



## **AULA 4 – MOVIMENTO DE TERRA**

### **1- Introdução à Terraplenagem**

De forma genérica, a terraplenagem ou movimento de terras pode ser entendida como o conjunto de operações necessárias para remover a terra dos locais em que se encontra em excesso para aqueles em que há falta, tendo em vista um determinado projeto a ser implantado.

Assim, a construção de uma estrada de rodagem, de uma ferrovia ou de um aeroporto, a edificação de uma fábrica ou de uma usina hidrelétrica, ou mesmo de um conjunto residencial, exigem a execução de serviços de terraplenagem prévios, regularizando o terreno natural, em obediência ao projeto que se deseja implantar.

Pode-se afirmar, portanto, que todas as obras de Engenharia Civil de grande ou pequeno porte, exigem a realização de trabalhos prévios de movimentação de terras. Por esta razão a terraplenagem teve o enorme desenvolvimento verificado no último século.

### **2- Histórico**

Na antiguidade, os movimentos de terra eram executados manualmente ou com o auxílio de animais que carregavam ou rebocavam instrumentos rudimentares.

Este quadro não se modificou até meados do século XIX, pois o instrumento utilizado era ainda a chamada "pá-de-cavalo", constituída de uma caçamba dotada de lâmina de corte, a qual, rebocada por tração animal, escavava e transportava o material.

Com o advento da máquina a vapor, surgiram as primeiras tentativas de utilizá-la em equipamentos de terraplenagem, a partir da segunda metade do século XIX. No final desse século já existiam escavadeiras providas de pás, montadas em vagões e usadas na construção ferroviária.

O desenvolvimento dos motores a combustão interna ocasionou a redução do tamanho físico dos equipamentos, permitindo novas aplicações.

Em 1920 é lançado o primeiro trator movido a gasolina, ao qual desde logo foi adaptada a lâmina, iniciando-se desta maneira a concepção e a fabricação dos modernos equipamentos de terraplenagem.

Nas décadas de 20 e 30, um inovador, Robert Gilmour Le Tourneau, criou o primeiro "Scraper" propelido, rebocado por trator. Em 1938 é introduzido o primeiro "Motoscraper", isto é, o "Scraper" autopropulsionado.

A partir desta data, é de todos conhecido o rápido desenvolvimento dos equipamentos de terraplenagem, apresentando máquinas cada vez mais eficientes sob o aspecto mecânico, do que resultou o aumento extraordinário de sua produtividade.

### **3- Terraplenagem Manual**

Até o aparecimento dos equipamentos mecanizados e mesmo depois, a movimentação das terras era feita pelo homem, utilizando ferramentas tradicionais: pá e picareta para o corte, carroças ou vagonetas com tração animal para o transporte.

Como o rendimento da terraplenagem manual é pequeno, esse serviço dependia da mão de obra abundante e barata. Mas com o desenvolvimento tecnológico e social a mão-de-obra foi se tornando cada vez mais escassa e, por consequência, mais cara. Para se ter uma idéia do número de operários necessários para a execução braçal do movimento de terra, estima-se que para a produção de 50 m<sup>3</sup>/h de escavação, seriam necessários pelo menos 100 homens. A mesma tarefa pode ser executada por uma única escavadeira, operada apenas por um homem.



Todavia, a terraplenagem manual não significava excessiva lentidão dos trabalhos. Desde que a mão-de-obra fosse numerosa, os prazos de execução da movimentação de terras em grandes volumes eram razoáveis, se comparados com os atuais.

Temos o exemplo de ferrovias construídas nos Estados Unidos, com milhões de metros cúbicos escavados e movidos em prazos relativamente curtos, dispondo-se porém de mão de obra abundante e de baixo custo.

Com suficiente organização para resolver os sérios problemas de recrutamento, administração, alojamento e subsistência dos trabalhadores, a terraplenagem manual apresentava rendimento capaz de causar admiração, ainda nos dias atuais.

#### **4 - Terraplenagem Mecanizada**

Os equipamentos mecanizados, surgidos em conseqüência do desenvolvimento tecnológico, apesar de apresentarem elevado custo de aquisição, tornaram competitivo o preço do movimento de terras, em razão de sua alta produtividade.

Conforme exemplificado anteriormente, percebe-se a notável economia de mão-de-obra introduzida pela mecanização, o que vinha de encontro à escassez cada vez maior do trabalhador braçal, decorrente sobretudo da industrialização.

Resumindo, pode-se entender que a mecanização surgiu em conseqüência de 3 fatores:

- a) Escassez e encarecimento da mão-de-obra, causada pela industrialização.
- b) Elevada eficiência mecânica dos equipamentos, traduzindo-se em grande produtividade, o que significou preços mais baixos se comparados com os obtidos manualmente, especialmente em razão da redução de mão-de-obra.
- c) Os equipamentos mecanizados (apesar do alto custo de aquisição) tornaram competitivo o preço do movimento de terras, em razão de sua alta produtividade. Outro incentivo à terraplenagem mecanizada foi a escassez cada vez maior do trabalhador braçal, decorrente sobretudo da industrialização.

#### **5- Características da Terraplenagem Mecanizada**

A mecanização caracteriza-se por:

- a) Requerer grandes investimentos em equipamentos de alto custo;
- b) Exigir serviços racionalmente planejados e executados, o que só pode ser conseguido através de empresas de alto padrão de eficiência;
- c) Reduzir substancialmente a mão-de-obra empregada, mas por outro lado provocar a especialização profissional e, conseqüentemente, melhor remuneração;
- d) Permitir a movimentação de grandes volumes de terras em prazos curtos, graças à eficiência de operação e, sobretudo, pela grande velocidade no transporte, o que leva a preços unitários extremamente baixos, apesar do custo elevado dos equipamentos. Para se ter uma idéia da influência do aumento da produtividade no custo da terraplenagem, apesar da elevação substancial ocorrida no valor de aquisição dos equipamentos, praticamente não houve acréscimo nos preços de movimento de terra, nos Estados Unidos, no período de 1930 a 1960.

## Tipos de Solo

Para efeito dos serviços de movimento de terras são considerados os seguintes tipos:

**a) solo arenoso:** agregação natural, constituído de material solto sem coesão, pedregulhos, areias, siltes, argilas, turfas ou quaisquer de suas combinações, com ou sem componentes orgânicos. Escavado com ferramentas manuais, pás, enxadas, enxadões;

**b) solo lamacento:** material lodoso de consistência mole, constituído de terra pantanosa, mistura de argila e água ou matéria orgânica em decomposição. Removido com pás, baldes, "drag-line";

**c) solo de terra compacta:** material coeso, constituído de argila rija, com ou sem ocorrência de matéria orgânica, pedregulhos, grãos minerais, saibros. Escavado com picaretas, pás, enxadões, alavancas, cortadeiras;

**d) solo de moledo ou cascalho:** material que apresenta alguma resistência ao desagregamento, constituído de arenitos compactos, rocha em adiantado estado de decomposição, seixo rolado ou irregular, matacões, "pedras-bola" até 25 cm. Escavado com picaretas, cunhas, alavancas;

**e) solo de rocha branda:** material com agregação natural de grãos minerais, ligados mediante forças coesivas permanentes, apresentando grande resistência à escavação manual, constituído de rocha alterada, "pedras-bola" com diâmetro acima de 25 cm, matacões, folhelhos com ocorrência contínua. Escavado com rompedores, picaretas, alavancas, cunhas, ponteiras, talhadeiras e, eventualmente, com uso de explosivos;

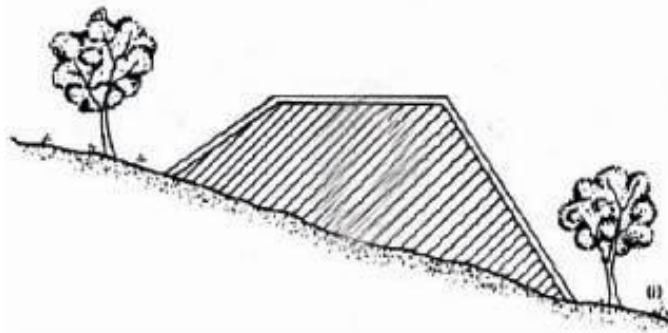
**f) solo de rocha dura:** material altamente coesivo, constituído de todos os tipos de rocha viva como granito, basalto, gnaise, etc. Escavado normalmente com uso de explosivos

## Tipos de Movimentação de Terra

**Cortes:** São segmentos onde a implantação da geometria projetada requer a escavação do material constituinte no terreno. As operações de corte compreendem a escavação propriamente dita, a carga, o transporte, a descarga e o espalhamento do material no destino final (aterro, bota-fora ou depósito)

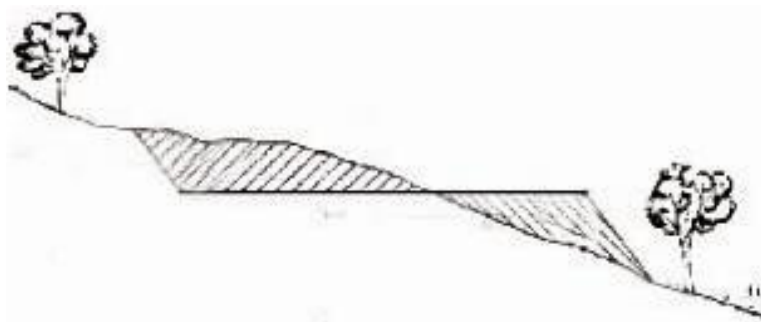


**Aterro:** Preparar o terreno a fim de obter uma configuração desejada, através da deposição de terra. Os aterros, quando necessários, devem ser realizados acompanhados dos serviços de compactação, ou seja, passar repetidas vezes os equipamentos nos locais aterrados.



**Secção mista:** Situação combinada de corte e aterro. Também exige a compactação e em pequenas áreas aterradas esta pode ser feita manualmente através de equipamentos, os chamados “sapos”, que podem ser rudimentares e fabricados em obras ou mecanizados.

Em determinadas situações, é possível que a terraplanagem seja basicamente de acerto na conformação do terreno, não envolvendo nem importação nem exportação de aterial. Para tanto, utiliza-se trator de esteira para fazer tal trabalho, não devendo a distância entre os centros geométricos dos volumes escavados e dos aterrados ser superior a 40,00 m. Caso esta distância ultrapasse os 40,00 m, recomenda-se a utilização de caminhões para realizar o transporte.



Além dessas operações básicas, outras de caráter mais restrito são também bastante comuns, em função das necessidades do processo construtivo, das características do terreno e do tipo de fundação a ser executada. Em alguns casos são necessárias outras operações, tais como: troca de solo, configuração de caminho de serviço (forração) e a execução de valas e trincheiras.

Poderá ser necessário no movimento de terra a retirada de matacões, isto é, fragmentos de rochas de grandes dimensões.



## Equipamentos Comumente Usados

Os serviços de Movimento de Terra podem ser executados por processos manuais ou mecânicos.

**Processos manuais:** utilizam a força humana, através de ferramentas e está restrito a pequenos movimentos de terra ( $100\text{m}^3$ ) ou a locais onde seja obrigatório, em vista de condições peculiares.

**Processos mecânicos:** para o movimento de terra utilizam-se basicamente duas máquinas distintas. Um equipamento que escava e carrega o material sobre um outro equipamento que o transporta até o local da descarga

**Pá-carregadora:** a lança não tem giro nem movimento vertical a não ser em torno do eixo transversal, podendo-se mudar a posição da caçamba para a descarga, por meio de articulações. As pás-carregadoras podem ser de roda ou de esteira

**Bobby-cat:** é uma pá-carregadora, porém, de pequeno porte e capacidade tendo, por outro lado grande versatilidade. É muito utilizada para retirada de terra de solos após executadas as lajes, pois devido ao seu tamanho tem fácil acesso em quaisquer locais

**Escavadeira:** é um equipamento que trabalha estacionado, isto é, sua estrutura portante se destina apenas a lhe permitir o deslocamento, sem contudo participar do ciclo de trabalho. As escavadeiras podem ser empregadas em trabalhos de escavação bastante diversos, dependendo do tipo de lança que é utilizado

## Alguns Tipos de Lanças

**Escavo – carregadeira:** a lança é instalada numa escavadeira convencional e se destina a escavar em taludes situados acima do nível do terreno em que a máquina se encontra

**Clamshell:** é constituída de duas partes níveis, comandadas por cabos que se podem abrir ou fechar como mandíbulas, possuindo superfícies de corte ou dentes

**Retro – escavadeira:** é um equipamento semelhante à escavo – carregadeira com a diferença de que a caçamba, ao contrário desta última, é voltado para baixo. A medida que a escavação prossegue a máquina vai se deslocando em marcha à ré.

**Unidades de transportes:** para o transporte de terra são utilizados caminhões basculantes de descarga traseira feita através de braços de levantamento de comando hidráulico.

## Estudos Preliminares

**Sondagem de terreno:** este tipo de dado que traz as camadas de solo as camadas de solo a serem atravessadas (tipos de solo e espessuras das camadas) e também a posição do nível d'água será importante para a definição do tipo de equipamento a ser utilizado bem como de plano de execução de terraplenagem.

**Controle da cota de fundo da escavação:** este tipo de controle poderá ser feito com a utilização de topografia (dispondo-se de teodolito) ou ainda de uma maneira mais rudimentar servindo-se de uma mangueira de nível com a ajuda de estacas auxiliares (pontaletes de madeira).



**Níveis da vizinhança:** caso não haja estruturas de contenção de vizinhança este será o ponto de partida para início dos taludes periféricos. Projeto de canteiro: compatibiliza a escavação no canteiro; exemplos: posição de rampa de acesso, recuo de início de escavação para possibilitar instalação dos alojamentos, sanitários.

**Grau de compactação:** é necessária a análise do grau de compactação do solo pois quando se corta um terreno, este perde a consistência inicial e aumenta de volume. A este fenômeno dá-se o nome de empolamento. Quanto maior o volume de terra retirado, por caminhão, maior a produtividade da máquina e consequentemente maior será o seu benefício.

## Providências Iniciais

Qualquer que seja a configuração do terreno, o movimento de terra deve ser precedido por uma fase que se denomina em geral de preparação do terreno.

**Desmatamento:** retirada da vegetação de grande porte. Pode ser feita com moto-serra ou, eventualmente, com processos mecânicos.

**Destocamento:** retirada dos troncos das árvores que foram cortadas. Pode ser feita manualmente ou através do fogo.

**Limpeza:** retirada da vegetação rasteira.

**Remoção da camada vegetal:** a camada do solo que pode ser considerada um banco genético, deve ser retirada particularmente, pois não pode ser utilizada em aterros

## Precauções em Aterros ou Reaterros

A terra a ser usada, pode ser da mesma origem ou de outra procedência, porém de boa qualidade, livre de matéria orgânica, dando-se preferência à argila-arenosa.

Os aterros e/ou reaterros, independentemente de área e volume, devem ser executados em camadas com espessura máxima de 20 cm de terra empolada.

Cada camada cobrirá uniformemente toda a área, após o que se iniciará a compactação. Esta compactação, camada por camada, será executada juntamente com o umedecimento total da terra. Este umedecimento não poderá provocar encharcamento ou lama.

Em locais junto a prédios vizinhos, muro de arrimo, cortinas de concreto ou taludes existentes, a compactação não poderá ser pelo processo de soquetes, por provocar fortes vibrações que ocasionarão abalos ou solapamentos nas estruturas próximas.

A terra não deve ser depositada sobre vegetação, principalmente em terrenos de forte declividade, visto que a vegetação passa a se constituir em objeto de separação entre o terreno natural e o aterro, o que é inconveniente. Nestes casos, para que o aterro não deslize, é necessário, além da capina, fazer pequenas escavações, que se constituem em verdadeiros degraus entre duas camadas.

Em geral, o aterro deve ficar com seu talude natural. Nas cidades, porém, isto é quase impossível, sendo indispensável construir um muro de arrimo, diminuindo assim, a declividade da terra



## **EMPOLAMENTO DE VOLUMES**

COEFICIENTE DE EMPOLAMENTO OU DE CONVERSÃO:

$$CA = \gamma_n / \gamma_a$$

Onde:  $\gamma_n$  é a massa específica aparente seca do material no estado natural;  
 $\gamma_a$  é a massa específica aparente seca do material compactado.

FATOR DE EMPOLAMENTO DE VOLUMES

• Geralmente os volumes de aterros devem ser corrigidos por um FATOR DE EMPOLAMENTO, sendo denominado VOLUME DE ATERRO CORRIGIDO.

O volume de aterro corrigido é obtido da seguinte forma:

$$FA = 1 / CA \text{ (1,05 a 1,4)}$$

Assim, o volume empolado de aterro, que equivale ao volume geométrico de escavação (do corte) necessário para a obtenção do aterro compactado será:

$$V_{cor} = FA \cdot VA$$

Onde: VA é o volume de aterro compactado.

Redução: É a redução de volume sofrida por um material por efeito de compactação de rolos, vibradores, etc., compactando o material em grau maior do que ele é encontrado em seu estado natural. Essa redução depende, naturalmente, do grau de compactação exigido e do material.