

MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO

MPS

MÓDULO 5

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E
APRESENTAÇÃO DE ESTUDOS E PROJETOS**

**PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, ENSAIO E
SONDAGEM**

VERSÃO

2025

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAÇÃO**

SUMÁRIO

1	OBJETIVOS	5
2	COMPOSIÇÃO DE SERVIÇOS E PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO	5
2.1	Sondagem SPT	5
2.2	Ensaios de Campo e Laboratório.....	10
2.3	Projeto Básico Geotécnico	13
3	RELATÓRIO DA INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA E VISITA TÉCNICA.....	13
3.1	Investigação Geotécnica - Sondagens SPT	14
3.1.1	<i>Interpretação dos dados do boletim.....</i>	19
3.1.2	<i>Locação e nivelamento dos furos.....</i>	22
3.1.3	<i>Ocorrência de impenetrável</i>	22
3.1.4	<i>Detecção do nível de água e Ensaio de Infiltração</i>	24
3.2	Investigação Geotécnica – Coleta de Amostras	25
3.2.1	<i>Coleta de Amostra Deformada</i>	25
3.2.2	<i>Coleta de Amostra Indeformada</i>	25
3.3	Investigação Geotécnica - Ensaios de Caracterização	31
3.4	Investigação Geotécnica - Ensaios Geotécnicos Mecânicos	32
3.4.1	<i>Ensaios de Adensamento (NBR 12007).....</i>	34
3.4.2	<i>Ensaio de Cisalhamento.....</i>	36
3.5	Orientações para serviços em campo, banco de dados geográficos e acompanhamento dos serviços via software	38
3.6	Relatório da visita técnica de campo.	39
4	RELATÓRIO DO PROJETO GEOTÉCNICO.....	40
4.1	Concepção do Projeto Geotécnico	42
4.1.1	<i>Relatório da Investigação Geotécnica e Visita Técnica.....</i>	42
4.1.2	<i>Modelo Geológico Tridimensional</i>	43
4.1.3	<i>Resumo técnico da concepção.....</i>	45
4.2	Descrição das unidades e informações geotécnicas.....	46
4.3	Definição e Dimensionamento do tipo de fundação direta ou profunda	46
4.3.1	<i>Fundação Direta - Estimativa da tensão admissível</i>	48
4.3.2	<i>Fundação Profunda - Estimativa da carga admissível</i>	49
4.3.3	<i>Estrutura sujeita à subpressão</i>	50
4.3.4	<i>Provas de Carga em Placa</i>	51

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAGEM**

4.3.5	<i>Provas de Carga em Estaca</i>	52
4.4	Definição e Dimensionamento das escavações e/ou aterros da terraplanagem.....	53
4.4.1	<i>Balanço de massa exportação/compensação/importação</i>	53
4.5	Definição e Dimensionamento do Sistema de Contenção.....	63
4.6	Definição e Dimensionamento do Sistema de Rebaixamento.....	65
4.6.1	<i>Esgotamento direto da cava</i>	66
4.6.2	<i>Poços Profundos</i>	67
4.6.3	<i>Ponteira Filtrante</i>	68
4.7	Descrição do Desmonte de Rocha	69
4.8	Definição e Dimensionamento da Pavimentação	71
4.9	Quadro de Quantitativos e Orçamento	73
4.10	Peças Gráficas	76
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77

**PREScrições para ELABORAÇÃO e APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS e PROJETOS
PROjETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO e SONDAgEM**

INDICE DE FIGURAS

Tabela 1 – Quadro de quantidades.....	6
Figura 2 – Pontos de sondagens – Áreas de Estudo.....	7
Figura 3 - Modelo Apresentação do Boletim de Sondagem SPT.....	20
Figura 4 -- Interpretação do valor N_{spt} . (A) representa a soma de golpes da 1 ^a e 2 ^a camada. (B) representa a soma de golpes da 2 ^a e 3 ^a camada	21
Figura 5 – Escavação mecânica a céu aberto com uso de uma retroescavadeira. Limite de 3m de profundidade ou pela capacidade de alcance da máquina.....	26
Figura 6 - Escavação manual em poços.....	26
Figura 7 – Escarificação do solo com uso de lâminas (facas) para moldar um bloco indeformado.....	27
Figura 8 – 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.	28
Figura 9 – Coleta de amostra direto nos anéis de ensaio para o Cisalhamento Direto e Adensamento.	29
Figura 10 – a) Esquema de instalação do Amostrador. b) Shelby mostrado em detalhes.....	30
Figura 11 – Vista geral do Amostrador Shelby de paredes delgadas.	30
Figura 12 – Modelo tridimensional apresentando a superfície e o perfil geológico.....	43
Figura 13 – Perfil geológico obtido do modelo tridimensional.....	44
Figura 14 – Perfil geológico detalhado obtido do modelo tridimensional	44
Figura 15 – Perfil geológico detalhado obtido do modelo tridimensional	45
Figura 16 - Perfil Geológico baseado nas informações da investigação geotécnica.	48
Figura 17 – Exemplo do Perfil de Terraplanagem com informações geológicas cruzando as unidades.	54
Figura 18 - Perfil de Terraplanagem da Urbanização com informações geológicas	55
Figura 19 - 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.	57
Figura 20 - 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.	57
Figura 21 – Definição de volumes de Reaterro Compactado e Controlado e volumes Compactados e Não Controlados.....	60
Figura 22 – Detalhe do ângulo do talude de concordância entre fundações.	61
Figura 23 - Detalhe do afastamento mínimo de 1m da face da estrutura em relação ao fundo da escavação.....	62
Figura 24 - Detalhe da berma/banqueta com largura mínima de 1m na interface contato solo/rocha.	63
Figura 25 - Detalhe do Poço Profundo.....	67
Figura 26 - Localização dos poços de rebaixamento.....	68
Figura 27 - Localização dos poços de rebaixamento.....	75

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAÇÃO**

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 (Nspt). 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, detalhamentos e quantitativos das terraplanagens, escavações, fundações, rebaixamento de lençol freático, 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 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;

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAGEM**

- b) A Sanepar fornecerá a planta impressa e digital do leiaute das unidades a implantar com a topografia levantada da área em cotas reais (RNM).
- c) 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 quando da execução, a empresa contratada deverá descrever o fato em relatório e encaminhar à Sanepar.
- d) A previsão da quantidade de furos de sondagem SPT deve atender uma quantidade mínima, de acordo com as exigências da NBR 8036 para a Área de Estudo, sendo esta a região de domínio delimitada pelas estruturas a implantar, agrupando as estruturas próximas com espaçamento máximo de 25m, conforme os casos abaixo:
- A quantidade mínima de sondagens SPT para a Área de Estudo deve atender a tabela 01.

Área de Estudo (m ²)			Número mínimo de Furos
	≤	200	2
201	≥	400	3
401	≥	600	4
601	≥	800	5
801	≥	1.000	6
1.001	≥	1.200	7
1.201	≥	1.600	8
1.601	≥	2.000	9
2.001	≥	2.400	10
	≥	2.401	a critério*

Tabela 1 – Quadro de quantidades

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAGEM**

* Área de Estudo superior a 2.401 m² adiciona-se um furo de sondagem SPT a cada acréscimo de 600 m². Os furos de sondagem na superfície devem ser locados na ordem de 25m entre furos, salvo com a anuência da fiscalização. A distribuição dos furos deve investigar um domínio representativo sobre as projeções das unidades.

A Figura 3 exemplifica um caso com leiaute de implantação definido, discretizando a ETE (modelo) em duas Áreas de Estudo (AE), sendo a área AE-01 superior a 2.400m² e área AE-02 inferior a 200 m².

A área AE-01 é formada pelo agrupamento das maiores unidades (Decantador, Filtro, Reatores, Casa do Sopradores e ETL), totalizando uma área de 3.100 m² que corresponde a 12 furos de sondagem.

A área AE-02, de 42 m², é uma estrutura isolada com distância superior a 25 m de qualquer estrutura da área AE-01 que corresponde a 2 furos de sondagem.



Figura 2 – Pontos de sondagens – Áreas de Estudo.

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAGEM**

Caso não tenha a definição de leiaute, o Projeto Hidráulico deve fornecer uma planta topográfica com o desenho da área de interesse para a investigação geotécnica com a lista das unidades a implantar e suas dimensões hidráulicas. A previsão da quantidade de sondagem deve seguir os mesmos critérios descritos na tabela 01.

- Estruturas pequenas (Volume menor que 30 m³) situadas próximas a outras unidades investigadas, e dentro do perímetro de locação, dispensam a previsão de sondagens SPT. Por exemplo: Caixas, CDFL's, Blocos de apoio, Caixa de Areia entre outros.
- Caso estas pequenas estruturas estiverem isoladas, sem investigação local, deve ser previsto, no mínimo, 1 furo. A dispensa somente ocorrerá no caso de constar no referido Termo de Referência da contratação.
- Em travessia aérea deverá ser previsto, no mínimo, 1 furo de sondagem SPT em cada margem. Caso a extensão da travessia aérea avance pelas margens, deverá ser previsto 1 furo a cada 25m;
- Em travessia enterrada (em rodovia, ferrovia) e trechos urbanos de obras lineares aplicam-se os Métodos Não-Destrutivos (MND). Para a investigação do solo deverá ser previsto, no mínimo, 1 furo de sondagem SPT em cada PV (Poço de Visita) ou Caixa de início e fim da travessia ou do trecho urbano. Caso a extensão for superior a 25m deverá ser previsto furos adicionais.
- *Em taludes permanentes a previsão de furos é função da quantidade e da geometria dos perfis geológicos de análise, com espaçamento máximo de 50 m entre perfis. Ainda, cada perfil (seção análise) deve-se conter:
 - 1 furo de sondagem SPT a cada 25 m de distância horizontal do perfil, sendo, no mínimo, 2 furos situados 1 na crista e 1 no pé do talude;

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAGEM**

- Estes furos poderão pertencer a campanha de investigação das unidades.
- e) As profundidades dos furos de sondagem SPT deve prever o mínimo de 15m abaixo do nível do terreno natural. Ainda, no mínimo, 30% dos furos de campanha deve prever o limite de 25m, locados de forma abrangente nas estruturas de maior relevância.

Os casos de exceção a esta regra, atendendo a condição de escavação e fundação, poderão ser enquadrados conforme a tabela abaixo:

Casos	Profundidade da sondagem
*Barragens de nível / soleiras, Lagoas, Travessia Aérea, Casa de Química, Casa do Operador, Guarita, Laboratório, Casa de Compressores, Depósito, Administrativo, Laboratório, Casa dos Sopradores, Casa de Preparo de Polímero, Oficina, Leito de Secagem, Sistema de Entrada e Drenagem.	15 m
Estruturas pequenas (Volume menor que 30 m ³) como Caixas, CDFL's, Caixa de Areia entre outros.	10 m
Em Travessia Enterrada (em rodovia, ferrovia) e Trechos Urbanos de obras lineares – Escavação em valas ou Métodos Não-Destrutivos (MND)	5 m

Campanhas com profundidades menores podem ser definidas somente pela fiscalização, balizadas por estudos geotécnicos anteriormente realizados.

- f) Os serviços relacionados para execução das sondagens SPT e de topografia para sondagem pertencem ao Manual de Obras de Saneamento– MOS – 4^a edição (topografia, sondagem SPT).
- g) O ensaio de infiltração horizontal para a determinação da condutividade hidráulica do solo (coeficiente de permeabilidade) “in situ” segue a publicação da

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAGEM**

ABGE - boletim nº4 e deverá ser realizado durante a fase de execução da sondagem SPT em, no mínimo, 30% dos pontos de sondagem SPT selecionados previamente pelo projetista geotécnico em estruturas enterradas com profundidade superior a 2m ou em Edificações com subsolo. No entanto, a ausência da detecção de água na sondagem, após 12hs, elimina a necessidade deste ensaio.

- h) A locação deverá ser realizada com equipe topográfica baseado no Levantamento Topográfico existente no Projeto Básico de Engenharia. No entanto, caso as referências estiverem danificadas ou inexistentes, a empresa deverá executar o transporte de cota quando necessário.
- i) 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.

2.2 Ensaios de Campo e Laboratório

- a) A previsão da quantidade dos ensaios geotécnicos de campo e laboratório necessários para caracterizar e estudar o comportamento mecânico do solo deverá atender, no mínimo, a quantidade prescrita nos casos abaixo:

Caso 01 - Edificações sem subsolo ou Estruturas apoiadas com carga inferior a 100 tf e profundidade inferior a 2m.

Não requer a execução de ensaios, somente a investigação da sondagem SPT;

Caso 02 - Estruturas apoiadas com carga superior a 100 tf e profundidade inferior a 2m.

Para **cada 600 m² da estrutura** prever 1 coleta de amostra indeformada e 1 coleta de amostra deformada, contendo os seguintes ensaios:

***PREScrições para ELABORAÇÃO e APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS e PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO e SONDAgEM***

AMOSTRA	Quant.	Ensaio
Amostra Indeformada	01	Ensaio de Adensamento ⁽¹⁾ ;
Amostra Deformada	01	Granulometria com sedimentação;
	01	Ensaio de limite de liquidez;
	01	Ensaio de limite de plasticidade;
	01	Ensaio de massa específica real de grãos;
	01	Ensaio de massa específica natural;
	01	Ensaio de umidade natural.

(1) Em regiões suscetíveis ao colapso do solo, prever o ensaio de adensamento com colapsividade.

Caso 03 - Edificações com subsolo ou Estruturas enterradas com profundidade superior a 2m.

Para **cada 600 m² da estrutura** prever 1 coleta de amostra indeformada e 1 coleta de amostra deformada, contendo os seguintes ensaios:

AMOSTRA	Quant.	Ensaio
Amostra Indeformada	01	Ensaio de Cisalhamento (4 pontos por envoltória);
	01	Ensaio de Adensamento ^{(1) (2)} ;
Amostra Deformada	01	Granulometria com sedimentação;
	01	Ensaio de limite de liquidez;
	01	Ensaio de limite de plasticidade;
	01	Ensaio de massa específica real de grãos;
	01	Ensaio de massa específica natural;
	01	Ensaio de umidade natural.

- (1) Em regiões suscetíveis ao colapso do solo, prever o ensaio de adensamento com colapsividade;
- (2) No caso 3 o ensaio de adensamento é dispensado em estruturas como Canal de Entrada, Caixas em geral (Interligação, Passagem, Divisora de Fluxo), Estrutura de Lançamento, Poço de Sucção.

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAGEM**

Caso 04 – Taludes permanentes com altura superior a 2m

*Para **cada perfil geológico**, com espaçamento máximo de 50 m entre perfis, prever 1 ponto de coleta a cada 25 m de distância horizontal do perfil, entre o “pé e a crista do talude”. Cada ponto de coleta deverá prever 1 coleta de amostra indeformada e 1 coleta de amostra deformada, destinado às análises da escavação e estabilidade de taludes, contendo os seguintes ensaios:

AMOSTRA	Quant.	Ensaio
01 Amostra Indeformada para cada camada	01	Ensaio de Cisalhamento (4 pontos por envoltória);
01 Amostra Deformada para cada camada	01	Granulometria com sedimentação;
	01	Ensaio de limite de liquidez;
	01	Ensaio de limite de plasticidade;
	01	Ensaio de massa específica real de grãos;
	01	Ensaio de massa específica natural;
	01	Ensaio de umidade natural.

O caso 04 se aplica a taludes de urbanização, encostas e lagoas.

Caso 05 – Pavimentação

Para, no máximo, **cada 50 m** ao longo do comprimento do acesso prever 1 coleta de amostra deformada e, no mínimo 3 coletas, contendo os seguintes ensaios:

AMOSTRA	Quant.	Ensaio
01 Amostra Deformada para cada 50m	01	Granulometria com sedimentação;
	01	Ensaio de limite de liquidez;
	01	Ensaio de limite de plasticidade;
	01	Ensaio de massa específica real de grãos;
	01	Ensaio de massa específica natural;
	01	Ensaio de umidade natural.
	01	Compactação Proctor Normal
	01	CBR na umidade ótima

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAZEM**

- b) Para os casos de ensaios triaxiais ou de cisalhamento direto prever a execução sob condições de saturação, tensões, drenagem e velocidade de carregamentos preestabelecidos pelo engenheiro civil geotécnico, para a determinação da resistência ao cisalhamento dos solos.

2.3 Projeto Básico Geotécnico

O valor do Projeto Geotécnico está definido segundo as planilhas do MOEP (Manual de Orçamentação de Estudos e Projetos), o qual relaciona o custo em função dos tipos de unidades e acessos existentes no ETP (Estudo Técnico Preliminar), PBHI (Projeto Básico Hidráulico) e da complexidade geotécnica.

3 RELATÓRIO DA INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA E VISITA TÉCNICA

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

- Investigação Geotécnica (Sondagens SPT e Ensaios Geotécnicos);
- Visita Técnica de campo;

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.

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAÇÃO**

O Plano de Investigação Geotécnica deverá ser entregue junto com o Cronograma Físico, para aprovação do responsável da contratante.

*Os serviços de campo em áreas localizadas e travessias (locação dos pontos com topografia, sondagens e ensaios) devem, obrigatoriamente, ser supervisionados pelo engenheiro ou técnico fiscal pertencente à equipe técnica mínima da empresa contratada responsável pelo projeto hidráulico e/ou geotécnico. A execução de serviços em finais de semana e feriados devem ser pré-aprovadas pelo gestor do contrato. A participação do engenheiro ou técnico fiscal deve ser comprovada por meio de relatório fotográfico.

3.1 Investigação Geotécnica - Sondagens SPT

Todos os furos realizados pela campanha de sondagens SPT deverão ser obturados conforme item 5.2.6 da NBR 6484, sendo totalmente preenchidos com calda de cimento, bentonita ou mistura solo cimento.

As sondagens de investigação à percussão deverão ser executadas de acordo com a norma NBR-6484 – SOLO - SONDAÇÃO DE SIMPLES RECONHECIMENTO COM SPT - MÉTODO DE ENSAIO, aplicável para sistema de sondagem manual e mecanizado.

No entanto existe uma coletânea das normas complementares para a realização do ensaio de SPT, sendo relacionada abaixo:

FONTE	Nº	Descrição
MPS	MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO Versão 2025	Módulo 5 Revisão R0 Página 14/79

***PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAÇÃO***

NBR -	6484	SOLO - SONDAÇÕES 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 SONDAÇÕES
NBR -	7389	APRECIAÇÃO PETROGRÁFICA DE AGREGADOS
NBR -	7390	ANÁLISE PETROGRÁFICA DE ROCHAS
NBR -	8036	PROGRAMAÇÃO DE SONDAÇÕES 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) Para a comprovação deste serviço pela fiscalização, o executor deverá apresentar um relatório fotográfico e a identificação do ponto conforme definido pelo Plano de Investigação Geotécnica;
- b) Planta de locação que 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;
- c) 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;
- d) Todo o RN adotado deverá ser fotografado. A foto deverá identificar o RN e a área com alguma referência (edificações, cercas limítrofes e outros);

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAÇÃO**

- e) O amostrador padrão deverá ser aquele detalhado pela norma NBR 6484;
- f) 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;
- g) O procedimento de ensaio de cravação deverá ser aquele descrito pela norma NBR 6484, no qual cada golpe de cravação será dado pela queda de um peso de 65 kg a uma altura de 75 cm;
- h) A amostragem (ensaio de cravação) deverá ser executada a partir do topo do furo, removendo a camada vegetal;
- i) 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;
- j) 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 Sanepe deverá ser notificada;
- k) Os furos de sondagem deverão ser numerados na planta de locação seguindo as direções de cima para baixo e da esquerda para a direita;
- l) O boletim de sondagem SPT deve apresentar o desenho do perfil individual em escala de cada sondagem e/ou seções do subsolo devendo constar:

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAÇÃO**

- 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;
- 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 caliça, 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

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAGEM**

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), compacidade 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;
- Deve considerar “IMPENETRÁVEL À PERCUSSÃO, PROVÁVEL ROCHA OU MATACÃO”, depois de realizado o procedimento de escavação com trépano (trepanação ou lavagem por tempo) conforme previsto em norma NBR 6484;
- Deve considerar “IMPENETRÁVEL À PERCUSSÃO, SEGUNDO A NBR 6484” depois de realizado o procedimento de paralisação conforme previsto em norma NBR 6484;
- Deve considerar “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.

***PREScrições para ELABORAÇÃO e APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS e PROJETOS
PROjETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO e SONdAGEM***

*No caso do SPT mecanizado, as exigências previstas deverão seguir os procedimentos da NBR 6484.

3.1.1 Interpretação dos dados do boletim

A Figura 3 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 Estudos e Projetos
Projeto Básico Geotécnico, Serviço de Ensaio e Sondagem***

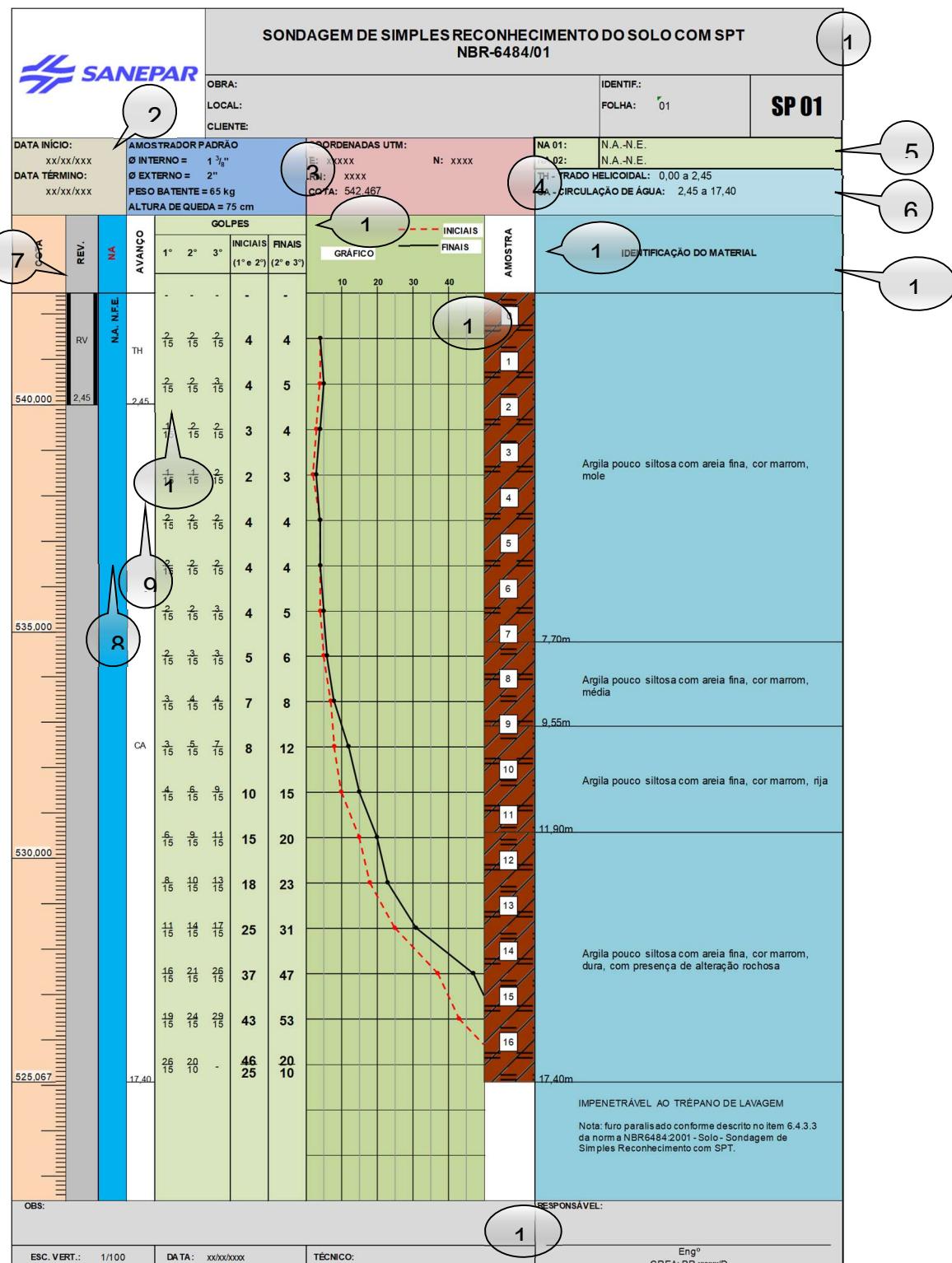


Figura 3 - Modelo Apresentação do Boletim de Sondagem SPT

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAGEM**

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 1^a, 2^a e 3^a penetrações.

Os boletins de sondagem SPT de uma forma geral apresentam duas colunas chamadas de 1^a e 2^a e outra chamada de 2^a e 3^a penetrações, conforme a Figura 4.

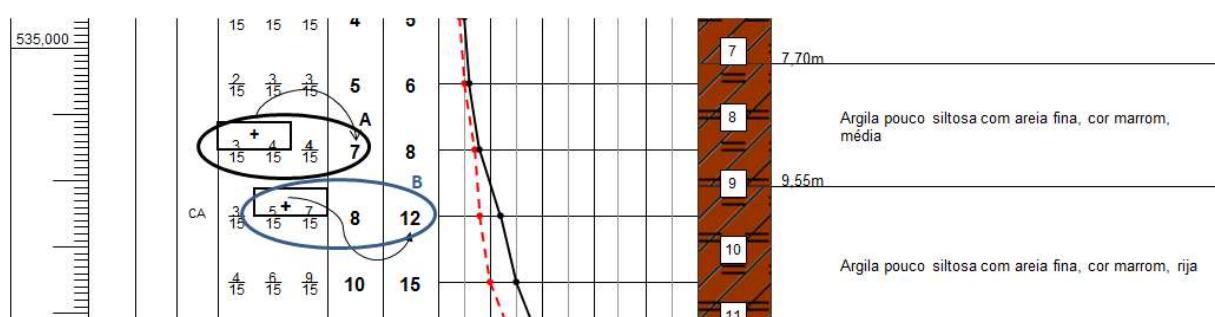


Figura 4 -- Interpretação do valor Nspt. (A) representa a soma de golpes da 1^a e 2^a camada. (B) representa a soma de golpes da 2^a e 3^a camada

***PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAÇÃO***

A análise sempre irá se basear na coluna 2^a e 3^a, 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.

3.1.2 Locação e nivelamento dos furos

Este serviço deverá 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/hidráulicos.

O nivelamento de sondagem deverá usar Referência de Nível (RN) igual ao do projeto básico de engenharia hidráulica, 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.

3.1.3 Ocorrência de impenetrável

O quantitativo de sondagem aprovado no “Plano de Investigação Geotécnica” será a meta de serviço a executar em campo. Caso ocorra o impenetrável em profundidade menor que a prevista, a contratada deverá controlar o saldo dos comprimentos previstos e adotar, em campo, as ações listadas abaixo:

- a) Iniciar as sondagens pelos furos de maior profundidade prevista (furos com 25m), acumulando as diferenças de comprimentos não executados e acrescentando-as nos comprimentos dos furos subsequentes;

***PREScrições para ELABORAÇÃO e APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS e PROJETOS
PROjETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO e SONdAGEM***

- b) Caso a sondagem atinja o impenetrável antes da profundidade de 7,00 m, esta deverá ser, obrigatoriamente, deslocada em posições diametralmente opostas e distantes a 2,00 m do furo inicial, até o máximo de 4 vezes, sendo limitada à quantidade de perfuração prevista. Os deslocamentos deverão ser orientados para dentro da projeção da estrutura a implantar, conforme previsto no MOS (Módulo 02) e a NBR 6484;
- c) Caso o impenetrável ocorra após os 7m, o deslocamento (conforme descrito no item b) poderá ocorrer se existir o saldo positivo em relação aos comprimentos de perfurações previstas;
- d) Na fase de execução dos serviços de sondagem, o Plano de Investigação Geotécnica poderá ser reavaliado se esgotada as ações descritas nos itens a), b) e c), resultando em saldo maior que 10m de perfuração. Desta forma a contratada deverá comunicar o engenheiro fiscal do contrato sobre a ocorrência deste saldo de sondagens a executar, solicitando furos adicionais e respeitando a mesma quantidade total com comprimento de perfuração prevista.

Os furos adicionais poderão, previamente, serem marcados no “Plano de Investigação Geotécnica” para acelerar as decisões de campo.

Esgotadas todas estas possibilidades, se restar um saldo de perfurações, a contratada deverá apresentar uma justificativa no relatório de sondagens, relatando as ações tomadas em campo, de acordo com os itens a), b), c) e d).

A falta de atendimento dos itens listados acima implicará no retorno da empresa contratada ao local para a realização do saldo de perfurações restantes.

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAÇÃO**

3.1.4 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 horizontal realizado na ocasião da sondagem SPT estuda o comportamento do fluxo no solo quanto ao submetido à infiltração de água, definindo o parâmetro dado pela condutividade hidráulica ou permeabilidade dos solos saturados (Associação Brasileira de Geologia de Engenharia – ABGE em seu Boletim Nº 4 1996 – “Ensaios 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.

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAGEM**

3.2 Investigação Geotécnica – Coleta de Amostras

3.2.1 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 rafia. Desta forma, para cada ponto de coleta de amostra deformada, retira-se 60 kg de material/saco a ensaiar.

As coletas de amostras deformadas geram escavações em cavas ou furos que deverão ser recompostas após a extração do solo, compactando com o próprio material de escavação.

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

3.2.2 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 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 5.

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS**
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAGEM

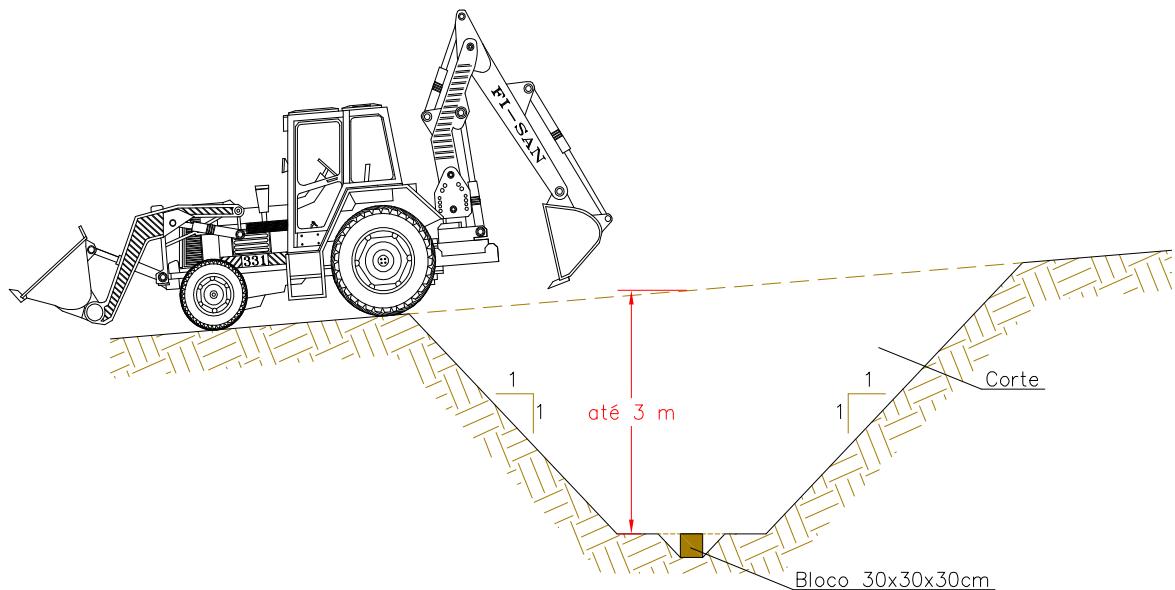


Figura 5 – Escavação mecânica a céu aberto com uso de uma retroescavadeira. Limite de 3m de profundidade ou pela capacidade de alcance da máquina.

Em casos de áreas com espaço restrito é possível realizar uma escavação manual em poços (Coleta de Bloco – NBR 9604), conforme ilustrado na Figura 6.

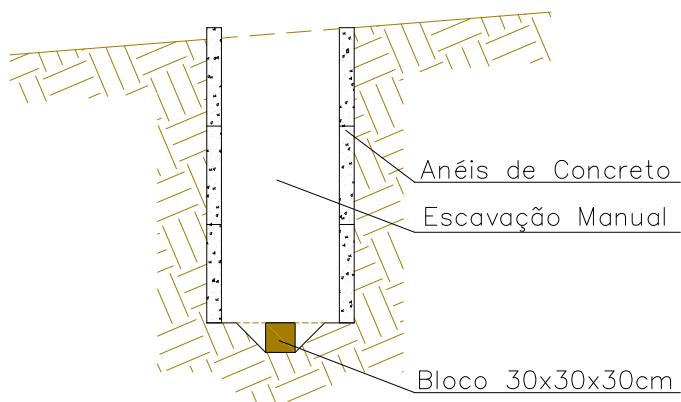


Figura 6 - Escavação manual em poços.

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAGEM**

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

- a) Escavar o solo com uso lâmina, moldando um cubo de 30x30x30cm³ (Figura 7a e Figura 7b);
- b) Envolver as faces expostas do bloco com 3 camadas de tecido (talagarça) e parafina líquida (Figura 8a e Figura 8b);
- c) Identificar o topo do bloco com a letra “T” e a direção da amostragem (Figura 8c);
- 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 8d);
- e) Para transporte é necessária uma proteção mecânica com uso de caixa de madeira. Desta forma, a amostra fica acondicionada dentro da caixa e envolvida por serragem úmida.



a)



b)

Figura 7 – Escarificação do solo com uso de lâminas (facas) para moldar um bloco indeformado.

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAGEM**



Figura 8 – 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 9), 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, poderão ser realizadas contraprovações (validações).

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAGEM**



Figura 9 – Coleta de amostra direto nos anéis de ensaio para o Cisalhamento Direto e Adensamento.

A coleta de amostra indeformada por meio 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 10a (NBR 9820).

Na Figura 10b 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 11 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.

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAGEM**

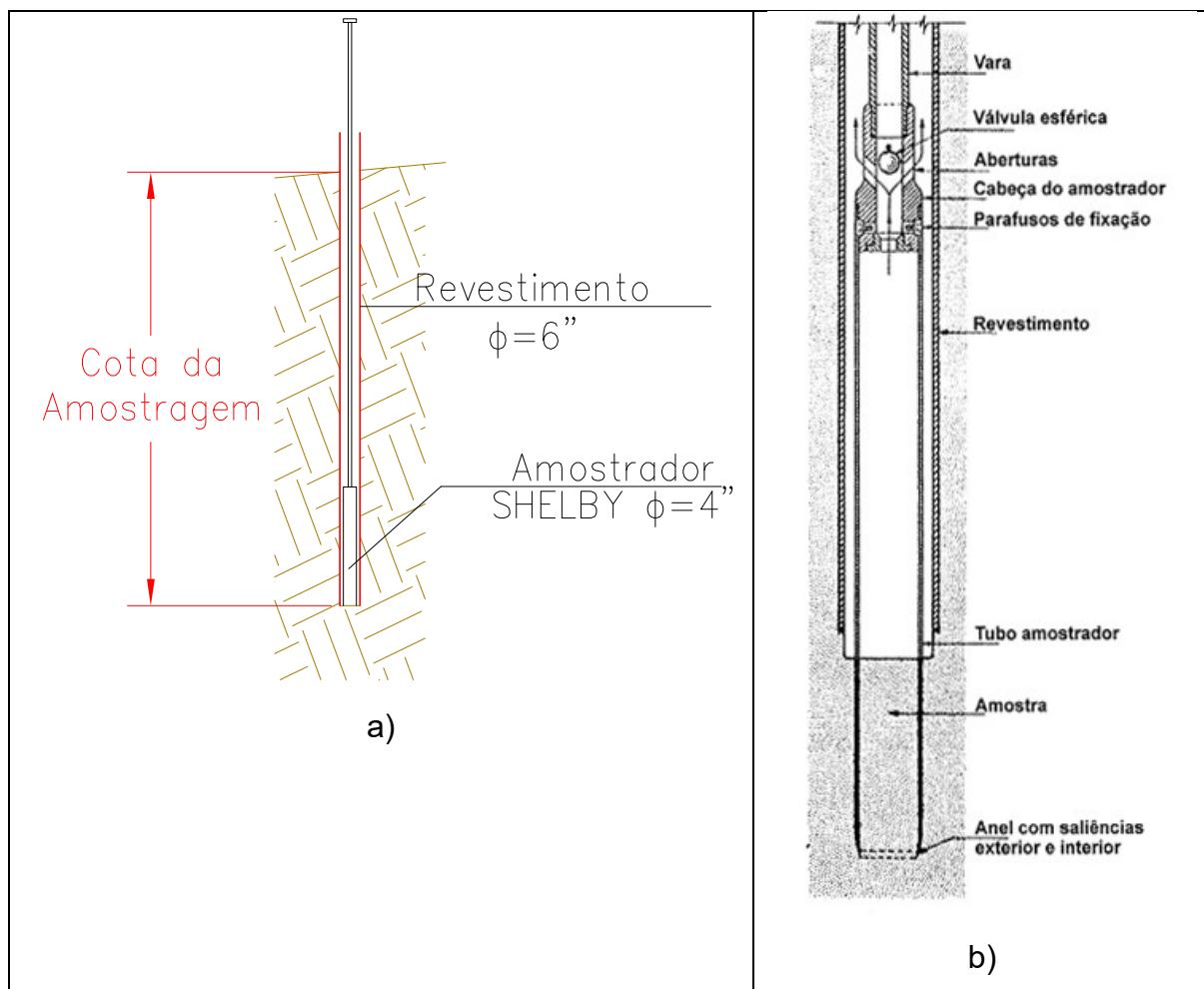


Figura 10 – a) Esquema de instalação do Amostrador.

b) Shelby mostrado em detalhes.



Figura 11 – Vista geral do Amostrador Shelby de paredes delgadas.

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAGEM**

As coletas de amostras indeformadas geram escavações em cavas ou furos que deverão ser recompostas após a extração do solo, compactando com o próprio material de escavação.

Para a comprovação destes serviços pela 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. E descrever o solo, a data, e as condições climáticas.

3.3 Investigação Geotécnica - Ensaios 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

**PREScrições para ELABORAÇÃO e APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS e PROJETOS
PROjETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO e SONDAgEM**

NBR -	6491	RECONHECIMENTO E AMOSTRAGEM PARA FINS DE CARACTERIZAÇÃO DE PEDREGULHO E AREIA
NBR -	6502	ROCHAS E SOLOS
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

3.4 Investigação Geotécnica - Ensaios 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

**PREScrições para ELABORAÇÃO e APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS e PROJETOS
PROjETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO e SONdAGEM**

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	DESCRÍÇÃO
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

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAGEM**

3.4.1 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

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAGEM**

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, nos quais 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 por onde 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.

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS**
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAGEM

Este comportamento deve ser medido por meio 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/cm², ao inundar esta amostra de solo nesta tensão, o solo será considerado colapsível se apresentar índice de colapso (ic) maior que 2%.

3.4.2 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 (φ) do solo.

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

Adota-se como regra geral, a execução de **uma** Envoltória de Resistência ao 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, este ensaio se aplica ao estudo de estabilidade de taludes existentes e encostas naturais.

Os custos dos ensaios de Cisalhamento Direto e de Cisalhamento Triaxial pertencem à tabela MOEP (Manual de Orçamentação de Estudos e Projetos), apropriando seu valor por ponto de ensaio. Para fins de orçamentação, deve-se considerar **1 (uma)**

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAGEM**

Envoltória de Resistência ao Cisalhamento composta por **4 (quatro) pontos** de ensaios de cisalhamento direto ou triaxial.

Ou seja, por exemplo, para uma contratação com 3 tanques enterrados (Caso 03) com 1 RALF, 1 Filtro e 1 Decantador serão necessárias 3 Envoltórias de Resistência ao Cisalhamento, correspondendo a 12 pontos de ensaios de Cisalhamento Direto ou de Cisalhamento Triaxial.

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

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

O resultado do ensaio será aceito com a interpretação matemática da envoltória de resistência ao cisalhamento com uso de regressão linear, com o coeficiente de determinação (R^2) maior que 0,98. Caso contrário, o geotecnista deverá descartar os resultados errados e realizar novos pontos de ensaio até atingir o coeficiente de determinação maior que 0,98, sem ônus a Sanepe.

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)

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAGEM**

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

- a) Terrenos argilosos abaixo de fundações (edifícios e aterros)
 - Ensaios 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 poropressões)
 - Após a construção - UU
 - Rebaixamento rápido - CU
- d) - Solos arenosos
 - Ensaios drenados – CD

**3.5 *Orientações para serviços em campo, banco de dados geográficos e
acompanhamento dos serviços via software**

A contratada deve executar os serviços de acordo com as orientações Módulo 16 - Notas Técnicas, disponibilizadas pelo link: <https://www.sanepar.com.br/informacoes-tecnicas/indice-2>, conforme descrito abaixo:

a) NT 26 - BUSCAS DE PROPRIEDADE DE FAIXAS DE SERVIDÃO OU DESAPROPRIAÇÃO

Esta nota técnica visa estabelecer procedimentos e orientações para os trabalhos de campo que serão realizados pelas empresas contratadas pela Sanepar ou terceirizadas, junto aos proprietários dos imóveis atingidos por faixas de servidão e ou desapropriações, visando o acesso a qualquer área a ser levantada, estando ela com a presença ou não do proprietário.

b) NT 31 - BANCO DE DADOS GEOGRÁFICOS COM A LOCALIZAÇÃO ESPACIAL DOS FUROS DE SONDAGENS E ENSAIOS DE SOLO.

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAGEM**

O objetivo é estabelecer procedimentos e orientações para as empresas contratadas pela Sanepar ou terceirizadas, de forma que sejam responsáveis pela entrega de uma planilha Excel com as coordenadas UTM dos furos de sondagens e ensaios de solo.

c) NT 45 - PROCEDIMENTOS PARA LOCAÇÃO, GESTÃO E MONITORAMENTO DE SONDAGEM A TRADO, SPT, ROTATIVA E COLETA DE AMOSTRA
Esta nota técnica trata-se de procedimentos para locação, gestão e monitoramento de sondagem a Trado, SPT, Rotativa e Coleta de Amostra.

3.6 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, quando a contratada deverá descrever todas as características locais em 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.

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAGEM**

No relatório técnico deve constar a identificação do profissional responsável pela vistoria e a do funcionário local da Sanepar que acompanhou a visita.

Caso ocorra impossibilidade de o profissional geotécnico habilitado na equipe técnica mínima realizar a visita técnica, a empresa contratada deverá justificar o motivo e apresentar um novo profissional geotécnico para realização da visita técnica. No entanto o profissional geotécnico habilitado na equipe técnica mínima deverá analisar o material concomitantemente com o novo profissional e elaborar o laudo com sua respectiva ART.

4 RELATÓRIO DO PROJETO GEOTÉCNICO

Este relatório representa a parte do Projeto Básico Geotécnico composto por:

- 4.1 Concepção do Projeto Geotécnico;
 - 4.1.1 Relatório da Investigação Geotécnica e Visita Técnica
 - 4.1.2 Modelo Geológico Tridimensional
 - 4.1.3 Resumo técnico da concepção
- 4.2 Descrição das unidades e informações geotécnicas;
- 4.3 Definição e Dimensionamento do tipo de fundação direta ou profunda;
- 4.4 Definição e Dimensionamento das escavações e/ou aterros da terraplanagem;
- 4.5 Definição e Dimensionamento do sistema de rebaixamento;
- 4.6 Definição e Dimensionamento do sistema de contenção;
- 4.7 Descrição do desmonte de rocha;
- 4.8 Definição e Dimensionamento da pavimentação;
- 4.9 Quadro de Quantitativos
- 4.10 Peças Gráficas

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAÇÃO**

A contratada deverá apresentar o relatório completo com todos os itens do capítulo 4, contemplando nas peças gráficas, todos os detalhes construtivos e notas necessárias para a execução adequada das futuras obras.

O projeto deverá ser 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 - SONDAÇÕES 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 SONDAÇÕES 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
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	SONDAÇÃO 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 SONDAÇÃO
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	13303/16	DISPOSIÇÕES APlicáveis ÀS EMPRESAS PÚBLICAS E ÀS SOCIEDADES DE ECONOMIA MISTA

***PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAGEM***

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 Concepção do Projeto Geotécnico

A concepção envolve a análise de todos os resultados obtidos na investigação geotécnica (sondagem, ensaios e visita técnica) em conjunto com os projetos hidráulico, estrutural, elétrico/automação e mecânico, de modo a haver compatibilização entre todas as especialidades.

Este estudo deverá resultar no Modelo Geológico Tridimensional e no Resumo Técnico da Concepção, sendo apresentado em volume separado para fins de licitação da obra.

4.1.1 Relatório da Investigação Geotécnica e Visita Técnica

Este relatório é composto pelos serviços do Item 3 desta Prescrição, devendo ser reapresentado no Item 4 em um único volume em vias impressa e digital.

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAGEM**

4.1.2 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 12 mostra um Perfil Geológico obtido do modelo tridimensional. A Figura 13 demonstra os cortes realizados no modelo. A Figura 14 e Figura 15 apresentam o detalhamento dos perfis geológicos.

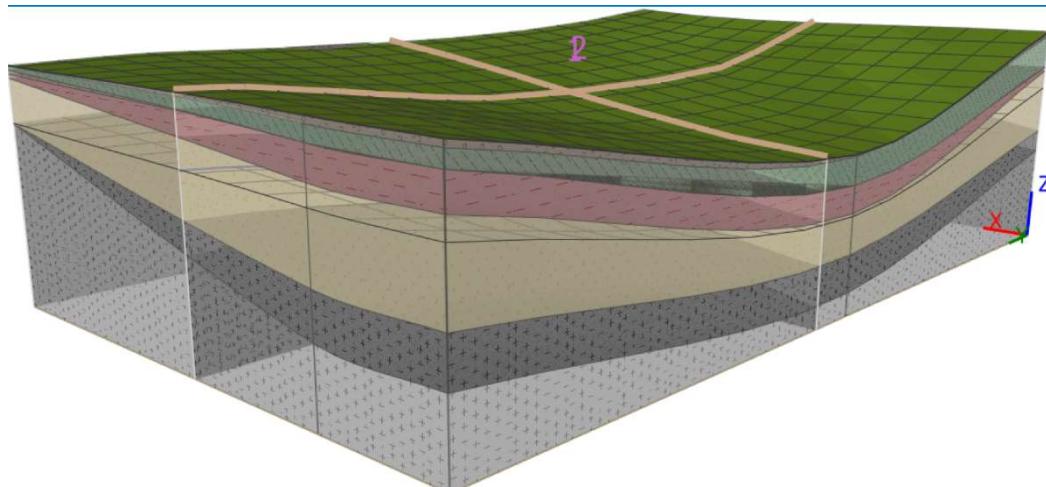


Figura 12 – Modelo tridimensional apresentando a superfície e o perfil geológico

**PREScrições para ELABORAÇÃO e APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS e PROJETOS
PROjETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO e SONdAGEM**

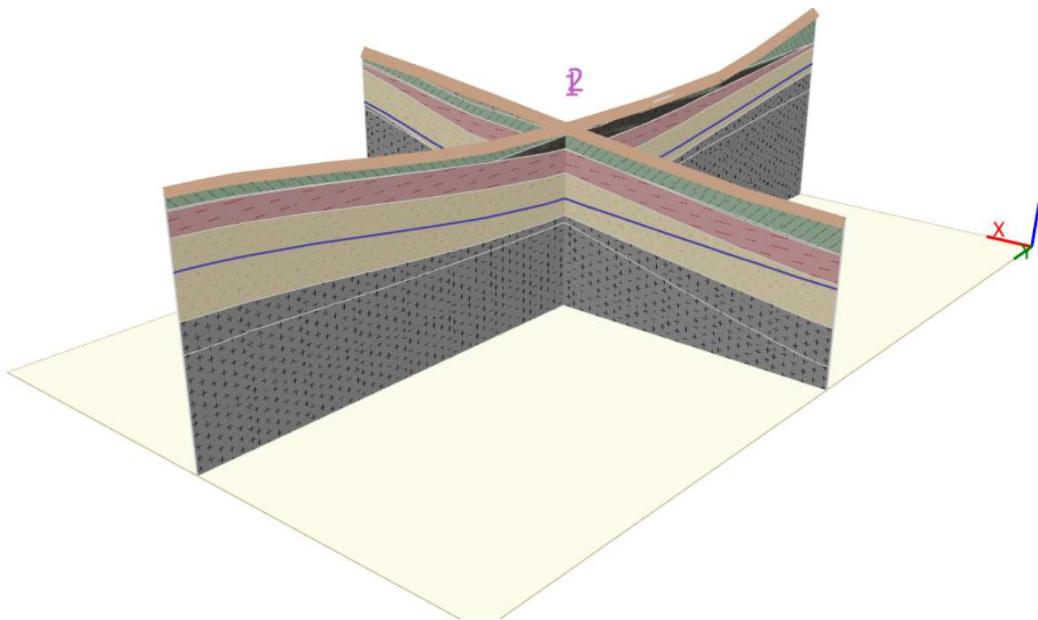


Figura 13 – Perfil geológico obtido do modelo tridimensional

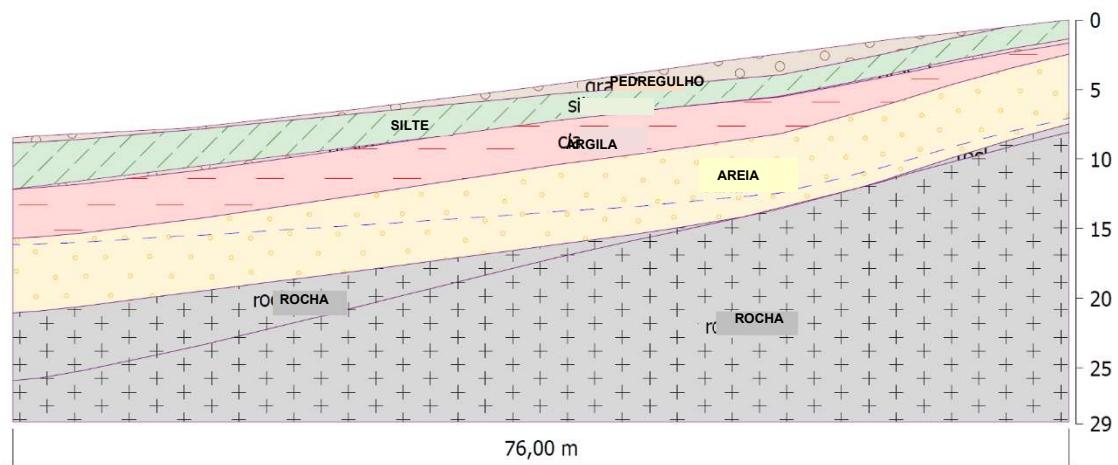


Figura 14 – Perfil geológico detalhado obtido do modelo tridimensional

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAGEM**

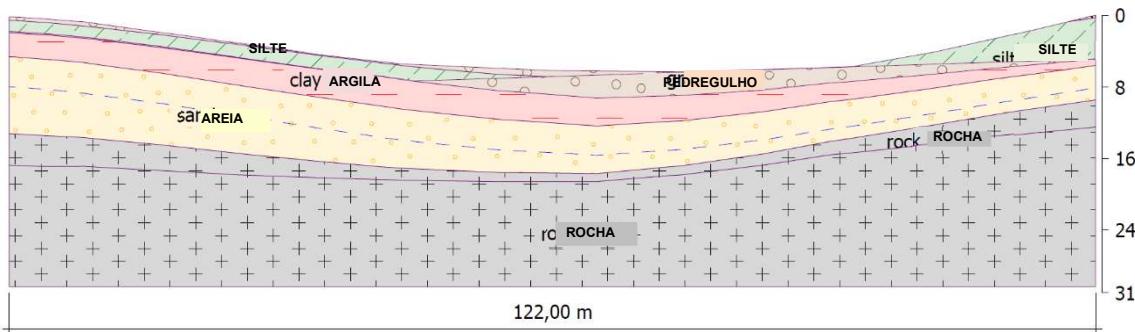


Figura 15 – Perfil geológico detalhado obtido do modelo tridimensional

No caso de áreas de unidades isoladas com apenas 2 furos de sondagem SPT, poderão ser apresentados apenas perfis geológicos.

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

4.1.3 Resumo técnico da concepção

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

- a) Descrição das unidades e informações geotécnicas;
- b) 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;
- c) 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);
- d) Rebaixamento do Lençol Freático, descrevendo o tipo, a vazão e altura.
- e) 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.

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAÇÃO**

4.2 Descrição das unidades e informações geotécnicas

Com base no Projeto Básico Hidráulico 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.

4.3 Definição e Dimensionamento do tipo de fundação direta ou profunda

O Projeto 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.

A análise inicial das estruturas deverá ocorrer preferencialmente em fundação direta, analisando as informações do solo abaixo da cota de assentamento, definindo a capacidade de carga por meio de sondagens, resultados dos ensaios de cisalhamento e a tensão de pré-adensamento (se for o caso) conforme item 3.4.1.

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

*Caso a solução técnica de fundação direta não seja viável, esta deverá ser justificada no memorial de cálculo em função da sua viabilidade técnica na capacidade de carga e recalque.

*Desta forma deverá ser analisada a aplicação da fundação 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. Em função da viabilidade técnica/econômica e da disponibilidade

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAÇÃO**

de fornecimento do serviço na região, segue a ordem de prioridade para escolha do tipo de estaca, conforme tabela abaixo.

*Ordem Prioridade	*TIPO DE FUNDAÇÃO PROFUNDA
01	Estaca escavada convencional moldada "in loco" e/ou encamisada
02	Estaca hélice contínua
03	Estaca pré-moldada em concreto
04	Estaca Franki
05	Estaca pré-moldada metálica
06	Estaca Raiz
07	Estaca Injetada

*A fundação em tubulão a céu aberto deve ser estudada em função do perfil de solo obtido nas sondagens sem presença de água, no qual na cota de assentamento tem-se um solo com capacidade de carga na ponta superior à resistência lateral do fuste (valor desprezível). A escolha do tubulão é uma decisão de viabilidade técnica/econômica quando comparada às soluções em estaca apresentada na tabela acima.

*As análises dos tipos de fundação profunda deverão ser justificadas, caso o projeto adote tipo de fundações com ordem de prioridade diferentes da **tabela acima**.

Exemplo: Caso a escolha adotada para o tipo de fundação profunda seja 07- Estaca Injetada, deverá ser apresentada as justificativas técnicas para não adoção das fundações listadas na ordem de prioridade de 01 a 06 e a solução em tubulão a céu aberto.

*Incluir no memorial de cálculo a análise das profundidades das estacas em função da capacidade de perfuração, cravabilidade (se for o caso) e presença de impenetrável.

O projetista geotécnico, baseado na campanha de sondagens SPT (adicionalmente podendo ocorrer, sondagens mistas, geofísicas e ensaios de caracterização) definirá

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS**
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAGEM

- o **perfil geológico** do subsolo das estruturas a implantar contendo a estratigrafia, linha do lençol freático e do topo rochoso, conforme mostrado na Figura 16.

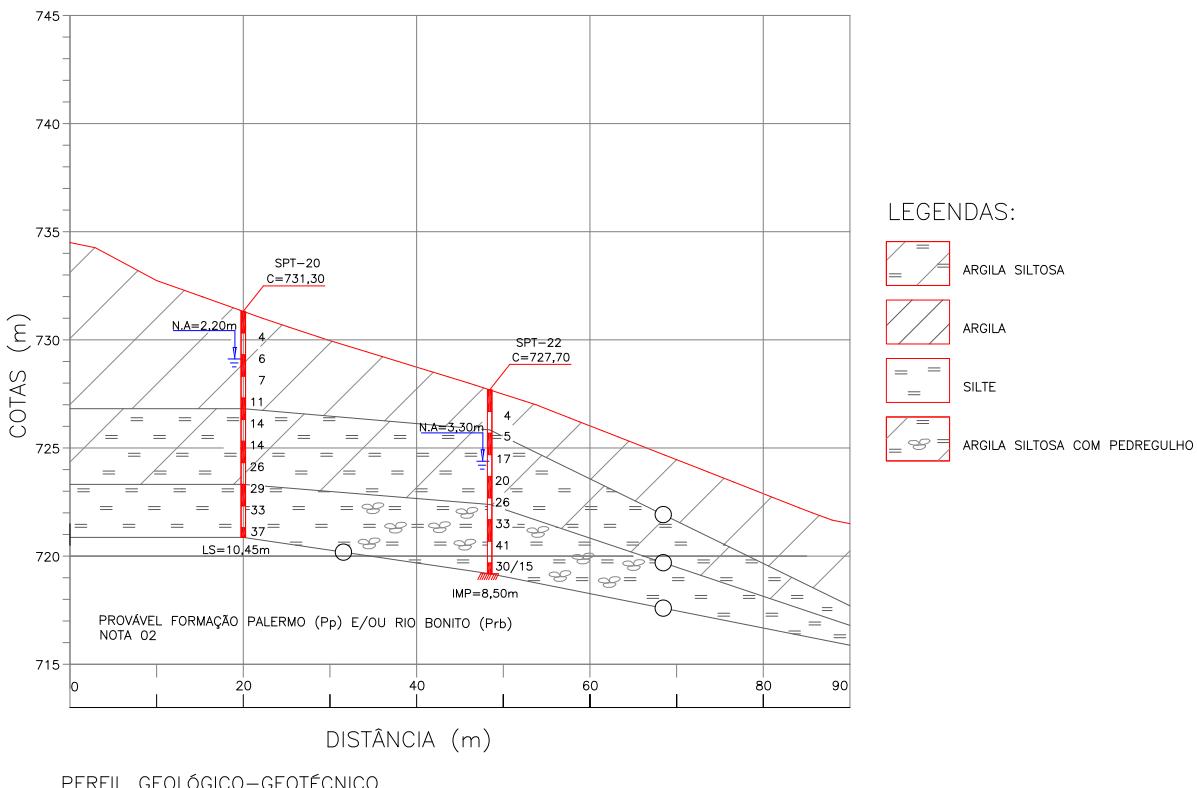


Figura 16 - Perfil Geológico baseado nas informações da investigação geotécnica.

Em fundação direta, analisando as informações do solo abaixo da cota de assentamento, é possível definir a capacidade de carga através da sondagem e a tensão de pré-adensamento (se for o caso) conforme item 4.3.1.

4.3.1 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.

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAÇÃO**

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, com a qual 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:

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

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

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

O Projeto Básico deve apresentar o dimensionamento, e todos os detalhes construtivos e notas nas peças gráficas (item 4.10) necessárias para a execução adequada das futuras obras, contendo planta de cargas, locação, cota de assentamento das bases e escavações.

4.3.2 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.

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAZEM**

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 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.

No Projeto Geotécnico deve ser apresentado o dimensionamento, e todos os detalhes construtivos e notas nas peças gráficas (item 4.10) necessárias para a execução adequada das futuras obras, contendo planta de cargas, locação, cota de arrasamento, tipo de estaca, diâmetro, comprimento, armaduras das estacas e escavações.

4.3.3 *Estrutura sujeita à subpressão

Em casos de estruturas sujeitas a subpressão, a definição de fundação poderá ser adota de acordo com a viabilidade técnica e financeira em função do combate a subpressão. Em função da viabilidade técnica/econômica e da disponibilidade de fornecimento do serviço na região, segue a ordem de prioridade para escolha das soluções para combate a subpressão, conforme tabela abaixo, sendo necessário realizar os comparativos entre soluções:

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAGEM**

COMBATE À SUBPRESSÃO	
Ordem Prioridade	TIPO DE SOLUÇÃO DE FUNDAÇÃO*
01	Fundação direta - Utilização de abas
02	Fundação direta - Aumento do peso próprio da estrutura
03	Fundação direta - Utilização de concreto ciclópico sobre a área das abas
04	Fundações diretas - Em rocha, utilizar grampos (chumbamento da estrutura na rocha)
05	Ancoragem da estrutura em cortina de contenção em concreto ou elementos estruturais
06	Estaca hélice contínua
07	Estaca pré-moldada em concreto
08	Estaca Franki
09	Estaca pré-moldada metálica
10	Estaca Raiz
11	Estaca Injetada

Algumas soluções podem ser agrupadas conforme a necessidade do combate a subpressão.

As análises de combate de subpressão deverão ser justificadas, caso o projeto adote tipo de soluções com ordem de prioridade diferentes da **tabela acima**.

4.3.4 Provas de Carga em Placa

A norma NBR 6489 e o Manual de Obras de Saneamento (MOS), item 0422 CONTROLE TECNOLÓGICO - SOLOS, especifica os serviços de Prova de Carga em Placa.

Desta forma, se necessário, o Projetista Geotécnico deve solicitar a execução da Prova de Carga em Placa (NBR 6489) na fase de obra para a validação do aterro

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAGEM**

projetado quanto à sua capacidade de carga e recalque, atendendo as exigências do projeto.

O Projeto Geotécnico deve relacionar este serviço no quadro de quantitativos e no orçamento, conforme os itens do MOS:

0422 CONTROLE TECNOLÓGICO - SOLOS

042207 Prova de Carga em Placa.

4.3.5 Provas de Carga em Estaca

A norma NBR 6122 e o Manual de Obras de Saneamento (MOS), item 0833 CONTROLE TECNOLÓGICO DE ESTACAS, especificam os serviços de Provas de Carga em Estacas.

Desta forma, se necessário, o Projetista Geotécnico deve solicitar a execução dos ensaios de integridade (PIT), Provas de Carga Estática (PCE, NBR 12131) e/ou Prova de Carga Dinâmica (PCD, NBR 13208) para a validação do estaqueamento

projetado na fase de obra quanto à sua integridade, capacidade de carga e recalque, atendendo as exigências do projeto.

O Projeto Geotécnico deve relacionar estes serviços no quadro de quantitativos e no orçamento, conforme os itens do MOS:

0833 CONTROLE TECNOLÓGICO DE ESTACAS

083301 Verificação da Integridade de estacas - Ensaio de PIT.

083302 a 083308 Prova de Carga Estática – PCE.

083309 a 083315 Prova de Carga Dinâmica – PDA.

***PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAGEM***

4.4 Definição e Dimensionamento das escavações e/ou aterros das unidades construtivas

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

*Esta modelagem deverá ser apresentada em arquivo editável proveniente do Civil 3D ou Geo5, possibilitando a discretização dos volumes das escavações correspondente às unidades construtivas. O agrupamento de unidades em uma mesma cava depende de uma avaliação da viabilidade geotécnica, sendo necessário comunicar ao gestor do contrato.

*As unidades definidas no PBHI são locadas em plataformas de terraplanagem, indicadas como Platôs.

4.4.1 *Balanço de massa exportação/compensação/importação

*O Projeto Geotécnico deverá definir em relatório e representar em desenhos (Vistas em Planta e Perfis em 2 direções) as etapas executivas do Movimento de Terra, mostrando:

- a) Etapa 01 - Escavação em CORTE das unidades construtivas (Platôs e Estruturas), sendo considerado para a Estrutura o volume de escavação abaixo do perfil do terreno primitivo. Se necessário escavar o solo de fundação, deve-se prever ATERRA/REATERRO até a cota de assentamento da estrutura. Nesta etapa, inclui-se a execução das contenções, se necessário;
- b) Etapa 02 - Após a implantação das unidades, executa-se os REATERROS laterais das estruturas até atingir a menor cota do platô ou do terreno primitivo.

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAGEM**

- c) Etapa 03 - Executa-se os ATERRROS das unidades dos platôs a partir do terreno primitivo até atingir a sua cota final. Para os casos de estruturas assentes acima terreno primitivo não se aplica a Etapa 03.

*O Projeto Hidráulico poderá definir unidades para IMPLANTAÇÃO IMEDIATA e IMPLANTAÇÃO FUTURA. Neste caso as etapas executivas deverão ser detalhadas isoladamente, por se tratar de momentos distintos de implantação.

Apenas como ilustração desta prescrição para demonstração dos elementos do Modelo 3D, a Figura 17 mostra o perfil geológico do subsolo contendo a estratigrafia, linha do lençol freático e do topo rochoso (se houver).

O modelo 3D deverá ser apresentado com escavação sendo 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 17.

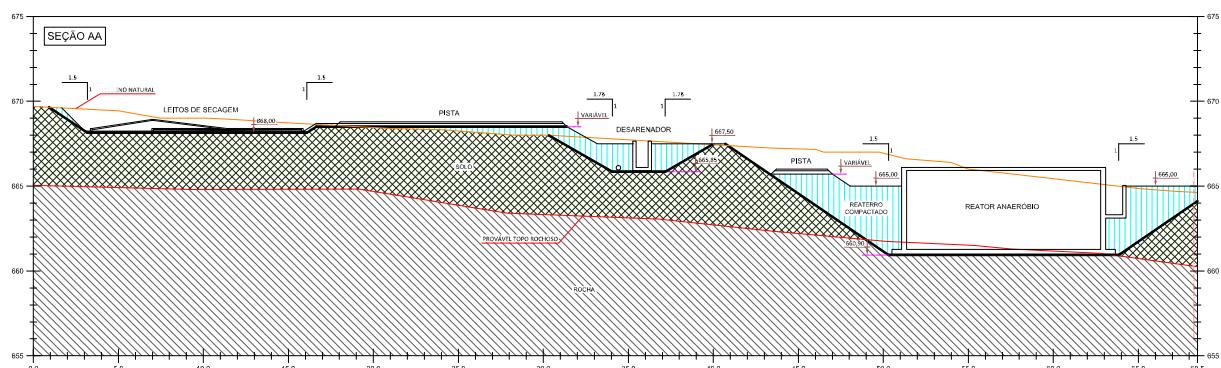


Figura 17 – Exemplo do Perfil de Terraplanagem com informações geológicas cruzando as unidades.

A Figura 18 mostra o aterro realizado para conformar o “platô” em relação ao terreno natural.

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAGEM**

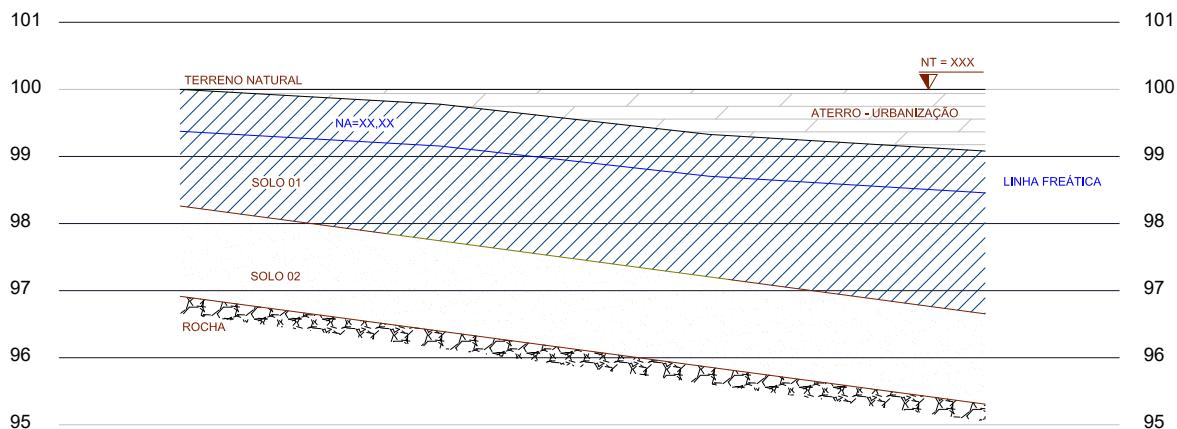


Figura 18 - Perfil de Terraplanagem da Urbanização com informações geológicas

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

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

*O Projeto Geotécnico deve indicar previamente os locais potenciais para a importação do solo, que pode ser proveniente de jazidas comerciais, pedreiras ou de obras locais com disponibilidade de material para descarte. Desta forma, o projetista poderá definir estes locais próximos e respectivos contatos, com base em visita técnica e consultando o Sistema de Informações Geográficas da Mineração – SIGMINE pertencente a Agencia Nacional de Mineração (ANM), acessando o site: https://geo.anm.gov.br/portal/apps/webappviewer/index.html?id=6a8f5ccc4b6a4c2bb_a79759aa952d908

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAGEM**

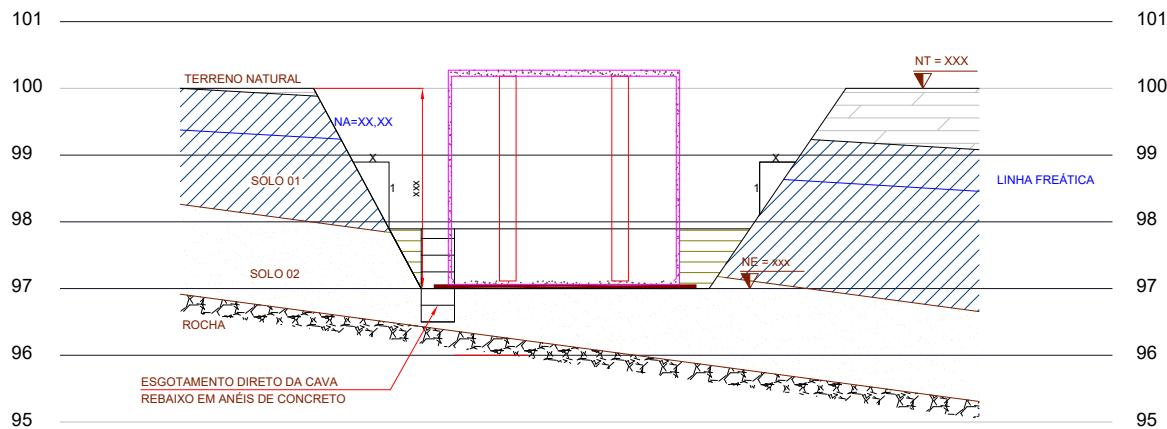
Ainda, cabe ao Projeto Geotécnico especificar a quantidade e os ensaios necessários à caracterização de todo o solo proveniente da Jazida ou a compensar em aterros, conforme descrito abaixo (MOS e NBR 5681):

- a) Prever nove ensaios de compactação, segundo a NBR 7182, para cada 1000 m³ 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 m³ 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, a obra deverá especificar os parâmetros para controle tecnológico dos aterros no campo.

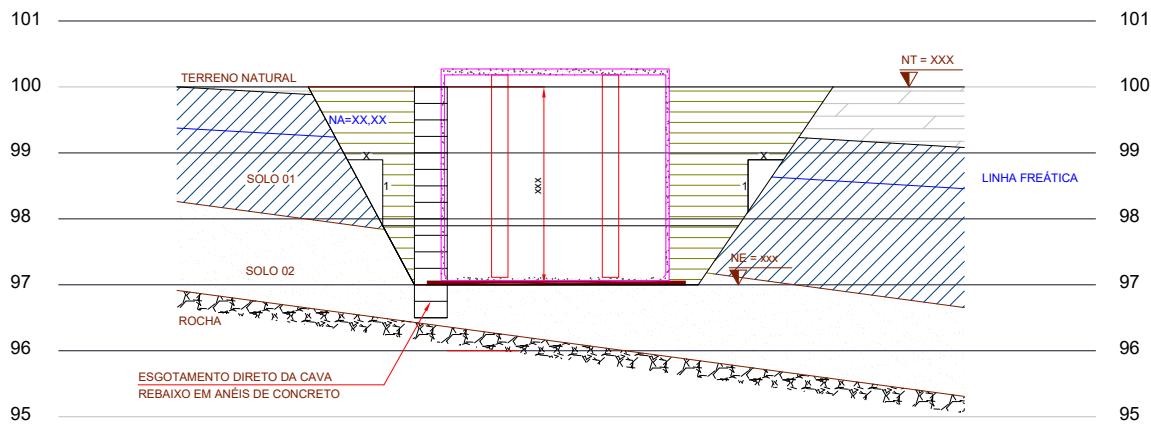
Após iniciar as Escavações necessárias para as interligações hidráulicas e para a implantação das unidades (Figura 19), quando o volume das cavas é quantificado para compor o movimento de terra. Parte deste material poderá ser compensado para o Reaterro Lateral das unidades (Figura 20) como solo compactado. O volume restante é exportado ou, ainda, compensado com outras unidades.

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAGEM**



PERFIL AA

Figura 19 - 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

Figura 20 - 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.

**PREScrições PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAgEM**

O volume para **EXPORTAÇÃO** deve ser quantificado, considerando os serviços do movimento de terra e/ou rocha conforme o MOS.

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

EXPORTAÇÃO - ROCHA		
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.

O volume para **COMPENSAÇÃO** deve ser quantificado, considerando os serviços do movimento de terra e/ou rocha conforme o MOS.

COMPENSAÇÃO - SOLO		
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	Na COMPENSAÇÃO considerar o volume da cava acrescido de empolamento de 25% (MOS) e duplicado.
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.

**PREScrições para ELABORAÇÃO e APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS e PROJETOS
PROjETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO e SONDAgEM**

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	Na COMPENSAÇÃO considerar o volume da cava acrescido de empolamento de 30% (MOS) e duplicado.
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
0419	TRANSPORTE DE SOLOS E ROCHAS (distâncias acima de 30m)	Volume empolado multiplicado pela DMT*

*DMT= Distância Média de Transporte.

O volume para **IMPORTAÇÃO** deve ser quantificado, considerando os serviços do movimento de terra e/ou rocha conforme o MOS.

IMPORTAÇÃO – SOLO		
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	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 pela 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, com uso de software específico para esta análise, 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).

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS**
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAGEM

*O Projeto Geotécnico deverá apresentar o dimensionamento, e todos os detalhes construtivos e notas nas peças gráficas (item 4.10) necessárias para a execução adequada das estruturas, contendo vistas em planta e perfil (em duas direções) para as escavações das cavas (corte e reaterro).

Ainda, o Projeto Geotécnico deve definir os volumes de Reaterro “Compactado e Controlado” e volumes “Compactados e Não Controlados”. A Figura 21 ilustra a necessidade de, no mínimo, “Compactar e Controlar” os solos de fundação de estruturas e pavimentos, podendo ser dispensável em locais sem sobrecargas.

Assim, os volumes de Reaterro “Compactados e Não Controlados” poderão absorver blocos de rocha em locais abaixo das tubulações de interligação.



Figura 21 – Definição de volumes de Reaterro Compactado e Controlado e volumes Compactados e Não Controlados.

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAGEM**

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

a) Afastamento de estruturas existentes superficiais e enterradas

As escavações podem ser executadas até a cota de apoio das estruturas existentes, respeitando o afastamento mínimo de 1m entre as estruturas. No entanto, escavações abaixo da cota de apoio poderá preservar um talude com ângulo α de concordância conforme prescrito na NBR 6122 e Figura 22.

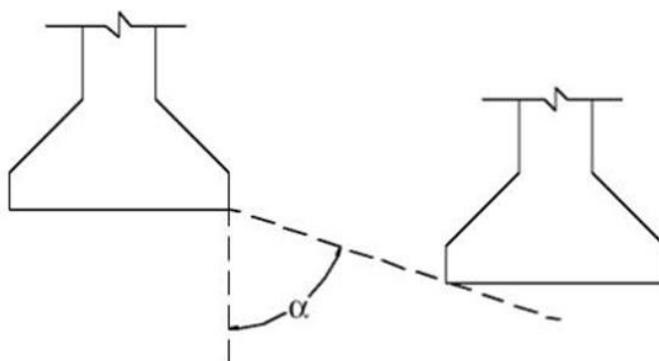


Figura 22 – Detalhe do ângulo do talude de concordância entre fundações.

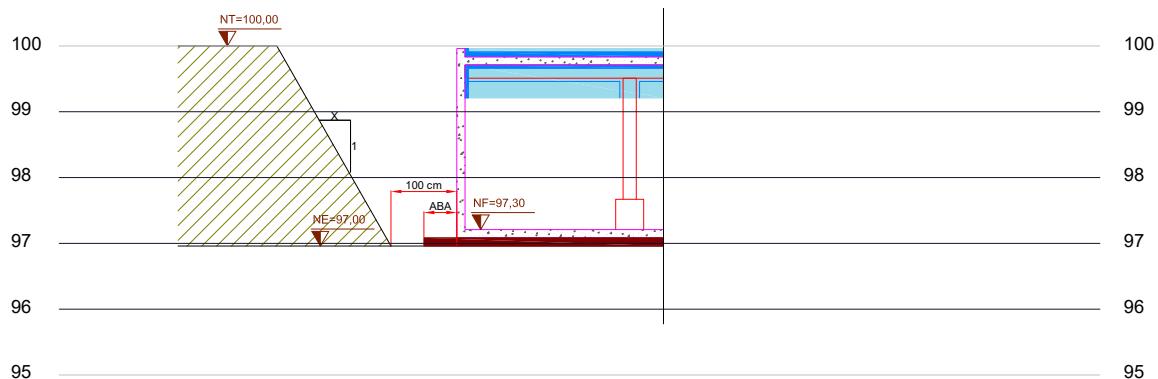
No caso da impossibilidade da execução de talude, a concordância poderá ser realizada com uma cortina de estacas (contenção).

b) Afastamento da estrutura no fundo de escavação.

As dimensões do fundo da cava deverão 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 23) permite um espaço para circulação e travamento do cimbramento da fôrma lateral.

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAGEM**



PERFIL AA

Figura 23 - Detalhe do afastamento mínimo de 1m da face da estrutura em relação ao fundo da escavação.

c) 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.

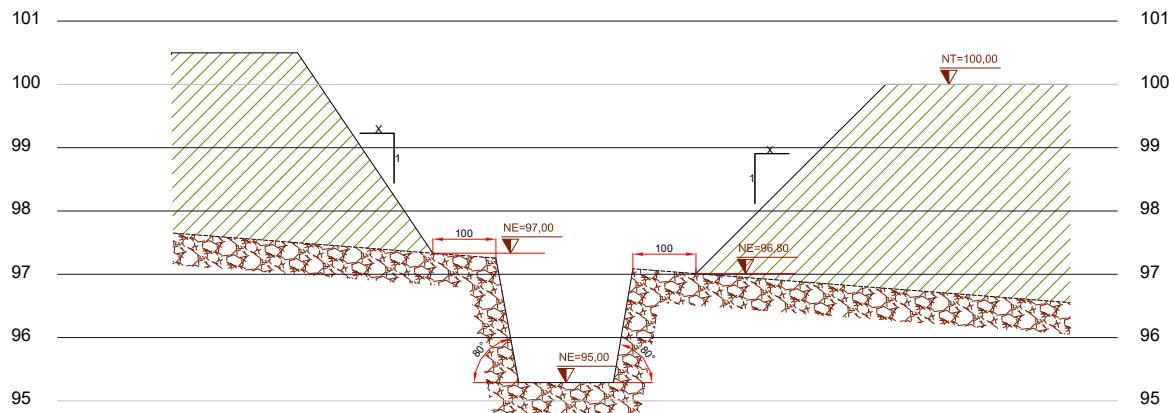
A altura de taludes, entre as banquetas, não deve exceder 15m.

d) 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.

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAGEM**

A máxima inclinação da face rochosa deverá ser de 80º em relação à horizontal, devendo ser avaliada as características da rocha existente, conforme descrito pela Figura 24.



PERFIL AA

Figura 24 - Detalhe da berma/banqueta com largura mínima de 1m na interface contato solo/rocha.

4.5 Definição e Dimensionamento do Sistema de Contenção

A solução de escavação utilizando taludes estáveis (provisórios ou 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 as estruturas existentes.

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;

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAGEM**

c) Descrição da contenção em cortinas (se for o caso):

- Em balanço, descrever o tipo de estaca, espaçamento, seção, comprimento e quantidades;
- 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 diagrama de esforços das contenções deve utilizar os parâmetros de resistência ao cisalhamento do solo (c' e ϕ), 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 econômica da solução e todos os itens que compõe os serviços e materiais deverão compor o quadro de quantitativos.

O Projeto Geotécnico deverá apresentar o dimensionamento, e todos os detalhes construtivos e notas nas peças gráficas (item 4.10) necessárias para a execução adequada das contenções às futuras obras.

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAZEM**

4.6 Definição e Dimensionamento do Sistema de Rebaixamento

Caso as sondagens detectarem a presença de água do lençol freático no terreno, o Projeto Geotécnico 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

O Projeto Geotécnico deverá apresentar o dimensionamento, e todos os detalhes construtivos e notas nas peças gráficas (item 4.10) necessárias para a execução adequada do sistema de rebaixamento do lençol freático das futuras obras.

***PREScrições para ELABORAÇÃO e APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS e PROJETOS
PROjETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO e SONdAGEM***

4.6.1 Esgotamento direto da cava

Esta solução foi ilustrada anteriormente nas Figura 19 e Figura 20, 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 19.

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

Para garantir o controle de compactação é necessário que o esgotamento funcione até o reaterro ultrapassar o nível do lençol freático (Figura 20). 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 as 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 Geotécnico deverá descrever e quantificar o sistema discretizado por pontos de rebaixamento, contendo a locação, a vazão, a altura manométrica, período de operação, quantidade de anéis de concreto, interligações (tubos e conexões) e bombas por cava.

***PREScrições para ELABORAÇÃO e APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS e PROJETOS
PROjETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO e SONdAGEM***

4.6.2 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 25 mostra o detalhe do Poço detalhando a profundidade de escavação e instalação da bomba submersível. A Figura 26 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.

O Projeto Geotécnico deverá descrever e quantificar o sistema de rebaixamento discretizado por poços profundos, contendo a locação, a vazão, a altura manométrica, período de operação, quantidade de revestimento, interligações (tubos e conexões), quantidade de poços e bombas por cava.

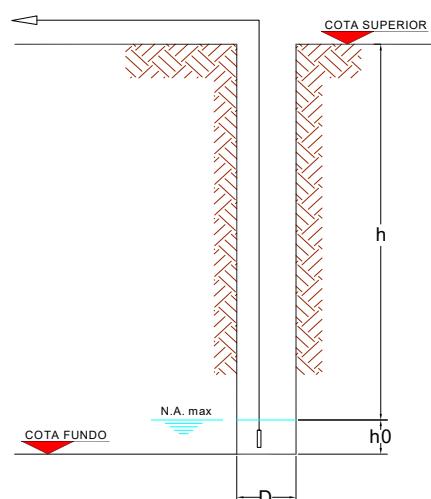


Figura 25 - Detalhe do Poço Profundo.

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS**
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAGEM

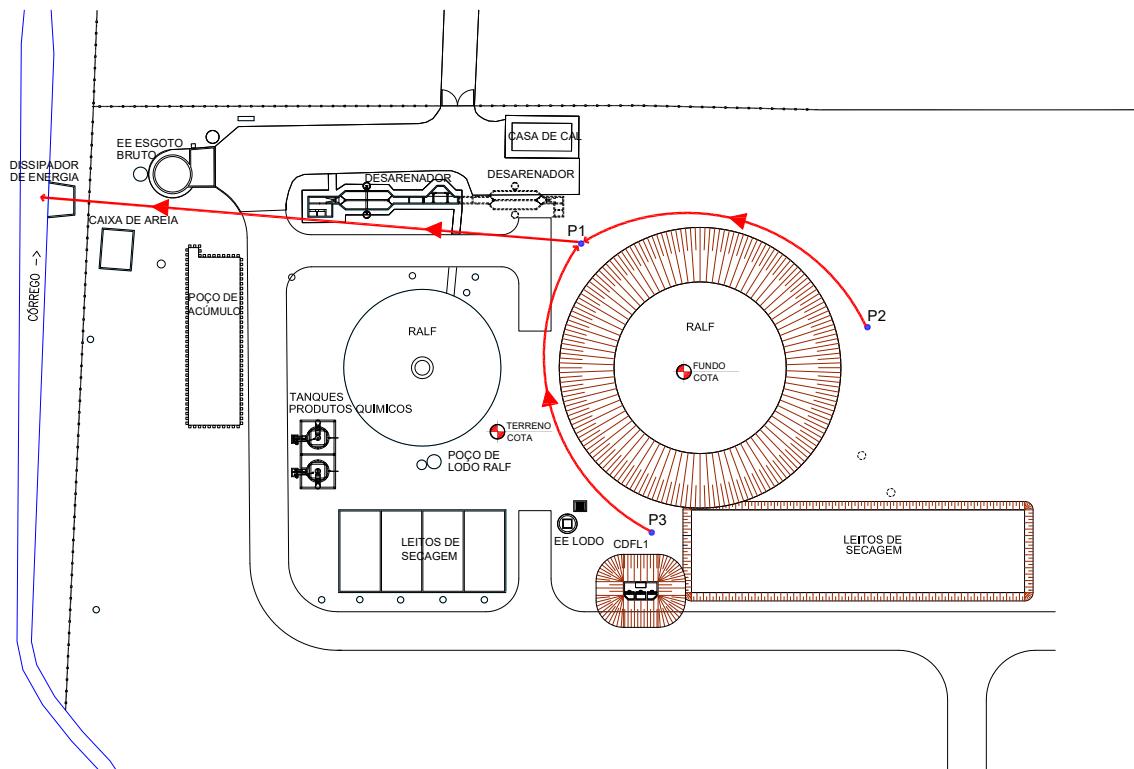


Figura 26 - Localização dos poços de rebaixamento.

4.6.3 Ponteira Filtrante

Esta solução funciona aplicando sucção no solo, captando água. 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 escalarizar um novo contorno interno de ponteiras em profundidade menor.

O Projeto Geotécnico deverá descrever e quantificar o sistema de rebaixamento discretizado por ponteiras filtrantes, contendo a locação, a vazão, a altura

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAGEM**

manométrica, período de operação, interligações (tubos e conexões), quantidade de bombas de succão, comprimento e diâmetro e a quantidade de ponteiras por cava.

4.7 Descrição do Desmonte de Rocha

O Projeto 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 23);
- Definir uma bancada de transição de 1m no contato solo/rocha (Figura 24);
- 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:

a) Desmonte a frio:

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

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

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAÇÃO**

especificado em 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 Geotécnico deverá solicitar a contratação do Projeto de Desmonte de Rocha na fase de obra, 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 Geotécnico não contenha as sondagens mistas, na fase de obra deverá ser contratada estas sondagens para a identificação e qualificação do material rochoso (RQD);
- 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) as ondas mecânicas

***PREScrições para ELABORAÇÃO e APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS e PROJETOS
PROjETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO e SONdAGEM***

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 ultralançamento 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 ultralançamento, o Blaster deverá especificar uma proteção mecânica, podendo ser composta de solo compactado, tela metálica e "Blaster-Mat".

4.8 Definição e Dimensionamento da Pavimentação

O Projeto de Pavimentação compreende na elaboração de memorial de cálculo com resultados das investigações geotécnicas, dimensionamento da estrutura do pavimento, composto pelo tipo de revestimento, base, sub-base, reforço (se necessário) e suas quantidades de materiais e serviços.

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAGEM**

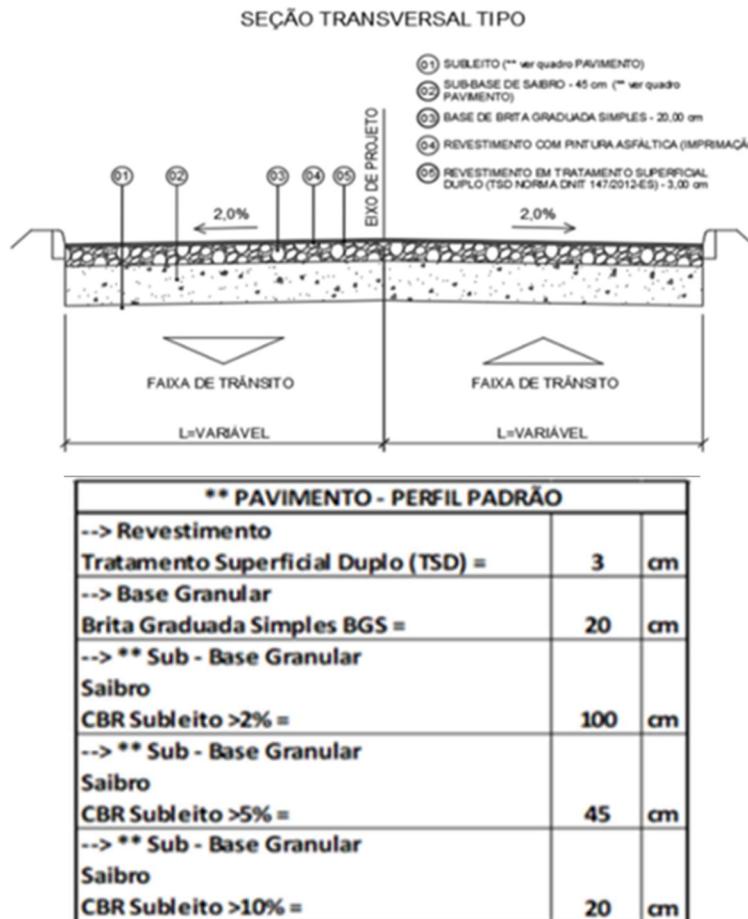
4.8.1 *Acessos internos e externos

O Projeto Geotécnico para a pavimentação dos acessos internos e externos às áreas localizadas deverá apresentar o dimensionamento, todos os detalhes construtivos e notas nas peças gráficas (item 4.10) necessárias para a execução adequada do projeto de pavimentação das futuras obras, avaliando a viabilidade e disponibilidade dos materiais para a definição do tipo de pavimentação.

Ainda, o projeto geotécnico da pavimentação para os acessos externos deve seguir as definições geométricas de acordo com o licenciamento ambiental do empreendimento, detalhando planta e perfis conforme o estaqueamento com espaçamento máximo de 20m ao longo do eixo do acesso.

A Sanepar possui um projeto de pavimento de referência aplicável à frequência ($N=10^6$) e aos acessos internos das unidades de tratamento de água e esgoto da Companhia, sendo definido o revestimento asfáltico do Tratamento Superficial Duplo (TSD), conforme o detalhe do perfil pavimento TSD abaixo:

**PREScrições para ELABORAÇÃO e APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS e PROJETOS
PROjETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO e SONdAGEM**



Pode-se utilizar esta opção para a definição e dimensionamento dos projetos de pavimentação, avaliando a viabilidade desta alternativa.

4.9 Quadro de Quantitativos e Orçamento

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

- 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;

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAGEM**

- Quantidade de estacas, comprimento e seção, para fundações profundas e contenções (se necessário);
- Quantidade de Provas de Carga Estática e/ou Dinâmicas em estacas, para fundações profundas, conforme NBR 6122 e MOS;
- Quantidade de materiais e serviços para execução de contenções e proteções de margens;
- Quantidade de materiais e serviços para a execução de solo reforçado com geotêxtil, geogrelhas, grampos, injeções entre outros (se necessário);
- Quantitativo do sistema de rebaixamento do lençol freático, sendo número de bombas e horas;
- Quantitativo da Pavimentação;

Obs.: É de inteira responsabilidade da contratada o quantitativo apresentado no projeto geotécnico. Os ônus advindos de erros, desde que realmente constatados, serão assumidos pela empresa projetista.

*O projetista deverá apresentar o Quadro de Quantitativos na peça gráfica de implantação conforme a figura 27, do MPS da Sanepar.

***PREScrições para Elaboração e Apresentação
de Estudos e Projetos
Projeto Básico Geotécnico, Serviço de Ensaio e Sondagem***

Figura 277 – Modelo de apresentação do Quadro de Quantitativos

*Adicionalmente deverá apresentar a Planilha de Materiais e Serviços SPO e Memorial de Cálculo – Geotécnico, conforme a planilha disponível no módulo 9.6 - Anexos do MPS. Esta planilha de quantitativos faz parte do memorial de cálculo de orçamento conforme modelo disponibilizado, devendo ser apresentado em um documento independente do relatório do geotécnico.

A contratada deverá apresentar o orçamento elaborado com uso do Sistema de Preços e Orçamentos Sanepar – SPO, ou sistema disponibilizado pela Sanepar na ocasião da elaboração do orçamento, envolvendo os valores dos quantitativos pertencentes à Planilha de Materiais e Serviços SPO que relaciona todos os serviços referentes ao MOS.

*Para os itens não cadastrados no sistema de preços da Sanepar, a contratada deverá elaborar especificação básica do item com no mínimo três cotações de fornecedores, indicando as fontes de consultas, com nome do contato, nome da empresa, CNPJ, telefone, data, e valor adotado.

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAGEM**

Os critérios técnicos para a elaboração e apresentação de orçamento são definidos no Manual de Projetos de Saneamento – MPS Módulo 09.6 – Diretrizes para Elaboração de Orçamento.

4.10 Peças Gráficas

Os desenhos do Projeto Básico devem contemplar todas as estruturas, contendo o modelo geológico tridimensional, modelo geológico tridimensional de escavações, vistas em planta e perfil (em duas direções) devidamente identificados, níveis, notas, etapas executivas da obra e demais detalhes, apresentando as análises e dimensionamentos de acordo com cada atividade.

As apresentações das peças gráficas da urbanização devem ser independentes das plantas de escavações das cavas (unidades localizadas).

Os desenhos das unidades deverão ser oriundos das formas dos projetos estrutural, compatibilizando dimensões, cotas e níveis. As dimensões e locações dos elementos de cada atividade como exemplo taludes, sistema de rebaixamento entre outros, devem ficar definidas nos desenhos, apresentando as cotas em relação a eixos, divisas, testadas ou linhas de referência relevantes.

Os desenhos apresentados deverão estar em formato A1 alongado, podendo ser reduzidos para o tamanho A1, no entanto o projeto deverá ser padronizado para um único tamanho. Qualquer dimensão diferente de tamanho das margens só pode ser utilizada com autorização por escrito do Coordenador do Projeto na Sanepar. Não alterar a forma do carimbo, suas dimensões e a distribuição das informações dentro do mesmo.

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAÇÃO**

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

**PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAGEM**

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

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 Geotecnica, 5 (12), p. 55-75

***PRESCRIÇÕES PARA ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO
DE ESTUDOS E PROJETOS
PROJETO BÁSICO GEOTÉCNICO, SERVIÇO DE ENSAIO E SONDAGEM***

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 Aproximate 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.