



Manual de Obras da Saneago – Capítulo 9 – Obras em Terra

CAPÍTULO 9 – OBRAS EM TERRA

9.1 – Topografia

Todos os trabalhos de topografia serão de acordo com as especificações descritas no Capítulo 4.3 – Serviços Topográficos.

9.2 – Geotecnia

Os serviços geotécnicos serão prestados por profissionais e/ou empresas de comprovada qualificação na área de geotecnia ou geologia e por laboratórios homologados dessa especialidade e de acordo com as seguintes normas da ABNT:

Tabela 161 – Aterros e Fundações

Norma		Título
NBR- 05681	NB- 00501	Controle tecnológico da execução de aterros em obras de edificações
NBR- 06122	NB- 00051	Projeto e execução de fundações
NBR- 06489	NB- 00027	Prova de carga direta sobre terreno de fundação
NBR- 06497	NB- 00601	Levantamento geotécnico
NBR- 08036	NB- 00012	Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios
-	MB- 00958	Solo- determinação da umidade pelo método expedito do álcool para construções ferroviárias
-	MB- 00959	Solo "in-situ"- determinação da massa específica aparente para construções

Tabela 162 – solo cimento e taludes

Norma		Título
NBR- 11798	EB- 02096	Materiais para Sub-Base ou Base de Solo-Cimento
NBR- 12023	MB- 03359	Solo-Cimento- Ensaio de Compactação
NBR- 12024	MB- 03360	Solo-Cimento- Moldagem e Cura de Corpos de Prova Cilíndricos
NBR- 12025	MB- 03361	Solo-Cimento- Ensaio de Compressão Simples de Corpos de Prova Cilíndricos
NBR- 12253	NB- 01336	Solo-Cimento- Dosagem para Emprego como Camada de Pavimento
NBR- 12254	NB- 01337	Execução de Sub-Bases ou Base de Solo-Cimento
NBR- 11682	NB- 01315	Estabilidade de Taludes
-	MB- 01055	Solo- Determinação da Umidade pelo Método Expedito "Speedy" para Construção Ferroviária
NBR- 06457	MB- 00027	Amostras de Solo- Preparação para Ensaio de Compactação e Ensaio de Caracterização
NBR- 06459	MB- 00030	Solo- Determinação do Limite de Liquidez
NBR- 06490	NB- 00028	Reconhecimento e Amostragem para Fins de Caracterização de Ocorrência de Rochas
NBR- 06502	TB- 00003	Rochas e Solos
NBR- 06508	MB- 00028	Grãos de Solos que Passam na Peneira de 4,8mm –Determinação da Massa Específica
NBR- 07180	MB- 00031	Solo- Determinação do Limite de Plasticidade
NBR- 07181	MB- 00032	Solo- Análise Granulométrica
NBR- 07182	MB- 00033	Solo- Ensaio de Compactação
NBR- 07183	MB- 00055	Solo- Determinação do Limite e Relação de Contração
NBR- 07185	MB- 00238	Solo- Determ. da Massa Específica Aparente "In-Situ", com Uso do Frasco de Areia
NBR- 07390	NB- 00048	Análise Petrográfica de Rochas
NBR- 09252	MB- 02238	Solo- Determinação do Grau de Acidez
NBR- 09288	NB- 00969	Emprego de Terreno Reforçado

Cópia não controlada quando impresso

Norma		Título
NBR- 09813	MB- 01059	Solo- Determinação da Massa Específica Aparente "in-situ", com Emprego do Cilindro de Cravação.
NBR- 09895	MB- 02545	Solo- Índice de Suporte Califórnia
NBR- 10838	MB- 02887	Solo- Determinação da Massa Específica Aparente de Amostras Indeformadas, com Emprego da Balança Hidrostática
NBR- 10905	MB- 03122	Solo- Ensaio de Palheta "in situ"
NBR- 12004	MB- 03324	Solo- Determinação do Índice de Vazios Máximos de Solo Não Coesivos
NBR- 12007	MB- 03336	Solo- Ensaio de Adensamento Unidimensional
NBR- 12051	MB- 03388	Solo- Determinação do Índice de Vazios Mínimos de Solo Não Coesivos
NBR- 12052	MB- 03389	Solo ou Agregado Miúdo- Determinação do Equivalente de Areia
NBR- 12053	MB- 03390	Solo-Brita- Determinação de Dosagem
NBR- 12069	MB- 03406	Solo- Ensaio de Penetração de Cone "in situ" (CPT)
NBR- 12102	MB- 03443	Solo- Controle de Compactação pelo Método de Hilf- Método de Ensaio
NBR- 12770	-	Solo Coesivo- Determinação da Resistência à Compressão não Confinada

Natureza

O serviço geotécnico tem por objetivo definir as propriedades e os comportamentos dos solos no local de realização ou a influência das obras, bem como a qualidade e as proporções de seus componentes. Os mesmos serão realizados mediante a investigação das fundações e pesquisa dos materiais através de ensaios "in situ" e em laboratório, de forma a obter as características estruturais do solo e eventuais descontinuidades nos horizontes estudados.

A materialização dos Serviços Geotécnicos para Obras de Saneamento Básico deve ser realizada mediante a apresentação de "Projeto Geotécnico" que será composto pelos seguintes documentos:

- Memorial descritivo;
- Estudo Geotécnico;
- Plantas.

9.2.1 – Memorial descritivo

Deverá apresentar uma descrição sucinta das obras e suas necessidades em termos geotécnicos. Deverá mostrar as linhas de investigação e de pesquisas adotadas, os estudos realizados e fazer referência às soluções propostas.

Deverá mostrar, de forma panorâmica, a obra, suas necessidades, os problemas encontrados e as soluções adotadas.

9.2.2 – Estudo geotécnico

O Estudo Geotécnico será composto pelos seguintes trabalhos e documentos:

- Investigação dos solos (Investigação das Fundações);
- Investigação de Superfície;
- Sondagens a Percussão;
- Poços e Trincheiras de Inspeção;
- Sondagens Rotativas e Sísmicas;
- Sondagens a Trado Investigações de Materiais
- Análise e Interpretação das Investigações dos Solos;
- Programa de Execução das Obras em Terras;
- Especificações Particulares das Obras em Terras;
- Investigação do Solo;

Cópia não controlada quando impresso

Documento
IT00.0280

Revisão
02

Data

UO Responsável
SUPOB

Página
406 de 453

As fundações serão realizadas de acordo com a NBR 6122- Projeto e execução de Fundações.

9.2.3 – Investigação de superfície

Nas investigações de Superfície serão observados os seguintes elementos:

- Levantamento Topográfico;
- Dados sobre taludes e encostas no terreno ou no perímetro de influência;
- Dados sobre erosões (evoluções geomorfológicas);
- Afloramentos naturais;
- Dados de construções vizinhas (tais como: tipo de estrutura e fundações e o desempenho das mesmas).

No caso específico de barragens serão obtidos complementarmente nas investigações de superfície:

- Mergulho, direção, espessura, composição e extensão de juntas e cisalhamentos;
- Profundidade de recobrimento;
- Profundidade de intemperismo;
- Orientação e continuidade de juntas;
- Litologia de toda fundação;
- Mapas geológicos;
- Levantamentos aerofotogramétricos;
- Levantamentos planialtimétricos

9.2.4 – Sondagens a percussão

As sondagens de simples reconhecimento a percussão serão realizadas de acordo com a NBR- 6484.

Com este procedimento serão investigadas as camadas que serão penetráveis a percussão e determinados os índices de resistência à penetração (SPT). A quantidade de furos a realizar será determinada pelo tipo de obra a ser edificada.

No caso de barragens serão realizados ensaios de infiltração de água para avaliação da permeabilidade do maciço. A partir dos resultados obtidos serão programados os ensaios com amostras indeformadas, representativas das camadas de solo da fundação para determinação dos parâmetros geotécnicos que forem de interesse ao projeto da barragem.

Poços e trincheiras de inspeção

Quando de interesse do projeto, será realizada a abertura de poços e/ou trincheiras para que se possa inspecionar as camadas de subsolo e para obtenção das chamadas amostras indeformadas.

Sondagens rotativas e sísmicas e ensaios de injetabilidade

No caso de Barragens serão obrigatórias.

Sondagens Rotativas

Abaixo dos níveis impenetráveis às ferramentas de Sondagem a Percussão, serão obtidas amostras denominadas testemunhos das quais deverá obter as seguintes informações:

- Classificação geológica das rochas;
- Grau de alteração;
- Percentagem de recuperação de testemunhos;
- Número de fraturas por amostras;
- Comportamento da amostra pelo ensaio de compressão simples.

Sondagens Sísmicas

Por este método de sondagem serão obtidas, informações qualitativas sobre diferentes horizontes de solo e de rocha em uma seção de fundação e verificada a existência de eventuais descontinuidades no perfil

Cópia não controlada quando impresso

estudado.

9.2.5 – Ensaios de injetabilidade

Quando houver necessidade de diminuir a permeabilidade de um maciço rochoso, pode-se, a critério do projetista, recorrer a injeção de cimento ou de outros preparados químicos como silicatos, resinas, etc. Neste caso será obrigatória a apresentação de um programa de injeção. Previamente à apresentação do programa é necessário conhecer o grau de redução de permeabilidade que se pode conseguir, mediante ensaios de injetabilidade, os quais serão realizados num trecho da fundação onde se pretende realizar na fase executiva as referidas injeções.

Sondagem a trado

As sondagens a trado serão realizadas por meio de trado espiral, segundo malha de furos, em quantidade suficiente para que possa expressar, de forma mais aproximada possível, ao perfil do terreno. Destarte, quanto maior o terreno maior a quantidade de furos necessários para traçar seu perfil.

No caso das Lagoas de Tratamento de Esgotos a densidade de furos será de um furo a cada 50 metros de distância entre si por toda a área de implantação e canteiro de empréstimos. A coleta de amostras será a cada 1,0 (um) metro de profundidade escavada, nas quais serão realizados os ensaios de caracterização completa nos diferentes tipos de solo obtidos como amostra. A profundidade de exploração geralmente fica limitada a ocorrência do lençol freático ou de material impenetrável ao trado. No caso da não ocorrência destes dois fatores, a profundidade de escavação será a profundidade prevista na obra acrescida de 1,0 (um) metro.

9.2.6 – Investigação de materiais

Na investigação dos materiais serão determinadas as características particulares dos solos em estudo e a possibilidade de uso dos mesmos como materiais de construção nos diferentes serviços da obra.

Das amostras obtidas a trado ou nas amostras indeformadas (conforme necessidade do projetista) serão realizados, no mínimo, os seguintes ensaios:

- Umidade natural
- Peso específico dos grãos
- Granulometria por peneiramento e por sedimentação
- Limites de consistência
- Densidade dos grãos
- Compactação Proctor Normal
- Expansão
- Índice de permeabilidade

No caso de fundações complexas ou de barragens, serão realizados os seguintes ensaios adicionais:

Para a determinação da envoltória de resistência ao cisalhamento:

- Ensaio de compressão triaxial dos tipos: adensamento rápido, adensamento rápido saturado e drenado;

Para a obtenção dos parâmetros de compressibilidade, quais sejam pressão de pré-adensamento, índice de compressão e coeficiente de adensamento:

- Ensaios de adensamento.

No caso das barragens serão estudadas:

- A estabilidade dos taludes e se a geometria dos mesmos atende os coeficientes de segurança contra a ruptura por escoamento, tanto para o período de construção, como para o reservatório cheio, ou ainda, sob rápido rebaixamento;
- A percolação de água através do corpo da barragem, onde serão determinadas as vazões de percolação, pressões internas e subpressões, a fim de definir o sistema de drenagem da

Cópia não controlada quando impresso

mesma;

- A análise das tensões de deformação que possam dar origem a fissuras nos aterros e assim determinar as medidas cabíveis destinadas a evitar ou reduzir as fissuras.

Para as fundações de Obras Civas, ficará a critério do projetista, a indicação para realização de outros ensaios "in situ" complementares tais como:

- SPT complementado com medidas de torque SPT-T;
- Ensaio de penetração de cone CPT;
- Ensaio de penetração de cone com medida de pressões neutras, ou piezocone CPT-U;
- Ensaio de palheta- "Vane Test";
- Ensaios com pressômetros (de Ménard e autoperfurantes);
- Ensaio com dilatômetro de Marchett;
- Ensaios de carregamento de placas- provas de carga;
- Ensaios geofísicos, em particular o ensaio de CROSS-HOLE.

9.2.7 – Análise e interpretação das investigações dos solos

Neste documento serão apresentadas a análise e a interpretação das investigações dos solos. Serão representados de forma gráfica e literal os resultados dos estudos, pesquisas e ensaios de laboratório realizados com os solos foco do Estudo Geotécnico.

A análise será feita, em função dos resultados e em função das necessidades técnicas da obra, de forma a indicar todas as medidas cabíveis para o seguro desenvolvimento da obra atendendo a todos os requisitos técnicos para seu correto funcionamento, e garantia de segurança.

A interpretação das investigações dos solos deverá incluir, no mínimo:

- Identificação e classificação das diversas camadas do solo;
- Avaliação de suas propriedades físicas;
- Determinação do comportamento do solo sob a ação resultante dos esforços previstos;
- Determinação do nível d'água, sua influência no processo de construção e funcionamento do empreendimento e as medidas para o rebaixamento do nível piezométrico na área de influência, quando assim for necessário;
- Determinação das medidas de segurança nas Fundações e Escavações;
- Determinação dos solos utilizáveis e não utilizáveis como materiais de construção e a quantificação percentual aproximada dos mesmos para efeitos de levantamento das necessidades de materiais a serem obtidos em canteiras de empréstimos.

Em face destes resultados deverá o projetista, caso seja necessário, indicar os possíveis locais de empréstimos ou de bota-fora. Quando for comprovadamente necessária a obtenção materiais de jazidas de empréstimos, serão realizados os ensaios anteriormente descritos neste Manual, nas zonas de empréstimos, para que o Projeto Geotécnico contemple na fase de elaboração do Projeto Executivo de Obra de Saneamento Básico a solução técnica para a falta dos mesmos bem como fornecer ao Projetista os subsídios à quantificação econômica dos serviços a realizar.

9.2.8 – Programa de execução de obras em terras

O Estudo Geotécnico apresentará um programa de execução das diferentes etapas da obra que envolve movimentações de terra.

Tal programação deverá visar o melhor desempenho técnico e econômico da execução da obra, tais quais pequenas distâncias médias de transporte, aproveitamento máximo dos solos e pequenos dos ciclos de movimentação de terras.

Levará em conta o local de bota-fora e de estocamento de materiais quando necessário.

9.2.9 – Especificações da obra

O Estudo Geotécnico apresentará as especificações da obra em terra. Deverá definir as normas e os

Cópia não controlada quando impresso

procedimentos para a correta execução das obras. Deverá normalizar os procedimentos, desde a limpeza inicial dos terrenos até o tratamento superficial de taludes, áreas de empréstimos e regiões de bota-fora, atendendo a todas as particularidades concernentes à obra.

9.2.10 – Plantas

Serão mostradas em plantas as soluções de fundação, de aterros e cortes, soluções de impermeabilização e de drenagem.

É obrigatória a representação, em planta, da locação dos furos de sondagem (SPT e a Trado), bem como a localização de qualquer outro ensaio ou amostra "in situ".

No caso dos Projetos de Fundação, conferir necessariamente a locação dos elementos dos diversos corpos que constituam a fundação, com cotas de seus planos na base, cortes longitudinais e transversais, mostrando a posição dos elementos de fundação. No caso das fundações diretas, as seções das sapatas ou blocos e a profundidade de apoio. No caso de estacas, especificar o respectivo tipo, dimensões e capacidades de carga. Em caso dos tubulões a céu aberto, as seções transversais dos fustes e bases, cotas de apoio das bases, quadro de cargas, dimensionamento e posicionamento das armaduras e a qualidade do concreto.

No caso de lagoas de tratamento de esgotos indicarem as seções transversais e longitudinais das mesmas, mostrando as diferentes camadas que compõem o fundo e os aterros incluindo as camadas impermeabilizantes bem como o sistema de drenagem para a fase de execução da obra.

As plantas devem conter todas as informações, com detalhamentos bem distribuídos nas escalas adequadas para o melhor desenvolvimento da execução da obra.

Em termos práticos o tamanho de pranchas mais utilizado é de 1,04 x 0,60m com margens de 1,00 x 0,58 m.

9.3 – Escavação geral

Concluídas as operações de desmatamento e destocamento, antes de iniciar os serviços de escavação propriamente ditos, será executada a raspagem da superfície do terreno.

A escavação compreende a remoção dos diferentes tipos de solo, desde a superfície natural do terreno até a cota especificada no projeto será manual ou mecânica, em função das particularidades existentes, a critério da SANEAGO.

Para efeito dos serviços de movimento de terra serão consideradas as seguintes escavações.

9.3.1 – Escavações em solos

Classifica-se como escavação em solo aquela executada em terreno constituindo de terra em geral, piçarra ou argila, areia, rochas em adiantado estado de decomposição (pouco compactas), seixos rolados ou não (diâmetro máximo de 15 cm), matacões (volume menor ou igual a 0,50 m³), e em geral todo o material passível de escavação manual ou mecânica, qualquer que seja o teor de umidade.

Para efeito de classificação do tipo de escavação, considera-se:

Escavação manual: Em geral, todos os materiais escaváveis normalmente com emprego de enxadões, picaretas, ou congêneres.

Escavação mecânica: Em geral, todos os materiais escaváveis normalmente com emprego de escavadeiras, retroescavadeiras, etc.;

9.3.2 – Classificação dos solos

Para efeito de classificação dos solos, segundo critério adotado pela SANEAGO, considera-se:

1ª Categoria: Terra em geral, piçarra, argila, seixo rolado, siltes, areias, cascalhos não aglomerados e rochas em alto estado de decomposição. São aqueles facilmente escaváveis com equipamentos normais,

ainda que se apresentem bastante rijos, em razão de baixo teor de umidade, pois, se úmidos podem perder a resistência oferecida ao desmonte.

2ª Categoria: Cascalhos aglomerados, tapiocangas em blocos, rochas fraturadas em blocos maciços (até 1m³), matacões e pedras, rochas em decomposição (não classificadas como 1ª Categoria) e rochas de pouca dureza (brandas).

3ª Categoria: São os materiais em rocha. Todo material que só é passível de desmonte mediante o emprego contínuo de explosivos ou desmonte frio por processos pneumáticos, químicos para a redução e extração do material.

Barro-Lama: Qualquer material cuja consistência estiver em elevado estado de fluidez em razão da qualidade e da umidade do mesmo é aquele que se encontrar no momento da escavação em estado de liquidez, ou seja, com o grau de umidade acima do LL (Limite de Liquidez).

9.3.3 – Escavações submersas

Classifica-se como escavação submersa toda aquela realizada por dragas, jatos de ar, drag-line ou clam-shell, inclusive a remoção de tocos e matacões (volume maior a 0,50 m³).

9.3.4 – Escavações em rochas

- **Rocha dura com explosivos (3ª Categoria)**

Classifica-se como escavação em rocha dura o material altamente coesivo constituído de todos os tipos de rocha sã como granito, basalto, gnaiss, matacão de volume maior a 0.5 m³ etc.

- **Desmonte a fogo**

O desmonte a fogo é executado em bancadas ou por altura total, com perfurações verticais ou inclinadas, de conformidade com a natureza da rocha, e com todas as precauções de segurança. Os planos de fogo serão obrigatoriamente aprovados pela Fiscalização.

Em cada plano de fogo a Contratada indicará as profundidades, os espaçamentos e as disposições dos furos para o desmonte. Ela indicará, ainda, as cargas e os tipos de explosivos, ligações elétricas das espoletas com cálculo da resistência total do circuito e método de detonação. Especificará, também, as características da fonte de energia, e ligações de cordel com retardadores, definindo o tipo e método de ligação. Exige-se a pré-qualificação do "Cabo de Fogo", a qual será entregue à Fiscalização.

Antes ou durante a execução das escavações a Fiscalização requererá à Contratada, testes com explosivos, visando verificar planos de fogo. Tais testes serão realizados dentro dos limites estabelecidos para a escavação. Medições sísmicas serão realizadas pela Fiscalização, devendo contratada colaborar para a sua execução. Os resultados obtidos serão analisados pela Fiscalização, que em função deles poderá requerer a Contratada a alteração dos planos de fogo propostos.

A aprovação pela Fiscalização de um plano de fogo não exime a Contratada de qualquer uma de suas responsabilidades.

Sempre que, de acordo com a indicação do projeto ou por determinação da Fiscalização, for necessário preservar a estabilidade e resistência inerentes aos parâmetros de taludes escavados em rocha, estes serão conformados, utilizando-se: pré-fissuramento (detonação controlada do perímetro realizada antes da escavação), fogo cuidadoso- cushion blasting (escavação controlada a fogo de perímetro realizada simultaneamente com a escavação, ou perfuração em linha). O diâmetro dos furos e a técnica de detonação a ser utilizada ficarão subordinados à aprovação da Fiscalização.

O escoramento, no decorrer dos trabalhos de desmonte a fogo, será permanentemente inspecionado pela Contratada e reparado logo após a ocorrência de qualquer dano.

A autorização do órgão competente para o transporte e o uso dos explosivos será encaminhada à Fiscalização, antes do início das detonações.

A Contratada arcará com a responsabilidade civil por danos causados a terceiros em decorrência desse

Cópia não controlada quando impresso

serviço.

Rocha Branda ou Moledo a Frio

Classifica-se como escavação em rocha branda ou moledo o material com agregação natural de grãos minerais, ligados mediante forças coesivas. Tal material apresenta grande resistência à escavação e é constituído de: arenitos compactos, rocha em adiantado estado de decomposição, rocha alterada, folhelos com ocorrência contínua. A escavação pode ser efetuada com rompedores, picaretas, alavancas cunhas, ponteiros, talhadeiras e eventual uso de escarificador.

Desmonte a frio

Quando, pela proximidade de prédios e seus complementos, logradouros, serviços de utilização pública ou por circunstâncias outras, a critério da Fiscalização, for inconveniente ou desaconselhável o emprego de explosivos para o desmonte a fogo, será feito o desmonte a frio, empregando-se o processo mecânico (rompedor), manual, ou processo químico ou pneumático (cunha metálica).

9.3.5 – Exploração de jazidas

No caso de necessidade de exploração de jazidas de solo para aterro, ou de jazidas de rocha para enrocamentos, serão observadas as prescrições que se seguem:

Escavação de Jazidas de Solo

A exploração de áreas de empréstimo será precedida de projeto completo, incluindo estradas de serviço e frentes de escavação.

Os taludes das frentes de escavação devem ter inclinação adequada para se manterem estáveis, bem como as alturas das bancadas devem obedecer a limite seguro.

Toda a superfície de escavação será o mais regular possível e provida de inclinações suficientes para se assegurar o escoamento de águas pluviais ou surgências.

O plano de exploração será submetido à aprovação da Fiscalização.

Escavação de Jazidas de Rocha

Para a obtenção de material rochoso a Contratada, a seu critério, poderá utilizar materiais provenientes de pedreiras comerciais.

Caso a Contratada adquira, ou explore jazida em operação própria, ela deverá seguir estritamente as normas e regulamentações do Ministério do Exército e demais requisitos de escavação a fogo. Ficarão sob sua inteira responsabilidade as necessárias providências administrativas para tal finalidade. A Contratada ainda arcará com a responsabilidade civil por danos causados a terceiros em decorrência dessa exploração.

O projeto de exploração, incluindo investigações e prospecções, planos de fogo, sistemas de estocagem e transporte dos materiais, também estará sob o encargo da Contratada.

9.3.6 – Recomposição das Áreas Exploradas para Empréstimo

Depois de terminado o trabalho e a menos que ordenado de outra forma pela Fiscalização, todas as áreas de trabalho e as áreas de empréstimo usadas pela Contratada serão regularizadas de maneira a conseguir a recomposição da paisagem natural, de acordo com o disposto em projeto ou exigido pela SANEAGO. As áreas onde ocorram destruições, mutilações ou desfigurações, resultantes das operações da Contratada, serão reintegradas a paisagem local, sendo reparadas, replantadas e semeadas ou por qualquer outra forma corrigidas.

Serão executados os serviços finais e permanentes de tratamento superficial com plantio de vegetação rasteira e outras de porte e espécies variadas, seguindo a tipificação local, a serem fornecidos pela Contratada.

Serão também seguidas de curvas de nível para o plantio da vegetação de porte e para execução de valas

Cópia não controlada quando impresso

de drenagem para controle de erosão.

9.4 – Compactação mecanizada de áreas

9.4.1 – Definição

É um processo de adensamento do solo, por meio da redução do índice de vazios, para melhorar seu comportamento relativo a capacidade de suporte, variação volumétrica e impermeabilidade.

9.4.2 – Sequência

A sequência normal dos serviços atenderá aos itens abaixo:

- Lançar e espalhar o material obtendo aproximadamente a espessura especificada para o tipo de equipamento;
- Regularizar a camada de modo que a sua espessura seja 20% a 25% maior do que a altura finada camada compactada;
- Homogeneizar a camada pela remoção ou fragmentação de torrões secos, materiais conglomerados, blocos ou matacões de rocha alterada etc.;
- Determinar a umidade do solo, para definir a necessidade ou não de aeração ou umedecimento do solo;
- Compactar utilizando-se equipamento adequado, com o número de passadas suficientes para se atingir, em toda a camada, o grau de compactação desejado.

Os materiais empregados normalmente são os do próprio terreno, sendo que no caso de substituição ou adição de material, estes serão provenientes de jazidas aprovadas pela Fiscalização.

As obras de lagoas de tratamento de esgotos, barragens e outras obras de porte devem necessariamente ter o acompanhamento de controle tecnológico da SANEAGO ou exercido pela contratada, por intermédio de empresa do ramo, sendo de responsabilidade da contratada o uso de boa técnica.

9.4.3 – Carga, transporte e descarga em geral

A definição do equipamento para carregamento, transporte e descarga dos materiais escavados, em bota-fora ou outra área indicada pela Fiscalização, ficará a critério da Contratada e terá sido definida na Lista de Equipamentos.

Durante a execução dos serviços, poderá a Fiscalização exigir a remoção e substituição de qualquer equipamento que não corresponda aos valores de produção indicados no Plano de Escavação, ou que seja considerado, por qualquer motivo, insatisfatório.

Os materiais obtidos das escavações serão empregados, sempre mediante autorização da Fiscalização, para os seguintes fins, conforme sua classificação:

- Solo vjmentos e gabiões), função exclusiva da quantidade do material e custo. Caso se observe o não aproveitamento, será lançado em bota-fora.
- Consideram-se impróprios para o preenchimento de valas todos os materiais instáveis (solos micáceos, orgânicos ou expansivos).

Na medida do possível, será sempre programado o uso de material resultante das escavações, imediatamente após sua remoção. Caso não seja possível, deverá a Contratada preparar um local para estocá-los, conforme planejado.

As pilhas de estoque serão localizadas de maneira que necessitem um mínimo de transporte para os lugares onde os materiais serão aproveitados, sem interferir, porém, no andamento da obra.

O equipamento de transporte, os caminhos e as distâncias serão estudados pela Contratada, aprovados com o plano.

A acumulação nos estoques será feita por métodos que evitem a segregação de materiais ou sua contaminação. Materiais escavados em áreas diferentes desde que tenham características idênticas deverão ser estocados na mesma pilha.

Cópia não controlada quando impresso

Na conclusão dos trabalhos, se ainda sobrar material nos estoques, a critério da Fiscalização, estes depósitos serão tratados como bota-fora ou então as sobras serão levadas pela Contratada para os bota-foras já existentes.

Os materiais resultantes das escavações e inadequados para uso nas obras serão depositados e espalhados em bota-fora.

A Contratada apresentará, com a devida antecedência, para aprovação da Fiscalização e consoante ao projeto geotécnico, um plano delimitando as áreas, definindo os caminhos e distâncias de transporte, fixando taludes e volumes a serem depositados. Essas áreas serão escolhidas de maneira a não interferir na construção e operação da obra, nem prejudicar sua aparência estética, adaptando-se forma e a altura dos depósitos, tanto quanto possível, ao terreno adjacente.

A Contratada tomará todas as precauções para que o material em bota-fora não cause danos às áreas e/ou obras circunvizinhas por deslizamento, erosão etc. Para tanto, deverá a Contratada manter as áreas convenientemente drenadas, a qualquer tempo.

Na conclusão dos trabalhos, as superfícies devem apresentar bom aspecto, estarem limpas e convenientemente drenadas.

Por instrução da Fiscalização, os materiais em bota-fora serão usados a qualquer momento.

A Contratada pode, com prévia autorização da Fiscalização, usar o material, das escavações depositado em bota-fora, para seus próprios serviços no interior da obra.

9.4.4 – Construção de diques

Preparo e Tratamento das Bases dos Diques e Fundo das Lagoas

A superfície final das escavações será regularizada, com a remoção de todo material solto, até as cotas estabelecidas nos desenhos de projeto.

A base dos diques será preparada e compactada na espessura determinada em projeto abaixo da cota de projeto.

A compactação será executada em camadas com os mesmos: grau de compactação, desvio de umidade e controle da compactação, indicado no estudo técnico para a construção dos diques.

A base do fundo das lagoas receberá o mesmo tipo de tratamento descrito acima, na espessura e profundidades especificadas no projeto.

A superfície de lançamento será perfeitamente drenada para evitar a formação de poças que provoquem a saturação do solo de fundação, com consequente perda de resistência e/ou aumento de deformabilidade e/ou que dificultem a compactação das primeiras camadas do aterro, comprometendo a ligação aterro-fundação. É indispensável que a compactação do aterro seja executada sobre a fundação drenada ou seca (livre de poças).

Caso os materiais das escavações se verifiquem inadequados ou insuficientes, para a construção dos diques, será lançada mão de áreas de empréstimo as quais serão indicadas no estudo geotécnico ou então autorizadas pela Fiscalização.

9.4.5 – Normas Gerais para Execução e Controle de Construção dos Aterros Compactados

Para o controle da construção das lagoas a empreiteira manterá na obra um laboratório com técnico habilitado, e com auxiliares e equipamento adequado.

As correções de umidade do material do aterro serão realizadas, basicamente nas áreas de empréstimo.

As camadas serão lançadas e compactadas, paralelamente ao eixo longitudinal dos diques, mantendo-se durante toda a construção, uma declividade transversal mínima, de 2% para montante e para jusante, com a finalidade de facilitar a drenagem das águas pluviais e evitar a formação de poças.

Não serão permitidas juntas de construção no aterro. A superfície do aterro, em toda sua extensão será

Cópia não controlada quando impresso

mantida em elevação uniforme, sem desníveis entre as diversas praças de lançamento e compactação.

Antes da compactação, a camada será homogeneizada por meio de grades de disco.

As camadas já compactadas serão levemente gradeadas, antes do lançamento da camada sobrejacente de maneira a se obter boa ligação entre as camadas sucessivas.

Nos locais onde porventura haja aparecimento de água, a mesma será convenientemente drenada, de forma a não prejudicar os serviços de compactação.

O tráfego dos equipamentos de construção deverá distribuir-se uniformemente sobre as áreas do maciço, não sendo permitido o tráfego concentrado em determinadas faixas, exceto quando isto for inevitável. Na ocorrência de camadas supercompactadas no maciço, as mesmas serão revolvidas, tratadas e recompactadas às expensas da contratada.

Na iminência de chuvas, ou caso os trabalhos de lançamentos e compactação sejam interrompidos por intervalo de tempo considerado prolongado, a superfície do aterro será "selada" convenientemente.

Após a interrupção, antes do reinício dos trabalhos as camadas serão retrabalhadas até apresentarem condições adequadas.

São exigidas as substituições das camadas que não apresentarem condições adequadas após serem retrabalhadas, às expensas da contratada.

A cobertura vegetal das áreas de empréstimo só será decepada pouco antes do início de sua exploração, a critério da Fiscalização.

9.4.6 – Equipamentos de compactação

Os equipamentos de Compactação utilizados são rolos pé de carneiro, rolos de impacto, rolos pneumáticos e soquetes mecânicos manuais. Os rolos de pneu terão capacidade de lastro tal que a carga por roda possa variar de 9 a 12,5 t, com velocidade de operação que não exceda a 10 Km/h.

Outros equipamentos serão testados pelo construtor que deverá provar a eficiência dos mesmos em pistas experimentais, as suas expensas e sob controle da Fiscalização.

9.4.7 – Espessura das camadas

Para os equipamentos indicados no item anterior, as camadas compactadas apresentarão espessuras variando entre 15 a 20 cm, conforme indicado no projeto, e para compactadores manuais espessura de 10 cm.

Eventualmente, a seu critério, a Fiscalização determina a diminuição ou aumento da espessura de comparação, em função do controle dos resultados dos ensaios, para atender os requisitos especificados para o aterro compactado.

9.4.8 – Grau de compactação

O grau de compactação requerido, para os maciços compactados dos diques e para o fundo das lagoas, é: no mínimo 95%, média 98% e máximo 103% considerado como referência a energia do ensaio Proctor Normal.

No máximo 15% dos resultados com valores iguais ao mínimo e máximo grau de compactação especificados serão tolerados, desde que estes valores não estejam em áreas concentradas do aterro.

O número base de passadas de equipamento, para que sejam atingidos os requisitos de grau de compactação, será fixado pela Fiscalização obedecendo ao mínimo de seis passadas.

9.4.9 – Umidade de compactação

O solo será compactado com a umidade variando entre menos 2,0% e mais 2,0% da umidade ótima.

Serão tolerados 15% de ensaios de controle da umidade fora desses limites, desde que não estejam concentrados em uma mesma área do aterro e que obedeçam às exigências especificadas para o grau de

Cópia não controlada quando impresso

compactação mínimo.

9.5 – Controle de execução de aterros argilosos

9.5.1 – Controle geral

O controle de construção de aterro argiloso será feito pela contratada através de inspeção visual e ensaio de controle previamente estipulado no projeto geotécnico.

Somente será lançado material do aterro sobre a fundação, após inspeção e liberação da área de lançamento, pela Fiscalização.

Cada camada somente será lançada, após a liberação pela Fiscalização da camada compactada subjacente.

9.5.2 – Controle da espessura das camadas

O controle da espessura das camadas será feito pela contratada antes da compactação, de maneira a se obter uma camada compactada que obedeça rigidamente aos parâmetros de compactação estabelecidos na presente especificação.

É feito um controle de espessura de lançamento de solo, através de cravação de piquetes, junto as laterais da faixa a ser executada. Os piquetes serão espaçados de 20m. Nesses piquetes será marcada a tinta e com cruzetas de madeira, a espessura da camada solta, para orientar os operadores de equipamentos.

São tolerados até 15% de camadas compactadas com valores médios de espessura fora do especificado, desde que sejam atendidos os requisitos especificados relativos ao grau de compactação e desvio de umidade.

Sistematicamente, serão estabelecidos pela empreiteira, coeficientes de correlação entre as espessuras das camadas, antes e após a compactação.

A determinação da espessura das camadas, antes e após a compactação, será feita através de medidas topográficas em pontos do aterro escolhido.

A frequência das medidas para determinação da relação entre as espessuras das camadas, antes e após a compactação, será de no mínimo 2 vezes por turno de trabalho. Na fase inicial dos trabalhos as medidas serão frequentes, a fim de permitir a rápida determinação do coeficiente acima mencionado.

9.5.3 – Controle do grau de compactação e desvio da umidade

O controle básico será feito através do número de passadas de equipamento compactador, determinado a partir dos resultados de pistas executadas no início dos serviços de compactação.

O controle efetivo será feito através de ensaios de controle de compactação. Será executado, um ensaio para cada 1 000m³ de material compactado e no mínimo dois ensaios por camada compactada. A frequência dos ensaios será maior no início dos serviços e será diminuída, se durante o andamento da obra a homogeneidade de valores permitir tal decréscimo.

A Fiscalização poderá solicitar a abertura de poços de investigação no aterro compactado, para verificação da qualidade do maciço e da ligação das camadas.

Os resultados dos ensaios de verificação, definidos neste item, deverão satisfazer os requisitos para o grau de compactação especificado. Caso contrário, será alterado o número de passadas dos equipamentos de compactação e/ou a espessura das camadas, de modo a se alcançar tais requisitos.

9.5.4 – Controle do desvio da umidade

A liberação de camadas compactadas será feita através de ensaios, de controle de compactação. Tolerar-se no máximo 15% de ensaios com valores fora dos intervalos especificados para o grau de compactação e para o desvio de umidade, desde que não estejam numa mesma zona do maciço.

9.5.5 – Juntas de Construção

Cópia não controlada quando impresso

As juntas de construção em solo, quando necessárias, serão aprovadas previamente no projeto.

Quando aprovadas pela Fiscalização, a proteção do talude da junta de construção em solo será executada com solos através de uma camada superficial de 2,00 m (mínimo) de largura, na medida horizontal.

A superfície de contato será umedecida com uma suave aspersão e escarificada.

A superfície de ligação preparada como mencionado no item anterior, após aprovação da Fiscalização, receberá a camada adjacente de material com umidade variando da umidade ótima a 2% acima da ótima.

A compactação desta camada excedente será executada sem controle.

Eventualmente, desde que aprovada pela Fiscalização, serão adotados outros métodos de proteção.

Todas e quaisquer partes das juntas que forem erodidas, serão imediatamente recompostas a contratada.

Quando se verificarem paralisações ou interrupções prolongadas nos maciços, a camada será coberta com uma camada de solo solto, com espessura mínima de 0,40 m, ou com uma camada de areia com espessura de 0,15m, a qual será regada constantemente de tal forma a manter úmida a superfície do terreno.

Cuidados especiais serão observados quando do reinício dos serviços de construção para que seja obtida perfeita aderência entre os dois estágios. A superfície de ligação será preparada, removendo-se todo o material de proteção ou do próprio maciço se necessário, para atingir material que não tenha sofrido fissuramento ou rachadura por secagem, contração ou deformação.

A extensão das trincas de ressecamento será demarcada fazendo a "pintura" das mesmas com calda de cal e com escavação cuidadosa, preferencialmente por escavação manual, em alguns pontos, até atingir material que não tenha sofrido fissuramento.

É feito o acompanhamento do controle de umidade durante a remoção das camadas fissuradas, com objetivo de correlacionar o grau de perda de umidade com a ocorrência das trincas.

A superfície de contato será umedecida com uma suave aspersão e escarificada.

A superfície de ligação preparada como mencionado no item anterior, receberá a camada adjacente de material com umidade variando da umidade ótima a 2% acima da ótima.

9.5.6 – Impermeabilização do fundo das lagoas

A impermeabilização do fundo das lagoas será efetuada por meio de uma camada de argila na espessura determinada pelo projeto. Essa camada será compactada em sucessivas camadas de 20 cm. As condições de execução e controle serão obtidas e indicadas para os aterros compactados.

É observado qualquer outro meio de impermeabilização, do fundo ou dos taludes das lagoas, descrito nas especificações da obra e caso o projeto seja omissivo, de acordo com as indicações da Fiscalização.

9.6 – Proteção de taludes

9.6.1 – Talude de jusante

O talude de jusante das barragens será recoberto com grama, visando protegê-los contra ação de águas de chuvas e contra secagem.

A contratada fornecerá todos os materiais, como grama, adubo e terra vegetal, e ainda os equipamentos. Deverá, também, executar os correspondentes serviços de proteção com grama nos taludes da barragem de terra, como mostrado no desenho de locação e urbanização (projeto hidráulico), ou em áreas determinadas pela Fiscalização.

O plantio pode ser segundo método proposto pela contratada, como por exemplo, através de semeadura, de hidro-semeadura ou por outro processo preliminarmente executado numa área experimental, cujos resultados estarão sujeitos à aprovação da fiscalização.

Caso a grama seja posta em placas no talude, estas serão extraídas de um solo fértil e com uma

Cópia não controlada quando impresso

espessura tal que todas as raízes estejam cobertas por uma camada de terra.

As placas de grama seca, decomposta ou contendo ervas daninhas serão rejeitadas e substituídas às expensas da contratada.

As placas de grama serão dispostas no talude sobre uma camada de solo vegetal de 5 cm de espessura mínima. O solo vegetal será contido através de tábuas colocadas ao longo do talude.

Após sua colocação, as placas de grama serão levemente compactadas, manualmente ou por outros métodos aprovados.

Em seguida, serão fechadas todas as juntas entre as placas de modo a não permitir o crescimento de ervas daninhas.

A contratada, por meio de dispositivos de irrigação apropriados, regará a grama até a sua brotação. Deverá, também, conservá-la livre de formigas e de ervas daninhas até o recebimento final da obra.

9.6.2 – Talude de montante

Visando resguardar os taludes de montante e os diques de terra entre lagoas, contra a ação erosiva das ondas e das águas de chuvas, os taludes serão protegidos nas regiões delimitadas pelas cotas indicadas nos desenhos do projeto hidráulico.

O material utilizado para proteção do talude será constituído de placas de concreto pré-moldadas, e/ou moldados in loco.

Antes da colocação das placas sobre a superfície compactada, será executado rebaixamento, de forma a garantir que o material de proteção fique firmemente assente sobre os taludes.

9.6.3 – Proteção da crista

Para evitar-se a ação erosiva sobre a crista da barragem, pelas chuvas ou trânsito de veículos e animais, faz-se necessária a sua proteção. Para tanto, serão usadas laterita ou rocha fina, na granulometria de brita 1 ou 2, em espessura mínima de 10 cm (dez centímetros). será lançada imediatamente após o término da compactação dos solos dos maciços, para que não haja trinca de ressecamento.

9.7 – Tratamento de bota-fora

9.7.1 – Tratamento de bota-fora

As áreas de bota-fora de materiais inservíveis da obra serão autorizadas pela fiscalização, a menos que haja sido definida no projeto.

As áreas utilizadas para essa finalidade devem estar afastadas de cursos d'água córregos, rios ou nascentes em pelo menos 500 metros.

Os materiais serão acondicionados em camadas sobrepostas de espessura entre 0.50 m e 1.00 m, devendo a área ser regularizada de maneira a dar a aparência mais natural possível à paisagem.

Uma vez concluída as operações de bota-fora, nas áreas utilizadas serão realizados os serviços finais e permanentes de tratamento superficial com plantio de vegetação rasteira ou de porte com espécies autóctones variadas bem como o valetamento de controle da erosão.

Todos os trabalhos de preparação, visualização e tratamento final das áreas de bota-fora serão ônus exclusivo da contratada.

9.8 – Obras de contenção e reforço de solos

Entende-se por obras de contenção todas as estruturas que, implantadas em um talude, oferecem resistência à sua movimentação e/ou ruptura.

As obras de contenção serão executadas, sempre que previstas no projeto ou a critério da Fiscalização por motivos de segurança, através do tipo mais adequado às necessidades locais de cada obra.

9.8.1 – Proteção com pedra de mão sem manta

Consiste em pedras arrumadas manualmente, sendo que sua resistência resulta unicamente do imbricamento dessas pedras.

As pedras possuirão dimensões da ordem de 15 cm ou mais. Seus vazios serão preenchidos com pedras menores, porém de forma a não serem arrastadas pela corrente de água. A finalidade principal é a contenção de taludes de pequena altura (até 1,50 m), proteção de margens e leitos de rios e taludes sujeitos a erosões. Eventualmente será combinado com manta não-tecida de poliéster ou tela de arame.

9.8.2 – Proteção com pedra de mão com manta

Na presença permanente ou não de água, deve-se colocar na superfície, com as pedras-de- mão, manta não-tecida de poliéster, impedindo assim a passagem dos finos através das pedras, mantendo-se todas as observações do item anterior.

9.8.3 – Proteção com gabiões

Trata-se de caixas ou "gaiolas" de arame galvanizado, preenchidas com pedra de mão, britada, ou seixos, que serão colocadas justapostas e costuradas umas as outras com arame.

As telas de arame que formam as gaiolas são de aço especial zincado. Para meios altamente agressivos, recomenda-se proteção com PVC.

A abertura das malhas será de 8x10 cm e a bitola dos arames, de 2,77 mm ou conforme especificação em projeto.

As gaiolas serão providas de tirantes ou compartimentos (diafragmas) que impeçam a sua deformação por ocasião do lançamento das pedras. Os tirantes terão as mesmas características técnicas e mecânicas dos arames que compõem as gaiolas. Os cantos das gaiolas serão reforçados, a fim de resistir aos esforços provenientes das amarrações dos gabiões entre si.

O enchimento das gaiolas de arame será realizado por processo manual, porém, sempre em camadas.

Quando não forem utilizados diafragmas, deve se proceder ao atirantamento horizontal das gaiolas a cada camada. O número mínimo de tirantes horizontais será de 4 a 6 por metro quadrado de face e de 2 a 3 por metro de gabião. Nos cantos das paredes terminais serão colocados tirantes horizontais e diagonais a fim de impedir a deformação dos cantos.

Não será permitido o uso de pedras com areia, terra ou pedregulho miúdo, e tampouco qualquer tipo de pedra facilmente fraturável e que não suporte cargas de compressão. Somente serão utilizadas pedras-de-mão, brita grossa ou seixos rolados.

Além dos tirantes horizontais, os gabiões tipo colchão, que servem de plataformas, ou seja, os colocados nas posições inferiores serão providos de tirantes verticais, colocados entre as faces inferiores e as tampas do gabião.

A amarração entre gabiões será executada entre gaiolas ainda vazias. Será permitida, em casos excepcionais, nos quais a execução torne-se difícil, a amarração entre gaiolas vazias e cheias, proibindo-se a operação entre gaiolas cheias. O arame de amarração terá as mesmas características técnicas do aço utilizado para as gaiolas. As costuras serão feitas pelas quinas, lançando-se todas as malhas e executando-se dupla volta em relação à face externa do prisma.

Após o enchimento da peça, será executado o fechamento da tampa, que será costurada da mesma maneira especificada para a amarração entre gabiões.

9.8.4 – Proteção com manta não tecida de poliéster

De um modo geral, geotêxtil é um material formado por filamentos contínuos, ou por fibras distribuídas aleatoriamente de modo a constituir uma manta de alta resistência, obtida através de processos mecânicos, químicos ou térmicos.

É usado basicamente no reforço de aterros de solos não consistentes ou, embora consistentes, em

Cópia não controlada quando impresso

posições favoráveis a desligamentos. Internamente, cabe às mantas geotêxteis, além do confinamento do solo junto à face externa, resistirem aos esforços de tração desenvolvidos no maciço.

A proteção externa do geotêxtil é de fundamental importância, para que este não se deteriore com a radiação solar.

9.8.5 – Proteção com pintura betuminosa

Consiste na aplicação de uma camada delgada de asfalto diluído a quente ou em emulsão (CM30 ou CM 70, RRIC ou RR2C) por rega ou aspersão. Serão aplicadas duas ou três demãos, com intervalos de 24 horas. A finalidade principal é evitar a erosão e infiltração de água em superfícies firmes, previamente preparadas, sem material solto.

Apresentam dois inconvenientes graves: deteriora-se sob a influência da insolação exigindo manutenção constante e apresenta aspecto visual ruim.

9.8.6 – Proteção com concreto projetado

Concreto projetado será definido indiscriminadamente como argamassa de concreto aplicada pneumaticamente.

É a mistura, constituída de cimento, areia e pedrisco, que será projetada por meio de bombas e com mangotes (por via seca ou via úmida), contra a superfície a ser protegida e com espessuras médias variáveis geralmente de 3 a 5 cm.

É usada tela metálica para armar esse projetado, aumentando a resistência. Essa tela, com malha de 5 a 20 cm e fios de 2 a 5 mm, será fixada a superfície do talude com chumbadores e pinçadores, sendo depois o concreto projetado.

Os cuidados na aplicação são os mesmos já citados no item anterior, havendo também o inconveniente do aspecto visual.

9.8.7 – Proteção com cortina atirantada

Cortinas atirantadas são elementos verticais ou subverticais de concreto armado, que funcionam como paramento e que são ancorados ao maciço através de tirantes protendidos.

Devido ao fato de as cortinas serem ancoradas por tirantes protendidos, sua fundação recebe apenas uma pequena parcela dos esforços. Apresentam, ainda, a vantagem de ter uma espessura muito reduzida. Serão moldadas no local ou placas pré-moldadas.

As cortinas são usadas com vantagem em cortes, executadas de cima para baixo à medida que a escavação prossegue.

Na contenção de aterros, o processo construtivo tem sequência inversa, iniciando-se de baixo para cima, com execução das placas e protensão dos tirantes, à medida que o aterro progride.