Estratégia CONCURSOS

# Aul

Obras Rodoviárias p/ MPC-PA (Analista Ministerial - Engenheiro Civil) - Pós-Edital

Professor: Marcus Campiteli

Olá, Pessoal.

Foi publicado o edital para o cargo de Engenheiro Civil do Ministério Público de Contas do Estado do Pará – MPC/PA. A banca é da Cebraspe (Cespe).

Há uma vaga imediata, serão corrigidas as provas discursivas de 53 candidatos, e serão classificados 5 candidatos, que passarão para a fase de avaliação de títulos. O prazo do concurso é de dois anos prorrogável por igual período.

A prova objetiva está marcada para o dia 30 de junho de 2019. Portanto, dá tempo de se preparar, desde que de forma objetiva e focada. E esse é o objetivo deste curso, ao apresentar a vocês a teoria das normas e livros de forma consolidada e amigável, juntamente com questões comentadas do Cespe/Cebraspe relativas aos assuntos tratados.

Este curso de Obras Rodoviárias abrangerá as seguintes matérias do edital, com as respectivas datas das aulas:




| Aula | Assunto | Data |
|---|---|---|
| 0 | Terraplenagem | 15/3 |
| 1 | Questões de Terraplenagem Comentadas | 22/3 |
| 2 | Características dos Materiais | 5/4 |
| 3 | Sondagens | 12/4 |
| 4 | Pavimentação | 19/4 |
| 5 | Análise Orçamentária e SICRO | 26/4 |
| 6 | Novo SICRO | 3/5 |
| 7 | Ensaios | 10/5 |
| 8 | Drenagem | 17/5 |
| 9 | Obras de Arte Especiais | 24/5 |
| 10 | Meio Ambiente | 31/5 |
| 11 | Fiscalização e Acompanhamento de Obras | 7/6 |
| 12 | Sinalização | 14/6 |

| | | |
|---|---|---|
| 13 | Canteiro de Obras | 21/6 |

Agora, antes de apresentar a Aula 0, deixe eu me apresentar.

Sou engenheiro civil formado pelo Instituto Militar de Engenharia - IME e trabalho como auditor de controle externo no Tribunal de Contas da União – TCU. Fiz mestrado em engenharia civil na UnB e concluí com a dissertação: Medidas para Evitar o Superfaturamento em Obras Públicas decorrente dos Jogos de Planilha.

Na trajetória de concursos, após a elaboração de resumos, resolução de muitas questões e estudo focado, obtive aprovação nos concursos de Perito da Polícia Federal em Engenharia Civil, em 2004, e Auditor Federal de Controle Externo do TCU na área de obras públicas, em 2005. Hoje trabalho neste último.

Trabalhei durante seis anos como engenheiro militar e estou a seis no TCU, sempre participando de auditorias em obras públicas.

Na área de aulas, ministrei cursos de engenharia civil, presenciais e à distância, para o concurso do TCU, TCEs, TCMs, Câmara dos Deputados, CGU, CGEs, CGMs, Perito da PF, PCs, DNIT, CEF, ANTT, Bacen, MPU, MPEs, TRTs, TRFs, TJs, Petrobras, MPOG, ANAC, Funai, Assembleias Legislativas, Câmaras Municipais, Terracap, Artesp, Embasa, DPEs, Detran, Novacap, Saneago, Transpetro, Sabesp, entre outros.

Agora que vocês me conheceram um pouco, retornemos ao nosso curso.

Sabemos que as bancas cobram detalhes da bibliografia disponível nos livros e nas normas acerca do abrangente campo da engenharia civil previsto no edital. Por isso, apresento a teoria dos assuntos de forma detalhada e com base primordial nas normas da ABNT, por serem a fonte mais confiável. Com isso, vocês já estarão habituados aos textos passíveis de serem fontes das questões. Subsidiariamente recorro a livros consagrados de engenharia civil.

Busco mesclar figuras e fotos didáticas aos textos na busca de tornar a matéria o mais amigável possível, de forma a facilitar ao máximo o entendimento das informações truncadas das normas.

O desafio do estudo dessa especialidade é conseguir objetividade diante da sua vasta abrangência. E pretendo alcançar esse objetivo neste curso por meio da apresentação das questões. Afinal, não temos tempo a perder.

Primeiramente apresento a vocês a teoria e as questões relacionadas aos conteúdos teóricos, sem gabarito. Posteriormente, apresento as mesmas questões comentadas e, na parte final, reapresento as questões tratadas na aula, com o gabarito na última folha, para que vocês possam treinar.

Em muitas das questões, os comentários complementam a teoria trazendo mais informações.

Costumo destacar em negrito informações que acho com cara de questão.

Críticas e sugestões poderão ser feitas no próprio sistema do Estratégia assim como encaminhadas ao seguinte endereço de e-mail: marcus_campiteli@hotmail.com.

Estarei no fórum de dúvidas para respondê-los. Bons estudos e boa sorte!!!

**Aula 00: Terraplenagem ..... 4**
**1 – Terraplenagem ..... 4**
*1.1 – Conceitos Básicos ..... 4*
*1.2 – Projeto de Terraplenagem ..... 7*
*1.2.1 – Características dos solos ..... 14*
*1.2.2 – Distribuição de massas ..... 16*
*1.2.3 – Definição de jazidas ..... 25*
*1.3 – Compactação dos Aterros ..... 26*
*1.3.1 – Aterros sobre solos com baixa capacidade de suporte ..... 30*
**2 – Equipamentos de Terraplenagem ..... 33**
*2.1 – Unidades de tração (tratores) ..... 34*
*2.2 – Unidades Escavoempurradoras ..... 36*
*2.3 – Unidades Escavotransportadoras ..... 37*
*2.4 – Unidades escavocarregadoras ..... 39*
*2.5 – Unidades de Transporte ..... 42*
*2.6 – Unidades Aplainadoras ..... 44*
**3 – Especificações de Serviços ..... 48**
*3.1 – Serviços preliminares ..... 48*
*3.2 – Cortes ..... 50*
*3.3 – Empréstimos ..... 52*
*3.4 – Aterros ..... 54*
*3.5 – Caminhos de serviço ..... 58*
**4 – Questões Comentadas ..... 60**
**5 – Lista de Questões Apresentadas Nessa Aula ..... 67**
**6 – Gabarito ..... 83**
**7 – Referências Bibliográficas ..... 84**

# AULA 00: TERRAPLENAGEM

Olá pessoal,

A parte teórica desta aula é de autoria do professor Fábio Amorim, auditor do TCU na área de obras rodoviárias, formado em Engenharia de Fortificação e Construção pelo Instituto Militar de Engenharia – IME.

Eu apresento a videoaula e as questões comentadas.

Bons estudos!

# 1 – TERRAPLENAGEM

## 1.1 – CONCEITOS BÁSICOS

O DNIT define terraplenagem como o conjunto de operações de escavação, carga, transporte, descarga e compactação dos solos, aplicadas da construção de aterros e cortes, dando à superfície do terreno a forma projetada para construção de rodovias.

Em outras palavras, a terraplenagem propicia a obtenção da forma da rodovia. Para tal, são realizadas diversas operações de movimentação de terra, de forma a escavar o solo em determinados locais e depositá-lo nos locais em que isso seja necessário. Essas ações dão **alinhamento** e **harmonia** à rodovia.

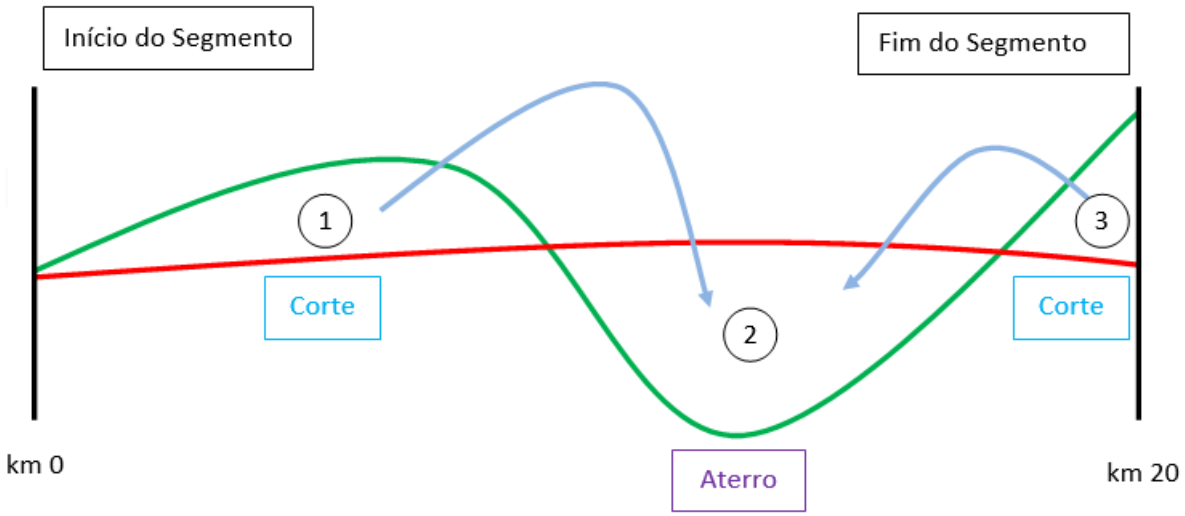
Essa movimentação de terra advém do princípio de que os desvios no alinhamento vertical de uma rodovia (subidas e descidas), bem como no seu alinhamento horizontal (curvas), devem ser os mais amenos possíveis, de modo a garantir segurança, funcionalidade e conforto aos futuros usuários.



*Rodovia dos Bandeirantes - São Paulo*

Assim, esses desvios amenos somente são conseguidos graças à terraplenagem, possibilitando assim a obtenção de uma rodovia segura, funcional, e também confortável.

Longitudinalmente, podemos simplificar a terraplenagem da seguinte forma:

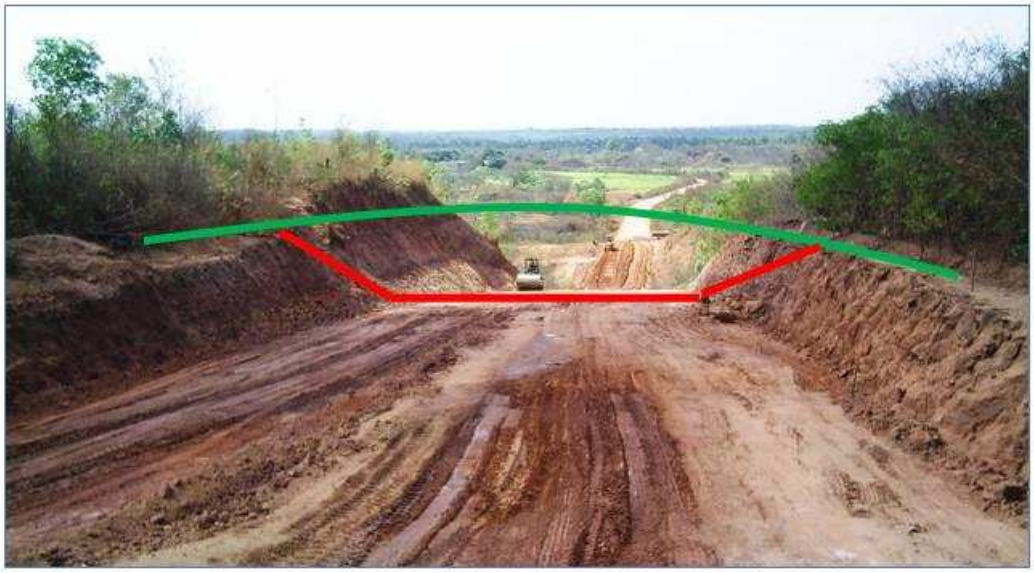



A linha em verde retrata o perfil vertical do terreno natural, no segmento onde a rodovia deverá ser construída. Já a linha em vermelho retrata o perfil vertical projetado da rodovia. Percebam que para se chegar ao alinhamento adequado, deverá haver uma considerável movimentação de terra no segmento a ser construído.

Nesse exemplo, o solo será escavado e carregado dos segmentos (1) e (3), transportado e descarregado para o segmento (2). Para completar a operação de terraplenagem, o solo descarregado no segmento (2) será espalhado, conformado e compactado, de modo a alcançar o alinhamento e resistência necessários para a construção posterior do pavimento da rodovia.

Os segmentos (1) e (3) são chamados de segmentos de corte, pois neles, o alinhamento será conseguido com a escavação do terreno natural. Já o segmento (2) é chamado de segmento em aterro, pois nele, o alinhamento será conseguido com o acréscimo de solo.

Transversalmente, visualizamos da seguinte forma os segmentos de corte (1) e (3) e os segmentos de aterro (2):



*Seção de Corte*



*Seção de Aterro*

Para finalizar esses conceitos básicos, é preciso dizer que nem sempre o volume de corte disponível é suficiente para realizar todas as operações de aterro. Nesse caso, deverão ser escavados solos oriundos de outros segmentos da própria rodovia, ou então, de jazidas com material qualificado, localizadas nas proximidades ou até distantes da rodovia. A essa operação dá-se o nome de **empréstimo**.

Por outro lado, pode acontecer de o volume dos cortes ser superior ao necessário para realizar os aterros. Ou então, pode acontecer de a qualidade do material de corte não ser adequado para a construção dos aterros. Nesses casos, faz-se necessário depositar os solos excedentes ou inapropriados em locais pré-determinados. A esses locais damos o nome de **bota-fora**, os quais se localizam fora da plataforma da rodovia, e, de preferência, dentro dos limites da faixa de domínio.

*Pessoal, feita essa parte introdutória, vamos nos ater ao programa do nosso concurso!*

## 1.2 – PROJETO DE TERRAPLENAGEM

### Objetivo

O Projeto de Terraplenagem tem por objetivo:

a **determinação dos quantitativos de serviços de terraplenagem**;

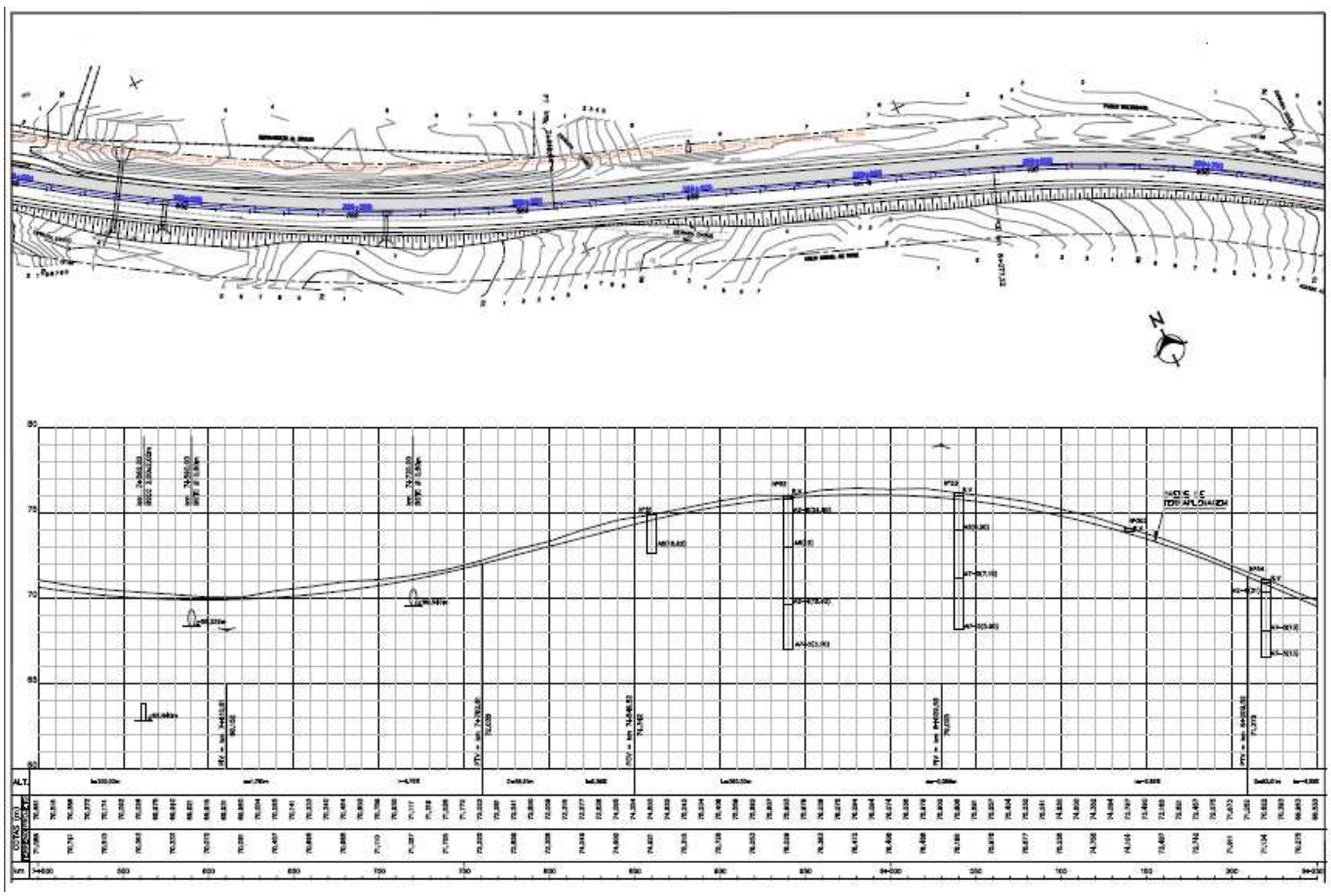
a determinação dos **locais** de **empréstimos** e **bota-foras**;

a **caracterização precisa**, em termos de todos os parâmetros geotécnicos, dos **materiais a serem utilizados**;

a apresentação de **quadros de distribuição** e orientação do movimento de terra.

### Elaboração do Projeto - premissas

O projeto de uma rodovia deve ser escolhido de forma a harmonizar os elementos geométricos da planta e do perfil, fornecendo uma estrada segura, confortável e adequada à região por ela percorrida e, de preferência, com baixo custo de construção.



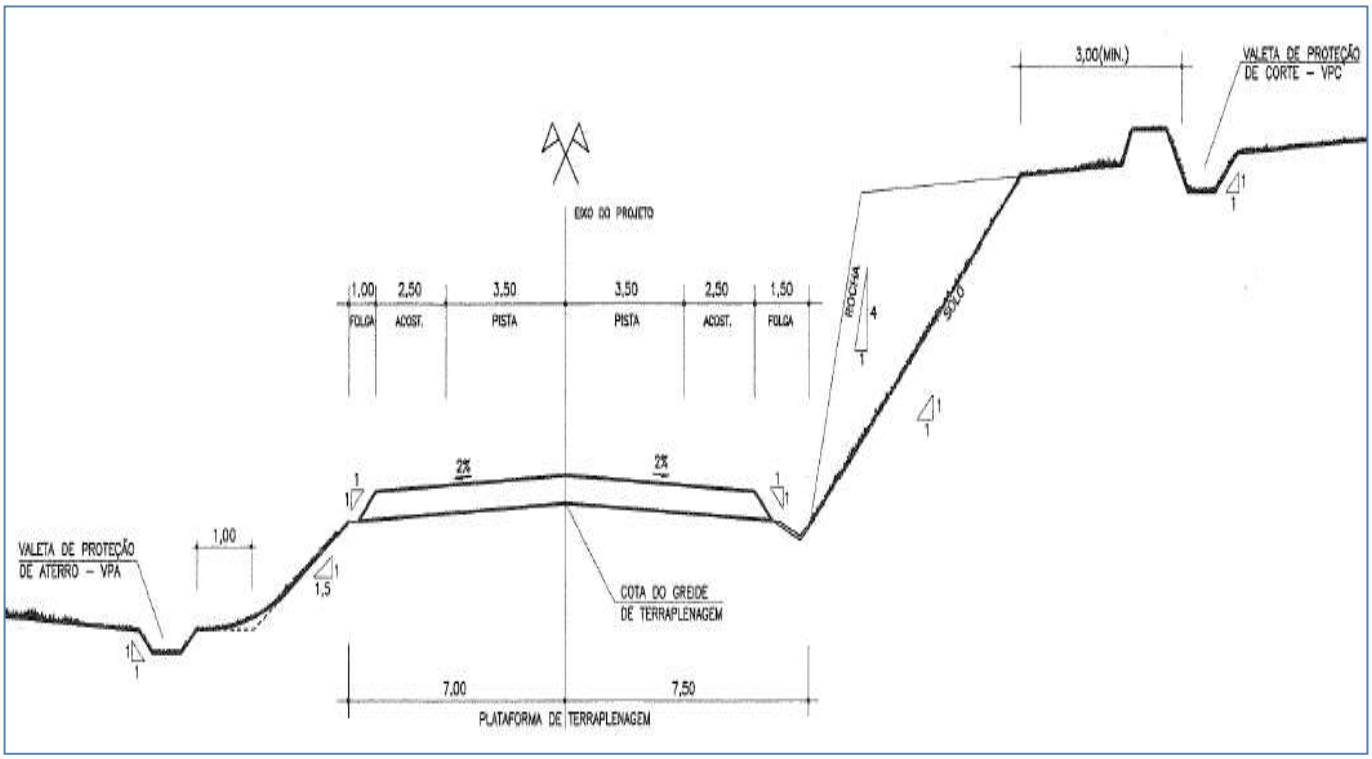
***Planta e Perfil de um Projeto de Rodovia***

O custo do movimento de terra é significativo em relação ao custo total da obra, por isso, sempre que possível deve ser feito o equilíbrio entre volumes de cortes e aterros, empréstimos e bota-foras, de forma a se ter movimentos de terra equilibrados e com reduzidas distâncias de transporte.

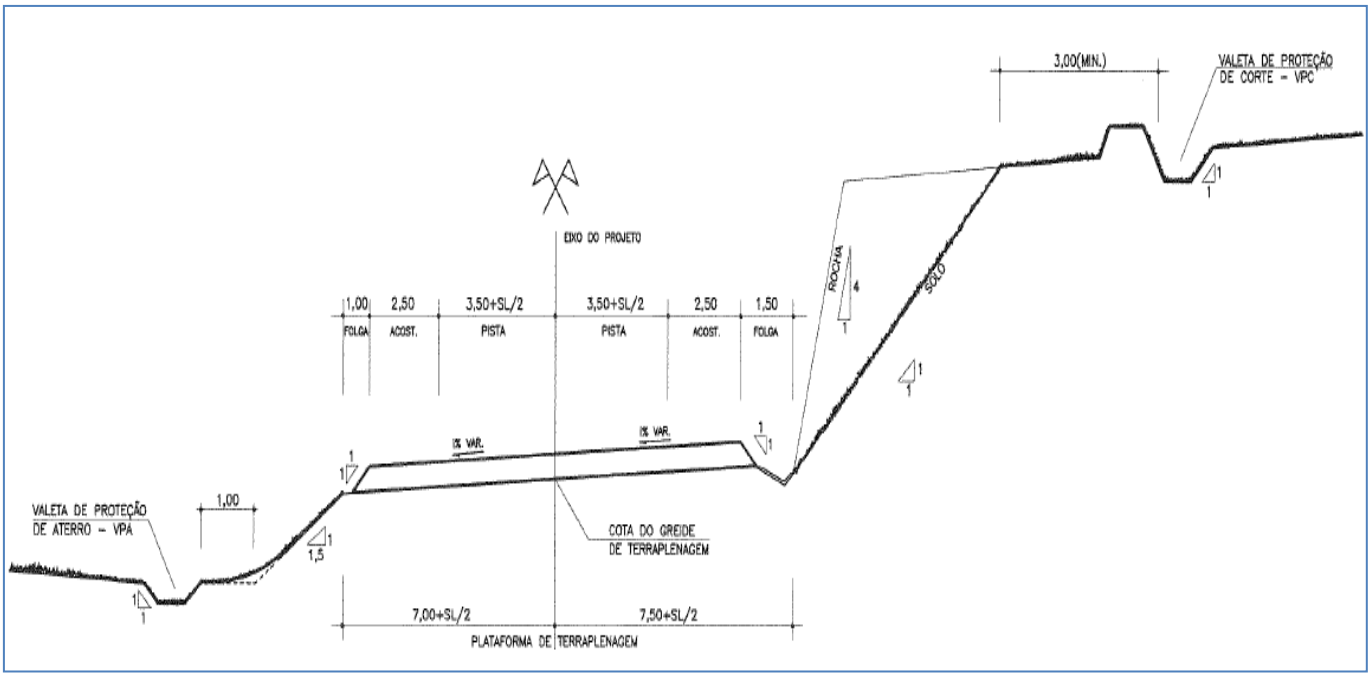
## Definição das Seções Transversais

Um dos primeiros passos na elaboração do projeto de terraplenagem é a definição da plataforma de terraplenagem, com base nas diretrizes do projeto como um todo.

Assim, a partir das medidas projetadas para a plataforma do pavimento, é possível calcularmos a largura da plataforma de terraplenagem, bem como determinar seus principais elementos.




***Seção transversal tipo – em reta***



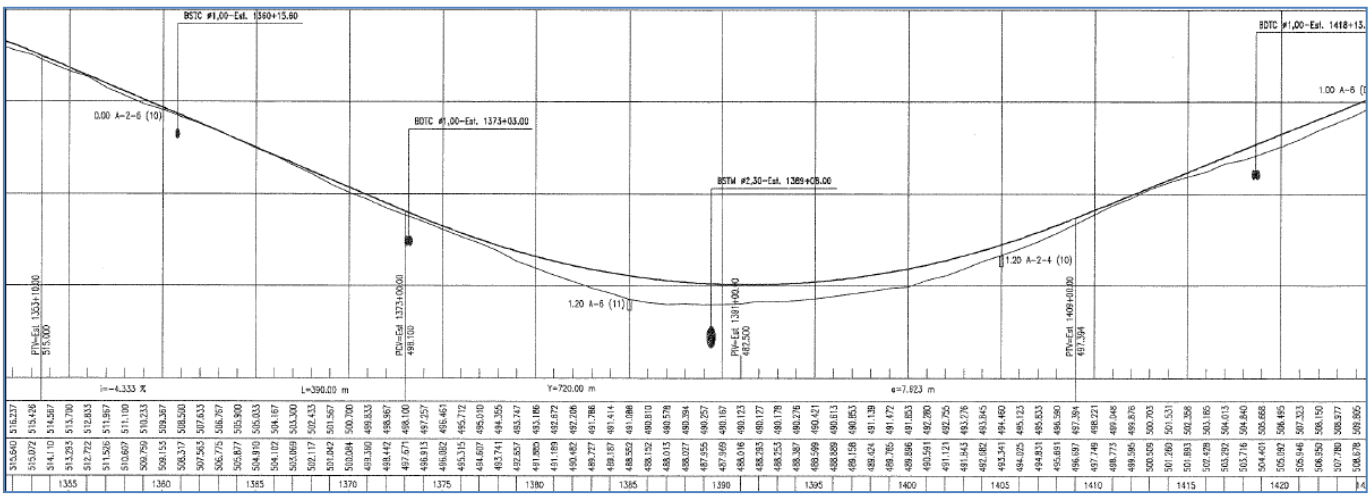

***Seção transversal tipo – em curva***

Percebam nas seções transversais tipo mostradas na figura anterior, a definição das medidas da plataforma de terraplenagem, da inclinação dos taludes de corte e aterro, bem como a previsão dos elementos de drenagem como sarjetas e valetas.

## Definição do Perfil Longitudinal

Um dos produtos esperados do projeto geométrico de uma rodovia é a definição do perfil longitudinal do terreno. É a partir desse perfil que serão calculados os volumes de cortes e aterros.

É possível, entretanto, que os resultados do projeto de terraplenagem impliquem em pontuais alterações no projeto geométrico. Assim, esses ajustes no projeto de terraplenagem e no geométrico são feitos iterativamente, de forma a se obter a melhor solução para a distribuição de cortes e aterros, bem como para a geometria, sempre atendendo às diretrizes principais de projeto.

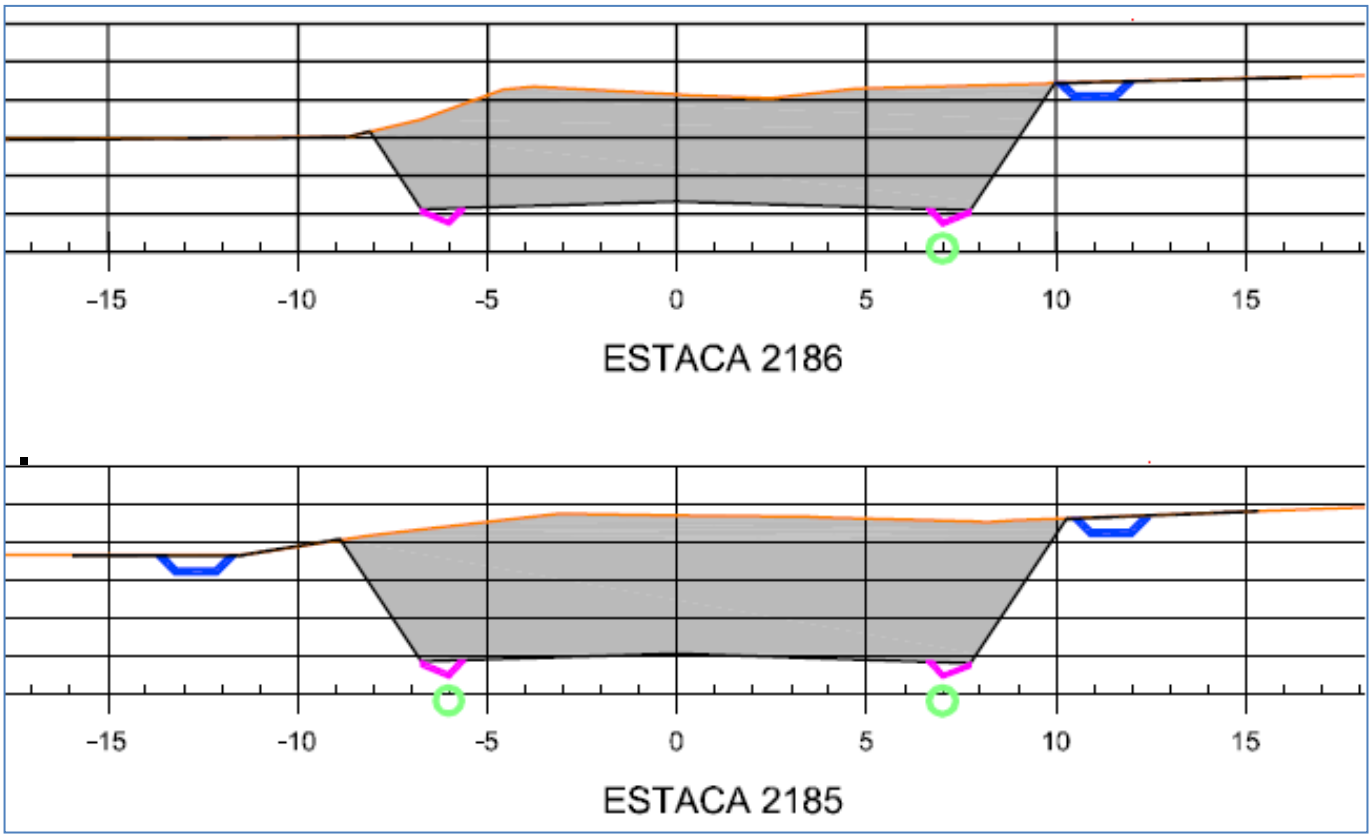


*Perfil Longitudinal de um Segmento de Rodovia – Projeto*

## Cálculo de Volumes

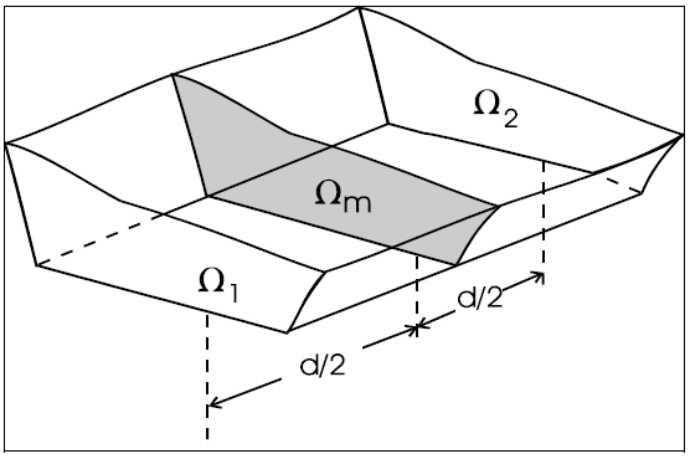
Definido o perfil vertical da rodovia e a seção transversal tipo, é possível obter todas as seções transversais do segmento a ser construído.

Convencionalmente, são obtidas as seções transversais a cada 20m de extensão, a partir da origem, considerando-se que haja variações lineares entre duas seções consecutivas. Cada seção transversal corresponde a uma estaca. No exemplo abaixo, a estaca 2186 representa o km 43+720 da obra (2186 x 20 = 43720).




*Seções transversais consecutivas*

Assim, partir do volume do prisma formado por duas seções consecutivas, pode-se calcular o volume entre essas duas seções, conforme mostra a figura a seguir:




O volume do prisma é calculado pela seguinte fórmula:

$$V = \frac{\Omega_1 + \Omega_2}{2} \; x \; (d_1 + d_2)$$

Como estamos calculando o volume entre duas estacas consecutivas, o volume é obtido a partir da seguinte fórmula:

$$V = \frac{\Omega_1 + \Omega_2}{2} \; x \; (20) =$$

$$\boldsymbol{V = 10 \; x \; (\Omega_1 + \Omega_2)}$$

Atualmente, com o avanço da computação, esses cálculos são efetuados todos por softwares especializados, não havendo para o projetista, nesta etapa, dificuldades na obtenção das áreas das seções.

O resultado, pois, são registrados em planilhas com as seguintes informações:

**VOLUMES DE TERRAPLENAGEM**

| ESTACA | ÁREAS (m²) | | | | | | | VOLUMES PARCIAIS (m³) | | | | | | | VOLUMES ACUMULADOS (m³) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | CORTE | | | | ATERRO | | | CORTE | | | | ATERRO | | | CORTE | | | | ATERRO | | |
| ( km ) | 1ª | 2ª | 3ª | TOTAL | INF | SUP | TOTAL | 1ª | 2ª | 3ª | TOTAL | INF | SUP | TOTAL | 1ª | 2ª | 3ª | TOTAL | INF | SUP | TOTAL |
| 2+000 | | | | | 8,06 | 8,60 | 16,66 | | | | | 405 | 172 | 577 | 607 | | | 607 | 236085 | 23308 | 259393 |
| 2+020 | | | 8,83 | 8,83 | 0,62 | 2,02 | 2,64 | | | 88 | 88 | 87 | 106 | 193 | 607 | | 88 | 695 | 236172 | 23414 | 259586 |
| 2+040 | | | 39,41 | 39,41 | 0,02 | 1,36 | 1,38 | | | 482 | 482 | 6 | 34 | 40 | 607 | | 570 | 1177 | 236178 | 23448 | 259626 |
| 2+060 | | | 80,72 | 80,72 | | 0,69 | 0,69 | | | 1201 | 1201 | | 21 | 21 | 607 | | 1771 | 2378 | 236178 | 23469 | 259647 |
| 2+080 | | | 92,65 | 92,65 | | 0,20 | 0,20 | | | 1734 | 1734 | | 9 | 9 | 607 | | 3505 | 4112 | 236178 | 23478 | 259656 |
| 2+100 | | | 64,24 | 64,24 | | | | | | 1569 | 1569 | | 2 | 2 | 607 | | 5074 | 5681 | 236178 | 23480 | 259658 |
| 2+120 | | | 8,24 | 8,24 | | | | | | 725 | 725 | | | | 607 | | 5799 | 6406 | 236178 | 23480 | 259658 |
| 2+140 | | | 5,72 | 5,72 | | | | | | 140 | 140 | | | | 607 | | 5939 | 6546 | 236178 | 23480 | 259658 |
| 2+160 | 5,49 | | | 5,49 | | | | 55 | | 57 | 112 | | | | 662 | | 5996 | 6658 | 236178 | 23480 | 259658 |
| 2+180 | 3,75 | | | 3,75 | | 0,72 | 0,72 | 92 | | | 92 | | 7 | 7 | 754 | | 5996 | 6750 | 236178 | 23487 | 259665 |
| 2+200 | 3,19 | | | 3,19 | | 3,31 | 3,31 | 69 | | | 69 | | 40 | 40 | 823 | | 5996 | 6819 | 236178 | 23527 | 259705 |
| 2+220 | 2,70 | | | 2,70 | 1,21 | 5,87 | 7,08 | 59 | | | 59 | 12 | 92 | 104 | 882 | | 5996 | 6878 | 236190 | 23619 | 259809 |
| 2+240 | 1,89 | | | 1,89 | 10,80 | 8,98 | 19,78 | 46 | | | 46 | 120 | 149 | 269 | 928 | | 5996 | 6924 | 236310 | 23768 | 260078 |
| 2+260 | 1,25 | | | 1,25 | 39,82 | 10,67 | 50,49 | 31 | | | 31 | 506 | 197 | 703 | 959 | | 5996 | 6955 | 236816 | 23965 | 260781 |
| 2+280 | 1,15 | | | 1,15 | 55,04 | 10,67 | 65,71 | 24 | | | 24 | 949 | 213 | 1162 | 983 | | 5996 | 6979 | 237765 | 24178 | 261943 |
| 2+300 | 1,27 | | | 1,27 | 51,31 | 10,67 | 61,98 | 24 | | | 24 | 1064 | 213 | 1277 | 1007 | | 5996 | 7003 | 238829 | 24391 | 263220 |
| 2+320 | 0,44 | | | 0,44 | 53,36 | 10,67 | 64,03 | 17 | | | 17 | 1047 | 213 | 1260 | 1024 | | 5996 | 7020 | 239876 | 24604 | 264480 |
| 2+340 | 0,05 | | | 0,05 | 52,01 | 10,67 | 62,68 | 5 | | | 5 | 1054 | 213 | 1267 | 1029 | | 5996 | 7025 | 240930 | 24817 | 265747 |
| 2+360 | 0,74 | | | 0,74 | 48,71 | 10,67 | 59,38 | 8 | | | 8 | 1007 | 213 | 1220 | 1037 | | 5996 | 7033 | 241937 | 25030 | 266967 |
| 2+380 | 0,79 | | | 0,79 | 43,41 | 10,67 | 54,08 | 15 | | | 15 | 921 | 213 | 1134 | 1052 | | 5996 | 7048 | 242858 | 25243 | 268101 |
| 2+400 | 0,71 | | | 0,71 | 26,67 | 10,67 | 37,34 | 15 | | | 15 | 701 | 213 | 914 | 1067 | | 5996 | 7063 | 243559 | 25456 | 269015 |
| 2+420 | 0,17 | | | 0,17 | 11,86 | 10,40 | 22,26 | 9 | | | 9 | 385 | 211 | 596 | 1076 | | 5996 | 7072 | 243944 | 25667 | 269611 |
| 2+440 | 0,96 | | | 0,96 | 5,71 | 9,12 | 14,83 | 11 | | | 11 | 176 | 195 | 371 | 1087 | | 5996 | 7083 | 244120 | 25862 | 269982 |
| 2+460 | | | 0,98 | 0,98 | 0,18 | 5,95 | 6,13 | 10 | | 10 | 20 | 59 | 151 | 210 | 1097 | | 6006 | 7103 | 244179 | 26013 | 270192 |
| 2+480 | | | 7,34 | 7,34 | | | | | | 83 | 83 | 2 | 60 | 62 | 1097 | | 6089 | 7186 | 244181 | 26073 | 270254 |

Na planilha mostrada, observem que para cada estaca (primeira coluna) é indicada, à direita, a área de corte e/ou aterro respectiva, detalhando-se ainda o seguinte:

a) nas seções em corte, discriminam-se as áreas para cada categoria de material, segundo as definições do DNIT (1ª categoria, 2ª categoria e 3ª categoria);

b) nas seções em aterro, discriminam-se as áreas para o corpo do aterro (primeiras camadas), e para a camada final do aterro (últimos 60cm).

Nas próximas colunas à direita constam os volumes de cada prisma formado por duas seções consecutivas, conforme vimos anteriormente.

Por fim, as últimas colunas à direita retratam os volumes acumulados em corte e em aterro, ou seja, a soma dos volumes calculados conforme descrito no parágrafo anterior.

Assim, ao final, é possível obter as seguintes informações:

- ✓ Volume de corte entre cada seção consecutiva;
- ✓ Volume de aterro entre cada seção consecutiva;
- ✓ Volume total de corte para os materiais de 1ª, 2ª e 3ª categorias;
- ✓ Volume total para o corpo de aterro;
- ✓ Volume total para a camada final de aterro.

Essas informações são um primeiro passo para que o projeto possa cumprir um de seus objetivos que é a **determinação dos quantitativos de serviços de terraplenagem**.

A partir dessas informações, é possível ainda avaliar se foi conseguido um equilíbrio entre os volumes de corte e volumes de aterro, de modo a minimizar a necessidade de utilização caixas de empréstimo e bota-foras ao longo da rodovia.

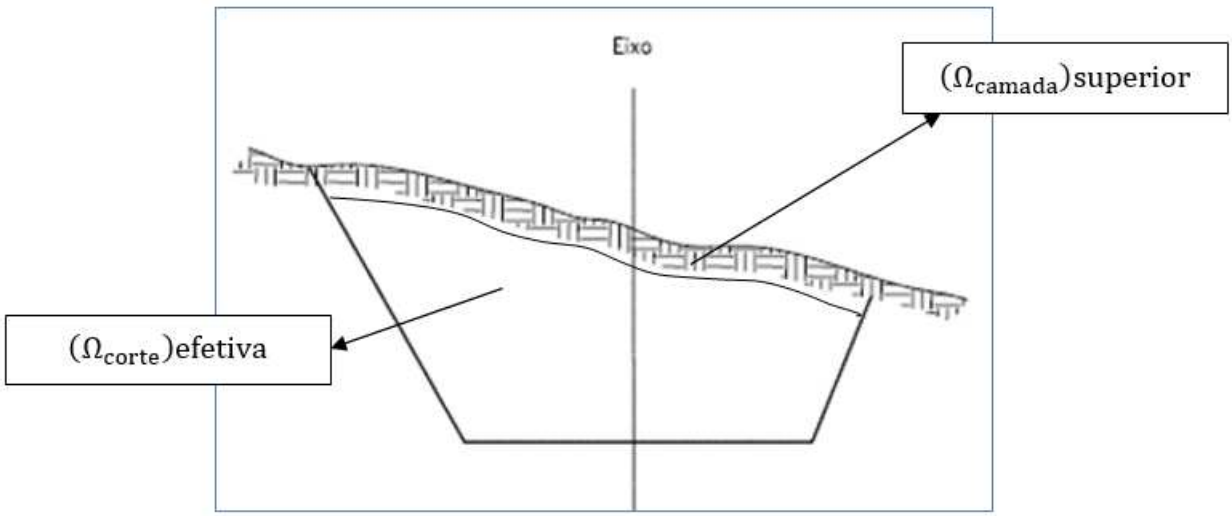
## Influência das Operações de Limpeza

Nos segmentos a serem construídos em terrenos virgens, é necessário que se faça a remoção, antes de qualquer operação de terraplenagem, de todas as espécies vegetais e também da camada superior do terreno (camada vegetal) de características geotécnicas inadequadas para fins rodoviários.

Como as operações de limpeza removem a porção superior do terreno natural, então:

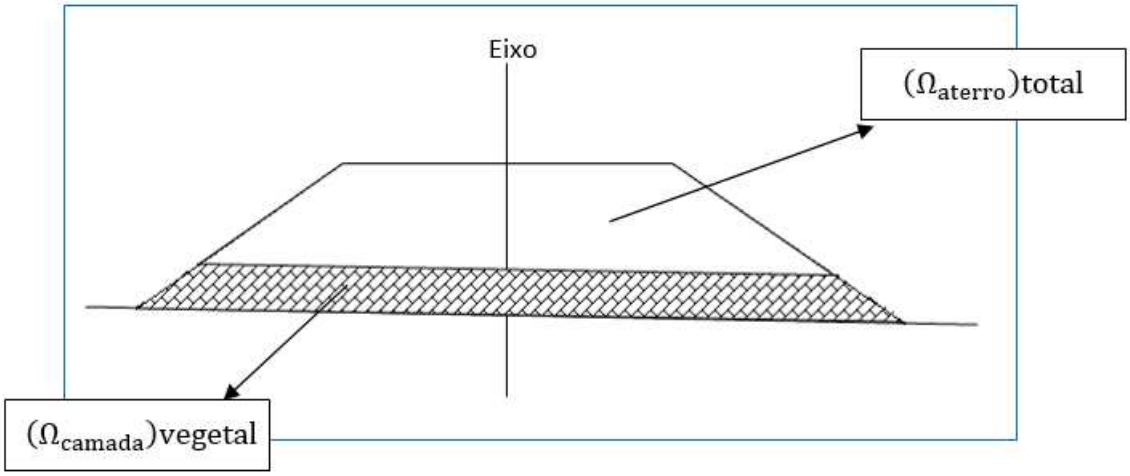
a) Para seções de corte, o volume com que se pode contar é obtido pela diferença entre a área total e a área resultante da remoção da camada superior, ou seja:

$$(\Omega_{\text{corte}})\text{efetiva} = (\Omega_{\text{corte}})\text{total} - (\Omega_{\text{camada}})\text{superior}$$




b) Para as seções em aterro, o processo é o inverso: a remoção da camada vegetal é feita antes da execução do aterro e torna a área efetiva, e consequentemente o volume a aterrar, maior do que a área total, ou seja:

$$(\Omega_{\text{aterro}})\text{efetiva} = (\Omega_{\text{aterro}})\text{total} + (\Omega_{\text{camada}})\text{vegetal}$$




Essas correções a serem feitas nas áreas de corte e aterro já devem estar contabilizadas quando do cálculo dos volumes, na planilha que vimos anteriormente.

## 1.2.1 – CARACTERÍSTICAS DOS SOLOS

Vimos na nossa aula nº 4 que os estudos geotécnicos possuem como objetivo a definição das características técnicas do subleito, os quais fundamentam, de forma decisiva, o projeto de terraplenagem. Uma importante informação é a definição da categoria dos solos.

### Definição das categorias de solos

A forma como a escavação é feita depende, entre outros fatores, do tipo de solo que está sendo escavado, o que influencia diretamente na escolha dos equipamentos, na dificuldade de execução e na produtividade do serviço.

Nesse sentido, torna-se importante a definição do tipo de solo a ser trabalhado em cada segmento de rodovia. A metodologia elaborada pelo DNIT define o solo em três categorias:

a) 1ª categoria:

"terra em geral, piçarra ou argila, rocha em adiantado estado de decomposição, seixos[1] rolados ou não, com diâmetro máximo inferior de 15 cm, qualquer que seja o teor de umidade, compatíveis com a utilização de "dozer", "scraper" rebocado ou motorizado";

[1] Fragmentos de rocha com dimensão maior entre 2 e 50mm. Fragmento de rocha arredondado que se encontra à beira-mar e em leito de rios caudalosos.




*Escavadeira operando em um material de 1ª categoria*

b) 2ª categoria

**(segundo o Manual de Implantação Básica do DNIT):** "rocha com resistência à penetração mecânica **inferior ao granito**, blocos de pedra de **volume inferior a 1m³**, matacões e pedras de **diâmetro médio superior a 15 cm**, cuja extração se processa com emprego de explosivo ou uso combinado de explosivos, máquinas de terraplenagem e ferramentas manuais comuns";

**(segundo a Norma DNIT 106/2009-ES):** "compreende os solos de resistência ao desmonte mecânico **inferior à da rocha não alterada**, cuja extração se processe por combinação de métodos que obriguem a utilização do maior equipamento de escarificação exigido contratualmente; a extração eventualmente **pode envolver o uso de explosivos** ou processo manual adequado. Estão incluídos nesta categoria os blocos de rocha de **volume inferior a 2 m³** e os matacões ou pedras de diâmetro médio compreendido entre 0,15 m e 1,00 m".



*Talude em material de 2ª categoria*

c) 3ª categoria

**(segundo o Manual de Implantação Básica do DNIT)**: rocha com resistência à penetração mecânica superior ou igual à do granito e blocos de rocha de **volume igual ou superior a 1 m³**, cuja extração e redução, para tornar possível o carregamento, se processam com o **emprego contínuo de explosivo**.

**(segundo a Norma DNIT 106/2009-ES)**: compreende os materiais com resistência ao desmonte mecânico equivalente à rocha não alterada e blocos de rocha com diâmetro médio superior a 1,00 m, ou de **volume igual ou superior a 2 m³**, cuja extração e redução, a fim de possibilitar o carregamento, se processem com o **emprego contínuo de explosivos**.



***Talude em material de 3ª categoria***

A definição de cada categoria de solo em todos os segmentos da rodovia a ser terraplenada, aliada ao produto dos estudos geotécnicos da rodovia, faz com que os materiais a serem utilizados na terraplenagem sejam **precisamente caracterizados**, em termos de todos os parâmetros geotécnicos, atendendo, assim, a um dos objetivos do projeto de terraplenagem.

## 1.2.2 – DISTRIBUIÇÃO DE MASSAS

No processo de confecção do projeto de terraplenagem, cabe agora, ao projetista, definir o destino de cada solo escavado na rodovia. A partir da origem e do destino de cada material é possível quantificar as distâncias de transporte de cada volume terraplenado, atendendo a outro objetivo do projeto de terraplenagem, que é a confecção de um **quadro de distribuição de materiais**. *Vamos ver agora como conseguir esse objetivo!*

## Variações Volumétricas dos Solos

*Pessoal, para nós conseguirmos compactar 1 m³ de solo, quantos metros cúbicos são necessários escavar? E, quantos metros cúbicos são necessários transportar? A pergunta pode parecer simples, mas a resposta nem tanto!*

Um material a ser terraplenado, possuidor de uma massa "m", ocupa no corte de origem um volume $V_{corte}$. Ao ser escavado, esse material sofre um desarranjo em suas partículas, de forma que a mesma massa passa a ocupar um volume $V_{solto}$. Finalmente, após ser descarregado e submetido a um processo mecânico de compactação, o material ocupará um terceiro volume $V_{comp}$. Para os solos terraplenados, prevalece a seguinte relação:

$$V_{solto} > V_{corte} > V_{comp}$$

Assim, em se tratando da mesma massa "m", podemos concluir que:

$$D_{comp} > D_{corte} > D_{solto}$$

Nota-se, portanto, que o material compactado no aterro terá uma densidade final superior àquela do seu local de origem e, consequentemente, ocupará um volume menor do que o ocupado originalmente.

O valor dessas densidades é intrínseco a cada solo, e deve ser determinado a partir dos ensaios de compactação realizados durante os estudos geotécnicos do projeto. Desse modo, para cada solo ter-se-á uma relação entre os volumes de corte e os volumes compactados.

Para fins de simplificação dos cálculos durante o projeto, o DNIT admite que o projetista considere uma relação média entre essas densidades.

Assim, para materiais de 1ª categoria, o DNIT adota, de forma generalista, a seguinte relação:

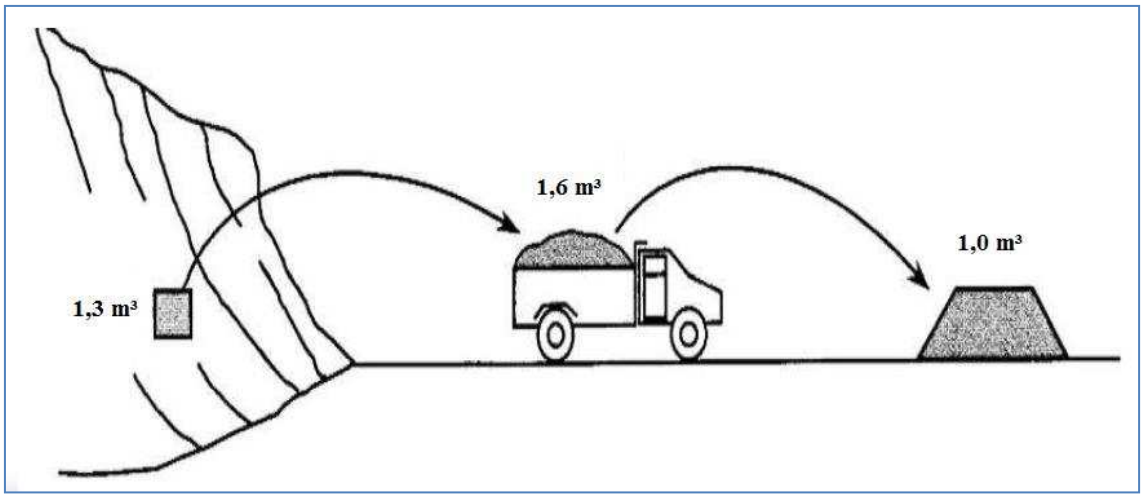
- ✓ **Densidade compactado = 1,3 x Densidade corte**
- ✓ **Densidade compactado = 1,6 x Densidade solto**

Ou então,

- ✓ **Volume corte = 1,3 x Volume compactado**
- ✓ **Volume transportado = 1,6 x Volume compactado**

Essas relações já incluem o percentual de perdas no transporte, da ordem de 5%.

A figura a seguir ilustra essa situação:




*Variações volumétricas dos solos segundo o DNIT*

Dentro desse contexto, surgem três coeficientes comumente aplicados para se efetuar a conversão dos volumes de solos, são eles:

a) **Fator de Empolamento** – é a relação entre o volume no corte e o volume solto.

$$Fator\ de\ Empolamento = \frac{Volume\ no\ Corte}{Volume\ Solto}$$

b) **Fator de Contração** - é a relação entre o volume compactado e o volume no corte.

$$Fator\ de\ Contração = \frac{Volume\ Compactado}{Volume\ no\ Corte}$$

c) **Fator de Homogeneização** - é a relação entre o volume no corte e o volume compactado.

$$Fator\ de\ Homogeneização = \frac{Volume\ no\ Corte}{Volume\ Compactado} = \frac{1}{Fator\ de\ Contração}$$

## Diagrama de Brückner

O diagrama de massas ou de Brückner facilita sobremaneira a análise da melhor distribuição dos materiais escavados. Essa distribuição visa a definir a origem e o destino dos solos e rochas objetos das operações de terraplenagem, e é obtida a partir da tabela dos volumes acumulados (ver figura a seguir), que serve como base para construção do diagrama.

| km | Estaca | Elementos Geradores de Serviços | Área da Seção Transversal ($m^2$) | | Soma das Áreas das Seções Transversais ($m^2$) | | Semidistância entre Seções (m) | Escavação dos Cortes ($m^3$) | | | | Execução de Aterros ($m^3$) | | | Compensação Lateral ($m^3$) | | | Bota-fora | Ordenadas de Brückner |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Corte | Aterro | Corte | Aterro | | Total Geométrico | 1ª Cat. | 2ª Cat. | 3ª Cat. | Total | Corpo de Aterro | Camada Final | Corte | Aterro | Diferença | Volume ($m^3$) | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Uma observação importante que deve ser feita nessa planilha, é que os volumes de aterro não se referem ao volume compactado, mas sim, referem-se aos volumes de corte necessário para compactar os respectivos volumes de aterro de cada estaca. Assim, os volumes de aterro já devem considerar o fator de homogeneização como conversor dos volumes de aterro em volumes de corte. Ou seja, vamos supor que em uma determinada estaca, o volume de aterro seja de 400 m³. Para podermos realizar o aterro nessa estaca, necessitaremos de um volume maior de corte, não 400 m³, mas sim, (400 m³ x Fh), que é o volume a ser inserido na coluna dos aterros, onde Fh indica o fator de homogeneização do material a ser compactado.

Feita essa observação, vamos conhecer o Diagrama!

Para a construção do diagrama, calculam-se inicialmente as chamadas ordenadas de Brückner. Essas ordenadas correspondem aos volumes de cortes (convencionalmente positivos) e aterros (convencionalmente negativos) acumulados a cada estaca. A somatória dos volumes é feita a partir de uma ordenada inicial arbitrária.

No caso de seções mistas, as ordenadas de Brückner consideram apenas a diferença entre os volumes de corte e aterro, haja vista que essa diferença representa o volume disponível para ser movimentado ao longo da rodovia. O mesmo não acontece com os volumes de compensação lateral, os quais são desconsiderados no cálculo das ordenadas de Brückner.

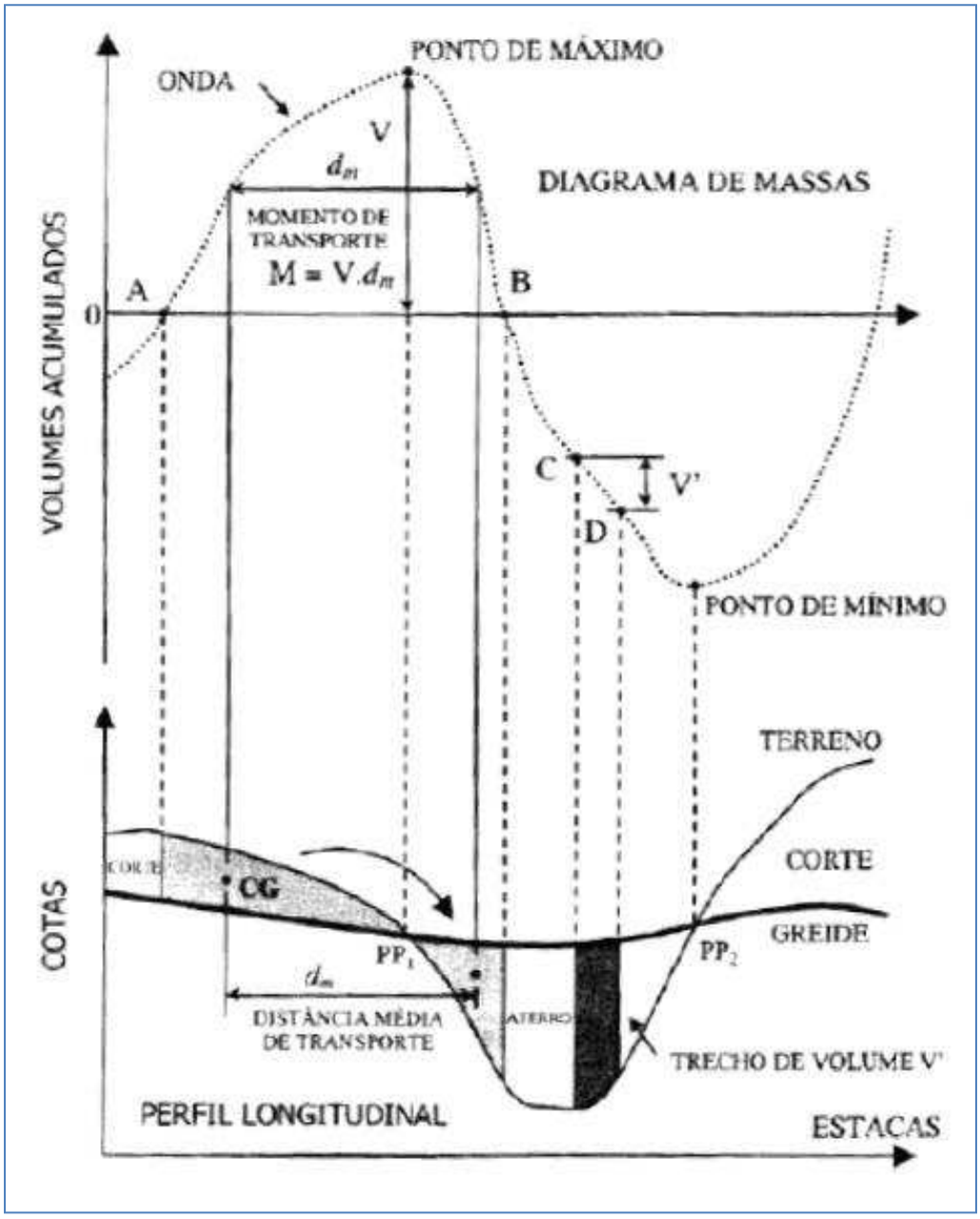
O exemplo a seguir ilustra a situação:

| Estaca | Volume Corte (m³) | Volume Aterro (m³) | Compensação Lateral (m³) | Ordenada de Brückner |
|---|---|---|---|---|
| **1** | 100 | 200 | 100 | -100 |
| **2** | 150 | 0 | 0 | 50 |
| **3** | 200 | 40 | 40 | 210 |
| **4** | 0 | 100 | 0 | 110 |

As ordenadas calculadas são impressas, de preferência sobre uma cópia do perfil longitudinal do projeto. No eixo das abscissas é indicado o estaqueamento da rodovia, e no eixo das ordenadas,

numa escala adequada, os valores acumulados para as ordenadas de Brückner, seção a seção. Os pontos assim marcados, unidos por uma linha curva, forma o Diagrama de Brückner.

A figura a seguir apresenta o perfil longitudinal de um trecho de rodovia e o digrama de massas correspondente.



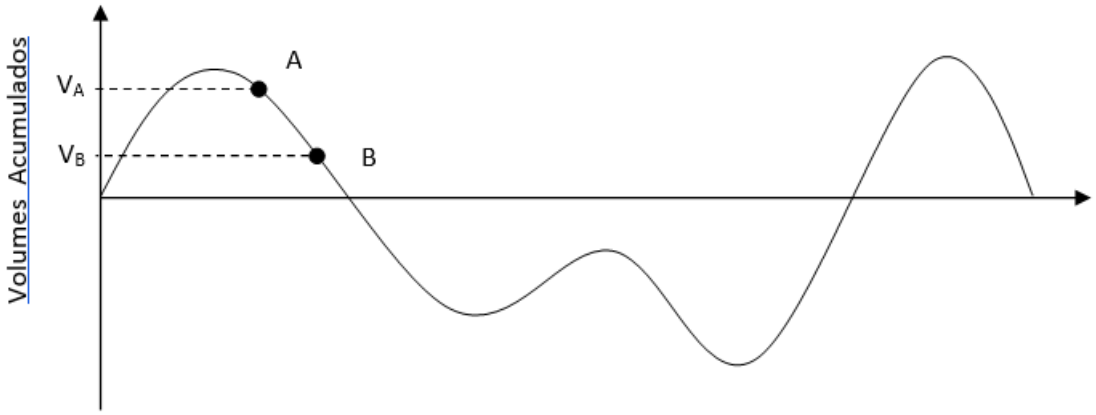

Vale destacar que o diagrama de massas não é um perfil, ou seja, a forma do diagrama de massas não guarda relação direta com a topografia do terreno.

Como mostra a figura anterior, **todo trecho ascendente do diagrama corresponde a um trecho de corte** (ou de seções mistas com predominância de corte). Além disso, todo **o trecho descendente do diagrama corresponde a um trecho de aterro** (ou de seções mistas com predominância de aterros em seções mistas).

Vale observar também que inclinações muito elevadas das linhas do diagrama indicam grandes movimentos de terra, seja em corte (ascendente) ou em aterro (descendente).

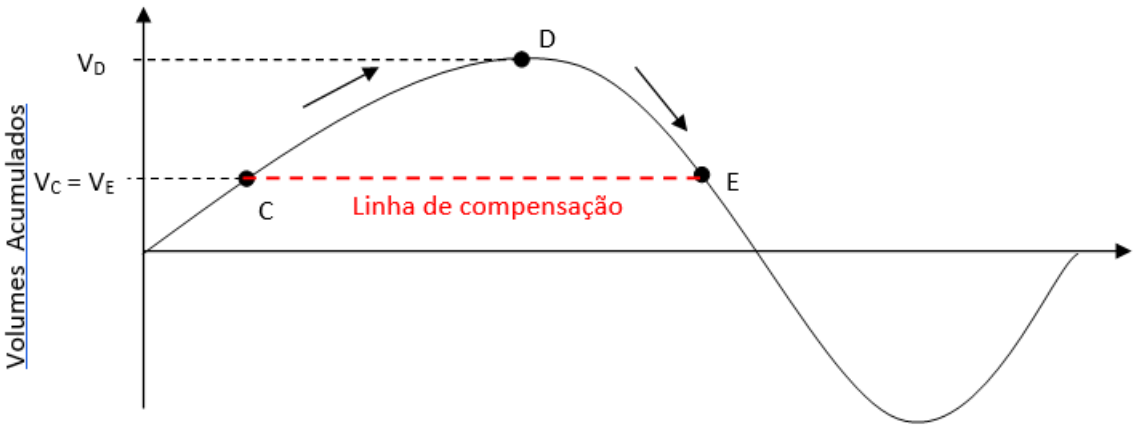
Os pontos notáveis do gráfico são, da mesma forma, muito importantes. Os **pontos de máximo** correspondem à passagem de **corte para aterro**, e os **pontos de mínimo** correspondem à passagem de **aterro para corte**.

A partir do diagrama, pode-se calcular o volume de terra entre duas estacas. Esse **volume** é obtido a partir da **diferença de ordenadas entre dois pontos do diagrama**.




Assim, o volume entre os pontos A e B da figura anterior é representado pela diferença ($V_A$ - $V_B$), representando um trecho em aterro, já que o gráfico está numa trajetória descendente.

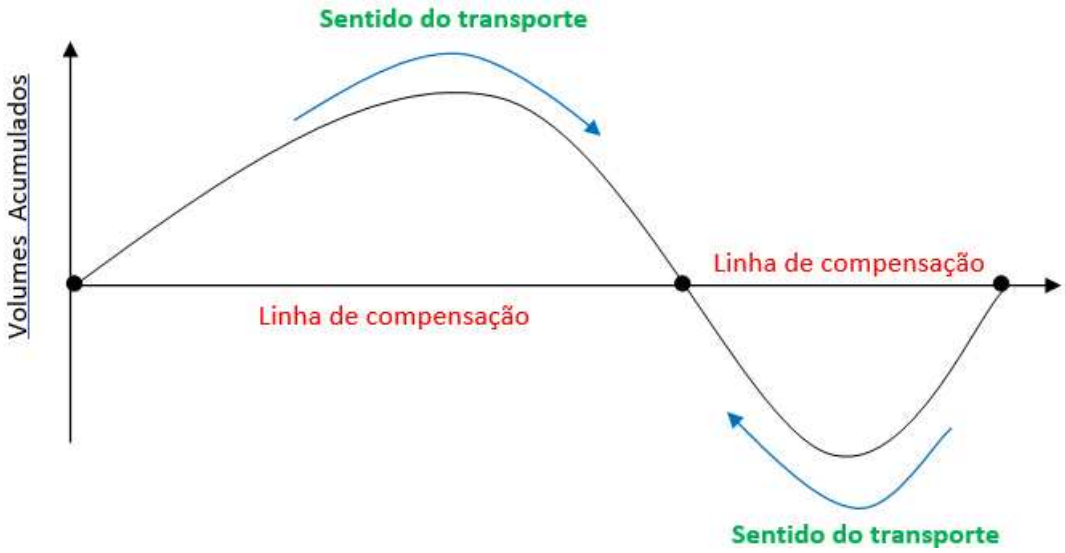
Além disso, qualquer linha horizontal traçada sobre o diagrama determina trechos de volumes compensados (volume de corte = volume de aterro corrigido), conforme veremos a seguir.




Segundo a figura acima, entre o ponto C e o ponto D tem-se um segmento em corte, cujo volume é ($V_D$ – $V_C$). Entre o ponto D, e o ponto E, tem-se um trecho em aterro, cujo volume é ($V_D$ – $V_E$), que é igual a ($V_D$ – $V_C$). Portanto, entre os pontos C e E têm-se volumes compensando-se longitudinalmente.

Esta horizontal, por conseguinte, é chamada de linha de compensação (ou linha de terra). A medida do volume é dada pela diferença de ordenadas entre o ponto máximo ou mínimo do trecho compensado e a linha horizontal de compensação.

Dentro desse conceito, a posição da onda do diagrama em relação à linha de compensação indica a direção do movimento de terra. Ondas positivas (linha do diagrama acima da linha de compensação) indicam o transporte de terra no sentido crescente do estaqueamento da estrada. Ondas negativas indicam transporte no sentido contrário ao estaqueamento.

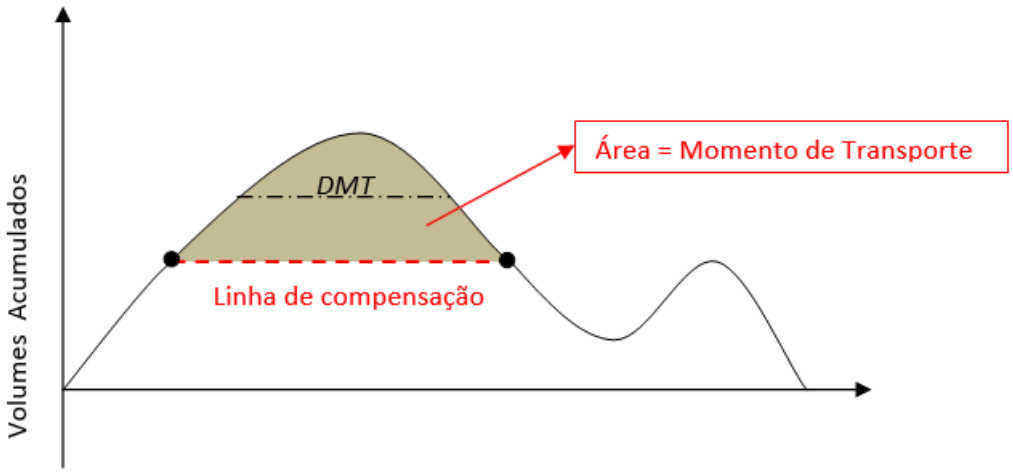



Importante observar ainda, que a área compreendida entre a curva do diagrama e a linha de compensação mede o **momento de transporte** da distribuição considerada.

Define-se Momento de Transporte como o produto dos volumes transportados pelas distâncias médias de transporte:

$$\text{Momento } (m^3 \times km) = \text{Volume } (m^3) \times \text{DMT } (km)$$

A distância média de transporte (DMT) de cada distribuição pode ser considerada como a base de um retângulo de área equivalente à do segmento compensado e de altura igual à máxima ordenada desde segmento. Vejamos a figura a seguir.



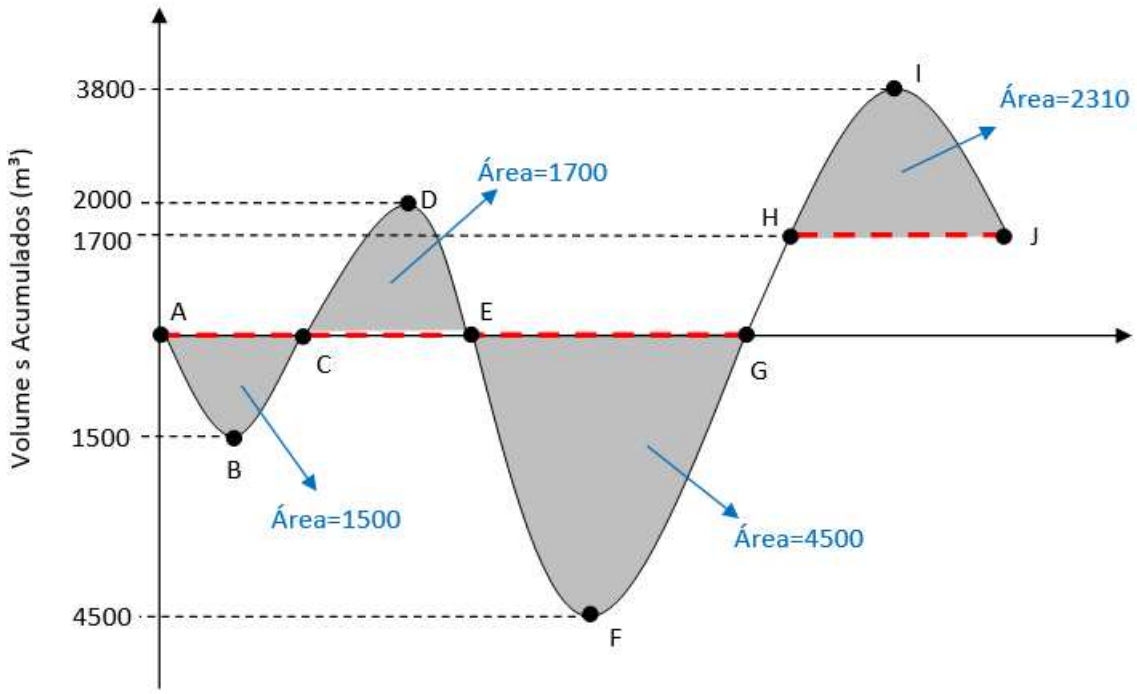

Quando é executado um transporte de solo de um corte para um aterro, as distâncias de transporte se alteram a cada viagem, sendo necessária, portanto, a determinação de uma distância média de transporte, que deverá ser igual à **distância entre os centros de gravidade dos trechos de cortes e aterros compensados**.

## Resultados do Diagrama

Existem várias maneiras de se executar uma distribuição de massa em um projeto de terraplenagem. Cada uma das alternativas corresponderá a uma distância média de transporte global e, por conseguinte, um determinado custo de terraplenagem. Logo, um projeto racional de terraplenagem deverá indicar a melhor distribuição de terras, de maneira que a distância média de transporte e o custo das operações de terraplenagem sejam reduzidos a valores mínimos.

Mas, como conseguir isso com o diagrama de Brückner? Resposta: por meio do lançamento racional de diversas linhas de compensação dentro do Diagrama de Brückner!

Vamos mostrar um exemplo para vocês para podermos entender melhor. Vejamos o diagrama a seguir, com uma solução otimizada de distribuição.




Entre os pontos A e C, C e E, E e G, e H e J traçamos linhas de compensação. De forma que:

De A a B temos um segmento em aterro com volume de 1500 m³ ajustados. Entre os pontos B e C temos um corte com volume também de 1500 m³, havendo, pois, uma compensação.

O momento de transporte é igual a 1500 m³ x km, o que implica dizer que a distância de transporte é de 1 km (1500 m³ x km / 1500 m³) para essa compensação.

Seguindo esse mesmo raciocínio, a distância de transporte na compensação entre os pontos C e E é igual a 0,85 km, ou 850 m, entre os pontos E e G é igual a 1 km, e, entre os pontos H e J é igual a 1,1 km. *Tentem chegar também a esses resultados!*

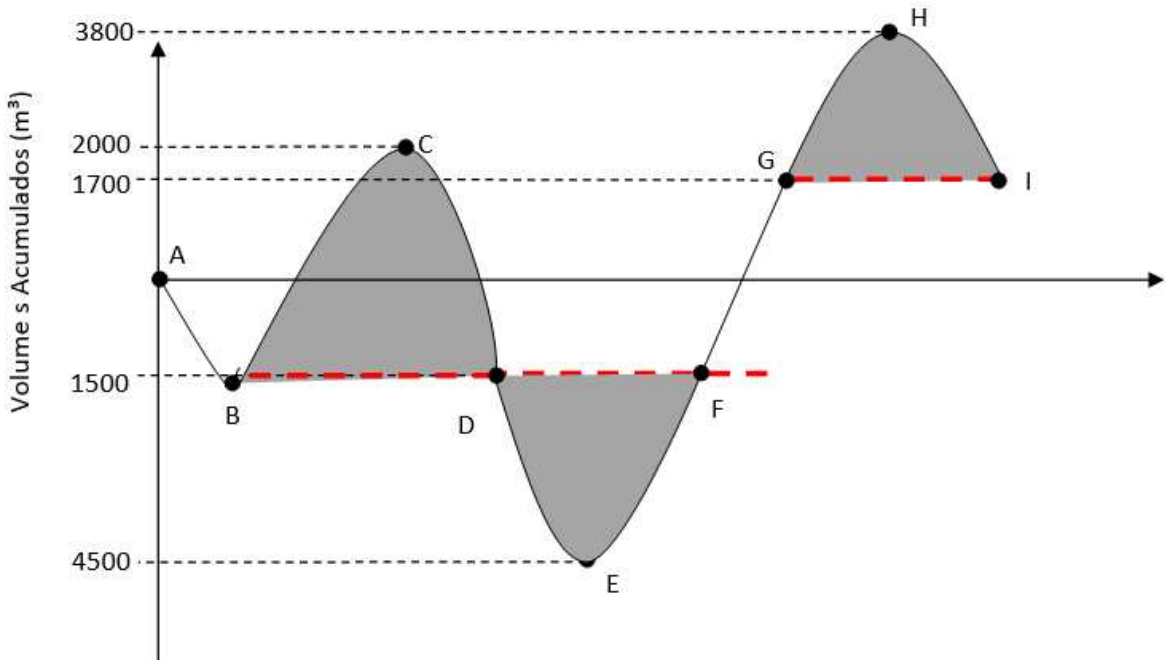
Percebam que entre os pontos G e H surgiu um descompasso entre as linhas de compensação. Essa descontinuidade representa um segmento em corte, já que é um segmento ascendente. Só que

entre esses dois pontos, não há compensação, ou seja, nenhum aterro irá receber esse solo, pois os demais pontos já sofreram compensação.

Sendo assim, o volume entre os pontos G e H (1700 m³) terá que ser conduzido para um bota-fora.

As linhas de compensação podem ser traçadas de diversas formas em um diagrama de Brückner. A escolha das melhores linhas é que propiciará a distribuição de massas mais eficiente possível.

Vejam pelo diagrama abaixo como a mesma situação pode ser elaborada de forma antieconômica.




Nesse caso, entre os pontos A e B teremos um volume de aterro sem compensação, isso significa a necessidade de obtermos uma caixa de empréstimo para abastecer esse segmento, com volume na ordem de 1.500 m³.

Entre os pontos F e G teremos um volume de corte sem compensação, isso significa a necessidade de obtermos um bota-fora com volume na ordem de 3.200 m³, ou um bota-fora com volume de 1.700m³, e transportar esse solo até o segmento AB, por meio de uma relevante distância média.

## Planilha de ORIGEM-DESTINO

O resultado da distribuição de massas é a planilha de origem – destino dos materiais, conforme o exemplo a seguir.

| km | PROCEDÊNCIA DO MATERIAL ESCAVADO | | | | | DESTINO DO MATERIAL ESCAVADO | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Discriminação | Localização | Volume ($m^3$) | | | Localização | | Aterro ($m^3$) | | | | | Bota-fora | |
| | | | 1ª Cat. | 2ª Cat. | 3ª Cat. | | | Total | Compensação longitudinal | Compensação transversal | Empréstimo | DMT | Volume ($m^3$) | DMT |
| | | | | | | | | | | | | | | |

Em sequência, elabora-se, para todo o trecho, o "Resumo da Movimentação de Terras", conforme o modelo a seguir.

| RESUMO DO MOVIMENTO DE TERRAS | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Classificação | PROCEDÊNCIA | | | DESTINO | | | | |
| | Corte | Empréstimo | Total ($m^3$) | Corpo de Aterro | Camada Final | Fundo de Corte | Bota-fora | Total ($m^3$) |
| 1ª Cat. | | | | | | | | |
| 2ª Cat. | | | | | | | | |
| 3ª Cat. | | | | | | | | |
| Total ($m^3$) | | | | | | | | |
| ESCAVAÇÃO E TRANSPORTE | | | | | | | | |
| Procedência | Distância de Transporte | 1ª Cat. | | 2ª Cat. | | 3ª Cat. | | Total ($m^3$) |
| Cortes e Empréstimos | Até 50 m | | | | | | | |
| | Entre 50 e 100 m<br>Entre 100 e 200 m<br>Entre 200 e 400 m<br>Entre 400 e 600 m<br>Entre 600 e 1000 m<br>Maior que 1000 m | | | | | | | |
| COMPACTAÇÃO | | | | OBSERVAÇÕES | | | | |
| Corpo de Aterro: | $m^3$ | | | | | | | |
| Camada Final: | $m^3$ | | | | | | | |
| Camada de Fundo de Corte: | $m^3$ | | | | | | | |
| Total: | $m^3$ | | | | | | | |

Por essa planilha, cada serviço de escavação, carga e transporte é discriminado por intervalos de DMT, e por categorias de material.

O resultado é a obtenção de todos os quantitativos de serviços de terraplenagem, o que faz cumprir um dos objetivos do projeto de terraplenagem, conforme vimos no início desta aula.

## 1.2.3 – Definição de jazidas

Como vimos na Aula 4, os estudos geotécnicos possuem, como um de seus objetivos, a avaliação da ocorrência de jazidas de empréstimos para o aproveitamento no projeto de terraplenagem.

Ao final dos estudos, cumpre ao projeto de terraplenagem selecionar as jazidas que serão utilizadas, devendo-se avaliar tanto os critérios técnicos quanto econômicos.

Ao passo que é desejável a utilização de jazidas com ótimos resultados de CBR e expansão, não se pode abrir mão de grandes custos para que essas jazidas sejam aproveitáveis.

As jazidas consideradas aptas pelos estudos geotécnicos serão utilizadas para realizar a compensação de volumes em segmentos onde isso não seja possível, conforme visto no diagrama de Brückner.

Paralelamente a isso, não se pode afastar o atendimento às condicionantes ambientais, as quais impõem também a necessidade de recuperar as áreas degradadas nas jazidas de empréstimos, implicando, também, em custos adicionais.

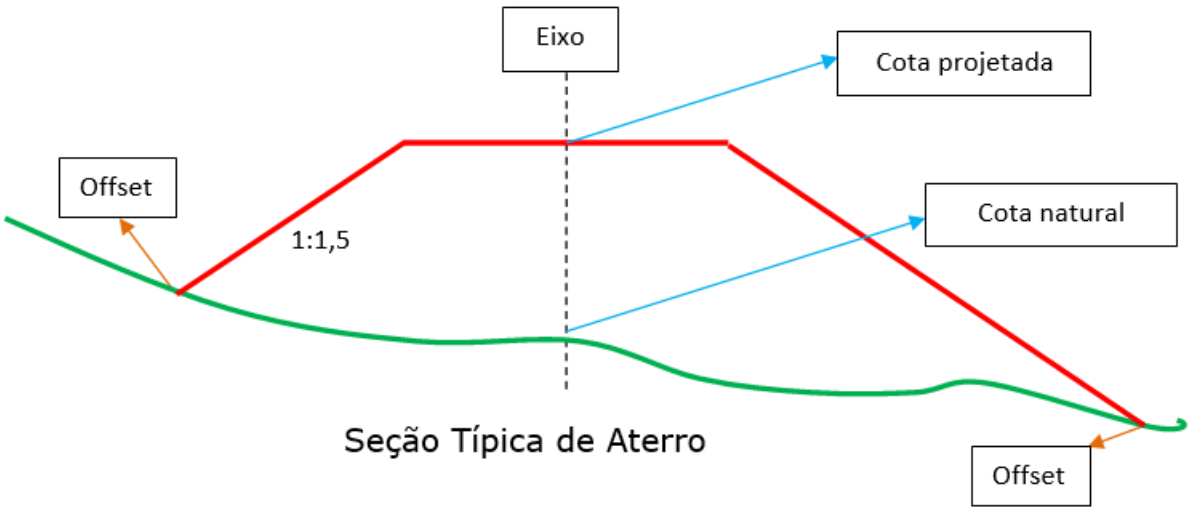
As áreas destinadas a bota-fora também devem ser determinadas pelo projeto de terraplenagem. Elas serão utilizadas para depositar o volume de solo excedente na distribuição de massas.

## 1.3 – Compactação dos Aterros

### Introdução

O aterro é definido como "segmento de rodovia cuja implantação requer depósito de materiais provenientes de cortes e/ou de empréstimos, no interior dos limites das seções de projeto (*offsets*) que definem o corpo estradal".

Em outras palavras, o aterro ocorre quando a cota projetada da rodovia supera a cota do terreno natural em um determinado segmento específico. Assim, para que se atinja a cota de projeto nesse segmento é necessário adicionar camadas de solo compactado, **provenientes de cortes** do próprio eixo estradal, **ou** então, **de jazidas de empréstimo** de solo localizadas nas proximidades da rodovia.



Seção Típica de Aterro

Nesse contexto veremos a partir de agora, aspectos importantes sobre a execução dos aterros, de acordo com as normas existentes no DNIT.

## Características dos Solos aplicadas à compactação

No tocante à compactação de aterros, existem dois grandes grupos de solo:

Solos coesivos – São solos muito finos, com predominância de **silte**[2] e **argila**[3]. A coesão tem origem na capacidade desses solos em absorver a umidade.

Na compactação dos solos coesivos, a função da água é envolver as partículas mais finas de solo, dotando-as de coesão. Qualquer acréscimo de água superior ao necessário faz com que as partículas se separem; o esforço de compactação, neste caso, é utilizado para expulsar a água, procurando a reaproximação das partículas.

Solos não coesivos (granulares) – São solos com predominância de grãos de rocha de tamanho variável. A parte fina destes solos pode ser arenosa ou siltosa. Exemplo: **areias**.

Nos solos granulares (arenosos), há predominância de partículas sólidas que entram em contato entre si. Durante a compactação, a água funciona como lubrificante, facilitando a movimentação e o entrosamento.

## Aspectos Teóricos sobre a Compactação

Teoricamente falando, a compactação é o processo manual ou mecânico de aplicação de forças destinadas a reduzir o volume do solo até atingir sua densidade máxima. Entre outras razões, a diminuição do volume deve-se a:

- Melhor disposição dos grãos do solo, permitindo aos menores ocupar os espaços deixados pelos maiores;
- Diminuição do volume de vazios pela nova arrumação do solo;
- Utilização da água como lubrificante.

Cabe ainda considerar que essa redução de volume pela compactação é possível até determinado ponto, onde a maior parte das partículas entra em contato umas com as outras, ocasionando uma quantidade mínima de vazios.

[2] Solo constituído de pequenas partículas de minerais diversos de tamanho de grãos entre 0,05mm e 0,005mm.

[3] Solo que apresenta características marcantes de plasticidade; quando suficientemente úmido, molda-se facilmente em diferentes formas; quando seco, apresenta coesão bastante para formar torrões dificilmente desagregáveis à pressão dos dedos. O tamanho do seu grão é inferior a 0,005mm.

## Mecânica da compactação

Em resumo, para realizar a compactação de um solo, é necessário: (1) equipamento adequado que forneça a energia de compactação (rolos compactadores) e (2) água natural ou adicionada, para servir como lubrificante entre as partículas sólidas.

Porém, cada tipo de solo possui um processo de compactação mais eficiente. Assim, são conhecidos quatro processos fundamentais de compactação:

**a) Por compressão** – o esforço é proveniente da aplicação de uma força vertical, de maneira constante, o que provoca o deslocamento vertical do solo. Este deslocamento permite uma melhor arrumação das partículas, objetivando sempre a diminuição do volume de vazios.

**b) Por amassamento** – consiste na aplicação simultânea de forças **verticais** e **horizontais** provenientes do equipamento utilizado. Esta ação simultânea de forças é conseguida pelos rolos compactadores onde os esforços horizontais da tração são somados aos verticais do peso do rolo. Esse processo de compactação é o adequado para os solos **coesivos**. (**ex. rolo pé de carneiro, rolo de pneus etc.**).

**c) Por impacto** – consiste na aplicação de forças verticais, provocando impacto sobre a superfície em que é aplicada, com repetição até de 500 vezes por minuto (**ex.: compactador manual**).

**d) Por vibração** – quando a aplicação das forças verticais se dá com uma frequência de repetição acima de 500 golpes por minuto. Esse processo de compactação é o adequado para solos arenosos. (**ex. rolo liso vibratório**).

**e) Misto** – quando combinadas dois processos num mesmo movimento (ex. rolo pé-de-carneiro vibratório).

## Equipamentos de compactação

Os principais tipos de rolos compactadores são: **pé de carneiro**, estático ou vibratório; **de pneus** com pressão fixa ou variável; e **liso**, estático ou vibratório.

É importante destacar que cada tipo de rolo tem suas características específicas, o que os tornam adequados para cada tipo específico de solo, o que não invalida o seu uso em outros solos, desde que se leve em conta a redução do rendimento.

Para os rolos acima citados, as principais características são:

**a) Rolos pé de carneiro -** Os rolos pé de carneiro **são mais eficientes em solos coesivos** (argilosos e siltosos), nos quais é necessário aplicar altas pressões para vencer a coesão do solo, com as patas penetrando na parte mais profunda.

Devido a esta característica, a compactação é realizada de baixo para cima, possibilitando um grau de compactação uniforme em toda a espessura.

A camada solta pode ter uma espessura até 25% maior do que a altura da pata, que é da ordem de 20 cm. À medida que o solo é compactado, a profundidade em que a pata penetra vai diminuindo,

até o ponto em que o rolo praticamente passeia. A eficiência do rolo termina nos últimos 5,0 cm da camada, sendo, daí em diante, improdutiva a sua utilização.

**Os rolos pé de carneiro não devem ser utilizados na compactação de solos granulares ou de pouca coesão, pois seu efeito é praticamente nulo.**

Nos casos de solos em que haja a mistura de argila e areia, o rolo pé-de-carneiro deve ser aplicado com vibração, havendo, portanto, uma compactação mista nesses casos: por amassamento, e ao mesmo tempo por vibração.




*Rolos pé de carneiro realizando a compactação*

**b) Rolos de pneus** - Podem ser classificados em leves, médios e pesados. O número de pneus e a área de contato são de grande importância no valor da pressão efetiva de compactação.

Este tipo de rolo é o mais versátil e pode ser utilizado na maioria dos solos (misturas de areia, silte e argila), pelas vantagens do efeito de amassamento produzido pelos pneus. No entanto, possui boa eficiência em solos de granulação fina arenosa (misturas de areia com silte ou argila).

Devido à ação resultante da distribuição de pressões pelos pneus e o efeito do amassamento, a compactação se dá em toda a espessura da camada, com a particularidade de deixar a superfície totalmente fechada (selada).

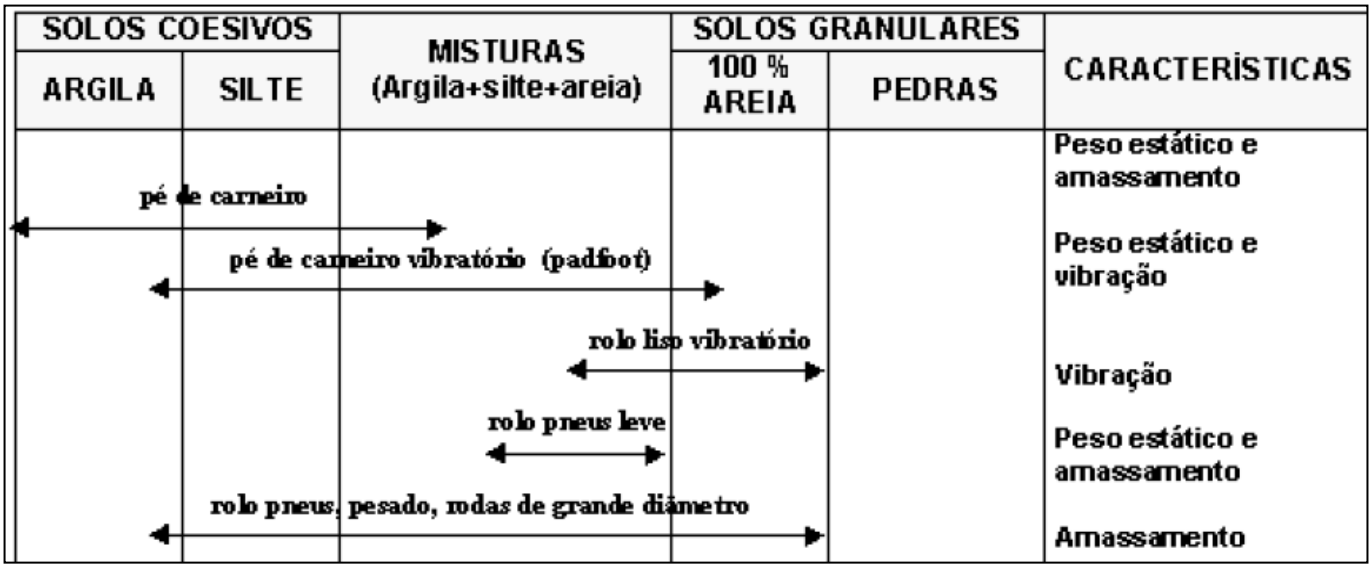
**c) Rolos lisos vibratórios** - São rolos metálicos dotados de um sistema vibratório, que permite aplicar ao solo determinado número de golpes por minuto (frequência).

Este tipo de rolo é de alta eficiência **principalmente para solos granulares, arenosos**. Sua eficiência se traduz numa rápida arrumação dos grãos, atingindo em pouco tempo a densidade máxima. O seu emprego, porém, está condicionado à correta utilização das vibrações transmitidas ao solo.

Os rolos lisos **estáticos** são de pouca aplicação em terraplenagem. O efeito de compactação destes rolos é dado de cima para baixo, provocando, em certos casos, o aparecimento de uma camada superficial compactada deixando a parte mais profunda parcialmente solta.

**Resumo:**

A figura a seguir resume a aplicação de cada rolo para cada tipo de solo:




## 1.3.1 – ATERROS SOBRE SOLOS COM BAIXA CAPACIDADE DE SUPORTE

Em algumas situações peculiares impostas pela geologia regional, o projetista de terraplenagem pode se deparar com problemas nas fundações dos aterros. Esses problemas dizem respeito à ocorrência, nos terrenos de fundação, de solos possuidores de baixa resistência de suporte, incapazes de resistir às pressões exercidas pelos aterros sem apresentar rupturas ou deformações apreciáveis.

Esses solos normalmente são formados pela presença direta da água (banhados), gerando materiais com forte contribuição orgânica e de péssimo comportamento geotécnico.

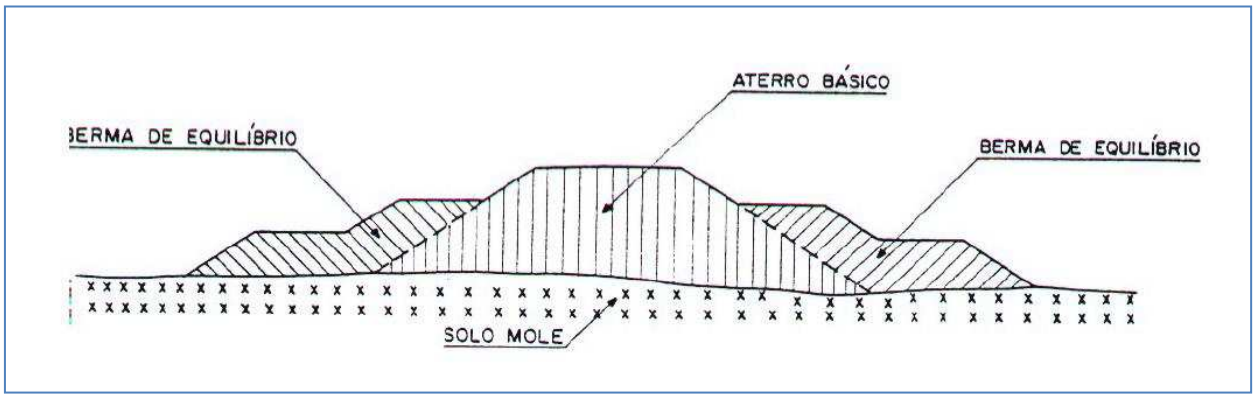
Admitindo-se como premissas básicas que os solos ocorrentes nos terrenos de fundação de um determinado aterro a ser construído são efetivamente “moles” e que qualquer mudança de traçado seria impraticável, podem ser cogitados diversos procedimentos especiais, com vistas à viabilização técnica da construção do aterro projetado.

### 1ª Solução: Remoção da camada de solo mole

Trata-se de procedimento executivo bastante recomendável, principalmente par remoções com altura inferior a 3,0 m. Essa solução consiste, em linhas gerais, na remoção da camada problemática por equipamentos escavadores especiais, substituindo-se o volume resultante desta remoção por material de boa qualidade, normalmente inerte à ação da água. Depois de ultrapassar o nível d’água, executa-se normalmente o aterro projetado.

## 2ª solução: Execução de bermas de equilíbrio

Esse procedimento consiste na execução de aterro envolto por banquetas laterais, gradualmente decrescentes em altura, de sorte que a distribuição das tensões se faz em área bem mais ampla do que aquela que resultaria da utilização de um aterro convencional.



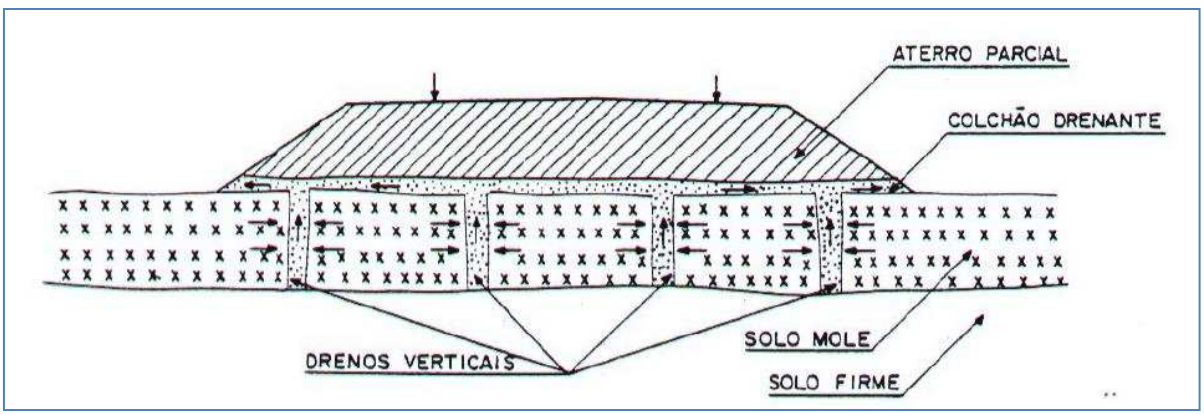

## 3ª solução: Execução de aterros por etapas

Esse procedimento consiste em sobrepor ao terreno de baixa resistência ao cisalhamento, por sucessivas vezes, frações do aterro projetado. A cada nova deposição de material, o adensamento da camada mole é monitorado, até que a sua estabilidade permita a adição da próxima camada de solo no aterro.

Esse processo é repetido até que haja a estabilidade total do aterro, permitindo, assim, o alcance das cotas de aterro projetadas.

## 4ª Solução: Execução de drenos verticais

Essa solução é fundamentada no fato de que a remoção da água acelera o processo de adensamento da camada de solo de baixa resistência. Uma prática é a execução de drenos verticais preenchidos com areia, adequadamente dispostos em planta e seção transversal, aos quais se sobrepõe um colchão drenante, composto pelo mesmo material. Posteriormente, segue-se a execução sobre esse colchão de parte do aterro, a qual exercerá pressão sobre o sistema, forçando a água de saturação a atingir os drenos verticais, ascender por estes e ser eliminada pela camada drenante.



Na atualidade, os chamados “geodrenos” apresentam-se como uma opção interessante em comparação aos drenos verticais de areia convencionais.



*Instalação dos Geodrenos*

## 5ª Solução: Reforço de Terreno de Fundação com Geossintético

Essa técnica consiste em aplicar sobre a superfície do terreno de fundação um geossintético do tipo geotêxtil, geocélula ou geogrelha. Esse tipo de reforço atua na estabilidade do aterro e na redução dos deslocamentos laterais, mas sem nenhuma influência significativa nos recalques dos aterros.

As características principais desse geossintético são a longa durabilidade, a alta resistência à tração, e flexibilidade, tornando a solução bastante prática e competitiva.



*Geossintético aplicado como sobre a superfície do terreno*

## 2 – EQUIPAMENTOS DE TERRAPLENAGEM

Os serviços de terraplenagem, por sua natureza, diversificação e magnitude, requerem um processo executivo mecanizado, envolvendo a utilização de uma variedade de equipamentos pesados.

Podemos classificar os equipamentos de terraplenagem, de acordo com a sua finalidade, da seguinte forma:

a) Unidades de tração (tratores);
b) Unidades escavoempurradoras;
c) Unidades escavotransportadoras;
d) Unidades escavocarregadoras;
e) Unidades de transporte;
f) Unidades aplainadoras;
g) Unidades compactadoras.

As unidades de “a” a “e” são responsáveis pelas quatro operações básicas da terraplenagem: **escavação**, **carga**, **transporte** e **descarga**. Essas operações podem ser realizadas pelo mesmo equipamento, ou por meio de uma equipe de equipamentos, atuando em harmonia em busca da maior produtividade possível dentro de uma obra. As unidades “f” e “g” são responsáveis pelas operações complementares de conformação e compactação do terreno.

Nesse contexto, iremos falar mais detalhadamente sobre cada tipo de equipamento.

## 2.1 – UNIDADES DE TRAÇÃO (TRATORES)

Os tratores são unidades autônomas, básicas, as quais executam a tração ou empurram outras máquinas, podendo receber diversos implementos destinados a diferentes tarefas.

Assim, o trator pode ser montado sobre esteiras ou sobre pneus, recebendo a denominação genérica de trator de esteiras e trator de pneus, respectivamente.



*Trator de esteiras e trator de pneus*

### Características

Esses equipamentos possuem determinadas características comuns:

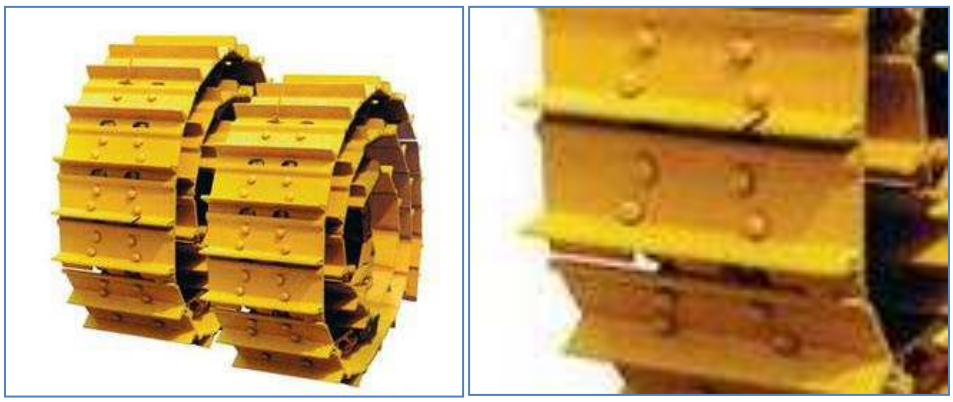
a) Esforço trator: é a força que o trator possui na barra de tração (no caso de esteiras) ou nas rodas motrizes (no caso de tratores de rodas), para executar as funções de rebocar ou de empurrar outros equipamentos ou implementos;
b) Velocidade: é a velocidade de deslocamento da máquina, que depende, sobretudo, do dispositivo de montagem, sobre esteiras ou sobre rodas;
c) Aderência: é a maior ou menor capacidade do trator de deslocar-se sobre diversos terrenos ou superfícies revestidas, sem haver a patinagem da esteira (ou dos pneus) sobre o solo (ou revestimento) que o suporta;
d) Flutuação: é a característica que permite ao trator deslocar-se sobre terrenos de baixa capacidade de suporte, sem afundamento excessivo da esteira, ou dos pneus, na superfície que o sustenta;
e) Balanceamento: é a qualidade que deve possuir o trator, proveniente de uma boa distribuição de massa e de um centro de gravidade a pequena altura do chão, dando-lhe boas condições de equilíbrio, sob as mais variadas condições de trabalho.

Com base nessas características, podemos estabelecer uma comparação entre os tratores de pneus e os tratores de esteiras.

Os tratores de esteiras apresentam uma melhor aderência em comparação com os tratores de pneus. Essa vantagem é propiciada por saliências contidas nas esteiras. A consequência disso é a possibilidade de o trator de esteiras deterem uma grande capacidade de esforço trator.

Melhor explicando, no caso dos tratores de rodas, em função da aderência limitada, de nada adiantaria o trator de pneus possuir um grande esforço trator, pois a aplicação dessa tração iria implicar na patinação das rodas, impossibilitando o aproveitamento dessa grande potência. Desse modo, a aderência é um fator limitante para a tração dos tratores de pneus.

Portanto, como o trator de esteiras possui uma boa aderência, isso possibilita a esse equipamento dotar de um maior esforço trator.



Esteiras, com detalhe para as saliências que possibilitam uma melhor aderência.

As esteiras também possuem uma qualidade importante que é a baixa pressão exercida no solo. Enquanto que a pressão de contato das esteiras é da ordem de 0,6 kg/cm², a pressão de contato dos pneus é próximo a 4,5 kg/cm². A consequência disso é a melhor flutuação do trator de esteiras em comparação ao trator de pneus.

Uma desvantagem importante dos tratores de esteiras é a baixa velocidade de deslocamento (no máximo 10 km/h) em comparação à capacidade dos tratores de pneus (até 70 km/h). Como consequência, os tratores de pneus são mais utilizados em trabalhos de longas distâncias.

Por fim, quanto ao balanceamento, tanto o trator de esteiras quanto o trator de pneus possuem um bom desempenho, impedindo que haja o tombamento desses equipamentos sob as mais adversas condições de carga e rampa.

## Utilização

Como vimos, os tratores de esteiras e os tratores de pneus possuem características diferentes, por isso, seus campos de aplicação são diferenciados.

Os tratores de esteiras são indicados para serviços que requerem elevados esforços de tração, com rampas de grande declividade, ou para serviços em terrenos de baixa capacidade de suporte, não importando o fator velocidade.

Os tratores de pneus são indicados para serviços de terrenos de baixa declividade, com boas condições de suporte e aderência, quando, consequentemente, pode-se aproveitar a boa velocidade empregada por esses equipamentos.

Como dissemos anteriormente, os tratores são unidades autônomas e básicas. Ou seja, sua utilização nos serviços de terraplenagem depende de determinados implementos que transformam os tratores em unidades escavoempurradoras, escavocarregadoras, aplainadoras ou compactadoras.

Sem os implementos, os tratores são limitados a pequenos serviços auxiliares, como o reboque de pequenas carretas, o desatolamento de caminhões ou rebocar a grade de discos.

Sobre essa última aplicação, a função da grade de discos é homogeneizar a umidade do solo, visando obter boa qualidade na compactação, conforme a imagem a seguir:



***Trator agrícola rebocando uma grade de discos***

Como esse tipo de serviço é executado em aterros, de pequenas declividades, com boa capacidade de suporte e aderência, o trator de pneus é o equipamento mais indicado para esse serviço, quando a velocidade de deslocamento contribui bastante para a boa produtividade do serviço.

*Vamos falar agora dos demais equipamentos!*

## 2.2 – UNIDADES ESCAVOEMPURRADORAS

Para os tratores de pneus, e, principalmente para os tratores de esteiras, são convencionalmente implantadas lâminas que fazem desses equipamentos unidades escavoempurradoras.

Sendo assim, com a implantação da lâmina o equipamento passa a se chamar trator de esteiras (ou de pneus) com lâmina ou "*buldozer*", sendo destinados à função de escavação dos solos[4] na terraplenagem. Em alguns desses tratores são também implementados os escarificadores, cujo objetivo é facilitar o trabalho de escavação em solos mais duros[5]. Além disso, os tratores de

[4] http://www.youtube.com/watch?v=6LVbK4KP99I

[5] http://www.youtube.com/watch?v=h_HWiPC8_LM

esteiras com lâmina são utilizados também nas operações de desmatamento e limpeza da camada vegetal existente nas áreas onde se implantará a rodovia.




***Trator de esteiras com lâmina***

Os serviços de escavação realizados por tratores com lâmina são realizados em terrenos com grande dificuldade de suporte e aderência, sendo, portanto, indicada a utilização de tratores de esteiras, e não pneus, para esses serviços.

## 2.3 – UNIDADES ESCAVOTRANSPORTADORAS

As unidades escavotransportadoras realizam as quatro operações básicas da terraplenagem: escavação, carga, transporte e descarga de solos de consistência média a distâncias médias. São representados por dois tipos básicos: o scraper rebocado, o moto-scraper ou scraper automotriz.

### Scraper Rebocado

O scraper rebocado é uma caçamba montada sobre dois eixos com pneumáticos, normalmente tracionado por trator de esteiras. Possui a mesma função dos moto-scrapers, com a diferença de que o moto-scraper é autopropulsado, e o scraper é rebocado por um trator de esteiras ou de pneus.

Como esses equipamentos são recomendados para condições específicas, em relação à distância de transporte, consistência e característica do terreno, não é comum observar a utilização do scraper rebocado nas obras de terraplenagem atualmente.




*Scraper rebocado*

**Princípio de funcionamento**

A escavação do solo pelo scraper é feita por uma lâmina de corte, que entra em contato com o terreno pelo abaixamento da caçamba do scraper.

Ao se deslocar, o scraper carrega o solo escavado em sua caçamba. Essas operações de escavação e carga são as que exigem um maior esforço trator.

Feito o carregamento, cumpre ao scraper também o transporte do solo até o local de destino, cuja distância, como vimos deve ser limitada para que se possa ter uma boa produtividade do serviço.

Por fim, a descarga é realizada pelo equipamento com o auxílio de um ejetor, o qual se desloca dentro da caçamba e ajuda a saída do material. Em pequenos equipamentos, essa descarga pode ser efetuada pela basculagem da caçamba[6].

## Moto-scraper

O moto-scraper ou scraper automotriz é um scraper, só que unido com um rebocador motorizado, de pneus, unido por meio de um ou dois eixos. Assim como o scraper rebocado, o moto-scraper executa a escavação, a carga, o transporte e a descarga dos solos.

Esse equipamento possui um bom desempenho e produção em distâncias pequenas de transporte, que variam entre 200 e 500 metros. Existem três tipos de moto-scrapers: o *convencional*, o *autocarregável* e o "*push-pull*".

O moto-scraper *convencional*[7], apesar de ter um motor próprio para a tração, não dispensa o auxílio de um trator de esteiras para efetuar a escavação do material, pois, caso contrário, o moto-scraper não consegue realizar a escavação num tempo razoável, além de poder sofrer dificuldade na tração e até mesmo a paralisação do motor por falta de torque.

[6] http://www.youtube.com/watch?v=LroCvExqr2M

[7] http://www.youtube.com/watch?v=cFQAh1p36no



*Moto-scraper auxiliado por um trator de esteiras*

O moto-scraper autocarregável procura suprir essa necessidade de auxílio do trator de esteiras em algumas condições de trabalho. Esse tipo de moto-scraper possui uma força motriz também no scraper, propiciando uma maior força de escavação ao equipamento com a utilização de dois motores.

Já o moto-scraper *"push-pull"* consiste no encaixe de dois moto-scrapers que se ajudam mutuamente na operação de escavação e carga, sem a necessidade de outro equipamento auxiliar.

## 2.4 – UNIDADES ESCAVOCARREGADORAS

Essas unidades são representadas por equipamentos que tem a capacidade de escavar e carregar o material até as unidades transportadoras.

Os equipamentos que possuem essa capacidade são as carregadeiras, as escavadeiras, e as retroescavadeiras.

### Carregadeiras

As carregadeiras podem ser montadas sobre esteiras, entretanto, a forma mais comum é a montagem sobre pneus. Uma vantagem das carregadeiras sobre pneus é a maior agilidade no carregamento.

A operação da carregadeira (também chamada de pá-carregadeira) é garantida pela caçamba frontal do equipamento, onde é feita a escavação, carga e descarga do material na unidade transportadora.

Importante destacar que as carregadeiras têm a capacidade, apenas, de fazer a escavação de materiais soltos[8] ou a escavação de materiais de pouca resistência. Sendo assim, normalmente,

[8] http://www.youtube.com/watch?v=uwZzdnQqStg

nas operações de terraplenagem em que são empregadas as carregadeiras, a escavação do material é realizada pelo trator de esteiras, e o carregamento, pela carregadeira.




***Carregadeira de pneus***

## Escavadeiras

As escavadeiras (ou escavadeiras hidráulicas) são equipamentos destinados a realizar a escavação e carga dos materiais até as unidades transportadoras, assim como as carregadeiras. Entretanto, o poder de escavação da escavadeira é muito superior ao da carregadeira.

*Observação: alguns autores denominam a escavadeira hidráulica como retroescavadeira, haja vista que o processo de escavação é feito para trás, daí o nome retro. Entretanto, utilizamos nesta aula a denominação adotada pelo DNIT em suas referências.*

As escavadeiras podem ser montadas sobre esteiras (mais comum) ou sobre pneus.

Uma das vantagens das escavadeiras hidráulicas é a capacidade de trabalhar sobre qualquer terreno, pois é um equipamento que trabalha praticamente parado, utilizando-se de seu eixo giratório, que possibilita ao equipamento um giro de 360° sobre seu eixo.

Além disso, podem ser equipadas com diferentes lanças:

"*shovel*" (concha) - possuem a capacidade de fazer a escavação em taludes de cortes altos, sendo esse seu emprego específico em terraplenagem[9].

[9] http://www.youtube.com/watch?v=fmC2bvznvkw&feature=related




***Escavadeira hidráulica com concha***

"*drag-line*" (draga de arrasto) – possui uma lança diferente, em forma de treliça, e uma caçamba que possibilita ao equipamento, a dragagem de cursos d'água, lagos, atoleiros, e a raspagem em terras pouco consistentes e escavação de solos em nível bastante inferior ao do equipamento[10]. Porém, a escavadeira do tipo "*drag-line*" não é um equipamento comum de ser usado em rodovias.



***Escadeira hidráulica do tipo "drag-line"***

"*clamshell*" (mandíbulas) – as escavadeiras com a lança do tipo treliça podem também possuir uma concha na forma de mandíbula, cuja função é efetuar a escavação e o carregamento de materiais soltos. A escavação se faz pela queda da caçamba e posteriormente pelo fechamento das mandíbulas, de modo que a remoção do material avança verticalmente em profundidade.

[10] http://www.youtube.com/watch?v=MnpIGzUSnYk

Por ser um implemento fechado nos quatro lados, o "*clamshell*" é apropriado para a escavação dentro d'água[11], sendo, também, pouco utilizado em rodovias.

### Retroescavadeiras

Já as retroescavadeiras são equipamentos bastante versáteis, montados sobre rodas, e que possuem dois implementos: (1) uma lança com concha do tipo "*shovel*", e (2) uma concha carregadeira.




Em obras rodoviárias, esse equipamento é bastante utilizado na escavação de valas para a implantação de drenos profundos, sendo pouco utilizado nas operações de terraplenagem propriamente ditas.

## 2.5 – UNIDADES DE TRANSPORTE

As unidades transportadoras são utilizadas na terraplenagem quando as distâncias de transporte são de tal grandeza que o emprego de moto-scraper ou scraper rebocado se torna antieconômico para transportar o material.

Assim, para grandes distâncias, deve-se optar pelo uso de equipamentos mais rápidos, de baixo custo e com maior produção. Para esses casos, são utilizados, basicamente, os caminhões basculantes comuns e os caminhões basculantes "fora-de-estrada".

Além disso, são utilizados caminhões do tipo tanque, para o transporte de água, conforme veremos a seguir.

[11] http://www.youtube.com/watch?v=cOClO-zYWV0

## Caminhões Basculantes

Os caminhões basculantes são equipamentos destinados ao transporte de solos e até de pedras. Esses equipamentos são usados com maior eficiência quando as distâncias de transporte são grandes, isto é, quando são superiores a 1.000m, preferencialmente superiores a 5 km. O solo transportado pelo caminhão pode ser carregado por carregadeiras, por escavadeiras ou até por retroescavadeiras em alguns casos.




*Caminhões basculantes*

## Caminhões Basculantes "Fora-de-estrada"

Os caminhões basculantes "fora-de-estrada" são caminhões de estrutura reforçada, que se destinam a trabalhos muito pesados e em condições muito severas. São utilizados, principalmente, para o transporte de pedras.




*Caminhão basculante "fora-de-estrada"*

### Caminhões Tanque

Os caminhões tanque (pipas) são caminhões utilizados no umedecimento dos solos durante o processo de compactação.



*Caminhão taneque*

## 2.6 – UNIDADES APLAINADORAS

Os equipamentos estudados até agora são utilizados nas operações básicas de terraplenagem: escavação, carga, transporte e descarga. Porém, os serviços de terraplenagem não se limitam a essas operações.

São importantes, também, as operações de conformação e compactação.

As unidades aplainadoras atuam na operação de conformação, ou seja, essas unidades são especialmente empregadas no acabamento da terraplenagem (etapa final), isto é, as operações de conformação do terreno ao greide final de projeto, que representam o ajuste fino da geometria da via conforme o estabelecido pelo projeto.

O equipamento que possui essa função é denominado motoniveladora, e, ao final das operações de terraplenagem, efetua a operação de regularização do subleito, necessária para a execução do pavimento da rodovia.

Como principais características, esses equipamentos apresentam grande mobilidade da lâmina de corte e precisão de movimentos, o que possibilita seu posicionamento nas situações mais diversas.

Sua lâmina, que na maioria das operações trabalha em posição horizontal12, possui uma facilidade de movimentação que permite o posicionamento da lâmina inclusive para fora do equipamento,

[12] http://www.youtube.com/watch?v=XTScm0bkLIY

possibilitando, assim, a regularização de taludes[13]. Além disso, são equipados com escarificadores que podem facilitar o trabalho em solos mais duros.




*Motoniveladora*

## Unidades Compactadoras

Essas unidades destinam-se a efetuar a operação denominada compactação, isto é, o processo mecânico de adensamento dos solos.

Melhor explicando, os solos devem preencher certos requisitos para que possam servir como suporte da rodovia, ou seja, devem possuir certas propriedades que melhoram o seu comportamento técnico. Esse objetivo é atingido de maneira rápida e econômica por meio das operações de compactação.

Como as características dos solos são variáveis, as unidades compactadoras apresentam diferenças entre si para melhor atender às exigências de compactação de cada tipo de solo.

Sendo assim, os diferentes equipamentos utilizados são os rolos pé de carneiro e os rolos lisos, que podem ser estáticos ou vibratórios. Além disso, existem os rolos de pneus, que podem ser de pressão constante ou de pressão variável.

## Rolo pé de carneiro

É um dos mais antigos equipamentos empregados na compactação dos aterros. Com ele obtém-se uma boa compactação em grande parte dos solos onde é empregado. Sua utilização ideal é para solos coesivos (argila, por exemplo).

O rolo pé de carneiro é formado por um tambor oco, no qual existem saliências de comprimentos variando entre 20 e 25 cm (ou mais), denominadas “patas”, e que se posicionam em fileiras desencontradas.

[13] http://www.youtube.com/watch?v=Kwgqf_X01dQ&feature=related



*Rolo pé de carneiro*

## Rolo Liso

Nos solos não coesivos, isto é, que dispõem de baixas porcentagens de argila (solos arenosos), os rolos pé-de-carneiro mostram-se totalmente inadequados para efetuar a compactação, pois apenas conseguem revolver o terreno, sem nenhum adensamento.

Assim, o rolo liso realiza a compactação dos solos não coesivos a partir da passagem do rolo com certa vibração que se propaga pelo tambor até o terreno.

As frequências empregadas oscilam entre 1000 a 4800 ciclos por minuto, sendo mais utilizadas, em geral, as mais baixas.

Verificou-se, também, experimentalmente, que os rolos lisos vibratórios têm maior rendimento a baixas velocidades de deslocamento, pois a compactação depende do tempo total em que as oscilações são aplicadas sobre a superfície.

Pela inexistência das patas, o rolo liso possui uma menor superfície de contato com o solo, e assim, a compactação não se torna possível em camadas muito espessas.




*Rolo liso*

## Rolo de Pneus

Os rolos de pneus (ou pneumáticos) são constituídos por uma plataforma metálica, apoiada em dois eixos com pneumáticos. O número de pneumáticos em cada eixo é variável, com um mínimo de três, até seis ou mais.

Para melhor cobertura do terreno a ser compactado, as rodas dos eixos são desencontradas em seu alinhamento, de maneira que as do eixo traseiro correm nos espaços deixados pelas rodas do eixo dianteiro.

O adensamento dos solos, no caso dos rolos pneumáticos, depende da pressão de contato entre os pneus e o terreno. De modo geral, quanto maior for a pressão, maior facilidade há na obtenção de densidades elevadas. Todavia, há uma limitação imposta pela própria resistência oferecida pela camada.




*Rolo de pneus*

Esses rolos, em terraplenagem, são indicados para a compactação de solos de granulação fina arenosa.

### Compactador Manual

São equipamentos munidos de motores de combustão interna ou ar comprimido e dotados de uma placa vibratória ou um soquete, através dos quais se realiza a compactação. Também são conhecidos como “sapo mecânicos”.

São empregados em áreas restritas, onde não é possível o uso do equipamento convencional de maior porte, como é o caso de reaterro de valas e compactação de material nas vizinhanças de dispositivos facilmente danificáveis pelo equipamento (poços de visita, caixas, bueiros, etc.).



*Compactador Manual*

## 3 – Especificações de Serviços

Pessoal, neste item da aula vamos fazer um resumo dos principais aspectos trazidos pelas normas do DNIT que regulamentam a execução dos principais serviços de terraplenagem. Vamos lá?!

### 3.1 – Serviços Preliminares

Os serviços preliminares de terraplenagem, segundo a norma DNIT 104/2009 – ES, consistem em todas as operações de preparação das áreas destinadas à implantação do corpo estradal e das áreas de ocorrências de material, pela remoção **de material vegetal** e outros, tais como: árvores, arbustos, tocos, raízes, entulhos, matacões, além de qualquer outro considerado como elemento de obstrução, como linhas de transmissão de energia, de telefone, bem como cercas, construções e outras benfeitorias.

#### Desmatamento

A norma estabelece diversos condicionantes para execução do desmatamento, são eles:

- ✓ O desmatamento deve ser realizado dentro dos limites de *offset* da plataforma da rodovia, acrescidos de uma faixa adicional mínima de operação, na largura em que seja indispensável a sua utilização.

- ✓ Nas áreas destinadas a cortes, a camada de 60cm abaixo do greide de projeto deve ficar totalmente isenta de tocos os raízes.
- ✓ Nas áreas destinadas a aterros, de altura inferior a 2,00 m, a camada superficial do terreno natural contendo raízes e restos vegetais deve ser totalmente removida.
- ✓ Nas áreas destinadas a aterros, de altura superior a 2,00m, o desmatamento deve ser executado de modo que o corte das árvores fique, no máximo, nivelado ao terreno natural, não havendo necessidade de destocamento[14].
- ✓ Para vegetação de porte reduzido, com diâmetro médio inferior a 15 cm (medido a uma altura de 1,00 m do solo), o desmatamento poderá ser realizado, exclusivamente, com tratores de esteiras. A medição desses serviços de feita de acordo com a área desmatada.
- ✓ No caso da vegetação de maior porte, de diâmetro maior que 15 cm (medido a uma altura de 1,00 m) o processo demanda o uso adicional de motosserras. Posteriormente, deve ser procedido o destocamento, que consiste em remover os tocos remanescentes. A medição desses serviços é realizada por unidade de árvore efetivamente destocada, considerando dois grupos distintos: (1) árvores com diâmetro entre 15 cm e 30 cm, e (2) árvores com diâmetro superior a 30 cm.
- ✓ Podem ser assinaladas ainda pela fiscalização, árvores de grande porte a serem preservadas. Nesse caso, as árvores são transportadas para local determinado, visando posterior aproveitamento.
- ✓ Na operação de limpeza, **quando o terreno for inclinado**, o trator deve trabalhar sempre de **cima** para **baixo**.
- ✓ A apropriação dos custos do serviço deve englobar, **além dos custos de desmatamento e destocamento**, as operações referentes à remoção/transporte/deposição e respectivo preparo e distribuição, no local de bota-fora, do material proveniente do desmatamento, do destocamento e limpeza, incluindo-se, também, as operações referentes à preservação ambiental.

## Outros elementos a serem removidos

Quanto à remoção de outros elementos, a norma DNIT 104/2009 – ES estabelece o seguinte:

- ✓ Com relação às linhas de transmissão, o serviço normalmente é executado pelas próprias empresas concessionárias, e nenhuma ação deve ser tomada sem a autorização dessas empresas.
- ✓ A **remoção de construções ou outras benfeitorias** dependerá do estágio do processo de **desapropriação**.
- ✓ No caso de remoção de cercas, **deve-se sempre construir primeiro a nova cerca**, antes de remover a antiga, visando evitar estragos em plantações ou pastagens, ou ainda, saída de animais para a faixa de domínio, trazendo perigo ao trânsito de equipamentos.

[14] Operação de remoção total dos tocos e raízes das árvores.

- ✓ Todos os serviços preliminares executados devem guardar consonância com as normas ambientais, com o projeto de engenharia, com o Plano Básico Ambiental, além das recomendações e exigências dos órgãos ambientais.

## 3.2 – CORTES

Os serviços de escavação, carga, transporte e classificação dos materiais escavados, são regulamentados pela norma DNIT 106/2009-ES.

A norma define como corte o segmento de rodovia, em que a implantação requer a escavação do terreno natural, ao longo do eixo e no interior dos limites das seções do projeto (offsets) que definem o corpo estradal, o qual corresponde à faixa terraplenada.

### Preparo dos Serviços

Como condicionante ao início dos trabalhos de corte, é estabelecido o seguinte:

- ✓ O segmento em **corte** deve se apresentar convenientemente **desmatado e destocado** e estando o respectivo entulho removido.
- ✓ Os segmentos em **aterro** ou bota-fora que serão o **destino** dos solos escavados **deverão estar devidamente desmatados, destocados**, entre outras operações que os tornem aptos a receber o solo escavado dos cortes.
- ✓ As **obras de arte correntes** previstas nos segmentos em aterro que receberão o material do corte **devem estar** devidamente **construídas**.
- ✓ As marcações topográficas para o corte devem, após as operações de desmatamento, ser devidamente checadas.
- ✓ As correspondentes fontes ou tomadas d'água devem estar preparadas e equipadas, e, em condições de abastecerem regularmente as operações de compactação.
- ✓ Os caminhos de serviço deverão estar devidamente concluídos.

### Execução dos Serviços

A escavação dos cortes deve subordinar-se aos elementos técnicos determinados pelo projeto de engenharia, inclusive no que tange ao transporte e deposição adequada dos materiais escavados para aterros, bota-foras ou "praças de depósito provisório".

Nos **cortes de altura elevada**, deve ser procedida a implantação de banquetas, **de largura mínima de 3 m**, além de valetas revestidas e proteção vegetal.

Quando alcançado o nível da plataforma dos cortes:

- ✓ Se for verificada a **ocorrência de rocha sã ou em decomposição**, deve-se promover o **rebaixamento do greide**, da ordem de **0,40 m**, e o preenchimento desse rebaixo com material inerte;

- ✓ Se for verificada a ocorrência de solos de expansão maior que 2% e **baixa capacidade de suporte**, deve-se promover sua remoção, com **rebaixamento de 0,60m**. Em se tratando de solos orgânicos, o projeto ou sua revisão fixarão a espessura a ser removida;
- ✓ Devem ser verificadas as condições do solo *in natura* nas camadas superficiais (últimos 60 cm). Tais condições devem atender às especificações para essas camadas finais, no tocante às condições mínimas de compactação;
- ✓ Os taludes de corte devem apresentar, após as operações de terraplenagem, a inclinação indicada no projeto de engenharia.

**Não deve ser permitida** a presença de **blocos de rocha nos taludes** que possam colocar em risco a segurança do trânsito.

Desde que atendido o projeto, e técnica e economicamente viável, **os volumes de solos que resultariam em bota-foras podem ser integradas aos aterros, constituindo alargamentos da plataforma.**

## Cortes em material de 3ª categoria

Quanto à execução de cortes em material de 3ª categoria devem ser tomados os seguintes cuidados, objetivando a segurança do pessoal e dos equipamentos:

- ✓ Estabelecer um horário rígido de detonação, e cumpri-lo a risca;
- ✓ Não trabalhar com explosivos à noite;
- ✓ Abrigar bem o equipamento e possibilitar a proteção do pessoal;
- ✓ Avisar a comunidade local e ao tráfego sobre o período de detonação;
- ✓ Evitar a aproximação de pessoal estranho nas vizinhanças do corte na hora da explosão.

## Controle

Controle dos Insumos

O controle tecnológico dos materiais utilizados para eventual substituição e/ou tratamento das camadas superficiais dos cortes deve ser feito aos mesmos moldes do controle tecnológico das camadas de aterro. (*veremos adiante*)

Controle da Execução

O controle geométrico da execução dos serviços deve ser feito por levantamento topográfico, admitindo-se as seguintes tolerâncias:

**Variação de altura** máxima, para eixo e bordas:

Cortes em solo: **± 5 cm**

Cortes em rocha: **± 10 cm**

**Variação máxima de largura** de **+ 20 cm** para cada semiplataforma, **não se admitindo variação negativa**.

### Medição

A medição dos serviços deve levar em consideração **o volume de material extraído** e a respectiva dificuldade de extração, **medido e avaliado no corte** (volume *in natura*) **e a distância de transporte percorrida**, entre o corte e o local de deposição.

Ao final dos serviços, as seções transversais devem ser levantadas topograficamente, de modo que para o cálculo de volumes **deve ser aplicado o método da média das áreas**.

Os materiais deverão, também, ser devidamente classificados **conforme as classificações de 1ª, 2ª e 3ª categoria**.

No que respeita ao **transporte do material escavado**, a **distância** correspondente deve ser determinada em termos de **extensão** axial **entre o centro de gravidade de cada corte e o centro de gravidade do segmento de aterro em construção**, onde deve ser depositado o material. No caso de deposição provisória ou bota-fora, deve ser devidamente considerada a distância adicional decorrente do afastamento lateral.

## 3.3 – EMPRÉSTIMOS

A norma DNIT 107/2009 – ES estabelece as condições mínimas exigíveis para os empréstimos, que são escavações de material destinadas a prover, ou complementar, o volume necessário à construção dos aterros, por insuficiência de volumes de cortes, por motivos de ordem tecnológica de seleção dos materiais ou por razões de ordem econômica.

### Condições Gerais

Importante destacar que a seleção e/ou utilização dos empréstimos deve não só atender às necessidades do projeto de terraplenagem, mas também beneficiar as condições da estrada, seja melhorando as condições topográficas ou de visibilidade, seja garantindo uma melhor drenagem.

### Condições Específicas

Os materiais de empréstimos devem ser constituídos, preferencialmente, de materiais de 1ª e 2ª categoria e atender aos seguintes requisitos:

- ✓ Para os cortes em tangente, deve ser observado o seguinte:
  - Para os de **pequena altura**, **deve ser alargado em toda a altura**, para melhorar as condições de drenagem e de visibilidade;

- Para os de **grande altura**, o corte **deve ser alargado criando-se banquetas** e melhorando a estabilidade dos taludes.

✓ Para os segmentos **em curva**, o corte deve ser feito **no lado interno**, em toda a altura ou não, melhorando as condições de visibilidade.

✓ Ser preferencialmente utilizados, atendendo à qualidade e à destinação prévia indicadas no projeto de engenharia;

✓ **Ser isentos de matérias orgânicas**, não devendo ser constituídos de turfas ou argilas orgânicas.

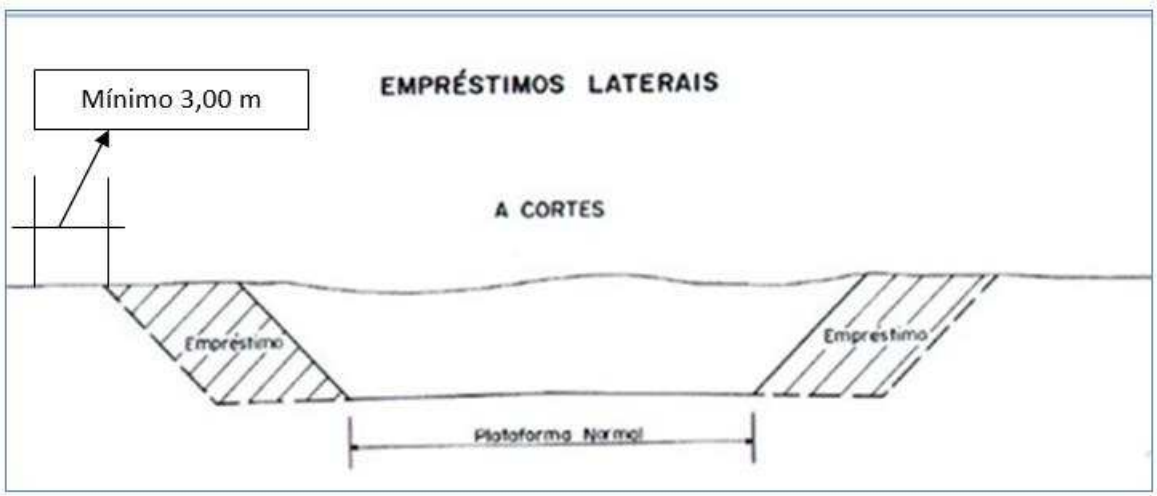
✓ Para execução do **corpo do aterro**, **apresentar CBR ≥ 2%** (Energia **Proctor Normal**), e **expansão menor ou igual a 4%**.

✓ Para a **camada final**, devem possuir o **melhor CBR possível** (no mínimo uma alternativa com CBR ≥ 6% - Energia **Proctor Intermediário**), além de **expansão menor ou igual a 2%.**

## Execução

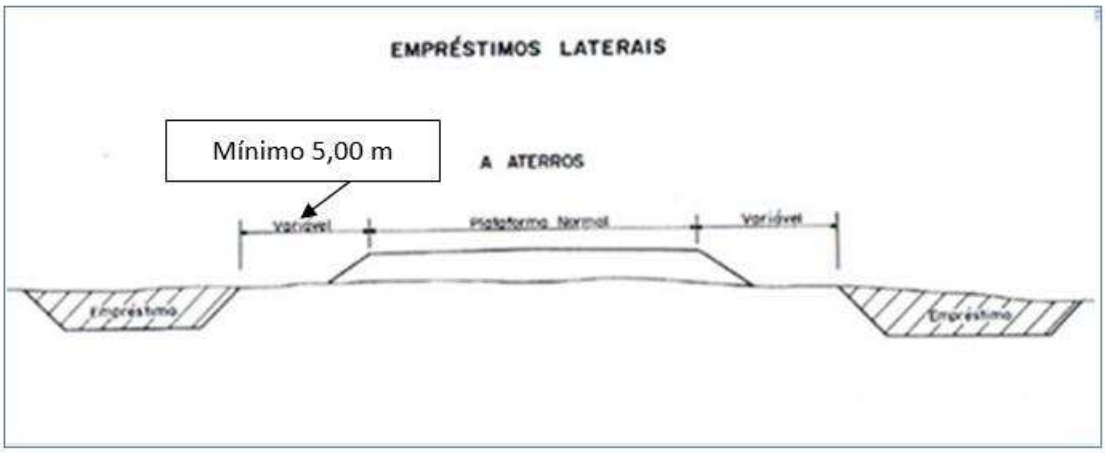
A escavação deve ser precedida da execução dos serviços de desmatamento, destocamento e limpeza da área de empréstimo.

**Os empréstimos em alargamento de corte devem, preferencialmente, atingir a cota do greide**, não sendo permitida, em qualquer fase da execução, a condução de águas pluviais para a plataforma da rodovia.




Para esses empréstimos, a faixa entre a borda externa das caixas de empréstimos e o limite da faixa de domínio, **deve ser mantida sem exploração uma largura de 3,00m**, com a finalidade de permitir, também, a **implantação da valeta de proteção** e da **cerca delimitadora**.

No caso das caixas de empréstimos laterais, destinados a aterros construídos em greide elevado, as bordas internas das caixas de empréstimos devem localizar-se à **distância mínima de 5,00 m** do pé do aterro, bem como executadas com declividade longitudinal, permitindo a drenagem das águas pluviais.




Ainda em referência aos empréstimos laterais, entre a borda externa das caixas de empréstimos e o limite da faixa de domínio, deve ser mantida **sem exploração uma faixa de 2,00 m de largura**, a fim de permitir a implantação da **vedação delimitadora**.

### Controle e Medição

O controle e a medição deverão observar os mesmos aspectos citados para as áreas de corte.

## 3.4 – ATERROS

A Norma DNIT 108/2009 – ES define as condições mínimas exigíveis para a execução dos segmentos da plataforma em aterros, mediante o depósito de materiais sobre o terreno natural.

### Condições Gerais

O início dos serviços de execução de plataformas de aterros deve estar condicionado ao que se segue:

- ✓ As áreas a ser objeto de aterro devem se apresentar devidamente desmatadas;
- ✓ As obras de arte correntes previstas devem estar devidamente construídas;
- ✓ As marcações do eixo e dos offsets, bem como as referências de nível, devem, após as operações de desmatamento, ser devidamente checadas;
- ✓ As correspondentes fontes ou tomadas d'água devem estar em condições de abastecer as operações de compactação;
- ✓ Os caminhos de serviço devem estar devidamente concluídos.

## Condições Específicas

Materiais

Ordinariamente, os materiais de aterro devem se enquadrar nas classificações de 1ª e 2ª categoria, e atender aos seguintes requisitos:

- ✓ Ser preferencialmente utilizados, de conformidade com sua qualificação e destinação prévia fixada no projeto;
- ✓ Ser **isentos de matérias orgânicas**, micáceas e diatomáceas. Não devem ser constituídos de turfas ou argilas orgânicas.
- ✓ Para efeito de execução do **corpo do aterro**, deve apresentar **CBR ≥ 2%** (Energia **Proctor Normal**) e **expansão menor ou igual a 4%**.
- ✓ Para efeito de execução da **camada final dos aterros**, apresentar a **melhor capacidade de suporte possível** (no mínimo uma alternativa com CBR ≥ 6% - Energia **Proctor Intermediário**), além de **expansão menor ou igual a 2%**.
- ✓ Em regiões onde houver ocorrência de materiais rochosos e na falta de materiais de 1ª e 2ª categoria, admite-se o emprego de materiais de 3ª categoria (rochas), desde que devidamente especificado no projeto de engenharia;

## Execução

O início e o desenvolvimento dos serviços de execução dos aterros devem obedecer às determinações do projeto executivo, e seguir a seguinte sequência: **descarga**, **espalhamento em camadas**, **homogeneização**, **conveniente umedecimento ou aeração**, **compactação** dos materiais selecionados, procedentes de cortes ou empréstimos, para a construção do corpo do aterro e camadas finais, e até a substituição de eventuais materiais com qualidade inferior no aterro. Devem ser atendidos ainda os seguintes procedimentos:

- ✓ O lançamento do material para a construção dos aterros deve ser feito em **camadas sucessivas**, em toda a largura da seção transversal, e em extensões tais que permitam seu umedecimento e compactação, de acordo com o previsto no projeto de engenharia.
- ✓ Para o **corpo dos aterros**, **a espessura de cada camada compactada não deve ultrapassar 30cm**. Para as **camadas finais**, essa espessura **não deve ultrapassar 20 cm**.
- ✓ **Todas as camadas devem ser compactadas**, em conformidade com o definido no projeto de engenharia, atendendo o seguinte:
- ✓ Para o **corpo dos aterros**, na **umidade ótima, mais ou menos 3%** até se obter a massa específica aparente seca correspondente a **100%** da massa específica aparente máxima aparente seca, pela **Energia Proctor Normal**;
- ✓ Para as **camadas finais**, aquela massa específica aparente seca deve corresponder a **100%** da massa específica aparente máxima seca, pela **Energia Proctor Intermediário**.
- ✓ Os trechos que não atingirem às condições mínimas de compactação devem ser escarificados, homogeneizados, levados à umidade adequada e novamente compactados, de acordo com o estabelecido no projeto de engenharia.

No caso de alargamento de aterros, sua execução obrigatoriamente deve ser procedida de baixo para cima, acompanhada de degraus nos seus taludes. Desde que justificado em projeto, o alargamento poderá também ser executado por meio do arrasamento parcial do aterro existente.

Sempre que possível, nos locais de travessia de cursos d'água ou passagens superiores, a construção dos aterros deve preceder a das obras de arte projetadas. Em caso contrário, todas as medidas de precaução devem ser tomadas, a fim de que o método construtivo empregado para a construção dos aterros de acesso não origine movimentos ou tensões indevidas em qualquer obra de arte.

Os aterros de acesso próximos dos encontros de pontes, o enchimento de cavas de fundações e das trincheiras de bueiros, bem como todas as áreas de difícil acesso ao equipamento usual de compactação, devem ser compactadas mediante o uso de equipamento adequado, como soquetes manuais, sapos mecânicos, etc. A execução deve ser em camadas, com as mesmas condições de massa específica aparente seca e umidade descritas para o corpo do aterro, e atendendo ao preconizado no projeto de engenharia.

## Aterros sobre terrenos com baixa capacidade de suporte

No caso da construção de aterros assentes sobre terreno de fundação com baixa capacidade de carga, deve ser exigido o controle por medição de recalques e, quando prevista, a observação da variação das pressões neutras.

Quando o previsto em projeto for a remoção desses solos de baixa capacidade:

- ✓ A escavação deve ser feita em nichos de, no máximo, 10 m ao longo do eixo, e 5 m perpendiculares ao eixo da rodovia.
- ✓ Deve ser realizado o reaterro dos nichos logo depois de concluída a escavação.
- ✓ A escavação deve ser feita de forma lenta o suficiente para evitar que o equipamento de escavação remova água, mas, deve ser o mais rápido possível para minimizar o tempo de escavação aberta.
- ✓ Não se deve admitir que a escavação seja deixada aberta durante paralisações de construção, ou mesmo interrupções não previstas;
- ✓ Os taludes devem ser o mais íngreme possível, desde que mantenham a estabilidade.
- ✓ O material de enchimento das cavas de remoção, como em geral estas compreendem áreas com nível d'água elevado, deve ser constituído por material inerte granular até o nível em que seja possível, inclusive com previsão de uso de bombeamento de vala, e prosseguimento do reaterro com solo compactado seco.
- ✓ Tão logo o material de preenchimento esteja acima do nível d'água na escavação, o material deve ser compactado com rolo liso, a critério da fiscalização.
    - **Atenção, a compactação somente é realizada nas camadas acima do nível d'água!**
- ✓ O material removido deve ser depositado convenientemente ao lado da rodovia, ou outro local definido pela fiscalização.

## Aterros em materiais Rochosos

Em regiões onde houver ocorrência predominante de materiais rochosos, deve ser admitida a execução do corpo do aterro com o emprego dos mesmos materiais, conforme definido no projeto de engenharia, ou desde que haja conveniência, e a critério da fiscalização.

- ✓ A rocha deve se depositada em camadas, **cuja espessura não deve ultrapassar 0,75m**.
- ✓ Os **últimos 2,00 m** do corpo do aterro devem ser executados em **camadas de, no máximo, 30 cm** de espessura.
- ✓ A conformação das camadas deve ser executada mecanicamente, devendo o material ser espalhado com equipamento apropriado e devidamente compactado por meio de rolos vibratórios. O **diâmetro admitido** para maior dimensão da pedra deve ser de **2/3 da espessura da camada compactada.**

## Aterros em materiais arenosos

Em regiões onde houver ocorrência predominante de areia, deve ser admitido seu uso na execução de aterros. O projeto de engenharia deve definir a espessura e demais características das camadas de areia e de material terroso subsequente. Ambas as camadas devem ser convenientemente compactadas. **A camada de material terroso deve receber leivas de gramíneas, para sua proteção**.

Os taludes devem ser protegidos contra os efeitos da erosão, deve ser procedida a sua conveniente drenagem e obras de proteção, mediante a plantação de gramíneas ou a execução de patamares, com o objetivo de diminuir o efeito erosivo da água, tudo em conformidade com o estabelecido no projeto de engenharia.

## Controle (IMPORTANTE!)

Insumos

Objetivando verificar o atendimento às características físicas e mecânicas, em conformidade com o projeto, devem ser adotados os seguintes procedimentos:

- ✓ **1 ensaio de compactação** (Energia Proctor **Normal**) para o ***corpo de aterro*** a cada **1.000 m³** de material compactado;
- ✓ **1 ensaio de compactação** (Energia Proctor **Intermediário**) para as ***camadas finais*** (últimos 60 cm) a cada **200 m³** de material compactado;
- ✓ **1 ensaio de granulometria**, limite de liquidez, e limite de plasticidade para o ***corpo do aterro***, para todo grupo de **dez** amostras submetidas ao ensaio de **compactação**;
- ✓ **1 ensaio de granulometria**, limite de liquidez, e limite de plasticidade para as ***camadas finais***, para todo grupo de **quatro** amostras submetidas ao ensaio de **compactação**;
- ✓ **1 ensaio de CBR** para as ***camadas finais***, para cada grupo de **quatro** amostras submetidas ao ensaio de **compactação**;

- ✓ Ao menos **cinco ensaios de massa específica aparente seca *in situ*** em locais escolhidos aleatoriamente, a cada **1200 m³** no ***corpo do aterro***, ou **800 m³** para as ***camadas finais***, a fim de ser determinado o grau de compactação;
  - As determinações do grau de compactação devem ser realizadas utilizando-se os valores da massa específica aparente seca de laboratório e da massa específica aparente *in situ* obtida no campo.
  - O grau de compactação deve ser de, no mínimo, 100% tanto para o corpo do aterro quanto para as camadas finais.

Geométrico

O controle geométrico da execução dos serviços deve ser feito por levantamento topográfico, admitindo-se as seguintes tolerâncias:

- ✓ **Variação de altura** máxima, para eixo e bordas: **± 4 cm**
- ✓ **Variação máxima de largura** de **+ 30 cm** para a plataforma, **não se admitindo variação negativa**.

### Medição

**A medição é realizada com base no volume compactado**, medido no aterro, desde que atendidos os critérios de controle expostos acima.

## 3.5 – CAMINHOS DE SERVIÇO

A norma DNIT 105/2009 – ES estabelece o procedimento necessário para assegurar o acesso e o tráfego de equipamentos e veículos aos diversos locais onde se desenvolvem os trabalhos, tais como: o canteiro de obras, caixas de empréstimos, ocorrências de materiais, obras-de-arte, fontes de abastecimento de água, instalações industriais e outros.

### Condições Gerais

A implantação e/ou utilização de caminhões de serviço se condiciona à prévia e formal autorização da fiscalização e deve atender o seguinte:

- ✓ A abertura de vias situadas **fora da faixa de domínio** devem apresentar **características operacionais estritamente indispensáveis às suas finalidades** e ante uma expectativa de prazo atrelada ao cronograma de execução da obra. Ao término da execução, o caminho de serviço deve ser recuperado, restituindo-lhe as condições primitivas.
- ✓ A abertura de vias situadas **dentro da faixa de domínio** deve ser considerada como a execução de uma etapa de implantação da rodovia, **podendo, assim, assumir características melhores e de conformidade** com o definido no projeto de engenharia.

- ✓ As vias devem estar submetidas a serviço de manutenção atento e permanente, em função da magnitude do tráfego.

## Condições Específicas

Materiais

Como se tratam de vias provisórias, os requisitos geotécnicos exigidos para os solos são relativamente brandos. Na medida em que ocorram **deficiências de cunho geotécnico** ou de **altimetria**, em especial quando associada a **volumes mais significativos de tráfego**, tornar-se-á necessária a **incorporação ao leito natural de materiais um pouco mais nobres**. A exigência pode evoluir, a critério da fiscalização, para a execução de revestimento primário. **Todavia, trata-se de uma medida de exceção e deve ser expressamente autorizada pela fiscalização.**

Execução

Tais vias se constituem em obras de baixo custo, com movimentos de terra mínimos, **abrangendo plataforma com largura de 4 a 5 metros**.

Curvas horizontais de pequeno raio com visibilidade reduzida devem ser evitadas.

Os serviços de manutenção devem ser realizados por meio de motoniveladoras, e, com o umedecimento das pistas com caminhões pipa a fim de combater a formação de poeira.

## Controle

O controle geométrico deve ser feito por meio de levantamento topográfico ou de forma visual, estabelecendo-se para a largura da pista uma tolerância de ± 20 cm, em relação à definida pela fiscalização.

## Medição

Nos segmentos de caminho de serviço situados **dentro da faixa de domínio**, a respectiva implantação **não deve ser objeto de medição específica**, porquanto os serviços são considerados nas medições referentes à implantação da plataforma (medições de cortes, empréstimos e aterros).

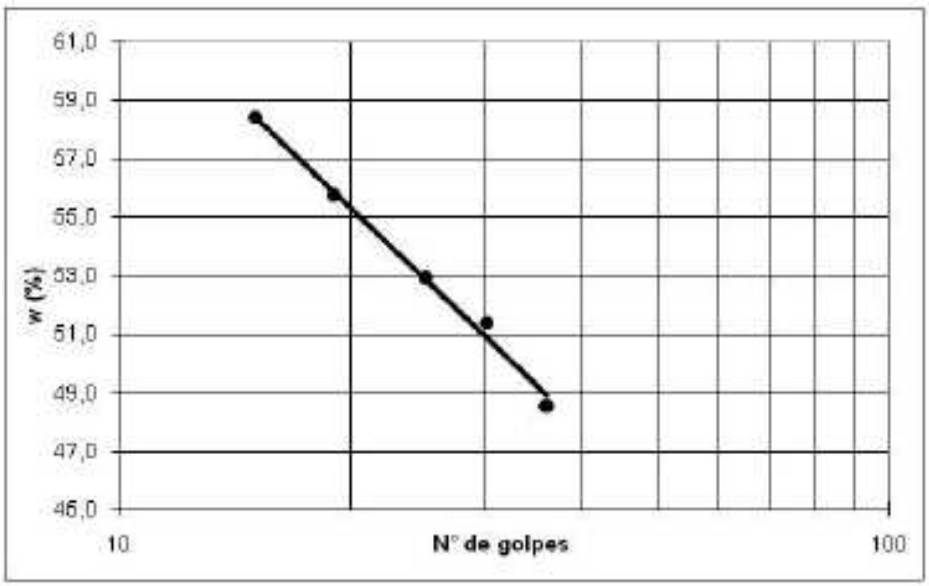
Nos segmentos de caminho de serviço situados **fora da faixa de domínio**, as modalidades de serviços serão medidas **conforme cada serviço executado** (desmatamento, escavação, compactação, etc.).

# 4 – QUESTÕES COMENTADAS

Nesta aula demonstrativa deixo as questões abaixo comentadas para que vocês saibam como será o nosso curso. As demais questões relacionadas no capítulo seguinte: "QUESTÕES APRESENTADAS NESTA AULA", serão comentadas na próxima aula.

**1. (34 – CGU/2012 – ESAF)**

Os limites de consistência permitem avaliar as diferentes condições dos solos em função do seu teor de umidade em relação à composição química e mineralógica dos solos. Assim, considerando o gráfico e a tabela abaixo, os valores do LP, LL e IP obtidos respectivamente para o solo analisados são




| Nº da cápsula | 15 | 24 | 33 | 32 | 29 |
|---|---|---|---|---|---|
| Tara (g) | 7,79 | 7,70 | 7,59 | 7,74 | 7,63 |
| Tara + solo úmido (g) | 10,15 | 10,02 | 10,30 | 9,86 | 9,62 |
| Tara + solo seco (g) | 9,47 | 9,38 | 9,52 | 9,27 | 9,06 |

a) 53, 39 e 14.

b) 51, 35 e 12.

c) 53, 34 e 19.

d) 53, 42 e 11.

e) 14, 53 e 43.

**Comentários**

Segundo a norma DNER ME 122/94, o limite de liquidez é o teor de umidade do solo com o qual se unem, em um centímetro de comprimento, as bordas inferiores de uma canelura feita em uma massa de solo colocada na concha de um aparelho normalizado (Casagrande), sob a ação de 25 golpes da concha, sobre a base desse aparelho. O limite de liquidez marca a transição do estado plástico ao estado líquido. É representado por LL, expresso em percentagem.

Pelo gráfico, denominado Curva de Fluidez, verifica-se que o teor de umidade correspondente a 25 golpes é de 53%. Portanto o LL = 53%.

O LL é o limite em que, se o solo perder umidade, passa do estado líquido para o estado plástico.

O Limite de Plasticidade - LP é o teor de umidade (%) do solo com o qual ele começa a fraturar quando se tenta moldar um cilindro de 3 mm de diâmetro e 10 cm de comprimento, de acordo com a norma DNER-ME 082/94.

É o limite em que, se o solo perder umidade, passa do estado plástico para semissólido.

Separam-se cerca de 20 g da amostra de solo misturada com água, modelando-a na forma elipsoidal. Rola-se esta massa entre os dedos e a face esmerilhada da placa de vidro, com pressão suficiente, a fim de moldá-la na forma de um cilindro de diâmetro uniforme. O número de rolagens deverá estar compreendido entre 80 e 90 por minuto, considerando-se uma rolagem como o movimento da mão para a frente e para a trás, retornando ao ponto de partida.

Ao se fragmentar o cilindro, transferem-se imediatamente os seus pedaços para o recipiente e determina-se o teor de umidade.

O LP é expresso pela média dos teores de umidade obtidos.

Com os dados da tabela fornecida na questão pode-se determinar o teor de umidade médio a ser atribuído ao LP:

- Cápsula 15: h = ((10,15 – 9,47)/(9,47 – 7,79)) = 40%
- Cápsula 24: h = ((10,02 – 9,38)/(9,38 – 7,7)) = 40%
- Cápsula 33: h = ((10,3 – 9,52)/(9,52 – 7,59)) = 38%
- Cápsula 32: h = ((9,86 – 9,27)/(9,27 – 7,74)) = 38%
- Cápsula 29: h = ((9,62 – 9,06)/(9,06 0 7,63)) = 39%

Média dos teores de umidade h = 39%. Com isso, o LP = 39%.

O índice de plasticidade – IP = LL – LP = 53% - 39% = 14%.

Preliminarmente, o gabarito divulgado foi a letra A.

Contudo, a forma como está o comando desta questão pode confundir o candidato, pois ela pediu os valores do LP, LL e IP obtidos **respectivamente** para o solo analisados, ou seja, o primeiro valor deveria corresponder ao LP, o segundo ao LL, e o terceiro ao IP.

Assim, as opções apresentam o primeiro valor correspondente ao LL e o segundo valor ao LP. Isso confunde o candidato. Com isso, esta questão foi anulada no gabarito definitivo.

**Gabarito: Anulada**

**2. (35 – CGU/2012 – ESAF)**

A compactação é realizada visando obter a máxima estabilidade dos solos, na qual são avaliados os valores de densidade seca máxima e do teor de umidade ótimo. Com relação a este processo de estabilização de solos, é correto afirmar que

a) o teor de umidade ótimo aumenta com o aumento da energia de compactação.

**Comentário:** Ao contrário pessoal, quanto maior a energia de compactação aplicada, menor é o teor de umidade ótima obtido.

b) o grau de compactação é obtido a partir da relação entre o peso específico máximo obtido em laboratório em relação ao peso específico máximo obtido em campo.

**Comentário:** É o contrário, o grau de compactação é obtido a partir da relação entre o peso específico obtido no campo em relação ao peso específico máximo obtido no laboratório.

c) a umidade ótima representa o valor de umidade em que o solo encontra-se completamente saturado.

**Comentário:** A umidade ótima visa obter a máxima densidade do solo de forma a obter a máxima estabilidade dos solos. Quando o solo se encontra saturado, ou seja, com 100% dos volume vazios preenchidos com água, as partículas terão parcela mínima de atrito entre elas, não permitindo-se obter a estabilidade desejada.

d) o ramo úmido coincide com teores de umidade em que o atrito entre as partículas encontra-se totalmente mobilizado.

**Comentário:** A água dos vazios do solo reduz o efeito do atrito entre as partículas. No ramo úmido estão os teores de umidade acima da umidade ótima, ou seja, com o atrito entre as partículas reduzido.

e) o coeficiente de permeabilidade tende a decrescer com o aumento da energia de compactação.

**Comentário:** Quanto maior a energia de compactação, maior é a massa específica aparente seca obtida, ou seja, menor volume de vazios o que implica em menor coeficiente de permeabilidade do solo.

**Gabarito: E**

---

**3. (36 – CGU/2012 – ESAF)**

Para o cimento asfáltico de petróleo (CAP), são realizados ensaios na determinação de suas propriedades. Ensaios esses que são: penetração, viscosidade, ductilidade, ponto de amolecimento, ponto de fulgor, solubilidade, efeito do calor e do ar, e o índice de suscetibilidade térmica. De acordo com as definições abaixo, de alguns desses ensaios, assinale o item incorreto.

a) Penetração – avalia a consistência do asfalto, que é a resistência a fluir dependente da temperatura.

b) Ponto de fulgor – determina a temperatura máxima que o asfalto pode ser aquecido sem perigo de incêndio.

c) Ponto de amolecimento – determina a temperatura em que o asfalto se torna fluido.

d) Viscosidade – determina o teor de betume no asfalto – grau de pureza.

e) Ductilidade – é a propriedade de alongar sem romper – poder cimentante.

**Comentários**

De acordo com o livro Pavimentação Asfáltica, dos autores Liedi Bernucci (et al.), a viscosidade é uma medida da consistência do cimento asfáltico, por resistência ao escoamento. Portanto, o ensaio de Viscosidade não serve para determinar o teor de betume do asfalto, ou seja, o seu grau de pureza.

Para tanto, procede-se ao ensaio específico de Teor de Betume, previsto na norma DNER-ME 010/94, pelo qual determina-se a quantidade de material solúvel em dissulfeto de carbono, em %, calculada sobre o peso da amostra isenta de água.

Com isso, o subitem errado é o D.

**Gabarito: D**

---

**4. (173 – TCDF/2012 – Cespe)**

A adesividade do betume representa sua capacidade de se manter aderido a um agregado em presença de água. A adesividade cai consideravelmente se houver pó na superfície do agregado.

**Comentários**

De acordo com o Manual de Pavimentação do DNIT, uma das qualidades essenciais a se exigir de um agregado a ser usado em revestimentos asfálticos é que tenha boa adesividade, isto é, não haja possibilidade de deslocamento da película betuminosa pela ação de água.

Há duas normas do DNIT que prescrevem a metodologia de verificação da adesividade dos agregados: DNER-ME 078 e 079/94.

A norma DNER-ME 078/94 refere-se à adesividade do agregado com diâmetro entre 0,21mm e 0,59 mm: propriedade de ser aderido por material betuminoso, que é avaliada pelo não deslocamento da película betuminosa que recobre o agregado, quando a mistura agregado-ligante é submetida à ação de água destilada fervente e a soluções molares de carbonato de sódio ferventes.

E a DNER-ME 079/94 destina-se à verificação da adesividade do agregado graúdo com diâmetro entre 12,7mm e 19mm: a mistura agregado-ligante é submetida, a 40°C, à ação de água destilada, durante 72h. Se após 72h não houver deslocamento da película betuminosa: satisfatório; se houver, total ou parcial: não satisfatório.

Ambos os procedimentos são baseados na verificação do deslocamento da película betuminosa sob a ação da água.

Se a superfície do agregado estiver coberta por poeira haverá perda substancial de adesividade, pois esta é garantida, de acordo com o livro Pavimentação Asfáltica, dos autores Liedi Bariani Bernucci [et al.]., pela adsorção química decorrente da atração entre os átomos da superfície do agregado e os átomos dos gases, líquidos ou sólidos em contato com esta superfície.

**Gabarito: Correta**

---

**5. (175 – TCDF/2012 – Cespe)**

Asfaltos líquidos são misturas homogêneas de cimentos asfálticos, água e uma pequena quantidade de agente emulsificador.

**Comentários**

Os asfaltos líquidos são os asfaltos diluídos, também denominados de "cut backs". Eles são diluições dos cimentos asfálticos em solventes derivados do petróleo para eliminação ou moderação do aquecimento do cimento asfáltico de petróleo – CAP.

Não há mistura de água.

A cura ocorre com a evaporação total do solvente após aplicação do asfalto diluído, deixando como resíduo o CAP.

Eles são classificados, de acordo com o tempo de cura, determinado pela natureza do diluente utilizado, em 3 categorias:

- CR - Asfaltos diluídos de cura rápida
- CM - Asfalto diluídos de cura média
- CL - Asfaltos diluídos de cura lenta

**Gabarito: Errada**

---

**6. (76 – MPOG/2012 – Cespe)**

O fenômeno de compactação não pode ser atribuído à influência da água intersticial sobre o comportamento dos solos finos.

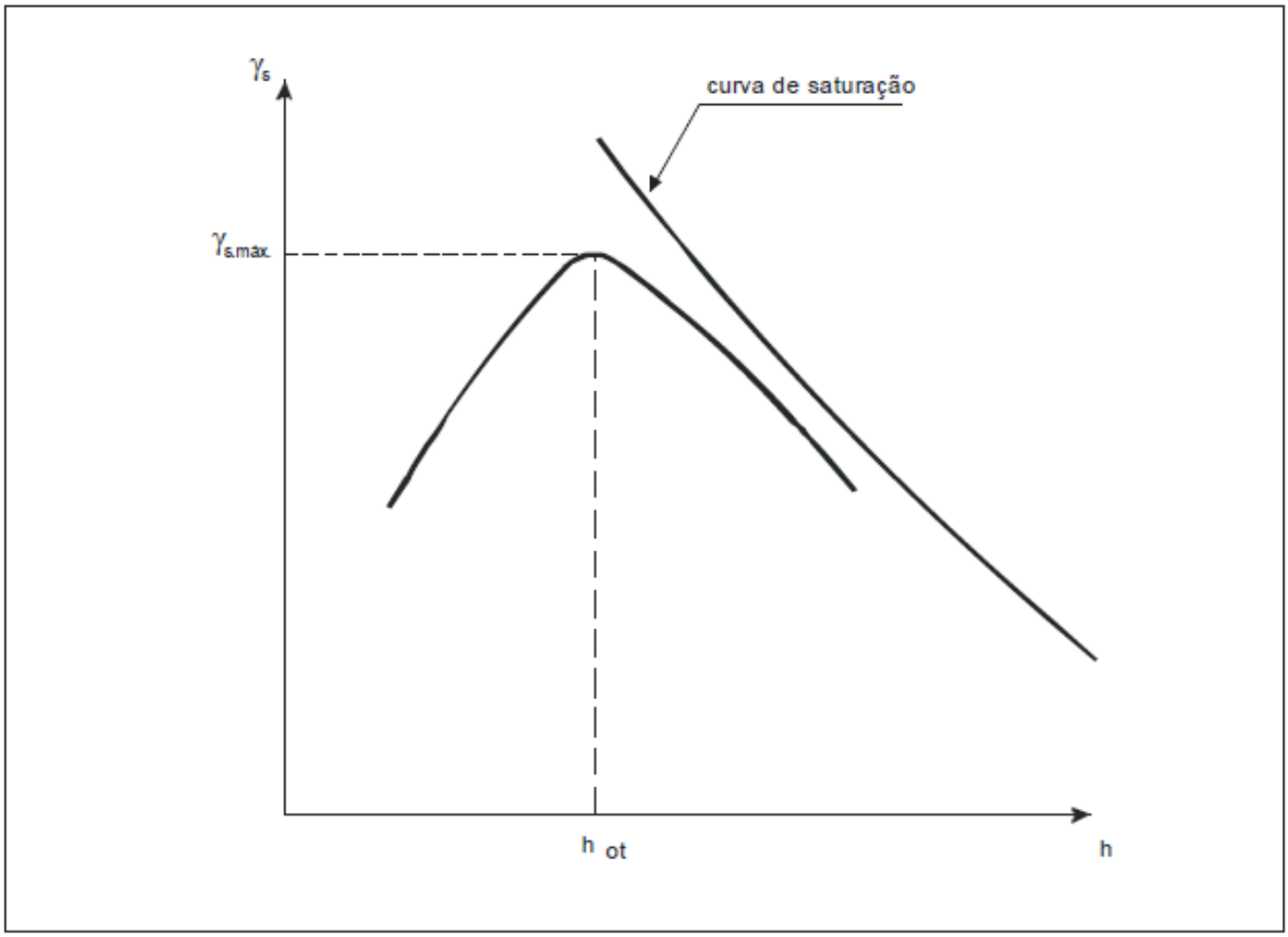
**Comentários**

Em regra, recomenda-se a adoção do rolo compactador pé de carneiro para a compactação de solos finos.

Quanto à influência da água intersticial, basta verificar a curva de compactação resultante do peso específico aparente seco do solo *versus* o teor de umidade do solo.

Com teores de umidade abaixo da umidade ótima ($h_{ot}$), no trecho da curva denominado "ramo seco", verifica-se desde um valor mínimo do peso específico aparente seco, quando a quantidade de água intersticial presente no solo, ou seja, de água livre nos vazios do solo, não é suficiente para lubrificar o contato entre as partículas sólidas, de forma a se atingir uma aproximação máxima entre elas e, por consequência, o peso específico aparente seco máximo.

Já o contrário, quando os teores de umidade são maiores que a umidade ótima ($h_{ot}$), no trecho da curva denominado “ramo úmido”, verifica-se uma quantidade de água presente nos vazios do solo superior à necessária para lubrificar o contato entre as partículas sólidas. Com isso, o volume dessa quantidade a maior de água as separa, provocando um volume maior do solo, e, por consequência, um peso específico aparente seco inferior ao máximo.




Portanto, a água intersticial presente nos solos finos influencia diretamente o resultado da compactação no solo.

**Gabarito: Errada**

---

**7. (77 – MPOG/2012 – Cespe)**

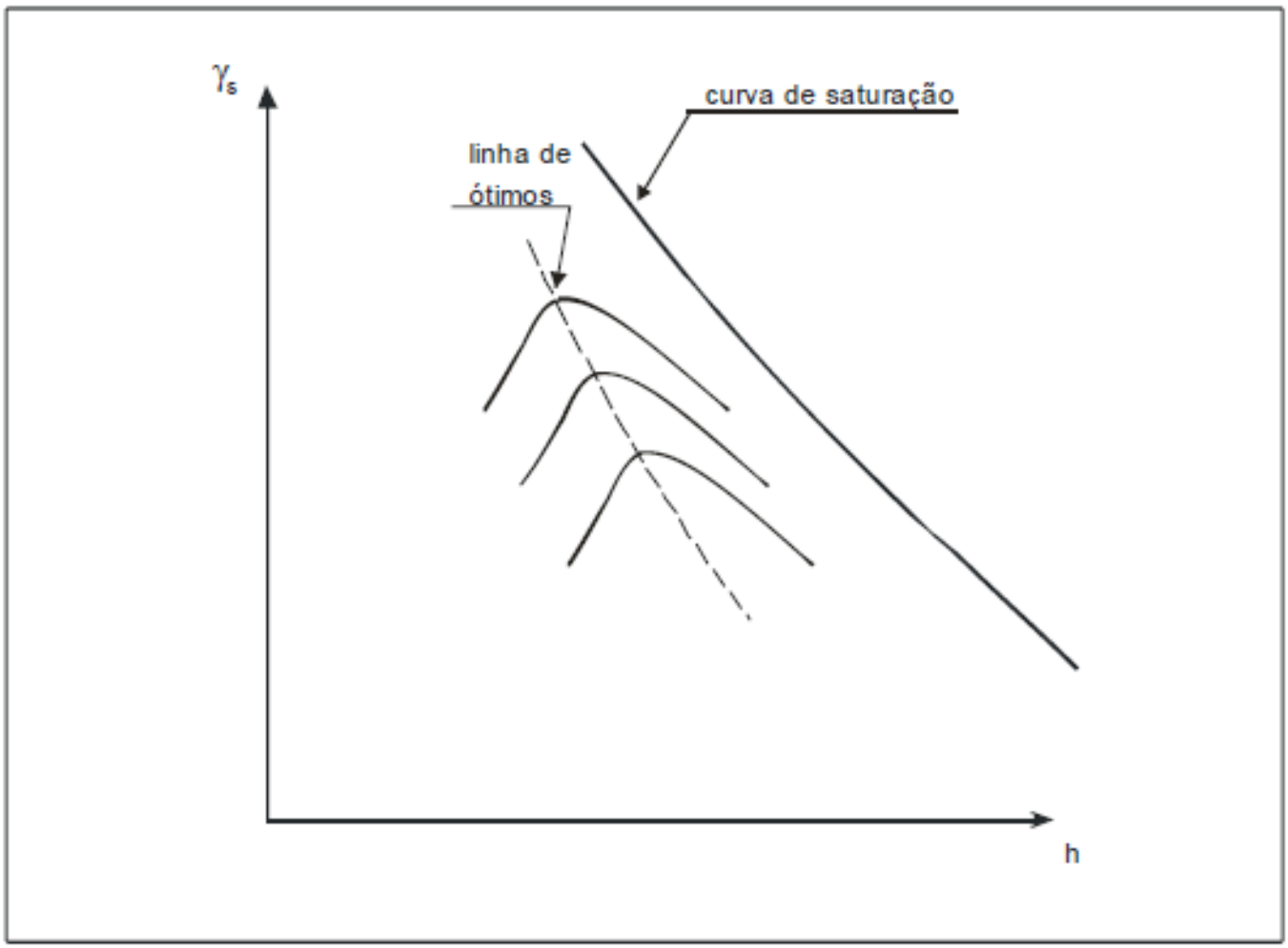
Com energias de compactação menores, ocorrem tanto a redução do teor ótimo de umidade quanto a elevação do valor máximo da massa específica seca.

**Comentários**

A figura abaixo, do Manual de Pavimentação do DNIT, apresenta as curvas de compactação de um solo compactado com diferentes energia de compactação.

Energia de compactação maiores resultam em pesos específicos aparentes secos máximos maiores obtidos com teores de umidade ótimos menores, conforme primeiro curva, mais acima, da figura.

Portanto, é o contrário do que afirma assertiva da questão.




**Gabarito: Errada**

---

**8. (111 – TCU/2011 – Cespe)**

O ensaio de limite de plasticidade consiste na determinação da relação entre a pressão necessária para permitir uma penetração de um pistão em um corpo de prova de solo, e a pressão necessária para produzir a mesma penetração em brita padronizada.

**Comentários**

Pessoal, o Limite de Plasticidade - LP é o teor de umidade para a qual um cilindro de solo de 3 mm de diâmetro e 10 cm de comprimento se trinca quando rolado seguidamente sobre uma base de vidro pela ação da mão do laboratorista.

A definição da questão refere-se à determinação do índice de suporte califórnia (ISC ou CBR).

**Gabarito: Errada**

---

# 5 – Lista de Questões Apresentadas Nessa Aula

**1. (93 - PF/2004 - Cespe)**

Para fins de movimento de terra, considera-se a terra em geral e a argila como materiais de primeira categoria.

**2. (46 - ANTAQ/2005 - Cespe)**

Nas escavações de material para aterro, solo com diâmetro máximo de 15 cm é classificado como material de 3.ª categoria.

**3. (123 - TCU/2007 - Cespe)**

Ao se executar a terraplenagem de um trecho de rodovia, o volume de corte de terra deve, necessariamente, ser transportado para os aterros no próprio trecho; apenas o volume não utilizado nos aterros deverá ser transportado para local conveniente, fora da estrada.

**4. (36 – CGU/2008 – ESAF)**

Segundo as especificações do DNIT – Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes, "o corte é um segmento natural da rodovia cuja implantação requer escavação do terreno natural, ao longo do eixo e no interior dos limites das seções do projeto, que definem o corpo estradal". Com relação a esse serviço, é correto afirmar que:

a) o sistema de medição considera o volume medido após a extração e a distância de transporte entre este e o local do depósito.

b) quando houver excesso de materiais de cortes e não for possível incorporá-los ao corpo de aterros, deverão ser constituídas áreas de empréstimos.

c) quando, ao nível da plataforma dos cortes, for verificada a ocorrência de rocha, sã ou em decomposição, promove-se um rebaixamento da ordem de 0,40m e a execução de novas camadas com materiais selecionados.

d) nos cortes de altura elevada é prevista a implantação de patamares, com banquetas de largura mínima de 1m, valetas revestidas e proteção vegetal.

e) para a escavação dos materiais classificados como de 1ª e 2ª categorias, poderão ser utilizados tratores de lâmina, "motoscrapers", escavadeiras e carregadeiras.

**5. (35 – CGU/2012 – ESAF)**

A compactação é realizada visando obter a máxima estabilidade dos solos, na qual são avaliados os valores de densidade seca máxima e do teor de umidade ótimo. Com relação a este processo de estabilização de solos, é correto afirmar que

a) o teor de umidade ótimo aumenta com o aumento da energia de compactação.

b) o grau de compactação é obtido a partir da relação entre o peso específico máximo obtido em laboratório em relação ao peso específico máximo obtido em campo.

c) a umidade ótima representa o valor de umidade em que o solo encontra-se completamente saturado.

d) o ramo úmido coincide com teores de umidade em que o atrito entre as partículas encontra-se totalmente mobilizado.

e) o coeficiente de permeabilidade tende a decrescer com o aumento da energia de compactação.

**6. (76 – MPOG/2012 – Cespe)**

O fenômeno de compactação não pode ser atribuído à influência da água intersticial sobre o comportamento dos solos finos.

**7. (77 – MPOG/2012 – Cespe)**

Com energias de compactação menores, ocorrem tanto a redução do teor ótimo de umidade quanto a elevação do valor máximo da massa específica seca.

**8. (12 – DNIT/2013 – ESAF)**

A compactação pode ser entendida como ação mecânica por meio da qual se impõe ao solo uma redução do seu índice de vazios. Julgue os itens subsequentes, referentes a compactação de solos.

I. A compactação confere maior densidade aos solos, diminuindo sua compressibilidade e aumentando a sua resistência ao cisalhamento.

II. Os parâmetros de compactação dos solos, ou seja, teor de umidade ótima e massa específica seca máxima, dependem da energia de compactação adotada. Quanto maior a energia adotada, maiores valores para a massa específica seca máxima e menores valores para os teores de umidade ótima são encontrados.

III. Para que um solo atinja as condições ideais de compactação, ou seja, teor de umidade ótimo e massa específica seca máxima, ele deve se encontrar na condição saturada.

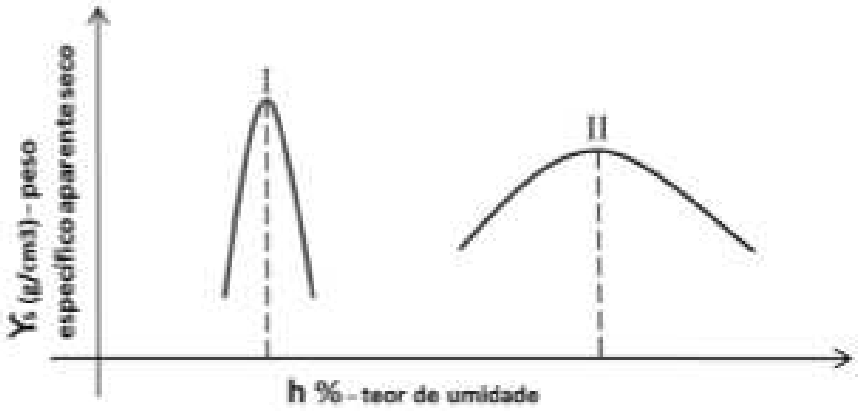
IV. O fenômeno do solo borrachudo pode ocorrer quando se tenta compactar um solo com umidade acima da ótima.

É incorreto o que se afirma em

a) I. b) II. c) III. d) IV. e) I, II, III e IV.

**(STJ/2015 - Cespe)**

Um engenheiro recém-formado teve a oportunidade de trabalhar com grandes máquinas de terraplenagem ao ser contratado para acompanhar a construção de um posto de pesagem de caminhões situado em uma importante rodovia de São Paulo. O local onde seria o pátio para os caminhões foi cortado por redes de água pluvial, cujas valas foram reaterradas com material oriundo das próprias escavações (solo I). Posteriormente foi executado o aterro de toda a área para nivelar o pátio, com solo oriundo de jazida perto da obra (solo II).




Os gráficos conceituais mostrados, obtidos após a execução de ensaios de compactação levados a efeito pelo laboratorista da obra, indicam as características dos solos utilizados.

Com base nessas informações, julgue os itens a seguir.

**9. 95 –**

No gráfico, o ramo descendente das curvas indica o aumento da quantidade de água na amostra compactada, sendo essa a razão do decréscimo do peso específico aparente seco.

**10. 96 –**

O solo I tem características argilosas, pois o excesso de água faz surgir um fenômeno denominado “borrachudo”, caracterizado pela parte descendente acentuada do gráfico, ao passo que o solo II tende a ser um solo arenoso, haja vista que a compactação de areias se dá pela saturação do material, o que é demonstrado pela declividade mais suave da parte descendente do gráfico.

**11. 97 –**

Considerando apenas o ensaio de compactação proctor, sendo atingido o grau de compactação especificado pelo projetista para os solos analisados, ambos poderão ser utilizados na execução do aterro.

**12. (13 – DNIT/2013 – ESAF)**

As máquinas de terraplenagem estão em contínuo processo de aprimoramento tecnológico e com elevado valor de mercado, exigindo operadores bem treinados.



O equipamento apresentado na figura acima é:

a) Escavadeira de lâmina frontal.

b) Retroescavadeira.

c) Moto scraper.

d) Motoniveladora.

e) Bobcat.

**(MPU/2013 – Cespe)**

Acerca de terraplenagem, julgue os itens a seguir.

**13. 54 –**

As máquinas escavocarregadoras executam, em sequência, a escavação e carga do material escavado, devendo o transporte, a descarga e o espalhamento serem realizados com equipamentos diferentes.

**14. 55 –**

Na execução de quaisquer serviços de terraplenagem, observam-se as seguintes operações básicas, que ocorrem em sequência ou, algumas vezes, simultaneamente: escavação, carga do material escavado, transporte, descarga e espalhamento.

**15. 56 –**

Apesar de executar as operações de escavação, carga do material escavado e transporte, o trator de esteiras provido de lâmina não é capaz de realizar essas operações simultaneamente.

**(CGE-PI/2015)**

Em uma escavação, a equipe responsável, sabendo que o terreno tinha boa capacidade de suporte, optou pelo emprego de trator sobre rodas com lâmina para escavação em corte pleno com distância de transporte de até 100 metros.

Com referência a essa situação, julgue os itens a seguir.

**16. 124 –**

A capacidade de carga de um trator independe de ele ser sobre rodas ou sobre esteiras.

**17. 125 –**

A decisão da equipe foi equivocada porque, para distâncias de até 100 metros, o uso de trator sobre esteiras seria mais econômico que o trator sobre rodas.

**18. 126 –**

O tempo de ciclo de operação de um trator sobre rodas é menor que o de um trator sobre esteiras.

**(TCU/2005 – Cespe)**

Na fiscalização do orçamento para um serviço de terraplenagem em uma rodovia federal, para a execução de um corte em material argiloso, foram apresentadas as seguintes observações:

I relação entre o volume de corte e o volume de material solto igual a 0,91;

II fatores de carga dos equipamentos de escavação e transporte de material igual a 0,5;

III tempo total de ciclo para uma carregadeira de pneus tipo Caterpílar estimado em 4 minutos;

IV preço unitário com inclusão de transporte e previsão para distâncias de transporte superiores a 5.000 m, com remuneração dos custos excedentes de transportes por preços específicos, em t×km, conforme metodologia adotada pelo SICRO2.

**19. (137 - TCU/2005 - Cespe)**

A observação I deve ser considerada satisfatória.

**20. (138 - TCU/2005 - Cespe)**

A observação II subestima os fatores de carga usualmente adotados para equipamentos de escavação e transporte

**21. (139 - TCU/2005 - Cespe)**

A observação III é satisfatória para o tipo de serviço e equipamento a ser utilizado.

**22. (140 - TCU/2005)**

A observação IV é satisfatória, considerando-se as características da obra.

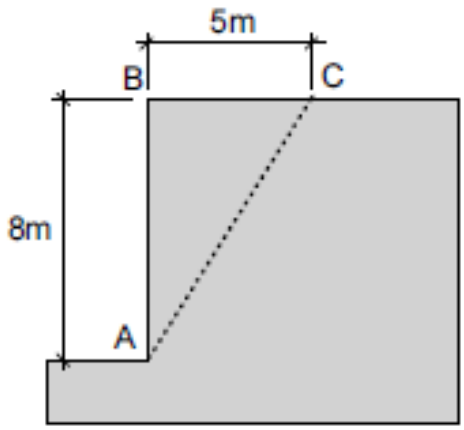
**23. (122 - INSS/2008 - Cespe)**

Na escavação de vala, o volume de material que deve ser transportado é igual ao volume medido (cubicado) no corte.

**24. (81 – MPOG/2012 – Cespe)**

Caso uma quantidade de terra lançada em um aterro seja compactada mecanicamente, o seu volume final será igual ao volume que essa massa ocupava no corte.

**25. (44 - TCE-TO/2009 - Cespe)**



A figura acima mostra o corte de um trecho do terreno indicado pelas letras A, B e C relativo a um serviço de terraplenagem. Admitindo-se que as características geométricas da seção transversal apresentada no desenho se repitam por uma grande distância na direção normal ao plano do desenho e sabendo-se que o fator de empolamento do solo local é igual a 20%, pode-se afirmar que o volume de solo (V) a ser transportado por unidade de comprimento normal ao plano do desenho, expresso em m3/m, devido à operação de corte é tal que

a) $0 < V \leq 20$.

b) $20 < V \leq 40$.

c) $40 < V \leq 60$.

d) $60 < V \leq 80$.

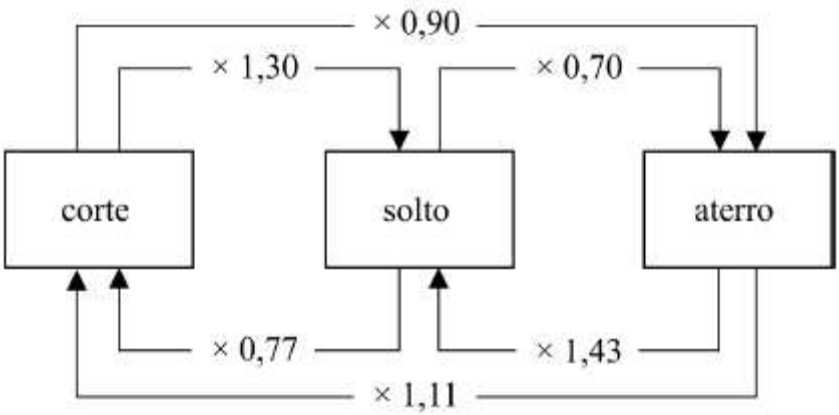
e) $V > 80$.

**26. (68-A - PETROBRAS/2008 - Cespe)**

Ao se movimentar terra, ou transportá-la, deve-se considerar o empolamento.

**(FUB/2016 – Cespe/Cebraspe)**

Ao consultar o projeto de terraplenagem de determinada obra, o fiscal de contrato encontrou o quadro de relação de volumes apresentado na figura seguinte.




Tendo como referência as informações contidas nesse quadro, julgue os próximos itens.

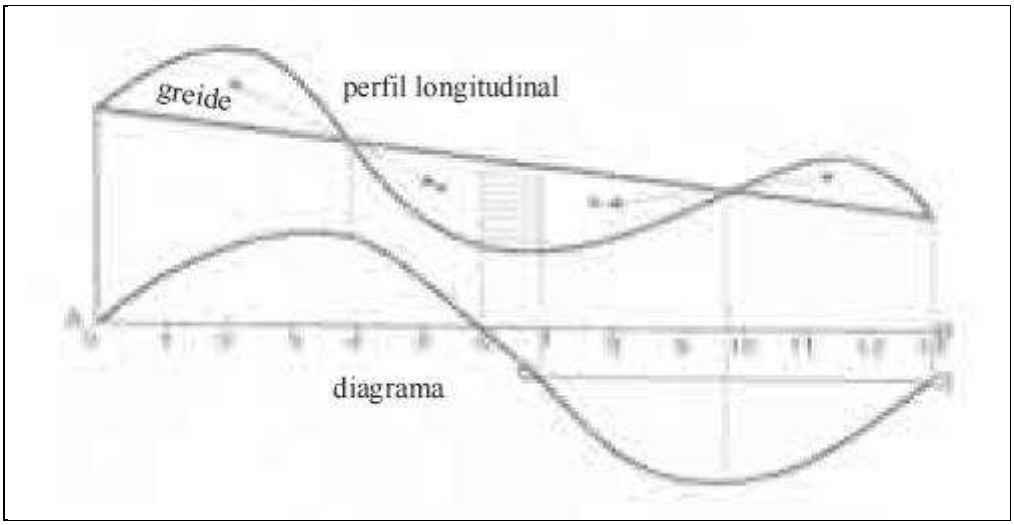
**27. 61 –**

Se a quantidade de aterro prevista no projeto for de 1.500 $m^3$, serão necessários 2.000 $m^3$ de escavação de 1.ª categoria na jazida.

**28. 62 –**

Para a execução de 2.000 $m^3$ de aterro, serão necessárias 286 viagens de caminhão tipo caçamba com capacidade de 10 $m^3$.

**(MPOG/2008 - Cespe)**




**29. (84 - MPOG/2008)**

Os ramos ascendentes do diagrama correspondem aos aterros, e os descendentes, aos cortes.

**30. (85 - MPOG/2008 - Cespe)**

A diferença entre as ordenadas de dois pontos do diagrama representa o volume acumulado entre eles.

**31. (86 - MPOG/2008 - Cespe)**

Os pontos máximos e mínimos do diagrama correspondem aos pontos de passagem de corte para aterro e de aterro para corte, respectivamente.

**32. (69 - MPU/2004 - ESAF)**

Sobre projetos geométricos de rodovias, é incorreto afirmar que

a) as ordenadas de Bruckner correspondem às diferenças entre as cotas projetadas para a estrada e as cotas de seu perfil original.

b) o greide de uma estrada é o conjunto das alturas projetadas para execução de seu perfil longitudinal.

c) o raio mínimo de uma curva horizontal é definido em função da velocidade de projeto e da taxa máxima de superelevação.

d) uma curva circular composta é formada por duas curvas circulares consecutivas de raios diferentes.

e) as curvas de transição apresentam uma modificação progressiva de sua curvatura, com seu raio variando em cada ponto.

**33. (94 - MPOG/2008 - Cespe)**

Na pavimentação, a distância média de transporte de cada tipo de material escavado e utilizado nas camadas do pavimento em determinado trecho é obtida pela razão entre o

somatório dos volumes individuais multiplicados pelas respectivas distâncias médias individuais e o somatório dos volumes individuais.

**34. (84 - STM/2004 - Cespe)**

Os rolos tipo pé-de-carneiro podem ser empregados para a compactação de solos coesivos típicos de obras de pavimentação.

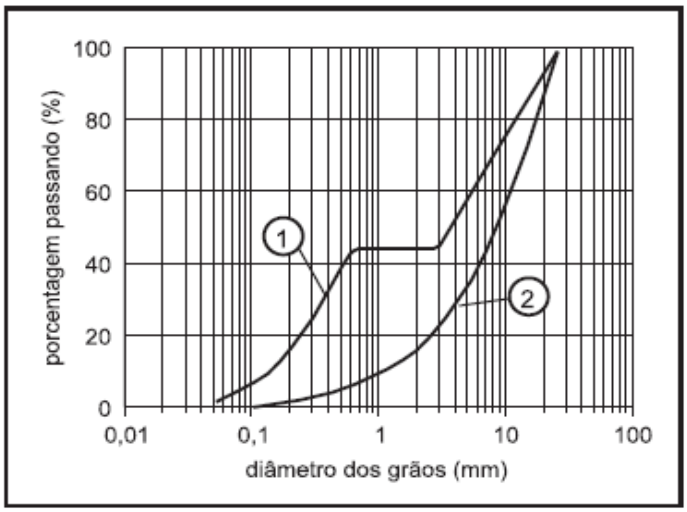
**35. (88 - SAAE/2003 - Cespe)**

O rolo de compactação do tipo pé-de-carneiro é especialmente indicado para a compactação de areias com teor de finos passando pela peneira n.º 200 menores que 5% em peso.

**36. (18 - CHESF – 2002 - Cespe)**

Pretende-se compactar um aterro com material silto-argiloso. Nesse caso, o equipamento mais indicado para a compactação é o(a)

a) rolo pé-de-carneiro
b) rolo liso vibratório
c) rolo liso simples
d) placa vibratória
e) scraper.




**37. (108 – TCU/2005 – Cespe)**

O rolo pé-de-carneiro seria o mais indicado para a compactação do material indicado pelo número 2.

**38. (88 - TCE-PE/2004 - Cespe)**

Os rolos lisos vibratórios são indicados para a compactação de materiais granulares não coesivos.

**39. (71 - SEMAF-RN/2004 - Cespe)**

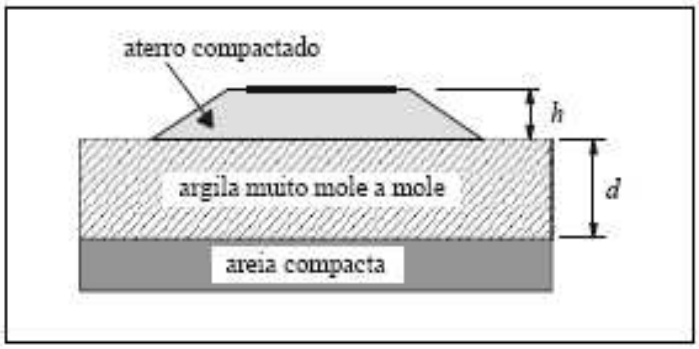
Para a compactação de camadas mais espessas de aterro, o rolo liso é o mais adequado.

**40. (51 - TCE-ES/2005 - Cespe)**

Quanto menor for a umidade de compactação das camadas de solo que compõem o pavimento rodoviário, menor será a sua resistência mecânica, mas essa resistência será mais estável para futuras variações de umidade desses solos.

**41. (44-1 - PF/2002 - Cespe)**

Quanto maior for a espessura d de solo mole de fundação, maior deverá ser o recalque do aterro.




**42. (31 – TCE-RN/2000 – ESAF)**

Qual o fator mais importante na evolução dos recalques ao longo do tempo de uma fundação assente sobre uma camada argilosa?

a) coeficiente de permeabilidade da argila – k

b) coeficiente de compressibilidade da argila - av

c) índice de vazios da argila – e

d) coeficiente de adensamento da argila – $c_v$

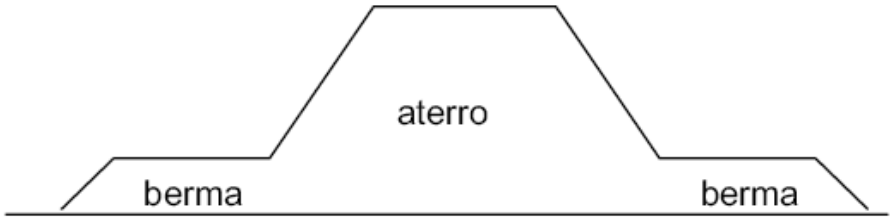
e) peso específico natural da argila - $\gamma_{nat}$

**43. (44-2 - PF/2002 - Cespe)**

A utilização de bermas de equilíbrio reduz a altura admissível do aterro.

**44. (11 – TCE-RN/2000 – ESAF)**

No dimensionamento de aterros sobre solos argilosos saturados ( $\phi_u = 0$), usualmente se usa bermas para garantir a estabilidade do aterro. A maior contribuição delas decorre de




a) ângulo de atrito do solo utilizado na berma

b) ângulo de atrito e coesão do solo da berma

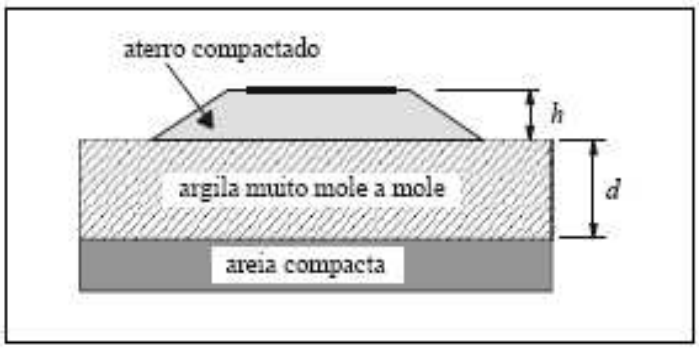
c) peso próprio do aterro

d) peso próprio da berma

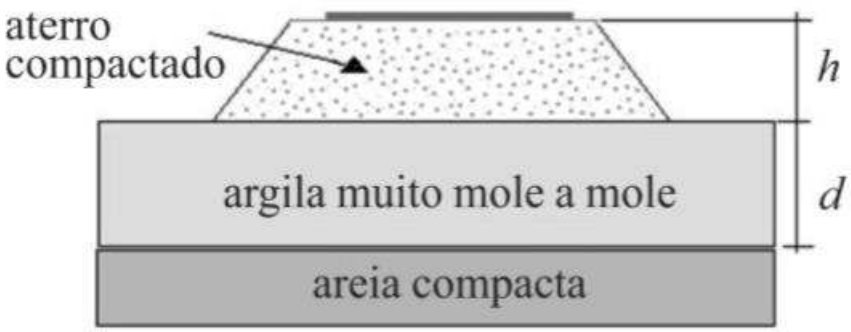
e) ângulo de atrito e coesão do solo do aterro

**45. (44-3 - PF/2002 - Cespe)**

Caso o aterro seja muito largo e o seu material tenha coeficiente de permeabilidade muito baixo, a utilização de um colchão drenante de areia na sua base permitirá acelerar em dez vezes os recalques por adensamento, em relação à situação sem o colchão.




**46. (85 - TCE-PR/2016 – Cespe/Cebraspe)**



Com base na figura precedente, que apresenta um aterro para pavimento rodoviário construído sobre uma camada de solo mole, saturada, uniforme e homogênea, assinale a opção correta.

A) A utilização dos geodrenos aumentaria a estabilidade do aterro e diminuiria os tempos de recalque, graças à sua ação portante e à sua permeabilidade.

B) A utilização de bermas de equilíbrio causaria a diminuição da altura admissível do aterro.

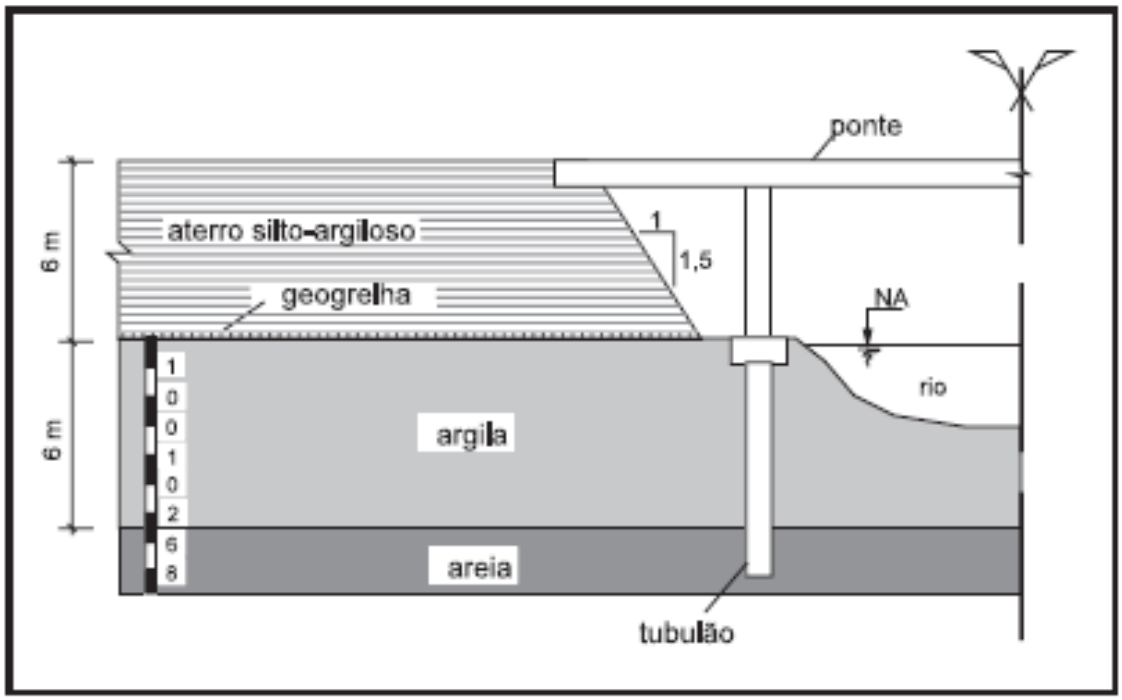
C) Quanto maior for a espessura d de solo mole de fundação, maior deverá ser o recalque do aterro.

D) O ensaio de Índice de Suporte Califórnia (ISC) poderia ser utilizado para a determinação da resistência não drenada do solo mole de fundação, necessária para a análise da estabilidade do aterro.

E) Para garantir maior estabilidade do aterro, seria recomendado que sua construção ocorresse o mais rapidamente possível.

**47. (43 - ANTAQ/2005 - Cespe)**

Nos aterros sobre argila mole, os recalques por adensamento precedem a drenagem.




A figura acima apresenta a seção transversal de projeto para uma ponte e seus aterros de encontro em uma rodovia. Para a execução de todo o projeto, pretende-se utilizar os dados de sondagem à percussão, executada no local, e cujos resultados são mostrados na figura. O aterro será compactado com grau de compactação igual a 80% e com desvio de umidade máximo em relação à umidade ótima de ± 3%. O controle de compactação do aterro proposto baseia-se na verificação do peso específico úmido de cada camada compactada, ao final da compactação, com a utilização do ensaio de frasco de areia. Para a base do aterro,

está prevista a utilização de uma camada de reforço de geogrelha, com resistência a tração igual a 35 kN/m. A solução de fundação proposta para a ponte é de tubulões executados a céu aberto, sem revestimento. Com relação a essa proposta, julgue os itens de 129 a 136.

**48. (129 - TCU/2005 - Cespe)**

No projeto, deveria estar prevista a aceleração dos recalques por adensamento do solo de fundação sob o aterro e, nesse caso, a utilização de estacas de brita de grande diâmetro atravessando a camada mole seria uma solução técnica e economicamente viável.

**49. (130 - TCU/2005 - Cespe)**

Nas especificações de execução do aterro, deve-se prever que a sua construção dure o menor tempo possível, pois, quanto mais rapidamente o aterro for executado, melhores serão as suas condições de estabilidade.

**50. (134 - TCU/2005 - Cespe)**

As especificações de compactação do solo de aterro propostas são insatisfatórias para as características da obra.

**(MS/2013 – Cespe)**

Durante a execução de obra de via urbana em que foram realizados serviços de terraplenagem, drenagem e pavimentação asfáltica, foram verificadas as seguintes ocorrências:

(...)

foram construídos bueiros tubulares padronizados de oitenta centímetros de diâmetro em toda a extensão da via, dada a necessidade de agilizar obra;

(...)

Com base nas informações acima, julgue os itens que se seguem.

**51. 89 –**

A medição dos serviços de terraplenagem mediante contagem de caminhões consiste em procedimento inadequado, devendo para esse fim se utilizar trabalhos de levantamento topográfico, procedimento mais usual e preciso.

**52. 90 –**

Uma solução técnica e economicamente viável para conter o surgimento de bolsões de argila de profundidade elevada é retirar todo o material argiloso e substituí-lo por rachão.

**53. (28 – ENAP/2006 – ESAF)**

A terraplenagem, no caso de edificações, tem por objetivos regularizar e uniformizar o terreno, envolvendo três operações distintas: escavação, transporte e aterro. Com relação aos serviços de terraplenagem é incorreto afirmar que

a) o aterro deve ser executado em camadas sucessivas, com espessura máxima compactada de 0,30 m para o corpo do aterro, e de 0,20 m para as camadas finais.

b) as camadas finais do aterro deverão apresentar um grau de compactação mínimo de 95%.

c) cumpre à fiscalização controlar a execução dos aterros, verificando, por exemplo, a espessura das camadas, e programar a realização dos ensaios necessários ao controle de qualidade dos aterros (determinação do grau de compactação, ensaios de CBR, etc).

d) quando houver possibilidade de solapamento na época chuvosa deve ser providenciado um enrocamento no pé do aterro.

e) no movimento de terra é importante considerar o empolamento, pois quando se move o solo de seu lugar original, há variações de seu volume que influenciam principalmente a operação de transporte.

**(TCE-PE/2017 – Cespe/Cebraspe)**

Durante o serviço de terraplenagem em uma rodovia, o fiscal técnico da obra notificou a contratada por ter executado os serviços em desacordo com as normas vigentes e as boas prática: além de ter executado o aterro com camadas compactadas sucessivas de 80 cm de espessura, a construtora aproveitou indevidamente material disponível na faixa de domínio da estrada, em cuja composição havia micáceas e diatomáceas.

A partir dessa situação hipotética, julgue os seguintes itens.

**54. 103 –**

O aproveitamento de solos com micáceas e diatomáceas deve ser descartado para uso em aterros, mesmo estando eles próximos ao local de execução da obra.

**55. 104 –**

Aterro compactado com camadas de 80 cm é inadequado, pois as camadas deveriam ter, no mínimo, 100 cm, para garantir economia na execução.

**(ABIN/2018 – Cespe/Cebraspe)**

Um engenheiro fiscal interrompeu a obra de execução de um aterro em razão de uma série de falhas de compactação, entre elas: o teor de umidade do solo, diferente do ideal; a inadequada espessura de camadas de compactação; e características do solo adotado fora do especificado.

Considerando essa situação hipotética, julgue os itens seguintes.

**56. 108 –**

A umidade do solo deve ser medida a cada vinte e quatro horas após a conclusão da compactação, durante dez dias. Se houver variação de teor de umidade durante esse período, será necessário realizar a escarificação do solo, ajuste da umidade e uma nova compactação.

**57. 109 –**

Para garantir sua qualidade, o solo a ser adotado no aterro deve ser isento de matéria orgânica, não sendo permitido o uso de solos com baixo Índice Suporte Califórnia (ISC).

**58. 110 –**

Tanto o excesso quanto a falta de umidade no solo são prejudiciais à compactação de aterros, pois não permitem que seja atingido o grau de compactação máximo.

**59. 111 –**

Alturas de camada de solo pouco espessas prejudicam a dissipação de energia dos rolos compactadores, por isso é recomendável adotar as camadas mais altas possíveis, cujo limitador é a altura de lançamento do caminhão de transporte de solo.

**60. (135 - TCU/2005 - Cespe)**

A utilização da geogrelha como reforço na base do aterro do encontro reduzirá substancialmente os recalques do aterro.

**61. (136 - TCU/2005 - Cespe)**

O controle de compactação do aterro com base somente na obtenção do peso específico úmido, como proposto no projeto, é insatisfatório.

**62. (44-4 - PF/2002 - Cespe)**

Na situação mostrada na figura, para uma maior garantia da estabilidade do aterro, seria recomendado que o mesmo fosse construído o mais rápido possível.

**63. (86 - SAAE/2003 - Cespe)**

No caso de aterros construídos sobre camadas de argilas moles saturadas, quanto maior a velocidade de construção, menor a possibilidade de ruptura do aterro e do solo de fundação.

**64. (119 - INSS/2008 - Cespe)**

Aterros com volumes superiores a 1.000 m3 devem ter, obrigatoriamente, controle tecnológico na sua execução.

**65. (44 - ANTAQ/2005 - Cespe)**

O ensaio de compactação faz parte do controle dos materiais a serem empregados nos aterros.

**66. (120 - INSS/2008 - Cespe)**

Quando houver disponibilidade de solo expansivo como material para aterro, esse deve ser preferido a outros sem essa característica.

**67. (132 - PETROBRAS/2004 - Cespe)**

As turfas e os solos expansivos são utilizados como materiais de aterro, independentemente da sua altura e da finalidade.

**68. (118 - HEMOBRAS/2008 - Cespe)**

Para uma dada energia de compactação, a umidade ótima é o valor da umidade do solo para a qual se obtém uma massa específica seca máxima.

**69. (65 - ME/2008 - Cespe)**

As escavadeiras com caçamba drag-line, ou de arrasto, são particularmente interessantes para a remoção de solos moles, com excesso de umidade e presença de matéria orgânica.

**70. (60 - PETROBRAS/2004 - Cespe)**

A escavadeira do tipo drag-line é utilizada para a remoção de solos moles, com excesso de umidade e com presença de matéria orgânica.

**71. (66 - ME/2008 - Cespe)**

Os rolos de compactação do tipo pé-de-carneiro se caracterizam por compactar solos arenosos por meio de carga vertical aplicada a fileiras de pneus paralelos.

**72. (52 - MPE-AM/2008 - Cespe)**

A compressibilidade dos solos pode ser resultado da compactação ou do adensamento.

**73. (91-A - PETROBRAS/2008 - Cespe)**

Cota vermelha é a denominação usualmente adotada para as alturas de corte e de aterro, na etapa de movimentação de terra.

**74. (72 - SEPLAG-DETRAN-DF/2009 - Cespe)**

Off-sets são dispositivos, geralmente na forma de varas ou estacas, colocados em pontos afastados entre si de uma distância fixa convencionada, que servem para referenciar a posição das marcas físicas correspondentes às cristas dos cortes ou dos pés dos aterros.

**75. (73 - SEPLAG-DETRAN-DF/2009 - Cespe)**

Ao percorrer um trecho de rodovia em curva horizontal com certa velocidade, o veículo fica sujeito à ação da força centrífuga. Para contrabalançar os efeitos dessa força no veículo, utiliza-se o conceito da superlargura da pista de rolamento.

**76. (79 - TJCE/2008 - Cespe)**

Um aumento da energia de compactação se traduz em um aumento da densidade do solo, independentemente do tipo de solo que está sendo compactado.

**77. (57 - ABIN/2018 – Cespe/Cebraspe)**

O aumento da densidade do solo resultante do aumento da energia de compactação depende do tipo de solo que está sendo compactado.

**78. (57 - PETROBRAS/2004 - Cespe)**

O trator de lâmina de grande porte é um equipamento convencional de terraplenagem que também é utilizado em trabalhos de limpeza do terreno e desmatamento.

**79. (131 - PETROBRAS/2004 - Cespe)**

Na construção de aterros, deve ser procedida uma preparação adequada do terreno para receber o aterro, especialmente com retirada de vegetação ou restos de demolições eventualmente existentes.

**80. (133 - PETROBRAS/2004 - Cespe)**

Devem ser controladas as operações de lançamento, homogeneização, umedecimento ou aeração e compactação do material de aterro, de forma que a espessura da camada compactada seja de, no máximo, 0,30 m.

**81. (134 - PETROBRAS/2004 - Cespe)**

O grau de compactação a ser atingido é de, no mínimo, 95%, ou mais elevado, conforme especificações especialmente elaboradas para a obra.

**82. (135 - PETROBRAS/2004 - Cespe)**

A variação máxima no valor da umidade ótima do material de aterro deve ser de, no máximo, 6%.

**(EBSERH/2018 – Cespe/Cebraspe)**

Acerca dos cuidados na compactação de aterros, julgue os próximos itens.

**83. 98 –**

Em caso de chuvas durante a compactação de aterro, os trabalhos poderão ter prosseguimento, desde que o índice pluviométrico seja moderado; nesse caso, deve-se aumentar o número de passagens do rolo compactador.

**84. 99 –**

O movimento das partículas de solo oriundo da vibração e as tensões de compressão e cisalhamento geradas pelo peso do compactador são dois fatores que permitem elevado adensamento da camada de solo na compactação por vibração.

**85. 100 –**

Para se obter a melhor compactação possível de solos coesivos, maior deverá ser a pressão estática a ser aplicada nas camadas.

# 6 – GABARITO

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1) Correta | 23) Errada | 45) Errada | 67) Errada |
| 2) Errada | 24) Errada | 46) C | 68) Correta |
| 3) Errada | 25) B | 47) Errada | 69) Correta |
| 4) C | 26) Correta | 48) Errada | 70) Correta |
| 5) E | 27) Errada | 49) Errada | 71) Errada |
| 6) Errada | 28) Correta | 50) Correta | 72) Correta |
| 7) Errada | 29) Errada | 51) Correta | 73) Correta |
| 8) C | 30) Correta | 52) Errada | 74) Correta |
| 9) Correta | 31) Correta | 53) B | 75) Errada |
| 10) Errada | 32) A | 54) Correta | 76) Correta |
| 11) Correta | 33) Correta | 55) Errada | 77) Errada |
| 12) C | 34) Correta | 56) Errada | 78) Correta |
| 13) Correta | 35) Errada | 57) Correta | 79) Correta |
| 14) Correta | 36) A | 58) Correta | 80) Correta |
| 15) Errada | 37) Errada | 59) Errada | 81) Correta |
| 16) Correta | 38) Correta | 60) Errada | 82) Errada |
| 17) Errada | 39) Errada | 61) Correta | 83) Errada |
| 18) Correta | 40) Errada | 62) Errada | 84) Correta |
| 19) Errada | 41) Correta | 63) Errada | 85) Correta |
| 20) Correta | 42) D | 64) Correta | |
| 21) Errada | 43) Errada | 65) Correta | |
| 22) Correta | 44) D | 66) Errada | |

# 7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO, Maria da Penha Nogueira de. **Barragens de Terra – Sistemas de Drenagem Interna.** Dissertação de Mestrado. São Paulo: 2005.

- Brasil. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT. **Glossário de Termos Técnicos Rodoviários**. Rio de Janeiro: 1997.

- Brasil. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT. **Manual de Implantação Básica de Rodovia**. Rio de Janeiro: 2010.

- Brasil. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT. **Manual de Pavimentação**. Rio de Janeiro: 2006.

- Brasil. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT. **Manual de Drenagem**. Rio de Janeiro: 2006.

- CAPUTO, Homero P.. **Mecânica dos Solos e suas aplicações.** Rio de Janeiro. LTC: 1979.

- CATALANI, Guilherme e RICARDO, Hélio de Souza. **Manual Prático de Escavação, Terraplenagem e Escavação de Rocha.** São Paulo. Pini: 2007.

- General Real. **Apostila de Tecnologia das Construções**. IME. Curso de Fortificação e Construção. Rio de Janeiro: 1999.

- Lima, Maria José C. Porto de. **Apostila de Mecânica dos Solos.** IME. Curso de Fortificação e Construção. Rio de Janeiro: 1998.

- PINTO, C. S. **Curso básico de mecânica dos solos.** São Paulo: Oficina de textos. 2000.

- VARGAS, Milton. **Introdução à Mecânica dos Solos**. São Paulo. USP: 1977.

# ESSA LEI TODO MUNDO CONHECE:
# PIRATARIA É CRIME.

**Mas é sempre bom revisar o porquê e como você pode ser prejudicado com essa prática.**

1. 

Professor investe seu tempo para elaborar os cursos e o site os coloca à venda.

2. 

Pirata divulga ilicitamente (grupos de rateio), utilizando-se do anonimato, nomes falsos ou laranjas (geralmente o pirata se anuncia como formador de "grupos solidários" de rateio que não visam lucro).

3. 

Pirata cria alunos fake praticando falsidade ideológica, comprando cursos do site em nome de pessoas aleatórias (usando nome, CPF, endereço e telefone de terceiros sem autorização).

4. 

Pirata compra, muitas vezes, clonando cartões de crédito (por vezes o sistema anti-fraude não consegue identificar o golpe a tempo).

5. 

Pirata fere os Termos de Uso, adultera as aulas e retira a identificação dos arquivos PDF (justamente porque a atividade é ilegal e ele não quer que seus fakes sejam identificados).

6. 

Pirata revende as aulas protegidas por direitos autorais, praticando concorrência desleal e em flagrante desrespeito à Lei de Direitos Autorais (Lei 9.610/98).

7. 

Concurseiro(a) desinformado participa de rateio, achando que nada disso está acontecendo e esperando se tornar servidor público para exigir o cumprimento das leis.

8. 

O professor que elaborou o curso não ganha nada, o site não recebe nada, e a pessoa que praticou todos os ilícitos anteriores (pirata) fica com o lucro.



**Deixando de lado esse mar de sujeira, aproveitamos para agradecer a todos que adquirem os cursos honestamente e permitem que o site continue existindo.**