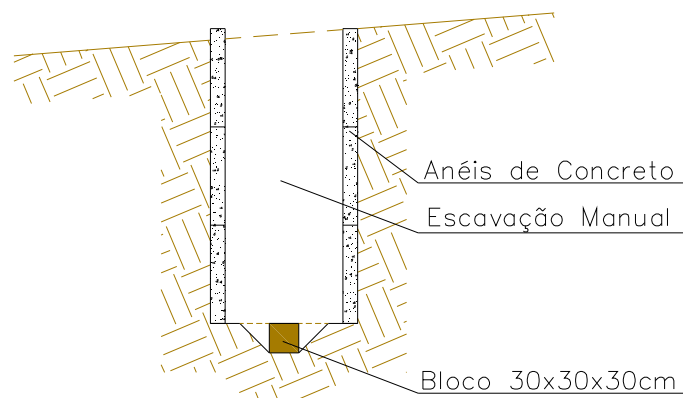


Figura 2 - Escavação manual em poços.



Resumidamente, segue abaixo o procedimento para extração da amostra indeformada em bloco:

- a) Escavar o solo com uso lâmina, moldando um cubo de 30x30x30cm<sup>3</sup> (Figura 3a e Figura 3b);
- b) Envolver as faces expostas do bloco com 3 camadas de tecido (talagarça) e parafina líquida (Figura 4a e Figura 4b);
- c) Identificar o topo do bloco com a letra “T” e a direção da amostragem (Figura 4c);
- d) Arrasar a base do bloco e tombar sobre um colchão de solo fofo. Proteger a face exposta com 3 camadas de talagarça e parafina líquida (Figura 4d);
- e) Para transporte é necessário uma proteção mecânica com uso de caixa de madeira. Desta forma, a amostra fica acondicionada dentro da caixa e envolvida por serragem úmida.



Figura 3 – Escarificação do solo com uso de lâminas (facas) para moldar um bloco indeformado.



Figura 4 – a) Proteção com uso de talagarça e parafina, b) Realizar 3 camadas de sequenciais de talagarça e parafina, c) Identificar a face do topo e a direção norte d) Arrasar o fundo com lâmina e proteger a face exposta.

A extração direta do local, com uso do anel de amostragem, poderá ser realizada em campo (Figura 5), devendo ser coletado o dobro da quantidade de amostras previstas para a realização dos ensaios no laboratório. Esta medida garantirá a realização dos ensaios e, para eventuais erros ou discrepâncias, poderá ser realizadas contraprovas (validações).



Figura 5 – Coleta de amostra direto nos anéis de ensaio para o Cisalhamento Direto e Adensamento.

A coleta de amostra indeformada através de Amostrador Shelby (paredes delgadas) deverá ser realizada em argilas moles, onde a escavação e a coleta com o bloco é impraticável. Neste caso é possível realizar uma escavação de um furo de acesso, utilizando os mesmos equipamentos da sondagem SPT, a menos do revestimento que deverá ter diâmetro interno de 6” para permitir a passagem do amostrador Shelby de 4” de diâmetro interno, conforme ilustrado pela Figura 6a (NBR 9820).

Na Figura 6b mostra que, após a escavação com revestimento atingir a cota de coleta, deve-se cravar o amostrador Shelby sem percussão, apenas por prensagem manual. Este procedimento permite o coletar o solo sem danificá-lo.

A Figura 7 ilustra a vista geral do amostrador com o solo indeformado em campo. A face exposta deverá ser protegida com o mesmo procedimento de proteção do bloco, com 3 camadas de talagarça e parafina.

Desta forma, o solo indeformado é transportado e deverá ser extraído do amostrador somente no laboratório.

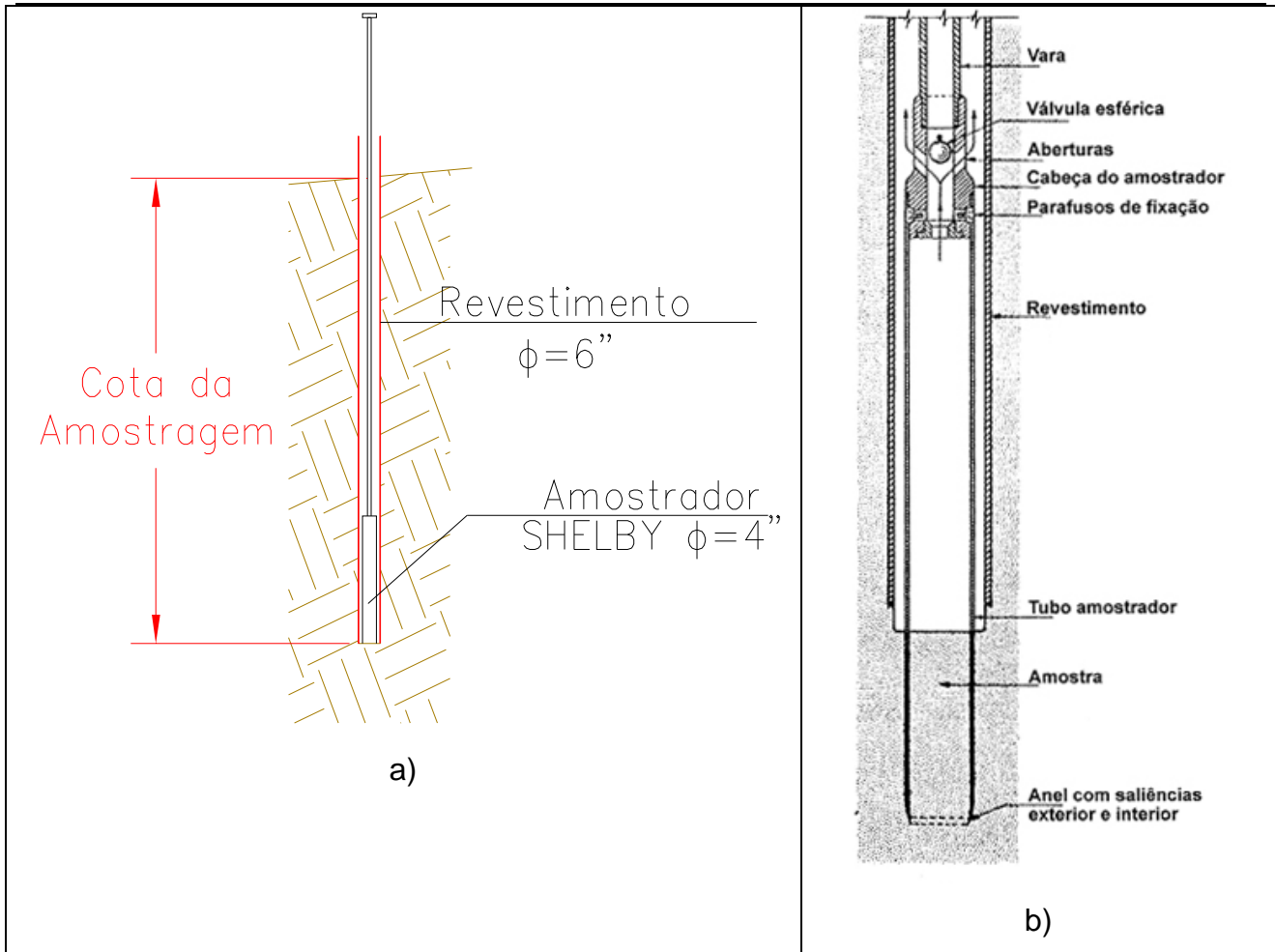


Figura 6 – a) Esquema de instalação do Amostrador, b) Shelby mostrado em detalhes.



Figura 7 – Vista geral do Amostrador Shelby de paredes delgadas.

Para a comprovação destes serviços pela a fiscalização, o executor deverá apresentar um relatório fotográfico, ilustrando a coleta, o acondicionamento do solo e a identificação do ponto conforme definido pelo Plano de Investigação Geotécnica. Ainda, descrever o solo, a data, e as condições climáticas.

### **3.2 Investigação Geotécnica - Ensaio de Caracterização**

Estes ensaios visam caracterizar o solo quanto a granulometria, sedimentação, compactação, CBR (ISC), umidade, peso específico natural, peso específico real dos grãos, limites de consistência (LL, LP, IP), índice de vazios.

Estes resultados servem para a classificação dos solos e para as definições de parâmetros em análises de estabilidade de taludes, fundações, rebaixamento do lençol freático, entre outras análises.

A coletânea das normas para a elaboração dos ensaios de caracterização está relacionada abaixo:

FONTE	Nº	DESCRIÇÃO
NBR -	5681	CONTROLE TECNOLÓGICO DA EXECUÇÃO DE ATERROS EM OBRAS DE EDIFICAÇÕES
NBR -	5734	PENEIRAS PARA ENSAIO
NBR -	6457	AMOSTRAS DE SOLO - PREPARAÇÃO PARA ENSAIOS DE COMPACTAÇÃO E ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO
NBR -	6458	GRÃOS DE PEDREGULHO RETIDOS NA PENEIRA DE 4,8 MM - DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA, DA MASSA ESPECÍFICA APARENTE E DA ABSORÇÃO DE ÁGUA.
NBR -	6459	SOLO - DETERMINAÇÃO DO LIMITE DE LIQUIDEZ
NBR -	6465	AGREGADOS - ABRASÃO LOS ANGELES
NBR -	6490	RECONHECIMENTO E AMOSTRAGEM PARA FINS DE CARACTERIZAÇÃO DE OCORRÊNCIA DE ROCHAS
NBR -	6491	RECONHECIMENTO E AMOSTRAGEM PARA FINS DE CARACTERIZAÇÃO DE PEDREGULHO E AREIA
NBR -	6502	ROCHAS E SOLOS

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO  
DE PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO E EXECUÇÃO DE  
SERVIÇOS DE ENSAIOS E SONDAGENS**



NBR -	6508	GRÃOS DE SOLOS QUE PASSAM NA PENEIRA DE 4,8 MM - DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA
NBR -	7180	SOLO - LIMITE DE PLASTICIDADE
NBR -	7181	SOLO - ANÁLISE GRANULOMÉTRICA
NBR -	7182	SOLO - ENSAIO DE COMPACTAÇÃO
NBR -	7183	DETERMINAÇÃO DO LIMITE E RELAÇÃO DE CONTRATAÇÃO DE SOLOS
NBR -	7185	SOLO - DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA APARENTE, "IN SITU", COM EMPREGO DO FRASCO DE AREIA.
NBR -	9604	ABERTURA DE POÇO E TRINCHEIRA DE INSPEÇÃO EM SOLO, COM RETIRADA DE AMOSTRAS DEFORMADAS E INDEFORMADAS – PROCEDIMENTO.
NBR -	9813	SOLO - MASSA ESPECÍFICA PELO CILINDRO DE CRAVAÇÃO
NBR -	9895	SOLO - ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA

### 3.3 Investigação Geotécnica - Ensaio Geotécnicos Mecânicos

Estes ensaios geotécnicos visam o estudo do comportamento mecânico do solo quando sujeito a uma solicitação de esforços. Estas características definem parâmetros de análise para a fundação, estabilidade de taludes, rebaixamento do lençol freático entre outros.

No geral, a maioria das estruturas hidráulicas dos SAA e SES da Sanepar são “tanques”, onde predominam um carregamento distribuído na fundação. Esta condição é a ideal para estudar a solução em fundação direta (estruturas apoiadas sobre sapatas e radies), pois representa a solução de menor custo envolvido. Para tanto o ensaio de adensamento é necessário para estudar o solo quanto a sua capacidade suporte e compressibilidade.

Em obras enterradas a solução de escavações a céu aberto, concordando com taludes estáveis, apresenta menor custo envolvido. Para tanto o ensaio de cisalhamento do solo é necessário para a análise de estabilidade de taludes e das contenções, se necessário.

Assim os ensaios de adensamento e cisalhamento apresentam maior relevância para uma análise geotécnica, pois representam os ensaios mecânicos. No entanto outros

ensaios de caracterização são necessários para classificar os solos bem como correlacionar com suas propriedades mecânicas.

A coletânea das normas para a elaboração destes ensaios está relacionada abaixo:

FONTE	Nº	DESCRIÇÃO
NBR -	9604	ABERTURA DE POÇO E TRINCHEIRA DE INSPEÇÃO EM SOLO, COM RETIRADA DE AMOSTRAS DEFORMADAS E INDEFORMADAS - PROCEDIMENTO.
NBR	9820	COLETA DE AMOSTRAS INDEFORMADAS DE SOLOS DE BAIXA CONSISTÊNCIA EM FUROS DE SONDAGEM
NBR -	10838	SOLO - MASSA ESPECÍFICA DE AMOSTRAS INDEFORMADAS
NBR -	12004	SOLO - ÍNDICE DE VAZIOS MÁXIMOS
NBR -	12007	SOLO - ENSAIO DE ADESAMENTO UNIDIMENSIONAL - MÉTODO DE ENSAIO
NBR -	12051	SOLO - ÍNDICE DE VAZIOS MÍNIMOS
NBR -	12770	SOLO COESIVO - COMPRESSÃO NÃO CONFINADA
ASTM -	D2850	SOLO - ENSAIO DE CISALHAMENTO TRIAXIAL NÃO CONSOLIDADO E NÃO DRENADO (UU) STANDARD TEST METHOD FOR UNCONSOLIDATED-UNDRAINED TRIAXIAL COMPRESSION TEST ON COHESIVE SOILS
ASTM -	D3080	SOLO - ENSAIO DE CISALHAMENTO DIRETO STANDARD TEST METHOD FOR DIRECT SHEAR TEST OF SOILS UNDER CONSOLIDATED DRAINED CONDITIONS
ASTM -	D4767	SOLO - ENSAIO DE CISALHAMENTO TRIAXIAL CONSOLIDADO E NÃO DRENADO (CU) STANDARD TEST METHOD FOR CONSOLIDATED UNDRAINED TRIAXIAL COMPRESSION TEST FOR COHESIVE SOILS
ASTM -	D7181	SOLO - ENSAIO DE CISALHAMENTO TRIAXIAL CONSOLIDADO E DRENADO (CD) METHOD FOR CONSOLIDATED DRAINED TRIAXIAL COMPRESSION TEST FOR SOILS

### 3.3.1 Ensaios de adensamento (NBR 12007)

Este ensaio de laboratório estuda o comportamento quanto a deformabilidade de solos argilosos, destacando alguns aspectos de análise:

- Recalque por adensamento;
- Tensão de Pré-Adensamento;
- Colapsividade do solo.

Desta maneira, adota-se como regra geral a execução de ensaio de adensamento em estruturas como RALF, UASB, Filtros, Decantador, Adensador, Reservatório ou Tanque de grande dimensão.

A dispensa deste ensaio deverá ser justificada pelo profissional geotécnico contratado, quanto à deformabilidade e capacidade de carga.

a) Recalque por adensamento

As argilas, moles e saturadas são solos suscetíveis à ocorrência de recalques ao longo do tempo quando submetidos a uma sobrecarga, devido à dissipação das pressões neutras (poropressões), onde para sua determinação deverá ser aplicada a Teoria do Adensamento.

Para a determinação do recalque total deve-se adicionar este valor ao recalque elástico do solo.

b) Tensão de pré-adensamento - Definição da fundação

Todo solo apresenta uma “memória” do nível de tensão que já esteve submetido durante sua história geológica. Assim pode existir 2 tipos de solos argilosos, as argilas normalmente adensadas e as pré-adensadas.

As argilas normalmente adensadas são solos residuais originárias da rocha mãe, onde o nível de tensão existente é o alívio devido ao peso próprio do solo (tensões geostáticas). O exemplo local mais característico é a argila residual do basalto existente no Norte e Sudeste do Paraná. No entanto, argilas lateríticas podem apresentar tensão de pré-adensamento superior à tensão alívio, conforme observado por Vargas (1977).



Já as argilas pré-adensadas são solos que sofreram uma sobrecarga maior que a tensão de alívio durante sua história geológica. Este nível de carga denomina-se tensão de pré-adensamento. Um exemplo local característico é a argila da bacia sedimentar da Formação Guabirota existente em Curitiba.

Na definição da fundação direta, a tensão de pré-adensamento torna-se um parâmetro importante a ser determinado, visto que este valor define uma tensão admissível aonde os recalques conduzem a valores mínimos. Ou seja, através do ensaio de adensamento é possível estudar melhor o comportamento do solo e fundamentar o uso de fundação direta.

### c) Colapsividade do Solo

O solo resultante da decomposição do basalto atuante em grande parte do Paraná (região Norte e Sudoeste) poderá ter uma característica de colapsividade, mas costuma-se generalizar esta característica do solo.

Toda a argila, porosa e não saturada apresenta a *colapsibilidade* que é a probabilidade de ocorrência do colapso. Porém o “colapso” depende de sobrecarga que o solo será submetido quando saturado.

Este comportamento deve ser medido através do ensaio de adensamento com uso de amostra não-saturada. Assim o solo será considerado *colapsível* quando a amostra for saturada (inundada) na tensão de trabalho e apresentar um recalque imediato maior que 2% da altura da amostra, de acordo com o limite do índice de colapso (ic) (Vargas, 1977).

Assim o solo poderá apresentar uma *colapsibilidade*, mas não ser colapsível devido ao nível de tensão submetido, pois a *colapsividade* está associada ao nível de tensão aplicada. Exemplificando, se uma estrutura possui uma tensão de trabalho de 1,0 kgf/cm<sup>2</sup>, ao inundar esta amostra de solo nesta tensão, o solo será considerado colapsível se apresentar índice de colapso (ic) maior que 2%.

### 3.3.2 Ensaio de cisalhamento

Este ensaio de laboratório estuda o comportamento quanto à ruptura dos solos, determinando a envoltória de resistência ao cisalhamento, definido pelos parâmetros intercepto coesivo ( $c'$ ) e o ângulo de atrito ( $\phi$ ) do solo.

As análises usuais são em estabilidades de taludes (corte e aterro) e sistemas de contenções.

Desta maneira, adota-se como regra geral a execução de um ensaio de cisalhamento para cada análise de estabilidade das grandes escavações provisórias em RALF, UASB, Filtros, Decantador, Adensador, Reservatório ou Tanque de grande dimensão, Contenções e Taludes de corte acima de 2m. Ainda, o ensaio se aplica ao estudo de estabilidade de taludes existentes e encostas naturais.

A dispensa deste ensaio deverá ser justificada pelo profissional geotécnico contratado, quanto ao estudo de estabilidade das escavações.

O ensaio mais usual é o “cisalhamento direto” (ASTM D3080) onde descreve a envoltória de ruptura do solo em condições drenadas.

Quando for necessário poderão ser solicitados ensaios de cisalhamento triaxial. Este ensaio estuda o comportamento de ruptura do solo quando submetidos ao estado triplo de tensão em condições similares àquelas encontradas no campo.

Assim o ensaio triaxial pode ser realizado em 3 condições de consolidação e drenagem, sendo:

- a) Consolidado e Drenado – CD (ASTM D7181)
- b) Consolidado e Não Drenado – CU (ASTM D4767)
- c) Não Consolidado e Não Drenado – UU (ASTM D2850)

Quanto a escolha do tipo de ensaio, segue alguns exemplos típicos:

- a) Terrenos argilosos abaixo de fundações (edifícios e aterros)
  - Ensaio rápidos (não-drenados) - CU, UU
  - Quando ocorrer lentes de areia (drenados) - CD
  
- b) Problemas de empuxos de terra e estabilidade de taludes em solos argilosos
  - obras temporárias (curto prazo) - CU, UU
  - obras definitivas (longo prazo) - CD
  
- c) Barragens de Terra (elevadas por pressões)
  - após a construção - UU
  - rebaixamento rápido - CU
  
- d) - Solos arenosos
  - ensaios drenados - CD

### 3.4 Investigação Geotécnica - Sondagens SPT

As sondagens de investigação à percussão deverão ser executadas de acordo com a norma NBR-6484 – SOLO - SONDAGENS DE SIMPLES RECONHECIMENTO COM SPT - MÉTODO DE ENSAIO. No entanto existe uma coletânea das normas complementares para a realização do ensaio de SPT, sendo relacionada abaixo:

FONTE	Nº	DESCRIÇÃO
NBR -	6484	SOLO - SONDAGENS DE SIMPLES RECONHECIMENTO COM SPT - MÉTODO DE ENSAIO
NBR -	6490	RECONHECIMENTO E AMOSTRAGEM PARA FINS DE CARACTERIZAÇÃO DE OCORRÊNCIA DE ROCHAS
NBR -	6491	RECONHECIMENTO E AMOSTRAGEM PARA FINS DE CARACTERIZAÇÃO DE PEDREGULHO E AREIA
NBR -	6502	ROCHAS E SOLOS
NBR -	7250	IDENTIFICAÇÃO DE AMOSTRAS DE SOLOS OBTIDAS EM SONDAGENS

MPS	MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO	Revisão 3	Página 27 / 61
-----	----------------------------------	--------------	-------------------

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO  
DE PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO E EXECUÇÃO DE  
SERVIÇOS DE ENSAIOS E SONDAGENS**



NBR -	7389	APRECIÇÃO PETROGRÁFICA DE AGREGADOS
NBR -	7390	ANÁLISE PETROGRÁFICA DE ROCHAS
NBR -	8036	PROGRAMAÇÃO DE SONDAGENS DE SIMPLES RECONHECIMENTO DOS SOLOS PARA FUNDAÇÕES DE EDIFÍCIOS - PROCEDIMENTO
NBR -	10905	SOLO - ENSAIOS DE PALHETA IN SITU - MÉTODO DE ENSAIO
ABGE		BOLETIM Nº 4 1996 – ENSAIOS DE PERMEABILIDADE EM SOLOS

O relatório deverá conter os requisitos abaixo:

- a) Planta de locação deverá apresentar as sondagens cotadas e amarradas a elementos fixos e bem definidas no terreno, sendo referências facilmente encontradas e imutáveis, de forma a não deixar dúvidas quanto à sua localização. A planta deve conter a posição do RN tomada para o nivelamento dos furos de sondagens, sendo o RN uma cota em relação a RNM;
- b) Caso a área a ser investigada seja isolada ou o RN não seja uma cota real, deverá ser previsto um transporte de cotas reais até um RN. Este ponto deverá ser um marco topográfico, devidamente identificado no local e em planta, constituído de um bloco de concreto fixado nos limites da área;
- c) Todo o RN adotado deverá ser fotografado. A foto deverá identificar o RN e a área com alguma referência (edificações, cercas limítrofes e outros);
- d) O amostrador padrão deverá ser aquele detalhado pela norma NBR 6484;
- e) Todo o processo de escavação e amostragem deverá ser realizado a seco até atingir a presença de nível de água ou, ainda, instabilidades do fuste. Anotam-se no boletim estas observações;
- f) O procedimento de ensaio de cravação deverá ser aquele descrito pela norma NBR 6484, onde cada golpe de cravação será dado pela queda de um peso de 65 kg a uma altura de 75 cm;

MPS	MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO	Revisão 3	Página 28 / 61
-----	----------------------------------	--------------	-------------------

- g) A amostragem (ensaio de cravação) deverá ser executada a partir do topo do furo, removendo a camada vegetal.
- h) Para as estruturas assentes na superfície do terreno, iniciar as sondagens à percussão com as contagens do número de golpes para cravar o amostrador padrão, a partir do nível do terreno, de acordo com os procedimentos de execução do SPT;
- i) Caso a camada superficial for constituída de aterro não perfurável pelo amostrador padrão, mesmo após a utilização de trépano com recirculação de água, o ensaio deve ser interrompido e reiniciado após a execução de um poço de acesso até o nível do terreno natural, no limite de 3m. Caso contrário, a Sanepar deverá ser notificada.
- j) Os furos de sondagem deverão ser numerados na planta de locação seguindo as direções de cima para baixo e da esquerda para a direita.
- k) O boletim de sondagem SPT deve apresentar o desenho do perfil individual em escala de cada sondagem e/ou seções do subsolo devendo constar:
- Cotas reais (RNM) das bocas dos furos de sondagens;
  - Linhas horizontais cotadas a cada metro em relação ao topo do furo de sondagens e cotas horizontais a cada 5 metros em relação a RNM;
  - Cotas das profundidades, em relação à boca do furo, das transições de camadas e do final da sondagem;
  - Deverá ser apresentado o gráfico de resistência à penetração contendo os golpes necessários para penetrar cada 15 cm do amostrador, sendo os índices de resistência à penetração calculada como sendo a soma dos golpes necessários à penetração no solo nos 30 cm iniciais e finais do amostrador. Caso não ocorra a penetração dos 45 cm do amostrador, o

resultado deverá ser apresentado na forma de frações ordinárias, contendo no numerador os golpes e no denominador as penetrações, em cm, obtidas na sequência do ensaio;

- Informar com precisão a existência e espessura de camada superficial (definindo se é camada vegetal ou não, aterro, presença de calça, saibro, entre outros). Classificar o material constitutivo desta camada;
- Posição das amostras colhidas, devendo ser indicadas amostras não recuperadas e os detritos colhidos por sedimentação. Os solos coletados deverão ser indicados segundo a NBR 6502;
- A cota, em relação à boca do furo, do nível de água encontrado no momento da execução da sondagem e da observação feita após 24 hs da perfuração. Indicar se houve pressão ou perda de água durante o ensaio;
- Caso seja encontrado nível de água durante a perfuração do trado helicoidal, interrompe-se a operação e passa-se a observar a elevação do nível de água no furo, efetuando-se leituras a cada 5 min, durante 30 min. O NA final obtido durante a perfuração deverá constar no relatório;
- Apresentar um perfil geotécnico resultante estratigrafia das sondagens realizadas, notificando quanto ao tipo de solo (argila, silte e areia), consistência para solos argilosos (mole, rija ou dura), compactidade para solos arenosos (fofa, pouco e/ou medianamente compacta, compacta), a cor característica da amostra de solo, a presença de pedregulhos. A convenção gráfica da estratigrafia do solo deverá ser baseada segundo NBR 6502;
- Indicação dos processos de perfuração empregados (TH trado helicoidal, CA - Circulação de água) e respectivos trechos, bem como o avanço do tubo de revestimento;

- Deverá ser considerado “IMPENETRÁVEL À PERCUSSÃO, PROVÁVEL ROCHA OU MATAÇÃO”, depois de realizado o procedimento de escavação com trépano (trepanação ou lavagem por tempo) conforme previsto em norma NBR 6484;
- Deverá ser considerado “IMPENETRÁVEL À PERCUSSÃO, SEGUNDO A NBR 6484” depois de realizado o procedimento de paralisação conforme previsto em norma NBR 6484;
- Deverá ser considerado “LIMITE DE SONDAGEM, INDICADO PELO CONTRATANTE”, caso não seja encontrado impenetrável até a profundidade prevista pela Sanepar;
- Informar os dados como Cliente, Obra, Local, Data de início e fim do ensaio;

#### 3.4.1 Interpretação dos dados do boletim

A Figura 8 mostra os dados pertencentes ao boletim de sondagem SPT com o objetivo de registrar informações referentes ao furo, onde se destaca as datas de início e fim de execução (campo 02), locação e nivelamento (campo 04), posicionamento do Nível de Água (Campos 05 e 09), índice de resistência à penetração (campo 11), descrição tátil-visual do solo (campo 14), entre outros.

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO  
DE PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO E EXECUÇÃO DE  
SERVIÇOS DE ENSAIOS E SONDAGENS**

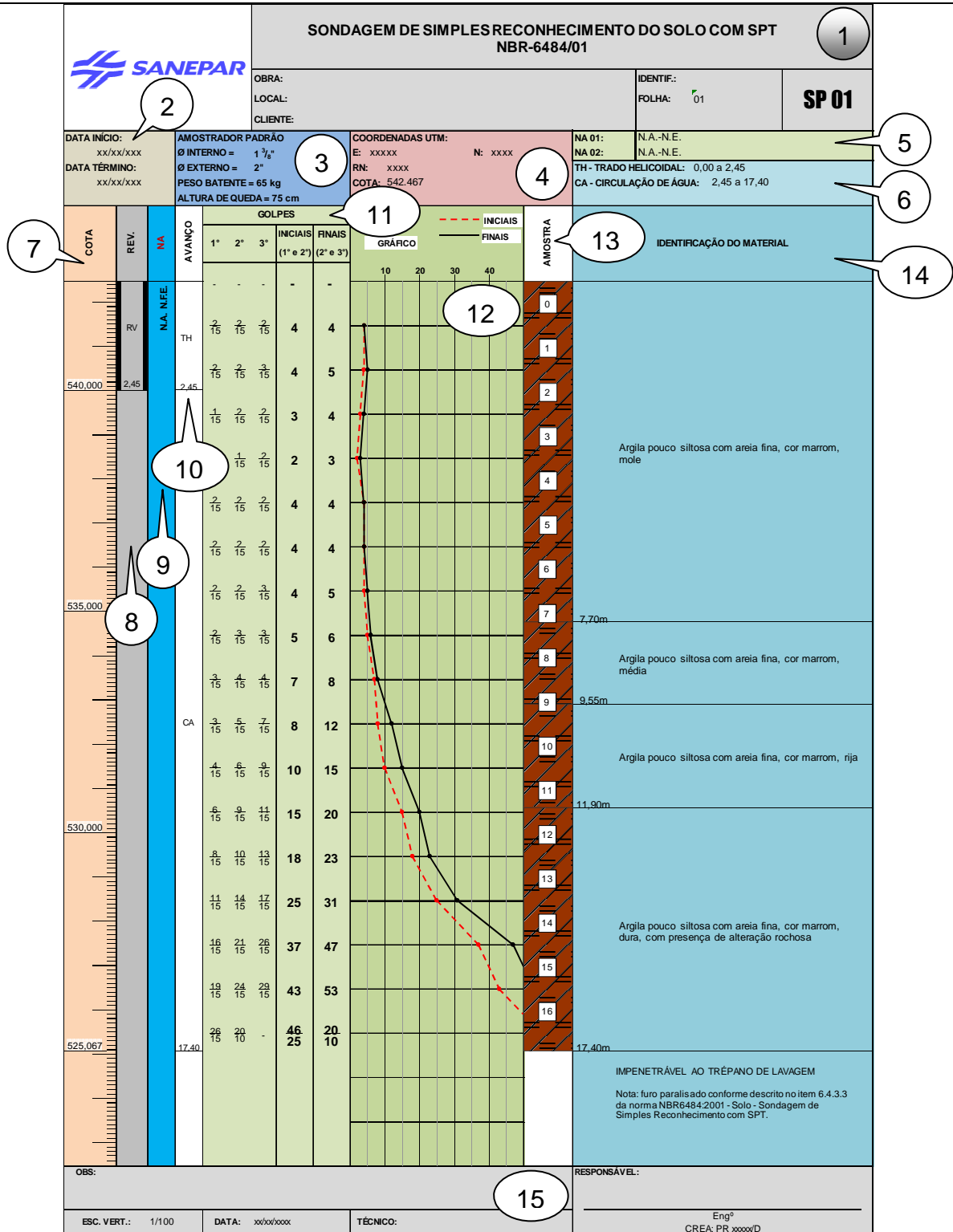


Figura 8 - Modelo Apresentação do Boletim de Sondagem SPT



**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO  
DE PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO E EXECUÇÃO DE  
SERVIÇOS DE ENSAIOS E SONDAGENS**



CAMPO	DESCRIÇÃO
1	Informações do Cabeçalho;
2	Registro de data de Início e Término do Serviço de Sondagem;
3	Informações do Amostrador Padrão;
4	Dados de Locação do Furo – Cota, Referência de Nível (RN) e Coordenadas UTM;
5	Leitura da profundidade do Nível de Água, na ocasião da sondagem (NA01) e após 24 horas (NA02);
6	Informações executivas ao longo da profundidade, sendo o Equipamento utilizado para a escavação e a profundidade do início da recirculação de água;
7	Escala com as Cotas em relação ao RN;
8	Profundidade do uso de Revestimento;
9	Cota do nível de água em relação ao RN;
10	Descrição do equipamento de escavação utilizado ao longo da profundidade;
11	Registros, a cada 15 cm, da quantidade de golpes necessários para cravar o amostrador;
12	Representação gráfica da variação dos golpes para cravar o amostrador, nos 30 cm iniciais e finais;
13	Representação ilustrativa da variabilidade do tipo de solo;
14	Descrição do tipo de solo, consistência e/ou compacidade e a cor do solo;
15	Informações do Rodapé.

Na sondagem SPT determina a quantidade de golpes para cravar 45 cm do amostrador, estagiados em leituras de 3 camadas de 15 cm, sendo nomeados de 1ª, 2ª e 3ª penetrações.

Os boletins de sondagem SPT de uma forma geral apresentam duas colunas chamadas de 1ª e 2ª e outra chamada de 2ª e 3ª penetrações, conforme a Figura 9.

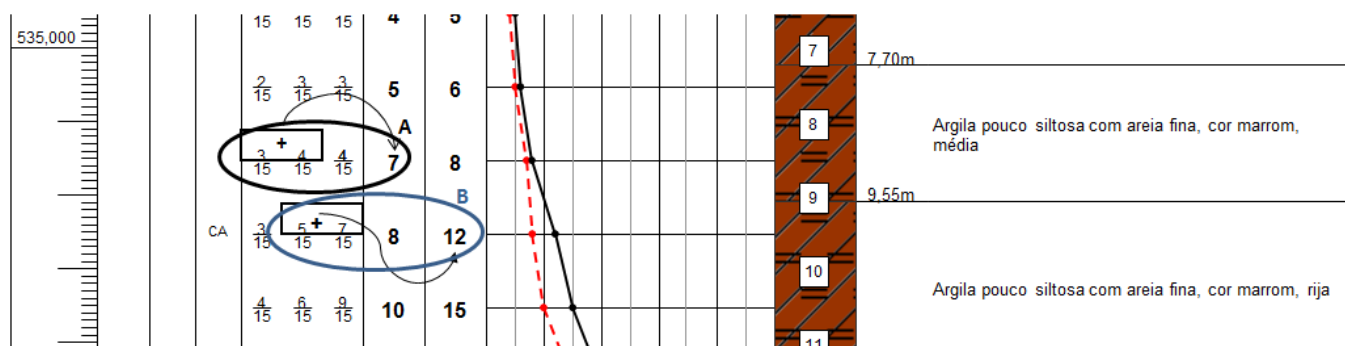


Figura 9 -- Interpretação do valor  $N_{spt}$ . (A) representa a soma de golpes da 1ª e 2ª camada. (B) representa a soma de golpes da 2ª e 3ª camada

A análise sempre irá se basear na coluna 2ª e 3ª, que é a soma dos golpes para penetração do amostrador nos últimos 30 cm (Nspt). Em termos de cálculo, despreza-se a primeira camada por representar um solo amolgado devido ao processo de escavação.

### 3.4.2 Locação e nivelamento dos furos

Este serviço devera ser executado com equipe topográfica, materializando em campo (com piquetes) os pontos de sondagens, baseando-se em levantamento topográfico existente na fase do projeto básico de engenharia.

O nivelamento de sondagem deverá usar Referencia de Nível (RN) igual ao do projeto básico de engenharia, sendo estas cotas dos furos de sondagem que irá definir o quanto cada unidade está enterrada ou não no local e sua camada de assentamento.

O erro na cota poderá acarretar uma análise equivocada do solo de apoio, podendo gerar recalques ou superdimensionamentos com consequência direta nos custos.

### 3.4.3 Detecção do nível de água e Ensaio de Infiltração

Um dos mais importantes dados da sondagem é o nível de água. A presença do lençol freático nas estruturas implica em verificar a necessidade de projetar um sistema de rebaixamento na fase de projeto, evitando indesejáveis flutuações da estrutura durante a fase de obra.

Segundo a NBR 6484, a detecção do nível de água deverá ser observada em 2 fases, sendo a primeira na ocasião da escavação e a segunda após 12hs (no mínimo) do término da sondagem.

O ensaio de infiltração realizado na ocasião da sondagem SPT estuda o comportamento do fluxo no solo quanto ao submetido à infiltração de água, definindo o parâmetro dado

MPS	MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO	Revisão 3	Página 34 / 61
-----	----------------------------------	--------------	-------------------

pela condutividade hidráulica ou permeabilidade dos solos saturados (Associação Brasileira de Geologia de Engenharia – ABGE em seu Boletim Nº 4 1996 – “Ensaio de Permeabilidade em Solos”), sendo a análise aplicável ao rebaixamento do lençol freático.

Sempre que a sondagem SPT acusar a presença de água acima da cota de assentamento das estruturas, o Projeto Básico geotécnico definirá um sistema de rebaixamento do lençol, onde o parâmetro do solo necessário é a condutividade hidráulica.

Assim, pode-se prescindir deste ensaio quando a sondagem não se detecta o lençol freático, devendo ser informado à fiscalização da Sanepar.

Este ensaio de infiltração é realizado durante a fase de execução da sondagem SPT, aproveitando todos os materiais já instalados na sondagem como o revestimento.

### **3.5 Relatório da visita técnica de campo.**

Na fase de investigação geotécnica (sondagens e ensaios) está programada a realização de “Visita Técnica” do engenheiro civil geotécnico nos locais das obras, onde a contratada deverá descrever todas as características locais através de um laudo técnico, contendo:

- Informações gerais como localidade, data da vistoria.
- Descrição do Mapeamento Geológico local, abordando aspectos como a formação de solos, relevo, vegetação, feições geológicas, condições de drenagem do solo, tipo de ocupação, entre outros;
- Registro fotográfico da área, das interferências e das informações de moradores locais;
- Identificação das interferências existentes (edificações, tubulações, divisas) e dificuldades de acesso.

As interferências deverão ser apresentadas em croquis de locação, indicando os aspectos e pontos mais relevantes observados.

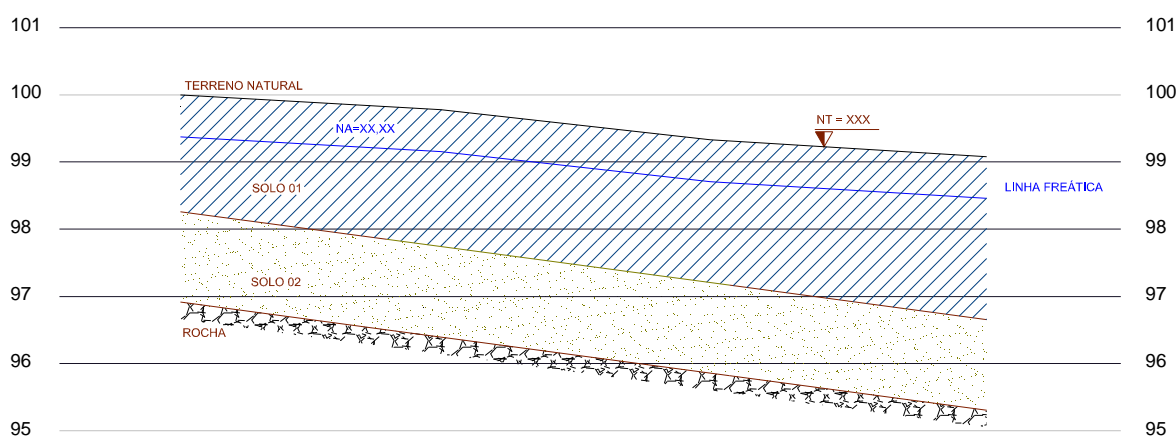
No laudo técnico deve constar a identificação do profissional responsável pela vistoria.

### 3.6 Relatório da Concepção do Projeto Básico Geotécnico

#### 3.6.1 Modelo Geológico Tridimensional

Após a realização da visita técnica e da investigação geotécnica, a contratada terá condições de analisar e interpretar os dados, apresentando os resultados obtidos em um Modelo Geológico Tridimensional.

Este modelo deverá ser desenvolvido em software CAD (\*.dwg), compatível com a plataforma BIM (\*.ifc), e representar como elementos de superfícies a topografia, a interface entre camadas de solo (estratigrafia), o lençol freático, as feições geológicas (diques, fraturas, falhas entre outros). A Figura 10 mostra um Perfil Geológico obtido do modelo tridimensional.



#### PERFIL AA

ESCALA 1:100

Figura 10 - Perfil Geológico baseado nas informações da investigação geotécnica.

Deverão ser apresentadas a via impressa e digital da vista em planta e perfis geológicos obtidos do modelo tridimensional, sendo os alinhamentos definidos em função da localização das unidades.

### 3.6.2 Relatório técnico resumido

Neste item a contratada deverá apresentar um quadro resumo das definições do projeto para cada unidade construtiva, sendo:

- a) Fundações direta ou profunda e as plantas de cargas consideradas no projeto estrutural. No caso de fundação profunda, definir o tipo de estaca ou tubulão;
- b) Escavações e/ou aterros da terraplanagem, descrevendo as inclinações e alturas de taludes das cavas. No caso de contenções, descrever a área, altura, comprimento e ancoragens (se necessário);
- c) Rebaixamento do Lençol Freático, descrevendo o tipo, a vazão e altura.
- d) Pavimentação, descrevendo a escavação e as camadas de composição do perfil do pavimento, incluindo o reforço (se necessário), a sub-base, a base e o tipo de revestimento.

## 4 RELATÓRIO DO PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO

Este relatório representa a segunda parte do Projeto Básico Geotécnico composto por um memorial de cálculo, sem detalhamentos, contendo:

- a) Descrição das unidades e informações geotécnicas;
- b) Definição do tipo de fundação direta ou profunda;
- c) Definição das escavações e/ou aterros da terraplanagem;
- d) Definição do sistema de rebaixamento;
- e) Definição do sistema de contenção;
- f) Descrição do desmonte de rocha;
- g) Definição da pavimentação;
- h) Quadro de Quantitativos

O Projeto Básico Geotécnico deverá ser desenvolvido em conjunto com os projetos hidráulico, estrutural, elétrico/automação e mecânico, de modo a haver compatibilização entre todas as especialidades e elaborado de acordo com as normas relacionadas abaixo:

FONTE	Nº	DESCRIÇÃO
NBR	5629	EXECUÇÃO DE TIRANTES ANCORADOS NO TERRENO
NBR	5681	CONTROLE TECNOLÓGICO DA EXECUÇÃO DE ATERROS EM OBRAS DE EDIFICAÇÕES
NBR	6118	PROJETO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO - PROCEDIMENTO
NBR	6122	PROJETO E EXECUÇÃO DE FUNDAÇÕES
NBR	6484	SOLO - SONDAGENS DE SIMPLES RECONHECIMENTO COM SPT - MÉTODO DE ENSAIO
NBR	6489	PROVA DE CARGA DIRETA SOBRE TERRENO DE FUNDAÇÃO - PROCEDIMENTO
NBR	6497	LEVANTAMENTO GEOTÉCNICO
NBR	6502	ROCHAS E SOLOS - TERMINOLOGIA
NBR	8036	PROGRAMAÇÃO DE SONDAGENS DE SIMPLES RECONHECIMENTO DOS SOLOS PARA FUNDAÇÕES DE EDIFÍCIOS - PROCEDIMENTO
NBR	8044	PROJETO GEOTÉCNICO - PROCEDIMENTO
NBR	8681	AÇÕES E SEGURANÇA NAS ESTRUTURAS - PROCEDIMENTO
NBR	8800	PROJETO DE ESTRUTURAS DE AÇO E DE ESTRUTURAS MISTAS DE AÇO E CONCRETO DE EDIFÍCIOS

MPS	MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO	Revisão 3	Página 38 / 61
-----	----------------------------------	--------------	-------------------

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO  
DE PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO E EXECUÇÃO DE  
SERVIÇOS DE ENSAIOS E SONDAJENS**



NBR	9061	SEGURANÇA DE ESCAVAÇÃO A CÉU ABERTO
NBR	9062	PROJETO E EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO - PROCEDIMENTO
NBR	9288	EMPREGO DE TERRENOS REFORÇADOS
NBR	9603	SONDAGEM A TRADO
NBR	9653	GUIA PARA AVALIAÇÃO DOS EFEITOS PROVOCADOS PELO USO DE EXPLOSIVOS NAS MINERAÇÕES EM ÁREAS URBANAS – PROCEDIMENTO
NBR	9820	COLETA DE AMOSTRAS INDEFORMADAS DE SOLOS DE BAIXA CONSISTÊNCIA EM FUROS DE SONDAGEM
NBR	10905	SOLO - ENSAIOS DE PALHETA IN SITU - MÉTODO DE ENSAIO
NBR	11682	ESTABILIDADE DE TALUDES
NBR	12007	SOLO - ENSAIO DE ADENSAMENTO UNIDIMENSIONAL- MÉTODO DE ENSAIO
NBR	12069	SOLO - ENSAIO DE PENETRAÇÃO DE CONE IN SITU (CPT) - MÉTODO DE ENSAIO
NBR	12131	ESTACAS - PROVA DE CARGA ESTÁTICA - MÉTODO-DE ENSAIO
NBR	12317	VERIFICAÇÃO DE DESEMPENHO DE ADITIVOS PARA CONCRETO - PROCEDIMENTO
NBR	13208	ESTACAS - ENSAIOS DE CARREGAMENTO DINÂMICO
LEI	13303	DISPOSIÇÕES APLICÁVEIS ÀS EMPRESAS PÚBLICAS E ÀS SOCIEDADES DE ECONOMIA MISTA

O projeto deverá englobar na análise, nos estudos e cálculos necessários, os fatores de segurança compatíveis, considerando:

- a) Eventual majoração das cargas, levando em conta o grau de conhecimento das solicitações;
- b) Coeficientes de redução das resistências, levando em conta o conhecimento do terreno, dados disponíveis e sua dispersão;
- c) Complexidade das condições geotécnicas;
- d) Dificuldades e eventualidades construtivas;
- e) Riscos envolvendo danos materiais e humanos.

#### **4.1 Descrição das unidades e informações geotécnicas;**

Com base no Projeto Básico de Engenharia, nas fôrmas e cargas do Projeto Estrutural e na investigação geotécnica a contratada deverá descrever:

- a) Características geométricas das unidades;
- b) Tipo de solo de fundação e de escavação;
- c) Presença de água;
- d) Interferências identificadas na Visita Técnica.

#### **4.2 Definição do tipo de fundação direta ou profunda;**

O Projeto Básico Geotécnico deverá apresentar o memorial de cálculo descrevendo a definição do tipo de fundação direta ou profunda para cada unidade construtiva, verificando quanto à capacidade de carga e recalque. No caso de fundação profunda, definir o tipo de estaca ou tubulão, descrevendo a suas quantidades e dimensões.

Em fundação direta, analisando as informações do solo abaixo da cota de assentamento, é possível definir a capacidade de carga através da sondagem, cisalhamento e a tensão de pré-adensamento (se for o caso) conforme item 3.2.1.

O uso de reforço de solo para fundação direta é uma alternativa a ser avaliada, desde que ocorra vantagem econômica.

Caso não seja possível, a fundação deverá ser profunda com uso de estacas e/ou tubulões. A escolha do tipo de estaca deverá ser avaliada conforme as limitações executivas impostas pelo tipo de solo (sondagem SPT), presença de nível de água e acessos.



#### 4.2.1 Fundação Direta - Estimativa da tensão admissível

Na Mecânica dos Solos existem métodos consagrados teóricos e empíricos para a determinação da tensão admissível do solo, onde o projetista geotécnico deverá determinar este valor em função da disponibilidade dos parâmetros do solo.

Os métodos teóricos são baseados em modelos de cálculo de ruptura por cisalhamento dos solos, onde se destacam o Vesic (1943) apud Terzaghi (1967), Skempton (1951).

Os métodos empíricos são baseados nos resultados da sondagem SPT e pela experiência prática da engenharia dos autores. Devem ser observados os domínios de validade de suas aplicações, bem como as dispersões dos dados e as limitações regionais associadas a cada um dos métodos. Dentre os métodos mais usuais destacam-se o Teixeira (1996), o Mello (1975) e o descrito pela norma NBR 6122.

Na prática, a sondagem SPT é a mínima investigação geotécnica das obras correntes, onde se determina a carga admissível em fundação direta dada por formulações empíricas. Destacam-se as relações de Teixeira (1996) e de Mello (1975), sendo a capacidade de carga dado pelo valor médio de golpes ( $N_{spt}$ ) situados abaixo da cota de assentamento até a profundidade de abrangência do bulbo de tensões (função da largura da base), sendo expressa por:

$$\sigma_{adm} = N_{spt}/5 + q' \text{ (kgf/cm}^2\text{) para sapatas, Teixeira (1996)}$$

$$\sigma_{adm} = (N_{spt}^{0,5}) - 1 \text{ (kgf/cm}^2\text{) Mello (1975)}$$

Sendo  $q'$  a tensão efetiva de alívio ( $q'$ ) na cota de assentamento da estrutura.

#### 4.2.2 Fundação Profunda - Estimativa da carga admissível

O projetista geotécnico deverá definir o tipo de fundação profunda em função da análise das sondagens, ensaios, limitações executivas e disponibilidade de fornecedor na região para a solução de fundação e contenção.

A escolha do tipo de fundação está condicionada a viabilidade técnica e financeira da solução e todos os itens que compõe o serviço e material deverão compor o quadro de quantitativos.

A carga admissível de projeto deve ser determinada a partir da carga de ruptura. No Brasil existem vários os modelos de cálculo baseados em sondagem SPT que determinam a carga admissível com cargas na ruptura atuantes na ponta e lateral. Dentre os métodos consagrados, baseados na sondagem SPT e pela experiência prática da engenharia dos autores, destacam-se o semi-empíricos de Décourt&Quaresma (1978) e de Aoki&Velloso (1975).

Os métodos de outros autores (teóricos e empíricos) poderão ser utilizados em virtude da particularidade de aplicação do tipo de estaca.

### 4.3 Definição das escavações e/ou aterros da terraplanagem

O Projeto Básico Geotécnico deverá apresentar o memorial de cálculo descrevendo o Movimento de Terra com base no Modelo Geológico Tridimensional (3D), lançando a terraplanagem (volumes de corte e aterro) e as escavações das unidades (volumes de corte e reaterro), definindo os quantitativos.

As Estações de Tratamento de Água (ETA), de Esgoto (ETE), Centro de Reservação (CR) e Elevatórias (EEE) representam áreas onde precisam de uma etapa inicial de terraplanagem dada pela **Urbanização**, definindo os “platôs” das unidades. Nesta etapa o

volume de solo escavado poderá ser compensado com o volume de aterro ou exportado para um “bota-fora”.

Apenas como ilustração desta prescrição para demonstração dos elementos do Modelo 3D, a Figura 11 mostra o perfil geológico do subsolo contendo a estratigrafia, linha do lençol freático e do topo rochoso (se houver).

Com o modelo 3D é possível extrair perfis de terraplanagem com alinhamentos cruzando todas as unidades e em 2 direções. Evidenciando as interferências entre as unidades, taludes de escavação (corte e aterro) e arrimos, conforme a Figura 11.

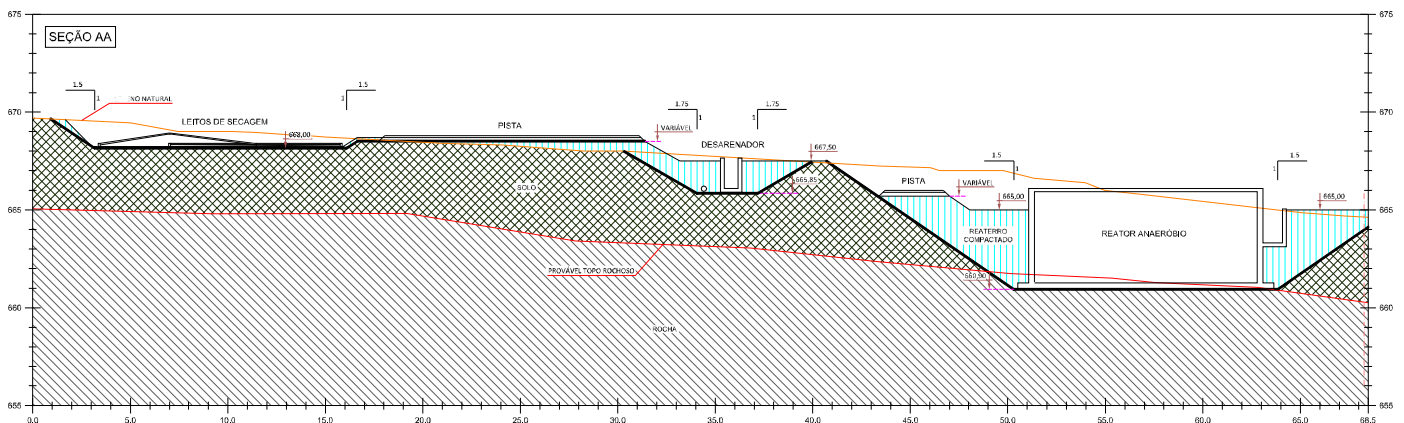
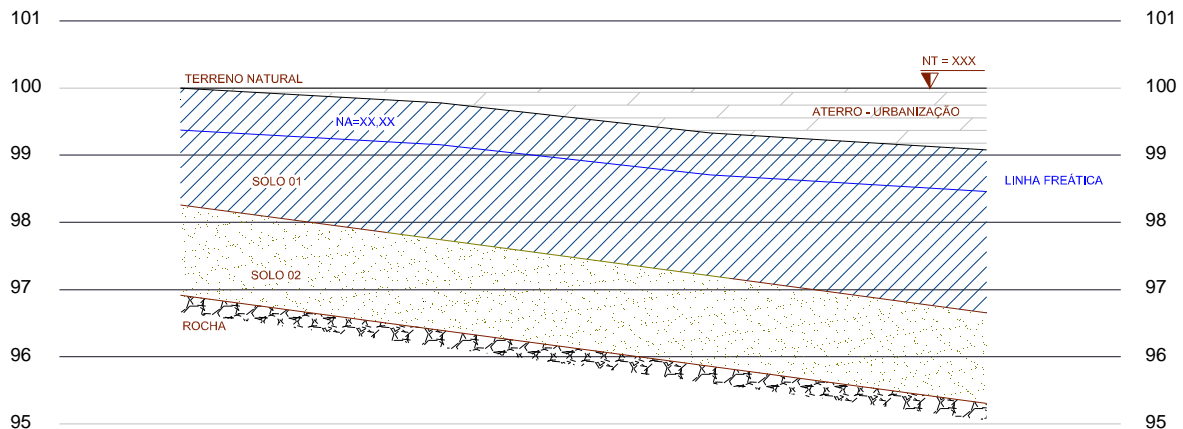


Figura 11 – Exemplo do Perfil de Terraplanagem com informações geológicas, cruzando as unidades.

A Figura 12 mostra o aterro realizado para conformar o “platô” em relação ao terreno natural.



## PERFIL AA

ESCALA 1:100

Figura 12 - Perfil de Terraplanagem da Urbanização com informações geológicas

A montagem do quadro de quantitativos do Movimento de Terra no Projeto Básico Geotécnico deverá seguir as fases executivas, listando os serviços que a compõem por unidade construtiva, conforme o MOS – 4ª edição.

A importação de material em Jazida ocorrerá quando faltar volume a compensar ou quando o Projeto Básico Geotécnico indicar a necessidade de substituição de solo devido à presença de material compressível e orgânico (inservível).

A escolha da Jazida é realizada na fase de obra (Projeto Executivo Geotécnico). No entanto cabe ao Projeto Básico Geotécnico especificar que todo o solo proveniente da Jazida deverá ser caracterizado.

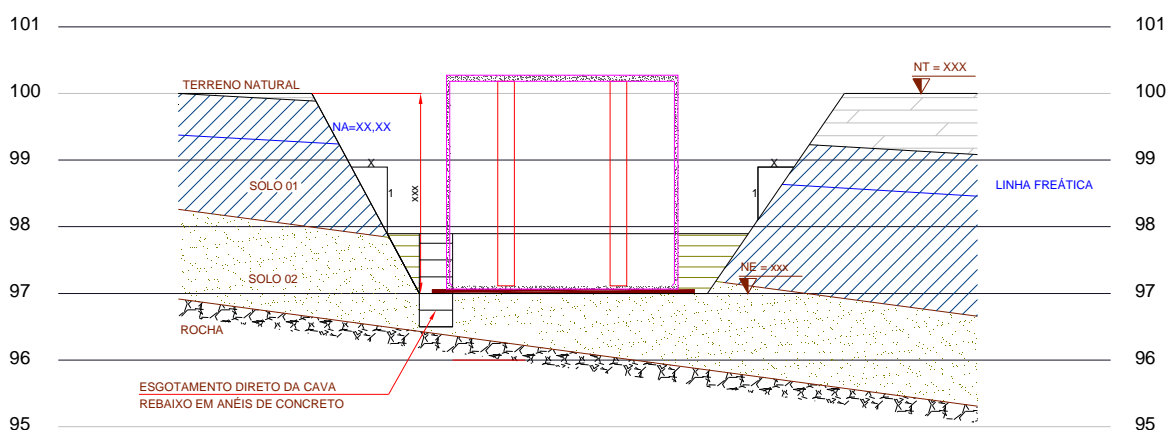
O volume de solo a importar (Jazida) ou a compensar em aterros deverá ser caracterizado, quantificando os ensaios de laboratório conforme descrito abaixo (MOS – 4ª edição e NBR 5681):

- a) Prever nove ensaios de compactação, segundo a NBR 7182, para cada 1000 m<sup>3</sup> de um mesmo material de aterro e, no mínimo, três ensaios;

- b) Prever nove ensaios de granulometria e Sedimentação (NBR 7181), de limite de liquidez (NBR 6459) e de limite de plasticidade (NBR 7180), para cada grupo de quatro amostras submetidas ao ensaio de compactação, segundo o item "a";
- c) Prever nove ensaios para determinação de massa específica seca "in situ" para cada 500 m<sup>3</sup> de material compactado e, no mínimo, duas determinações por camada por dia;
- d) Prever a determinação do Grau de Compactação (GC).

Com base no ensaio de compactação, Projeto Básico Geotécnico deverá especificar os parâmetros para controle tecnológico dos aterros no campo.

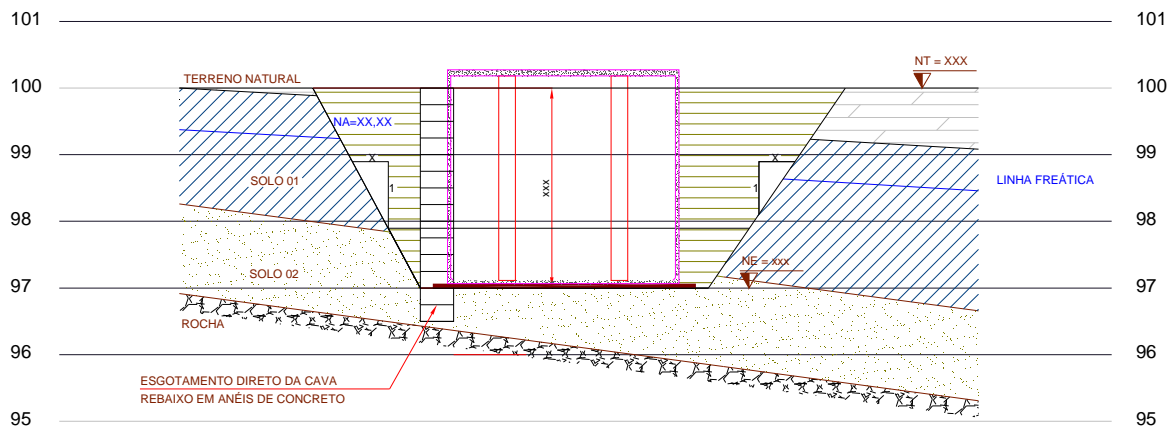
Após a Urbanização, iniciam-se as Escavações necessárias para a implantação das unidades (Figura 13), onde o volume das cavas é quantificado para compor o movimento de terra. Parte deste material poderá ser compensada para o Reaterro Lateral das unidades (Figura 14) como solo compactado. O volume restante é exportado ou, ainda, compensado com outras unidades.



### PERFIL AA

ESCALA 1:100

Figura 13 - Perfil de Terraplanagem com as dimensões da cava como a cota de fundo, topo, inclinação de talude e profundidade. Reaterro lateral parcial com rebaixo para esgotamento direto da cava



## PERFIL AA

ESCALA 1:100

Figura 14 - Perfil de Terraplanagem com as dimensões da cava como a cota de fundo, topo, inclinação de talude e profundidade. Reaterro lateral total com poço para esgotamento direto da cava

Para o volume exportado devem-se considerar os serviços do movimento de terra e/ou rocha conforme o MOS – 4ª edição.

EXPORTAÇÃO - SOLO		
0406	ESCAVAÇÃO MANUAL, NÃO EM VALAS, EM QUALQUER TIPO DE SOLO, EXCETO ROCHA.	Volume da cava excedente ao reaterro
0407	ESCAVAÇÃO MECÂNICA, NÃO EM VALAS, EM QUALQUER TIPO DE SOLO, EXCETO ROCHA.	Volume da cava excedente ao reaterro
0418	CARGA E DESCARGA DE SOLOS	Volume da cava acrescido de empolamento de 25% (MOS)
0419	TRANSPORTE DE SOLOS	Volume empolado multiplicado pela DMT*

\*DMT= Distância Média de Transporte. Na falta de um local prescrito, estimar 10 km

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO  
DE PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO E EXECUÇÃO DE  
SERVIÇOS DE ENSAIOS E SONDAGENS**



<b>EXPORTAÇÃO – ROCHA</b>		
0408	DESMONTE DE ROCHA BRANDA, NÃO EM VALAS.	Volume da cava*
0409	DESMONTE DE ROCHA DURA, NÃO EM VALAS.	Volume da cava*
0410	RETIRADA DE ROCHA DESMONTADA, NÃO EM VALAS.	Volume da cava*
0418	CARGA E DESCARGA	Volume da cava acrescido de empolamento de 30% (MOS)
0420	PROTEÇÃO PARA DESMONTE COM USO DE EXPLOSIVO	Referente à área da superfície da rocha exposta ou ao volume de terra a proteger
0419	TRANSPORTE DE SOLOS E ROCHAS	Volume empolado multiplicado pela DMT**

\*O Projeto Geotécnico definirá se o material rochoso deverá ser totalmente exportado ou compensado no reaterro.

\*\*DMT= Distância Média de Transporte. Na falta de um local prescrito, estimar 10 km.

Para o volume importado ou compensado devem-se considerar os serviços do movimento de terra e/ou rocha conforme o MOS – 4ª edição.

<b>IMPORTAÇÃO/COMPENSAÇÃO – SOLO</b>		
0406	ESCAVAÇÃO MANUAL, NÃO EM VALAS, EM QUALQUER TIPO DE SOLO, EXCETO ROCHA.	Volume de reaterro lateral ou compensação de volumes
0407	ESCAVAÇÃO MECÂNICA, NÃO EM VALAS, EM QUALQUER TIPO DE SOLO, EXCETO ROCHA.	Volume de reaterro lateral ou compensação de volumes I
0418	CARGA E DESCARGA DE SOLOS	Volume da cava acrescido de empolamento de 25% (MOS)
0413	ATERRO/REATERRO EM VALAS E CAVAS	Volume de reaterro lateral ou compensação de volumes
0415	COMPACTAÇÃO NÃO EM VALAS	Volume de reaterro lateral ou compensação de volumes
0419	TRANSPORTE DE SOLOS E ROCHAS (distâncias acima de 30m)	Volume empolado multiplicado pela DMT*

\*DMT= Distância Média de Transporte

Caso o Volume for de importação, considera-se a distância da Jazida à obra. Na falta de um local prescrito, estimar 5 km.

MPS	MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO	Revisão 3	Página 47 / 61
-----	----------------------------------	--------------	-------------------

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO  
DE PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO E EXECUÇÃO DE  
SERVIÇOS DE ENSAIOS E SONDAGENS**



IMPORTAÇÃO/COMPENSAÇÃO – ROCHA		
0408	DESMONTE DE ROCHA BRANDA, NÃO EM VALAS.	Volume de reaterro lateral ou compensação de volumes
0409	DESMONTE DE ROCHA DURA, NÃO EM VALAS.	Volume de reaterro lateral ou compensação de volumes
0410	RETIRADA DE ROCHA DESMONTADA, NÃO EM VALAS.	Volume de reaterro lateral ou compensação de volumes
0418	CARGA E DESCARGA	Volume da cava acrescido de empolamento de 30% (MOS)
0420	PROTEÇÃO PARA DESMONTE COM USO DE EXPLOSIVO	Referente à área da superfície da rocha exposta ou ao volume de terra a proteger
0413	ATERRO/REATERRO EM VALAS E CAVAS	Volume de reaterro lateral ou compensação de volumes
0415	COMPACTAÇÃO NÃO EM VALAS	Volume de reaterro lateral ou compensação de volumes
0419	TRANSPORTE DE SOLOS E ROCHAS (distâncias acima de 30m)	Volume empolado multiplicado pela DMT*

\*DMT= Distância Média de Transporte

Caso o Volume for de importação, considera-se a distância da Jazida à obra. Na falta de um local prescrito, estimar 5 km.

A inclinação dos taludes de escavação e aterro deverá ser definida através da análise de estabilidade, mediante informações do perfil geológico (estratigrafia e nível de água) e da resistência ao cisalhamento dos solos (ensaio de laboratório). O projetista geotécnico deverá simular as superfícies de ruptura e definir a inclinação estável do talude necessária à obra, mediante um fator de segurança contra rupturas e deformações (NBR 9061 e 11682).

Alguns aspectos construtivos deverão ser considerados no lançamento da geometria das cavas, sendo:

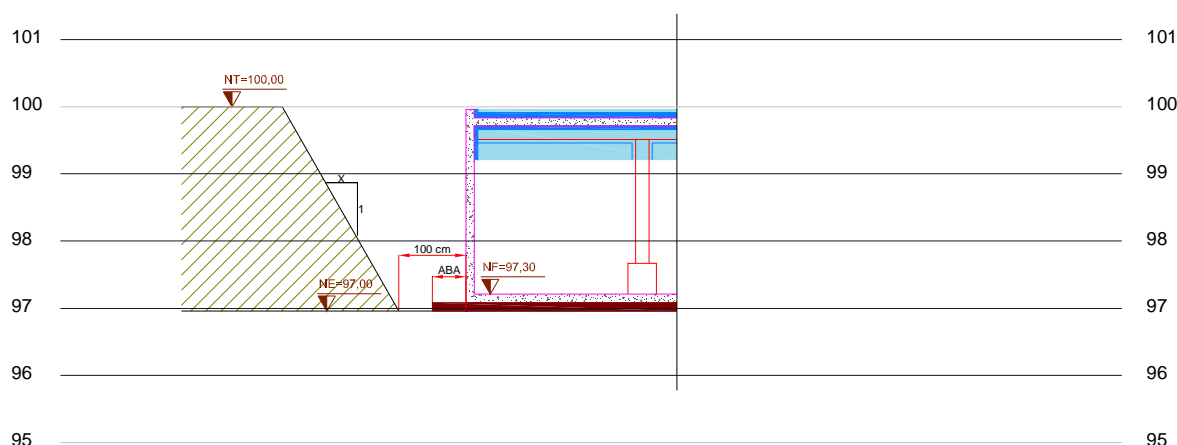
- a) Afastamento da estrutura no fundo de escavação

As dimensões do fundo da cava deverá posicionar o “pé do talude” ou contorno de contenção, respeitando um afastamento mínimo de 1m em relação à estrutura a



implantar. Caso a dimensão da aba seja maior que 1m, o afastamento deverá ser igual à aba.

Este afastamento (Figura 15) permite um espaço para circulação e travamento do cimbramento da fôrma lateral.



## PERFIL AA

ESCALA 1:100

Figura 15 - Detalhe do afastamento mínimo de 1m da face da estrutura em relação ao fundo da escavação

### b) Berma/Banqueta

O uso de Banquetas tem o objetivo de aumentar o Fator de Segurança, permitindo a implantar a drenagem superficial e criar acessos no talude. A altura entre banquetas e a largura deverão ser definidas segundo a estabilidade global e entre banquetas.

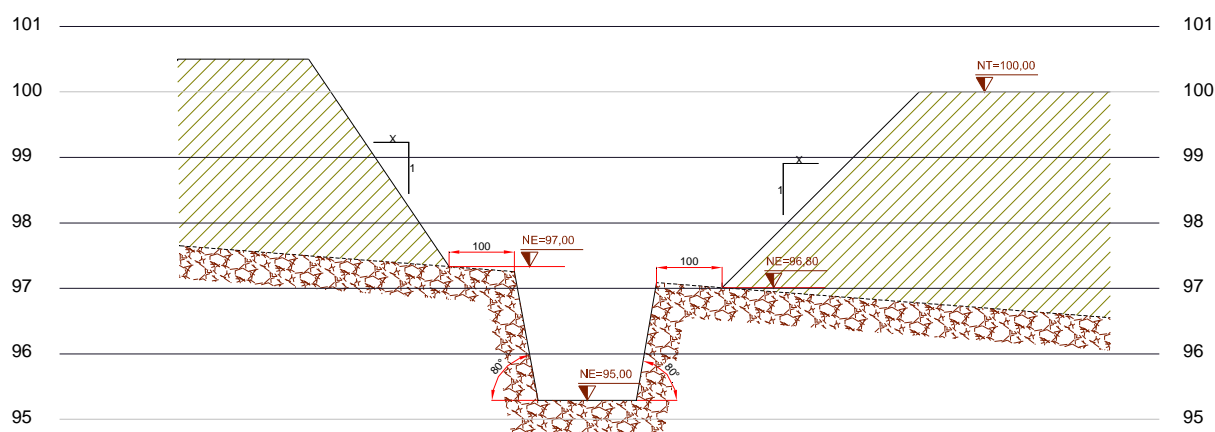
Quanto à largura deve-se adotar o valor mínimo de 1,5 m, permitindo acessos de pedestres.

Segundo a NBR 11682, a altura de taludes, entre as banquetas, não deve exceder 15m.

c) Banqueta no Topo Rochoso

Sempre que ocorrer a presença de rocha, prever uma berma/banqueta expondo o contato solo/rocha de, pelo menos, 1m de largura. Isto permite melhorar a estabilidade do talude em solo.

A máxima inclinação da face rochosa deverá ser de  $80^\circ$  em relação à horizontal, devendo ser avaliada as características da rocha existente, conforme descrito pela Figura 16.



PERFIL AA

ESCALA 1:100

Figura 16 - Detalhe da berma/banqueta com largura mínima de 1m na interface do contato solo/rocha

#### 4.4 Definição do sistema de rebaixamento

Caso as sondagens detectarem a presença de águas do lençol freático no terreno, o Projeto Básico deverá definir o sistema de rebaixamento a utilizar na obra para execução das escavações.

No caso de existência de edificações vizinhas deverão ser indicadas as precauções a serem tomadas em relação a eventuais efeitos do bombeamento como:

- \_ Poços de monitoramento do lençol freático;
- \_ Poços de recarga ou valas de infiltração do lençol freático;
- \_ Monitoramento da evolução dos recalques com topografia.

Todo sistema de rebaixamento é provisório para atender a fase de obra. No entanto, a ocorrência de enchentes ou falha no sistema de rebaixamento poderá causar a flutuação da estrutura durante esta fase. Para tanto, o projeto deverá indicar a previsão de “aberturas ou janelas” nas paredes laterais da estrutura para permitir a entrada de água equilibrando os esforços. Após o reaterro lateral, as aberturas deverão ser obturadas com “block-out”.

Quanto aos tipos de sistemas de rebaixamento, destacam-se:

- a) Esgotamento direto da cava
- b) Poço profundo
- c) Ponteira Drenante

#### 4.4.1 Esgotamento direto da cava

Esta solução foi ilustrada anteriormente nas Figura 13 e Figura 14, onde deverá ser especificada em todas as cavas fechadas, pois a incidência direta de água das chuvas sempre irá existir. Assim, deverá ser previsto o serviço de esgotamento direto que consiste em executar pontos de rebaixos com 1m de profundidade com uso de anel de concreto, durante toda a fase de escavação a partir da cota de fundo da cava para instalar uma bomba de recalque, conforme Figura 13.

Esta solução também poderá ser adotada como o sistema de rebaixamento do lençol freático para casos de escavações em solos com baixa permeabilidade, onde a vazão é pequena e o uso de poços discretos é inadequado devido à falta de recarga no poço.

MPS	MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO	Revisão 3	Página 51 / 61
-----	----------------------------------	--------------	-------------------

Para garantir o controle de compactação é necessário que o esgotamento funcione até o reaterro ultrapassar o nível do lençol freático (Figura 14). Desta forma à medida que o reaterro vai subindo adicionam-se novos anéis de concreto, conformando em um “poço” dentro da cava. Após a finalização do reaterro, o poço poderá ser desativado.

Para evitar a contribuições devido ao escoamento superficial das águas pluviais nas cavas, deve-se prever uma drenagem com uso de canaletas nas cristas e pé de talude.

O Projeto Básico Geotécnico deverá descrever a vazão, a altura manométrica, período de operação, quantidade de anéis de concreto e a quantidade de bombas por cava.

#### 4.4.2 Poços Profundos

Para solos com maior permeabilidade a contribuição do lençol freático incide grandes vazões de água dentro da cava e esta deverá ser interceptada com um sistema de rebaixamento com poços profundos dispostos no perímetro da cava.

A Figura 17 mostra o detalhe do Poço detalhando a profundidade de escavação e instalação da bomba submersível. A Figura 18 mostra a representação em planta dos poços e suas interligações.

A solução de Poços profundos com bombas injetoras poderá ser indicada para casos de grandes vazões.

Esta solução não dispensa o uso de esgotamento direto da cava devido a incidência da água da chuva.

Projeto Básico Geotécnico deverá descrever o sistema de rebaixamento discretizado por poços profundos, contendo a locação, a vazão, a altura manométrica, período de operação, quantidade de revestimento, quantidade de poços e bombas por cava.

MPS	MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO	Revisão 3	Página 52 / 61
-----	----------------------------------	--------------	-------------------

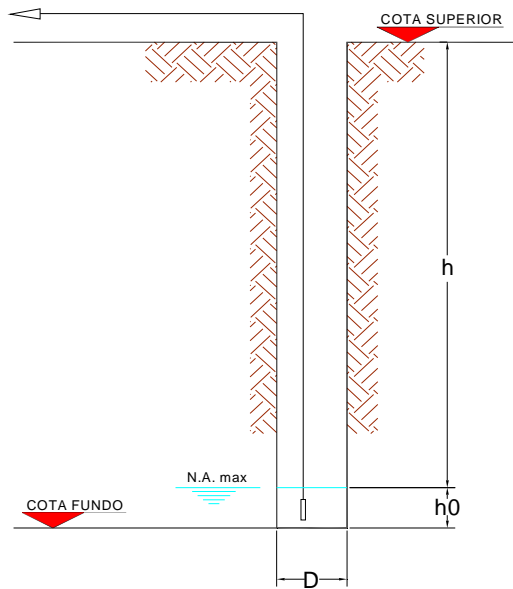


Figura 17 - Detalhe do Poço Profundo.

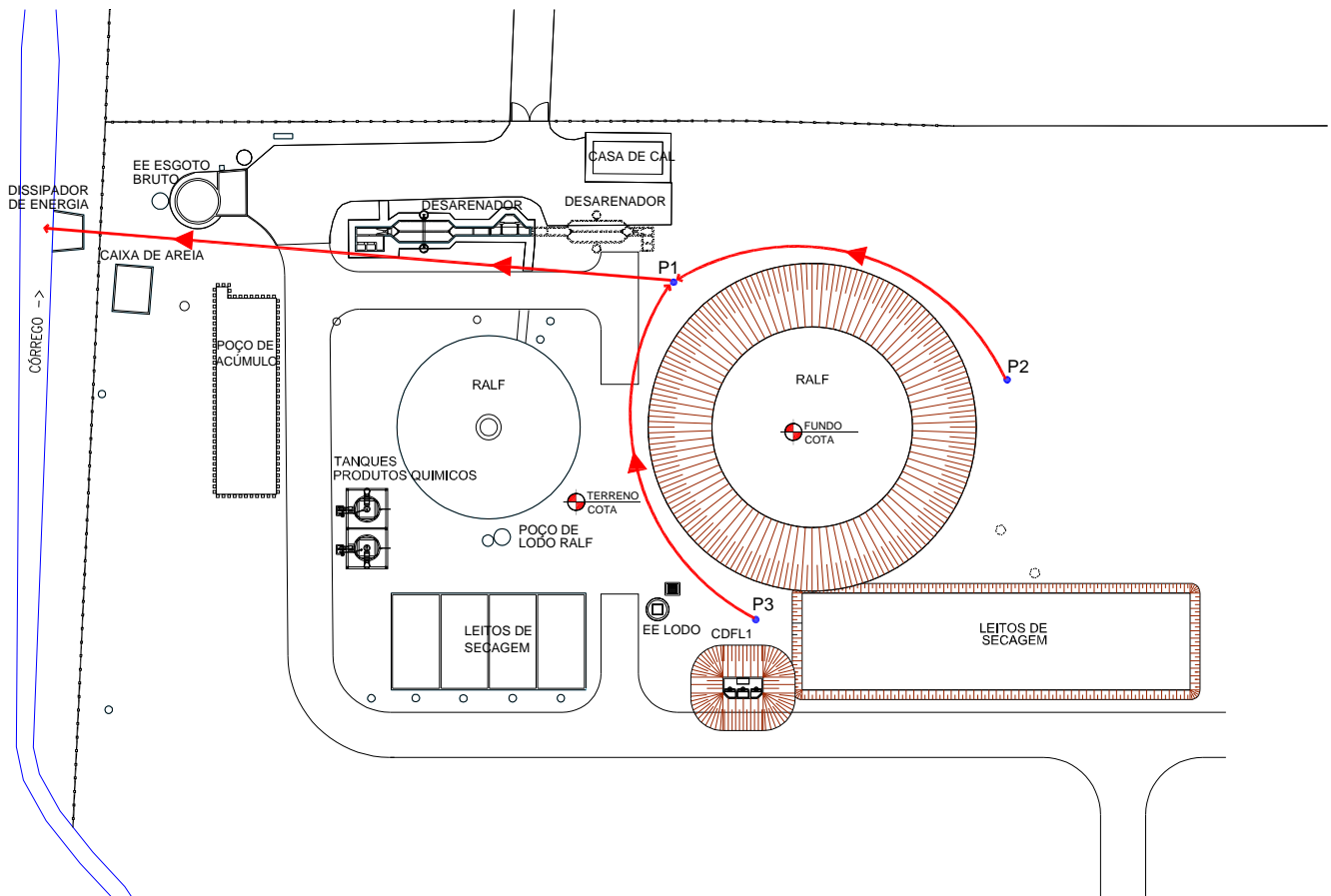


Figura 18 - Localização dos poços de rebaixamento.

#### 4.4.3 Ponteira Filtrante

Esta solução funciona aplicando sucção no solo, captando água do solo. Este sistema tem eficiência quando aplicada em solos arenosos e profundidade de rebaixamento em torno de 4m.

O conjunto de ponteiras é instalado no perímetro da cava, interceptando o lençol freático. Em profundidades maiores que 4m, a solução é escalonar um novo contorno interno de ponteiras em profundidade menor.

Projeto Básico Geotécnico deverá descrever o sistema de rebaixamento discretizado por ponteiras filtrantes, contendo a locação, a vazão, a altura manométrica, período de operação, quantidade de bombas de sucção, comprimento e diâmetro e a quantidade de ponteiras por cava.

### 4.5 Definição do Sistema de Contenção

A solução de escavação utilizando taludes estáveis (provisórios e permanentes) deverá ser sempre verificada. No entanto, devido à presença de interferências (divisas, ruas, edificações existentes, tubulações, adutoras, entre outros) é necessário estudar soluções em sistemas de contenções que permitam a concordância da escavação com o terreno natural protegendo estas estruturas existentes.

Para fins de Projeto Básico o projetista deverá apresentar por unidade construtiva:

- a) Área (comprimento e altura) da contenção;
- b) Descrição da contenção de arrimos à gravidade (se for o caso), sendo o tipo, seção, comprimento e quantidades dos materiais e serviços;
- c) Descrição da contenção em cortinas (se for o caso):
  - Em balanço, descrever o tipo de estaca, espaçamento, seção, comprimento e quantidades;

MPS	MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO	Revisão 3	Página 54 / 61
-----	----------------------------------	--------------	-------------------

- Estroncadas, descrever tipo de estaca, espaçamento, seção, comprimento, tipo de estronca, cargas e quantidades;
- Ancoradas com tirantes, descrever tipo de estaca, espaçamento, seção, comprimento, tipo de tirante, cargas, trecho livre a ancorado e quantidades;
- Ancoradas com grampos, descrever tipo de estaca, espaçamento, seção, comprimento, tipo de grampo, cargas, comprimento ancorado e quantidades;

O diagramas de esforços das contenções devem utilizar os parâmetros de resistência ao cisalhamento do solo ( $c'$  e  $\phi$ ), mediante um fator de segurança NBR 9061.

O projetista geotécnico deverá definir o tipo de estaca em função da estratigrafia, nível de água para a solução de contenção.

A escolha do sistema de contenção está condicionada a viabilidade técnica e financeira da solução e todos os itens que compõe os serviços e materiais deverão compor o quadro de quantitativos.

#### **4.6 Descrição do Desmonte de Rocha**

O Projeto Básico Geotécnico deverá observar a presença de rocha acima da cota de assentamento das estruturas, descrevendo as profundidades nas cavas e mensurando os volumes de rocha para o Quadro de Quantitativos.

Alguns aspectos construtivos deverão ser observados como:

- Afastamento mínimo da face da escavação com a estrutura de 1m (Figura 15);
- Definir uma bancada de transição de 1m no contato solo/rocha (Figura 16);
- Considerar no “Quadro de Quantitativos” um empolamento de 25% para solos e 30% para rochas para os volumes do serviço de “Carga e Descarga”;

No entanto, 2 casos poderão ocorrer:

MPS	MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO	Revisão 3	Página 55 / 61
-----	----------------------------------	--------------	-------------------

a) Desmonte a frio:

No geral rompedores hidráulicos tem eficiência de execução em perfis de rocha até 1m de espessura.

No entanto, em casos de rochas com grande grau de faturamento e em formações sedimentares poderão ser utilizadas escavadeiras vibratórias (*vibro ripper*) para qualquer profundidade que apresentar fraturamento.

b) Desmonte com uso de explosivos

Quando a incidência for rocha com baixo faturamento e maior que 1m é viável o uso de explosivos. Para tanto é necessária a definição de um plano de fogo especificado através de um Projeto de Desmonte de Rocha, visando o uso controlado dos explosivos com a energia necessária para desmontar um maciço rochoso.

Assim, quando necessário o plano de fogo, o Projeto Básico Geotécnico deverá solicitar a contratação do Projeto de Desmonte de Rocha na fase de obra (Projeto Executivo), onde é possível avaliar o tipo e integridade da rocha com investigação de sondagens mistas e ensaios de sismos.

Para tanto, o relatório geotécnico deverá descrever as orientações necessárias para exigir a contratação deste projeto pela Unidade de Obras, conforme recomendado abaixo:

- Para a execução do desmonte de rochas é obrigatória a empresa contratada apresentar o “Plano de fogo” elaborado por profissional habilitado (“Blaster”), responsável pelo armazenamento, preparação das cargas, carregamento, ordem de fogo, detonação e retirada de explosivos não detonados, providências quanto ao destino adequado das sobras de explosivos e pelos dispositivos elétricos necessários às detonações;



- Caso o Projeto Básico Geotécnico não conter as sondagens mistas, na fase de obra deverá ser contratada as sondagens mistas para a identificação e qualificação do material rochoso (RQD). (O Projeto Básico Geotécnico poderá indicar o local e a quantidade de furos de sondagens mistas);
- O plano de fogo é definido pelo "Blaster" em função do tipo de rocha, volume, profundidade, grau de fraturamento da rocha e interferências locais (Estruturas existentes). Estas interferências influenciam diretamente na "energia" necessária para a detonação da rocha, sendo esta análise realizada através do ensaio de sismo, calibrando o modelo de cálculo;  
Este ensaio consiste em provocar uma pequena "explosão" controlada (em alguns casos, provocadas por golpe de martelo em placa) onde suas ondas mecânicas deverão ser capturadas/registradas por sismógrafos fixados próximos às estruturas existentes.
- Assim o plano de fogo deverá definir a quantidade de furos, locação, a razão de carga e as sequências de detonação necessárias para garantir a integridade das estruturas adjacentes;
- Durante a fase de detonação, deverá ter sismógrafos instalados nas estruturas monitoradas, garantindo a medição da "velocidade de vibração de partícula de pico" que deverá estar abaixo dos limites especificados pela NBR 9653;
- O Plano de fogo deverá estudar o ultralancamento de partículas para não ocorrer além da área de operação ou quando expuser a riscos trabalhadores e terceiros, respeitando a NR-18 referentes à operação de desmonte. Para evitar o ultralancamento, o Blaster deverá especificar uma proteção mecânica, podendo ser composta de solo compactado, tela metálica e "Blaster-Mat".

## 4.7 Definição de Pavimentação

Projeto Básico Geotécnico deverá descrever o perfil do pavimento, definindo o tipo de revestimento, base, sub-base, reforço (se necessário) e as quantidades de materiais e serviços.

MPS	MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO	Revisão 3	Página 57 / 61
-----	----------------------------------	--------------	-------------------

Quando solicitado este projeto deverá contemplar a análise e definição do pavimento referente aos acessos internos e externos às estações de tratamento de SAA e SES, elevatórias, centros de reservação entre outras unidades da Sanepar.

#### **4.8 Quadro de Quantitativos**

O escopo definido para o Projeto Básico no capítulo 4 abrange materiais e serviços que deverão ser quantificados para cada unidade de obra e apresentados em quadro de quantitativos os serviços relacionados abaixo conforme MOS – 4ª edição:

- Movimento de Terra, envolvendo os serviços relacionados à terraplanagem (corte e aterro), escavações e reaterros, quantificando os Volumes de Exportação, Importação e Compensação de solos;
- Quantidade de ensaios do Controle tecnológico de solos;
- Quantidade de estacas, comprimento e seção, para fundações profundas e contenções (se necessário);
- Quantidade de materiais e serviços para execução de arrimos;
- Quantidade de materiais e serviços para a execução de solo reforçado com geotêxtil, geogrelhas, grampos, injeções entre outros;
- Quantitativo do sistema de rebaixamento do lençol freático, sendo número de bombas e horas;
- Quantitativo da Pavimentação;

## **5 REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9061: Segurança de Escavação a céu aberto. Rio de Janeiro, 1985.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122: projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6484: Solo - Sondagens de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8036: Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios. Rio de Janeiro, 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6502: Rochas e solos. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12007: Solo – Ensaio de Adensamento Unidimensional. Rio de Janeiro, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5681: controle tecnológico da execução de aterros em obras de edificações. Rio de Janeiro, 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6459: Solo – determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7180: Solo – determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7181: Solo – análise granulométrica. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7182: Solo – ensaio de compactação. Rio de Janeiro, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11682: estabilidade de encostas. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9653: Guia para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos nas minerações em áreas urbanas – Procedimento. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA GEOLOGIA DE ENGENHARIA. Boletim nº 4: Ensaios de Permeabilidade em Solos, 1996.

NR, Norma Regulamentadora Ministério do Trabalho e Emprego. NR-18 - Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção. 2009.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D3080: Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions, 1998.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D7181: Method for Consolidated Drained Triaxial Compression Test for Soils, 2011.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D4767: Standard Test Method for Consolidated Undrained Triaxial Compression Test for Cohesive Soils, 2011.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D2850: Standard Test Method for Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils, 2015.

MOS – 4ª edição, (2012), Manual de Obras de Saneamento - Sanepar, Curitiba.

MPS	MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO	Revisão 3	Página 60 / 61
-----	----------------------------------	--------------	-------------------

VÉSIC, A. S. Bearing capacity of shallow foundations. In: H. F. Winterkorn; H. Y. Fang (Eds.); New York: Van Nostrand Reinhold Co., 1975.

TERZAGHI, K.; PECK, R. B. Soil mechanics in engineering practice. 2nd ed. New York, J. Wiley, 1967, 729 p.

SKEMPTON, A.W., (1951), The Bearing Capacity of Clays, Proc. Building Research Congress, pp. 180-189.

TEIXEIRA, A. T.; GODOY, S.A., (1996). Análise, Projeto e Execução de Fundações Rasas. Fundação: Teoria e Prática, Hachich et al (eds). Ed Pini Ltda, São Paulo, Cap. 7, p.227-264.

MELLO, V. F. B., (1975). Deformações como Base Fundamental de Escolha da Fundação. Revista Geotecnia, 5 (12), p. 55-75

Décourt, L. & Quaresma, A. R., (1978). Capacidade de Carga de Estacas a partir de valores de SPT. Anais do 6º COBRAMSEF, Rio de Janeiro, vol. 1, p. 45-53.

Aoki, N. & Velloso, D. A. (1975). An Approximate Method to Estimate the Bearing Capacity of Piles. Proceedings of the 5th Pan American Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Buenos Aires, vol. 1.