

# MÓDULO MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>CAPÍTULO 1 - EQUIPAMENTOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL .....</b>    | <b>2</b>  |
| 1.1. DEFINIÇÕES .....   | 2         |
| 1.2. CLASSIFICAÇÃO.....                                       | 2         |
| 1.3. POTÊNCIA DE UM MOTOR .....                               | 3         |
| 1.4 MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA.....                         | 4         |
| <b>CAPÍTULO 2 - PRODUÇÃO DE UM EQUIPAMENTO .....</b>          | <b>8</b>  |
| 2.1 EFICIÊNCIA DE TRABALHO .....                              | 8         |
| 2.2 TEMPO DE CICLO.....                                       | 9         |
| <b>CAPÍTULO 3 - GESTÃO DE EQUIPAMENTOS.....</b>               | <b>11</b> |
| <b>CAPÍTULO 4 - MÁQUINAS TRATORAS.....</b>                    | <b>13</b> |
| 4.1 TRATORES DE ESTEIRA.....                                  | 13        |
| 4.2. TRATORES DE RODAS .....                                  | 14        |
| <b>CAPÍTULO 5 - EQUIPAMENTOS DE ESCAVAÇÃO .....</b>           | <b>16</b> |
| 5.1. EQUIPAMENTO ESCAVADOR DESLOCADOR .....                   | 16        |
| 5.2 EQUIPAMENTO ESCAVADOR TRANSPORTADOR .....                 | 20        |
| 5.3. EQUIPAMENTO NIVELADOR (NIVELADORAS) .....                | 26        |
| 5.4. EQUIPAMENTO ESCAVADOR ELEVADOR (ESCAVADEIRAS) .....      | 28        |
| 5.5. EQUIPAMENTO ESCAVADOR CARREGADOR (PÁ CARREGADEIRA) ..... | 36        |
| <b>CAPÍTULO 6 - ESCARIFICADORES .....</b>                     | <b>40</b> |
| <b>CAPÍTULO 7 - EQUIPAMENTOS DE COMPACTAÇÃO .....</b>         | <b>42</b> |
| 7.1. INTRODUÇÃO .....   | 42        |
| <b>CAPÍTULO 8 - CAMINHÕES COMUNS .....</b>                    | <b>52</b> |

# CAPÍTULO 1 - EQUIPAMENTOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

## 1.1. DEFINIÇÕES

**Máquina:** é todo o aparelho que pode produzir um movimento ou por em ação uma forma de energia;

**Implemento:** é qualquer conjunto que complete uma máquina para a execução de um serviço específico;

**Equipamento:** máquina ou agrupamento formado por duas ou mais máquinas ou máquina(s) e implemento(s) destinado(s) à execução de um determinado serviço;

**Acessório:** peça ou conjunto de peças, não essencial à operação do equipamento e que contribui para ao maior conforto segurança ou rendimento operacional do mesmo;

**Ferramenta de ataque:** conjunto de peças que entram em contato direto com o material trabalhado, na execução de um serviço específico;

**Peça:** parte ou elemento unitário de máquina, de implemento, ferramenta de ataque ou acessório;

**Conjunto:** agrupamento integrado de peças com função específica;

**Instrumento:** aparelho de medição e/ou controle;

**Sistema:** agrupamento de conjuntos para fins específicos.

Observação: as definições acima foram extraídas da terminologia brasileira TB -51.

## 1.2. CLASSIFICAÇÃO

Quanto a sua finalidade, a máquina e o equipamento destinado a construção civil, pode ser classificado em dois grupos: **motriz** e **operatriz**.

**Máquina motriz:** é toda a máquina que produz a energia necessária à produção do trabalho. Como exemplos, podem ser citados: o trator, o compressor de ar, o gerador elétrico e outros equipamentos.

**Equipamento operatriz:** é aquele que acionado pela máquina motriz possui implemento(s) que realiza(m) o serviço desejado.

De acordo como emprego, as máquinas e os equipamentos podem ser classificados da seguinte forma:

- Tratores;
- Equipamentos de escavação;
- Equipamentos de transporte;
- Equipamentos de compactação;
- Equipamentos de desagregação de solos;
- Equipamentos de esgotamento de líquidos;
- Equipamentos de fragmentação de rochas;
- Máquinas e equipamentos auxiliares.

### 1.3. POTÊNCIA DE UM MOTOR

Como definição, potência de um motor é o trabalho por ele realizado em um determinado intervalo de tempo.

No quadro abaixo são apresentadas as condições ambientais estabelecidas com padrão, na determinação de potências:

| Método/condições       | PMB - 749 | SAE JS 816 | DIN 6270  |
|------------------------|-----------|------------|-----------|
| Pressão atmosférica    | 736 mm Hg | 746 mm Hg  | 736 mm Hg |
| Temperatura do ar      | 20° C     | 29° C      | 20° C     |
| Umidade relativa do ar | 60%       | 64%        | 60%       |

**Potência máxima do motor:** (*maximum engine horse power*) é a potência máxima que um motor básico é capaz de produzir em condições ambientais adotadas com padrão.

**Potência líquida do motor:** (*net horse power*) é a potência que um motor instalado em uma máquina pode produzir, nas condições normais de trabalho e ambientais adotadas como padrão, estando deduzida a potência absorvida pelos acessórios.

**Potência ao freio:** (*brake horse power*) é a potência desenvolvida no eixo motor (volante), nas condições ambientais adotadas como padrão, determinada pelo freio de Prony ou outro dispositivo similar de prova. É conhecida também, como **Potência Efetiva**.

Se na determinação da potência ao freio forem consideradas as perdas causadas pelos acessórios normais do motor é obtida a **Potência Líquida**.

**Potência na barra de tração:** (*drawbar horse power*) fornece a potência disponível na barra de tração dos equipamentos que possuem movimento de deslocamento próprio.

**Máxima potência efetiva líquida (ABNT):** deve ser entendida como a maior potência disponível na tomada de potência (volante), para a produção dos

componentes necessários ao seu funcionamento autônomo, conforme a sua aplicação.

**Potência efetiva máxima (ABNT):** deve ser entendida com a maior potência bruta do motor básico, de série, com apenas os componentes essenciais a sua operação.

**Potência disponível:** é a potência que um equipamento tem para execução de trabalho e corresponde a potência que se dispõe na barra de tração.

**Potência necessária:** é, como o nome indica, a potência necessária para a execução de um serviço. Os principais fatores que determinam esta potência são: resistência ao rolamento e resistência de rampa.

**Potência útil:** é a potência que vai ser absorvida, efetivamente, na execução de um trabalho. Deve ser verificada em função de fatores tais, como: aderência ao terreno e altitude de trabalho.

## 1.4 MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

**Motor:** denomina-se o motor ou a máquina motriz, a todo o aparelho destinado a transformar uma energia de certa espécie em energia mecânica.

Os motores que transformam energia calorífica em energia mecânica são chamados de motores ou máquinas térmicas.

Classificação dos motores térmicos:

a) Motores de combustão externa

a.1. Máquinas a vapor;

a.2. Turbinas a vapor.

b) Motores de combustão interna

b.1. Motores de combustão interna, propriamente ditos;

b.2. Motores a explosão;

b.3. Turbinas a gás;

b.4. Motores a reação.

**Motores de combustão externa:** aproveitam o vapor da água como fonte de energia secundária. A primária vem do calor necessário ao aquecimento da água e conseqüente produção do vapor.

**Motores de combustão interna:** são aqueles que utilizam a combustão rápida ou gradual de um combustível como processo de produção de energia mecânica.

**Motores de combustão interna, propriamente ditos:** (tipo diesel) nesses motores o combustível é pulverizado sob grandes pressões dentro da câmara de combustão, onde entra em ignição ao ficar em contato com o ar comprimido que atingiu elevada temperatura.

**Motores a explosão:** (tipo a gasolina ou álcool etanol) nesses motores a mistura (ar + combustível) é, moderadamente, levada a compressão e é inflamada por uma faísca elétrica, de uma forma rápida ou explosiva.

Os motores à diesel e à gasolina (ou álcool etanol) são assemelhados no seu formato externo, em peças como êmbolos, bielas, árvores de manivela e em outras partes. Em ambos os tipos de motores, a pressão que resulta da ignição do combustível com o ar, atuando na parte superior do êmbolo, provoca seu deslocamento de uma posição extrema superior (ponto morto superior ou PMS) até outra posição extrema inferior (ponto morto inferior ou PMI).

Esse movimento transmite uma força ao pino do êmbolo e este à biela e esta à árvore de manivelas.

A diferença básica entre os motores de combustão interna (diesel) e os motores a explosão (gasolina e álcool etanol) reside na forma com que o ar é introduzido para o interior da câmara de combustão no tempo de admissão. Nos motores tipo diesel, somente o ar é admitido nesse tempo e nos motores a explosão é admitida uma mistura de ar e combustível.

### Taxa de compressão

A relação entre o volume total da câmara de combustão, quando o êmbolo encontra-se no **PMI** e o volume da câmara ao ficar o êmbolo no **PMS**, fornece a taxa de compressão.

Nos motores a gasolina a taxa de compressão é igual ou inferior a **8:1** e nos motores a diesel pode estar com as taxas entre **16:1** a **22:1**.

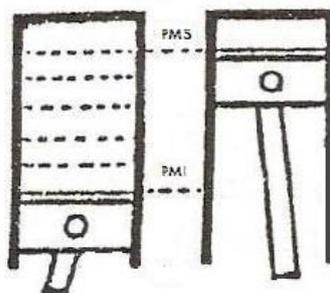


Figura 3 – Corte esquemático do pistão

Nos motores a álcool etanol a taxa de compressão é superior a de motores a gasolina, tendo em vista ser o álcool menos detonante que a gasolina.

### Exemplo numérico:

Qual é a taxa de compressão de um motor a gasolina, sabendo-se que o êmbolo se acha no ponto morto inferior, o volume da câmara é de 6 000 cm<sup>3</sup> e quando o êmbolo atinge o ponto morto superior o volume da câmara se reduz para 1 000 cm<sup>3</sup>.

Resposta: 6 000 : 1 000 = **6:1**

## Elementos essenciais de um motor

No desenho em corte de um motor a gasolina podem ser vistos os seus elementos essenciais, a saber:

**Cilindro:** situado no corpo do bloco, pode ser usinado no próprio bloco ou ser inserido nele (camisa removível). Apresenta o cilindro uma superfície interna finamente acabada, lisa e sua seção transversal é perfeitamente circular.

**Êmbolo e anéis:** o êmbolo é alojado no interior do cilindro e possui entalhes onde são alojados anéis de aço que têm duas finalidades básicas.

Primeira: evitar a fuga dos gases produzidos no tempo motor (anéis de compressão).

Segunda: impedir a penetração do óleo lubrificante no interior da câmara de combustão (anéis de óleo).

Outras denominações dadas ao êmbolo: **pistão e pistom**.

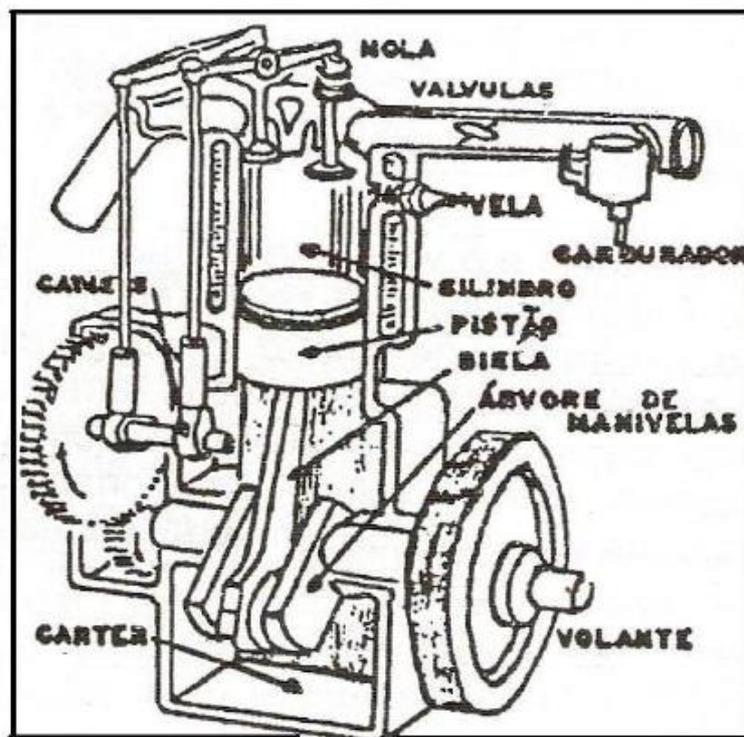


Figura 4 – Desenho, em corte, de um motor a gasolina

**Biela:** a biela estabelece a ligação entre o êmbolo e a árvore de manivelas, permitindo que o êmbolo execute um movimento alternado.

**Árvore de manivelas:** (também chamada de virabrequim e girabrequim), peça que recebe a força de pressão do tempo motor pela biela e transforma o movimento de alternado em circular.

**Volante:** regulariza o movimento circular da árvore de manivelas, absorvendo a energia cinética.

**Hastes válvulas:** forçadas pelo eixo comando (eixo de ressaltos), abrem as válvulas de admissão e exaustão em instantes sincronizados.

**Eixo comando:** (eixo de válvulas ou eixo de ressaltos), é ligado a árvore de manivelas através de engrenagens (ou correntes ou ainda através de correias dentadas de borracha). Cada ressalto do eixo comando aciona uma válvula por intermédio de uma haste e um balancim.

**Molas de válvulas:** pressionam as válvulas contra suas sedes, para proporcionar o fechamento da câmara de combustão.

**Cabeçote:** não faz parte integrante do bloco, porém é a ele ligado por intermédio de parafusos e porcas. A vedação entre peças, bloco e cabeçote é feita com a chamada “junta do cabeçote”.

**Cárter do motor:** é um compartimento metálico que torna estanque a parte inferior do bloco, sendo usado como reservatório de óleo lubrificante do motor.

**Bloco do motor:** é a peça na qual são montadas as demais, formando assim o conjunto do motor.

Poderiam ser citados ainda os condutos de entrada de ar e os de saída de gases, o sistema de lubrificação, o sistema de refrigeração, no motor a gasolina o sistema de ignição e carburação; nos motores diesel o sistema de alimentação, composto pela bomba injetora e bicos injetores.

**Cilindrada de um motor:** é o volume em centímetros cúbicos deslocado por um êmbolo (do PMI ao PMS), multiplicado pelo número de cilindros de que dispões este motor.

Exemplo: se um motor de quatro cilindros desloca um volume de 450 cm<sup>3</sup> em cada cilindro, esse motor tem uma cilindrada correspondente a 1.800 cm<sup>3</sup> e vulgarmente é conhecido como um motor **1.8**.

A comparação de cilindradas entre motores é uma forma de comparação de potências porquanto a maior cilindrada corresponde, em geral, a uma maior potência.

## CAPÍTULO 2 - PRODUÇÃO DE UM EQUIPAMENTO

A produção horária de um equipamento de escavação, na maioria dos casos é a simples relação entre o volume de material (em metros cúbicos) que ele movimentar em uma hora de trabalho.

A produção horária pode ser assim expressa:

$$P_{ht} = C \cdot n_c$$

O número de ciclos de trabalho por sua vez, pode ser obtido dividindo-se o tempo de uma hora (60 minutos), pelo de ciclo de trabalho em minutos.

$$n_c = \frac{60}{T}$$

A fórmula da produção horária assume a seguinte composição:

$$P_{ht} = \frac{60 \cdot C}{T}$$

Fatores que podem ser considerados:

- a) Empolamento e compactação dos materiais do solo;
- b) Resistência ao rolamento;
- c) Resistência de rampa;
- d) Altitude (geográfica) do local de trabalho;
- e) Fator de eficiência do equipamento;
- f) Componentes do tempo de ciclo.

### 2.1 EFICIÊNCIA DE TRABALHO

**Eficiência de trabalho**, também conhecida como “**fator de eficiência**” é representada pela notação **E**.

Se não houvesse perda de tempo na jornada diária de trabalho, a eficiência seria de cem por cento (100 %) e o valor do fator E, alcançaria a unidade (1,0).

Esse valor só é obtido em casos excepcionais. Em uma hora de trabalho diário devem ser descontados os minutos perdidos por razões tais, como:

- a) Espera de unidades auxiliares;
- b) Pequenos reparos mecânicos e a manutenção preventiva;
- c) Breves pausas causadas pela fadiga do operador;
- d) Recebimento ou transmissão de instruções.

$$E = \frac{\text{Número médio de minutos de trabalho em uma hora}}{60 \text{ minutos}}$$

Um valor de **E**, igual a 0,75, exemplificando, que é considerado um valor médio, equivale a trabalhar, efetivamente, 45 minutos em 60 minutos de uma hora.

## 2.2 TEMPO DE CICLO

Tempo de ciclo de um equipamento é o intervalo de tempo necessário para a execução de uma operação completa de uma série de operações repetitivas. O tempo de ciclo pode ser decomposto em duas parcelas denominadas de **tempo fixo** e **tempo variável**.

- **Tempo fixo:** é o necessário para que um equipamento possa carregar (ou ser carregado), descarregar, fazer a volta, parar e iniciar um novo ciclo, tempo esse mais ou menos igual em um dado serviço;

- **Tempo variável:** é o necessário para que um equipamento se locomova do local de carregamento, até o local onde efetua a descarga e retorne ao local de carregamento.

Os tempos fixos podem ser obtidos de tabelas fornecidas pelos fabricantes de equipamentos, tabelas que indicam os tempos gastos em condições normais de trabalho.

É aconselhável determinar o tempo variável com maior precisão no campo, registrando os tempos, efetivamente, gastos pelos equipamentos, em condições reais de serviço.

### Notações:

- Tempo de ciclo.....**T**;
- Tempo fixo..... **t<sub>f</sub>**;
- Tempo variável.....**t<sub>v</sub>**.

$$\mathbf{T = t_f + t_v}$$

Obtenção do tempo variável em função da velocidade de deslocamento **v** e a distância média de transporte para um determinado percurso **AB**.

$$\mathbf{v = \frac{e}{t} \text{ e } t = \frac{e}{v}}$$

Sendo:

- **t** (tempo) em horas, porém **t = t<sub>v</sub>**;
- **e** (distância) em km;
- **v** (velocidade) em km/h.

Para obter no trecho AB, o tempo  $t_v$  em minutos, continuando a velocidade de deslocamento ser expressa em km/h, o numerador da expressão deve ser multiplicado por 60 minutos:

$$t_v = \frac{60 \cdot e}{v}$$

É conveniente trabalhar com a distância de transporte no trecho AB, em metros, ( $e = d$ ), para isso multiplica-se o denominador por 1 000,0 metros, redundando a expressão em:

$$t_v = \frac{60 \cdot d}{1000 \cdot v} \text{ ou } t_v = 0,06 \cdot \frac{d}{v}$$

Um circuito de trabalho é percorrido pelo equipamento com velocidade variável nos diversos trechos (AB, BC, CD, ..., MN), isto devido a rampas, declives, curvas, tipos de pistas, condições do terreno e outras.

## CAPÍTULO 3 - GESTÃO DE EQUIPAMENTOS

Há três processos básicos de gerir o equipamento numa empresa:

- a) o sistema de gestão pelo Diretor da obra;
- b) o sistema de gestão por um serviço especializado de equipamento;
- c) o sistema misto.

Nos parágrafos seguintes veremos as vantagens e inconvenientes de cada um dos sistemas.

### a) Gestão pelo Diretor da obra

A aquisição, manutenção, uso e aluguer estão exclusivamente a cargo do Diretor da obra. É aplicável em grandes empreendimentos e a única solução para Empresas de pequena dimensão.

#### Vantagens

- Não há encargos com a exploração de um parque central de máquinas.
- A seleção do equipamento é feita em função das características específicas de cada obra a efetuar.
- O equipamento é, em princípio, bem cuidado (condições de uso e manutenção) já que no fim da obra terá que ser avaliado (para recuperar parte do investimento feito) e há todo o interesse em obter um valor alto (logo uma depreciação mínima).

#### Inconvenientes

- Há desperdícios de economia de escala uma vez que não se considera a continuidade de trabalho e, portanto, não se aproveitam as informações de um planeamento a longo prazo.
- Em princípio não há reservas para imprevistos (apenas se compra o indispensável).
- Dado o número escasso de equipamentos torna-se economicamente inviável a montagem, em estaleiro, de uma oficina especializada pelo que é difícil a manutenção e reparação dos equipamentos.

### b) Gestão por um serviço de equipamento especializado

O equipamento utilizado por todas as obras de uma empresa é gerido por um departamento central especializado.

## Vantagens

- As que correspondem aos inconvenientes do sistema de gestão pelo Diretor da obra (possibilidade de obter economias de escala decorrentes de uma planificação a prazo; existência de equipamento de reserva; manutenção e reparações feitas por oficinas especializadas).
- Permite a realização de estudos técnico-económicos cuidadosos (através de uma contabilidade de custos e controlo de resultados) sobre a utilização de equipamentos em alternativa.
- Aquisição de equipamento especializado caso se preveja um grau de utilização suficiente.
- Inconvenientes
- As que correspondem às vantagens de gestão pelo Diretor da obra (custos de exploração de sector específico altos; negligências na optimização das necessidades do conjunto das várias obras, sobrepondo o interesse do sector específico ao da Empresa; desleixo nas condições de uso e manutenção por parte dos Diretores da obra em virtude de os equipamentos não serem de sua responsabilidade direta).
- Custos de transporte entre o parque central e cada uma das obras elevados.

### c) Gestão por um sistema misto

Neste sistema os equipamentos são geridos pelo Departamento Central sempre que não estão afetos a uma obra ou estão em revisão na sede. Os equipamentos são alugados pelo Serviço Central às obras.

Nas obras, o Diretor de Obra encarrega-se da sua manutenção e operação, recorrendo a serviços externos ou ao Departamento Central da Empresa tendo em conta os melhores preços. É este o modo usual de operação seguido pelas médias e grandes empresas portuguesas.

### Vantagens e inconvenientes.

- Dadas as características do sistema ele procura aproveitar as vantagens e minimizar os inconvenientes dos outros dois.

## **CAPÍTULO 4 - MÁQUINAS TRATORAS**

### **4.1 TRATORES DE ESTEIRA**

Trator é a máquina automotora especialmente construída para empurrar outra(s) máquina(s) e/ou acionar implemento(s) a ela adaptado(s), podendo ser:

- a) De esteiras – trator que se movimenta por meio de esteiras;
- b) De roda – trator que se movimenta sobre rodas, podendo ter chassis rígido ou articulado;
- c) De tração combinada – trator que se movimenta sobre rodas e esteiras, podendo ter chassis rígido ou articulado.

Observação: definições de acordo com a TB – 51.

A característica mais importante dos tratores de esteiras é a própria esteira.

A esteira em si é constituída pelo conjunto de pinos, buchas, elos e sapatas.

Esse conjunto é fechado através de um pino mestre que possui a característica de ser removível em relação aos outros pinos que são fixados com maior pressão.

A esteira se desloca no mesmo sentido do movimento do trator, de forma a proporcionar um trilho para a roda guia e roletes. Assemelha-se este movimento ao deslocamento de uma locomotiva sobre uma cremalheira.

O trator possui uma roda dentada (motriz) que se engrena nas buchas da esteira proporcionando a força de tração que impele os roletes a se deslocarem sobre os elos fixos das sapatas.

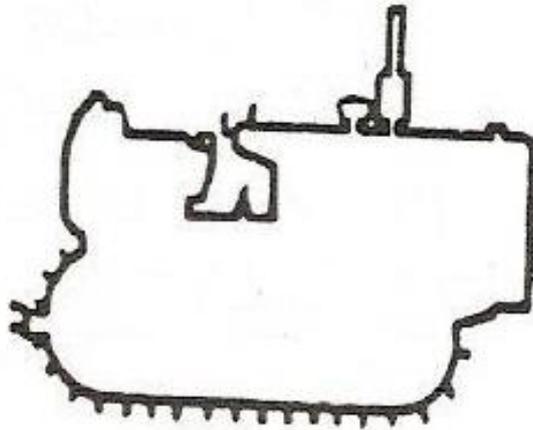
As sapatas normais (standard) dos tratores são dimensionadas para distribuir ao solo uma pressão de 0,5 kgf/cm<sup>2</sup>, referente ao peso total do trator.

Vantagens do trator de esteiras:

- Maior capacidade de tração em terrenos pouco aderentes;
- trabalha em qualquer condição topográfica;
- Prescinde de pistas ou estradas para trabalhar;
- Opera em terrenos de baixo suporte;
- tem grande versatilidade de uso.

Desvantagens:

- Possui pequena velocidade de trabalho;
- Não pode ser usado para deslocamentos longos;
- Exige cuidados especiais ao se deslocar em superfícies acabadas ou duras.



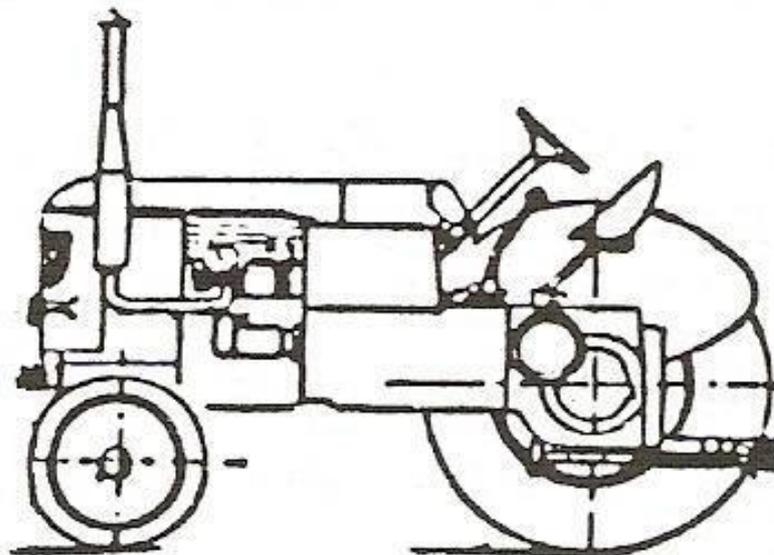
**Figura 21 – Trator de esteiras**

Emprego dos tratores de esteiras

Os tratores de esteiras são indicados para os trabalhos seguintes:

- a) Gerais de reboque;
- b) Como unidades de tração de equipamentos de escavação que operam em velocidades baixas e em rampas fortes, em terrenos pouco consistentes;
- c) Como unidade escavadora quando dotado de lâmina frontal;
- d) Como unidade carregadora, em terrenos impróprios para máquinas sobre rodas, quando dotado de concha frontal;
- e) De tração de escarificadores e rolos de compactação.

#### **4.2. TRATORES DE RODAS**



## **Trator de rodas**

### Vantagens:

- Fácil manobra, condução e operação;
- Tem boas velocidades de deslocamento em estradas e superfícies regularizadas, alcançando velocidade de 40 km/h;
- Podem ser usados para longos deslocamentos

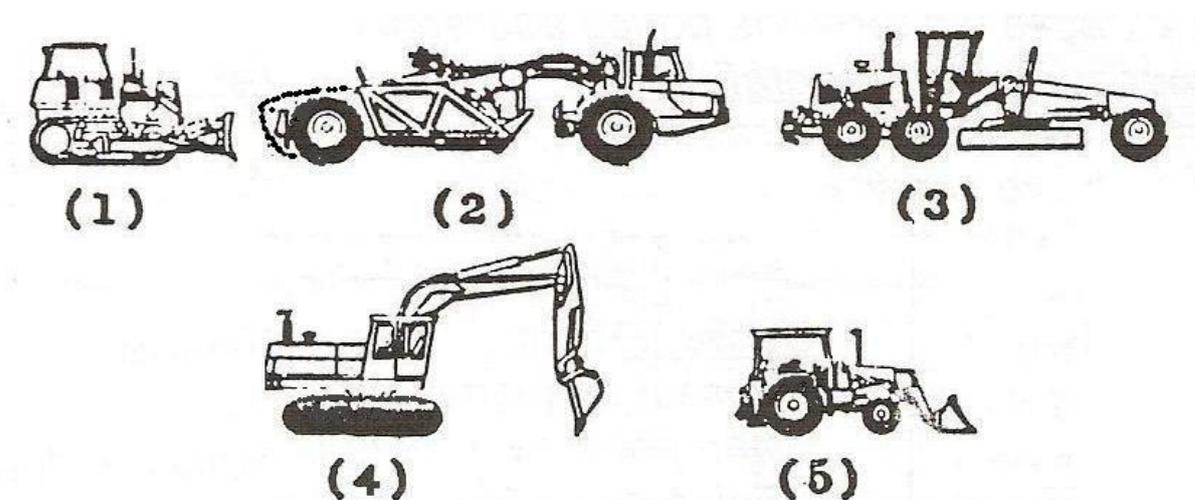
### Desvantagens:

- Necessitam de pistas regularizadas;
- Os terrenos devem estar secos para sua operação;
- Possuem pouca aderência em terrenos argilosos.

## CAPÍTULO 5 - EQUIPAMENTOS DE ESCAVAÇÃO

Os equipamentos de escavação podem ser subdivididos nos seguintes grupos, em função do tipo de serviço de escavação a que se destinam;

- 1) Equipamento escavador deslocador;
- 2) Equipamento escavador transportador (“scraper”);
- 3) Equipamento nivelador;
- 4) Equipamento escavador elevador;
- 5) Equipamento escavador carregador.



Equipamentos de escavação

### 5.1. EQUIPAMENTO ESCAVADOR DESLOCADOR

São equipamentos que executam inúmeros serviços em obras de escavação, constituindo-se na base fundamental da mecanização na terraplenagem.

Em função do tipo de lâmina esses equipamentos escavadores podem ser subdivididos em tratores com lâmina:

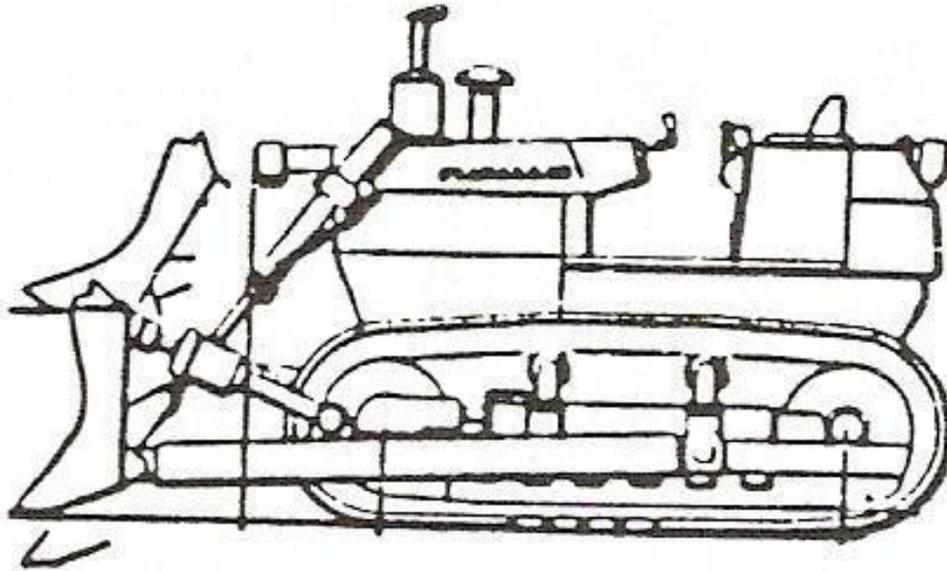
- a) Reta;
- b) Angulada;
- c) Ajustável;
- d) Inclínável.

#### Trator com lâmina reta

Tem esse equipamento outras denominações, como: **trator de lâmina reta**, ou **trator de “queixo duro”**. (“bulldozer”).

A lâmina tem apenas dois movimentos, um de elevação e outro de abaixamento, ambos executados através de cilindros hidráulicos.

É o equipamento indicado para escavação e transporte dos materiais em linha reta, desmonte de materiais e rochas pouco duras, deslocamento de blocos de pedra.



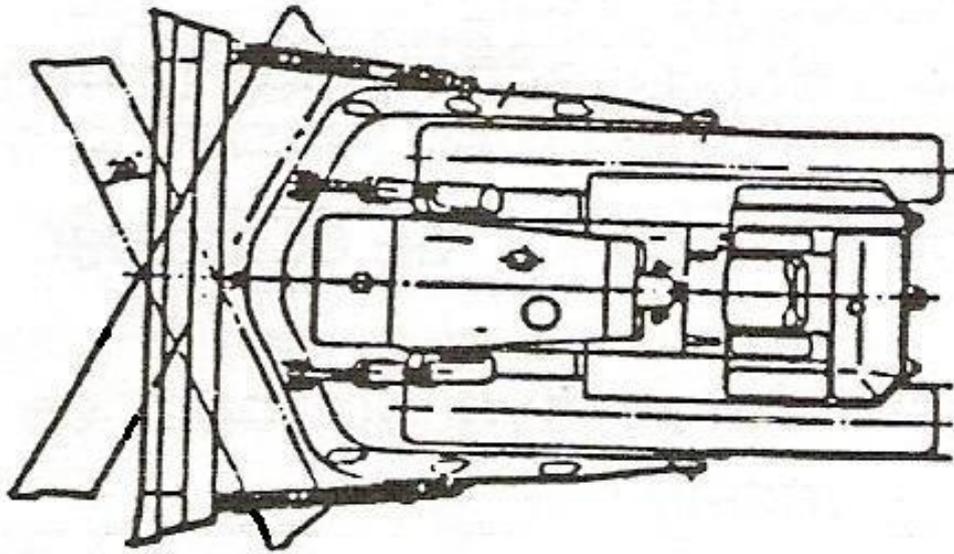
Trator de lâmina reta

Observação: “**bulldozer**” é a denominação em língua inglesa; **buldozer** é a denominação adotada para o Brasil pela ABNT, na TB-51.

### **Trator com lâmina angulada**

Outras designações atribuídas a esse equipamento: **trator de lâmina oblíqua**, “**angledozer**”. A diferença está no sistema de suporte da lâmina o qual permite, além dos movimentos de elevação e abaixamento, o posicionamento da lâmina de forma perpendicular (reta) ou formando ângulos com o eixo longitudinal do trator (O usual é de até 25°, à esquerda ou à direita).

Uma lâmina do tipo angulável, comparada com a do “bulldozer”, apresenta menor altura, porém tem maior comprimento.



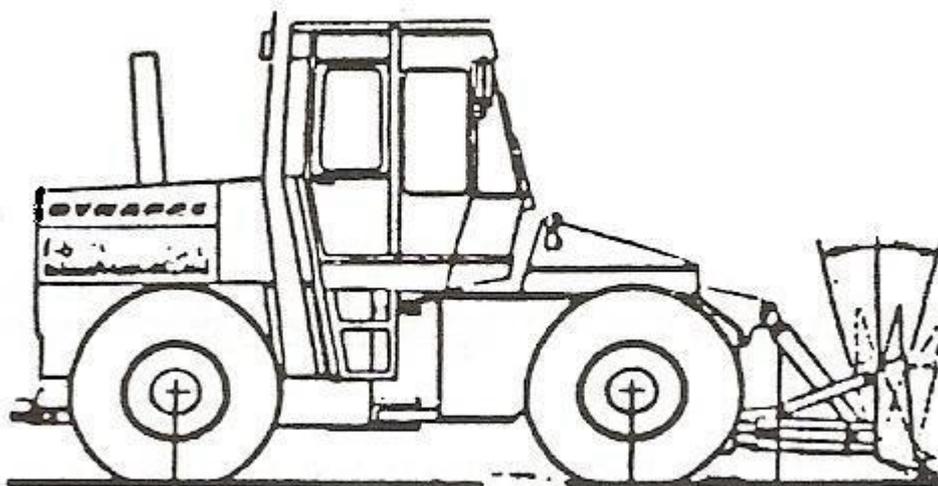
Trator com lâmina angulável

### Trator com lâmina ajustável

Também chamado de **tipedozer** (“tipdozer”).

A lâmina poderá ser movida e fixada em uma nova posição em relação a um eixo horizontal, aumentando ou diminuindo o seu ângulo de ataque, em relação ao terreno.

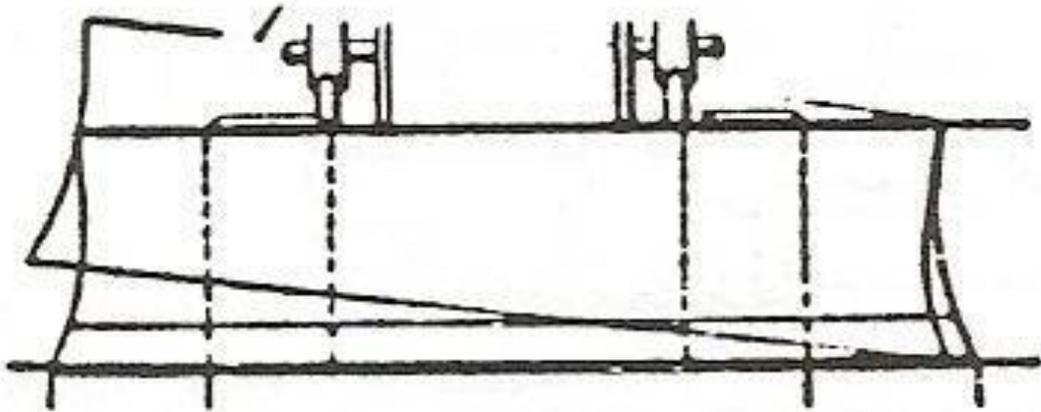
Essa montagem permite “rolar” a terra na frente da lâmina, com melhor aproveitamento no transporte do material.



Trator com lâmina ajustável

## Trator com lâmina inclinável

Também chamado de **tiltedozer** (“tiltdozer”), é outra forma de dar outra fixação para a lâmina em relação a um plano de apoio do conjunto de esteiras. O equipamento efetua com essa nova disposição, cortes a meia encosta e abertura de valetas.



Trator com lâmina inclinável

## Emprego dos tratores com lâmina frontal

- Abertura de caminhos de serviço e preparo da plataforma de rodagem para outros equipamentos;
  - Desmatamento, limpeza e destocamento;
  - Construção de aterros com empréstimo lateral a curtas distâncias e pouca altura;
  - Cortes com bota-fora, em terrenos com forte inclinação lateral ou longitudinal, cortes altos e com pequena extensão;
  - Cortes com pequena distância de transporte;
  - Regularização de terrenos (grosseiro nivelamento);
- Remoção de troncos ou blocos de pedra;  
Espalhamento de materiais depositados pelos caminhões basculantes e escreipers;  
Operação de tração como deslocador de escreipers.

O transporte de materiais de escavação, com os tratores com lâmina só é econômico até as seguintes distâncias máximas:

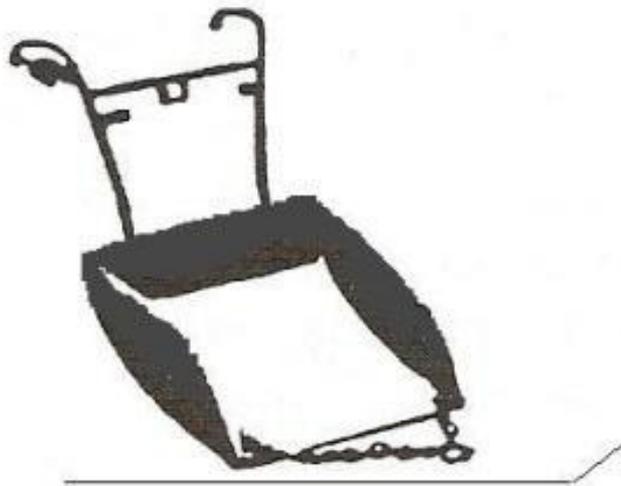
- **tratores de esteiras ..... 100 metros;**
- **tratores de rodas ..... 150 metros.**

Observações:

- 1) Existem outros tipos de lâminas para trabalhos específicos, como: remoção de neve; desmatamentos; empurramento de outros equipamentos (“pusher”).
- 2) Entre parênteses ( ), a denominação em inglês.

## 5.2 EQUIPAMENTO ESCAVADOR TRANSPORTADOR

É o equipamento capaz de executar a escavação do material, recolhe-lo em uma caçamba, efetuar o transporte desse material ao local conveniente e promover a sua descarga.



Pá de arrasto

A seguir foram utilizados os “cilindros escavadores de tração motorizada, usados para curtas distâncias, em torno de 35 metros e com capacidade de até 2 metros cúbicos.

Os escreipers atuais podem ser rebocados ou auto propulsados e são constituídos por uma caçamba, em cujo fundo, são fixadas lâminas cortantes responsáveis pela escavação do material.

Esse equipamento é responsável pela grande revolução dos serviços de escavação transporte descarga e espalhamento de materiais, pelo fato de executar todas essas operações com um único operador.

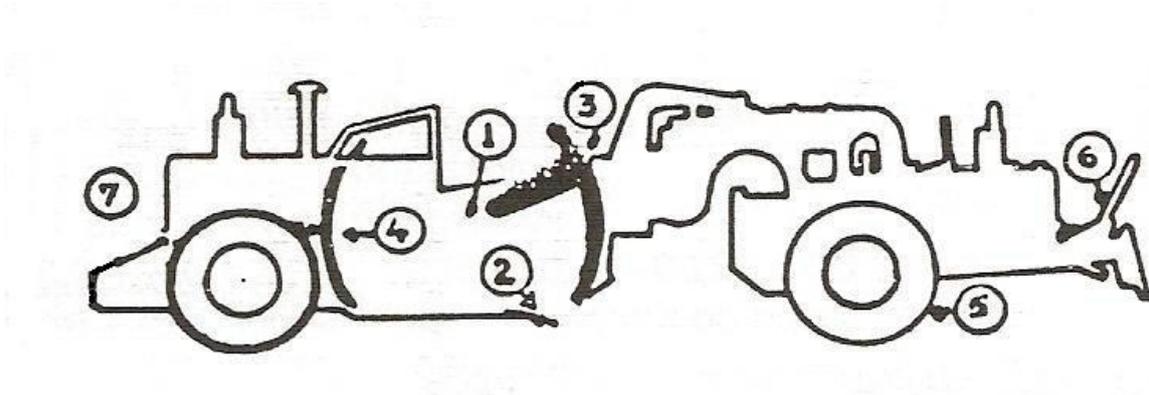
Vantagens:

- a) Economia de tempo na execução dos serviços;
- b) Baixo custo de operação;
- c) Simplicidade de operação;
- d) Elevada produção.

Desvantagens:

- a) Equipamento de grande porte;
- b) Custo elevado de aquisição;
- c) Custo elevado de manutenção;
- d) Somente apresentam vantagens financeiras se usados de forma contínua.

Partes principais de um moto-escreiper:



Motor-escreiper

- 1) Caçamba;
- 2) Lâmina;
- 3) Avental;
- 4) Ejetor;
- 5) Rodas;
- 6) Lâmina para tração;
- 7) Apoio para tração.

Caçamba: é o recipiente de recebimento e depósito do material escavado, composto pelo fundo e lados construídos em chapas de aço, podendo, através de comandos dados pelo operador, ser levantada ou abaixada e para o transporte do material e sua descarga, ficar levantada.

Lâminas: situadas na parte inferior da caçamba, são responsáveis pelo corte do material de escavação.

Avental: se constitui na parede dianteira da caçamba, tendo a particularidade de ser móvel.

Ejetor: é a parede traseira da caçamba, tem um movimento para frente ou para traz.

Rodas: com pneumáticos de grande diâmetro e grande área de contato com o solo, auxiliam na compactação do material durante a descarga.

Lâmina de auxílio para a tração: é uma lâmina reforçada e de tamanho reduzido que se destina a auxiliar no esforço de tração a outro moto-escreiper.

Apoio para a tração: é uma armação metálica de grande resistência que tem a finalidade de receber o esforço adicional de tração de outro trator ou de outro moto-escreiper.

O movimento da caçamba, avental e ejetor, dependendo do modelo do escreiper e do sistema adotado pelo fabricante, poderão ser acionados através de cabos de aço, êmbolos hidráulicos ou motores elétricos.

### Capacidades dos escreipers:

- a) **Nominal** ou **rasa**: indica o volume interno da caçamba;
- b) **Coroadada, máxima** ou **empolada**: é a designação do volume máximo que se pode colocar em um escreiper e transportar não havendo perdas no trajeto de transporte.

### Tipos de tração para escreipers:

a) **Trator de esteiras**: é um sistema ainda usado, devendo a distância de transporte ser compatível ao seu emprego. A distância máxima preconizada para tratores de esteiras corresponde a 300 metros.

b) **Trator de rodas pneumáticas**: Pode ser de duas e de quatro rodas. O trator de duas rodas é acoplado, diretamente, ao escreiper.

Os equipamentos escavadores carregadores tracionados pelos tratores de rodas operam, economicamente, até um **limite de 3 000 metros**.

### Formas de carregamento dos escreipers:

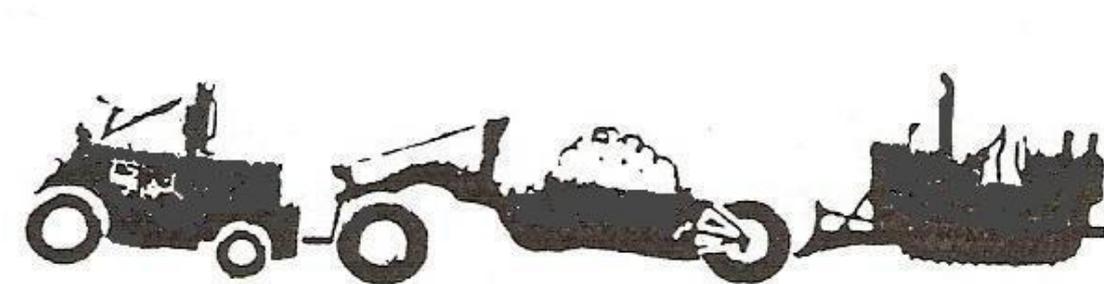
1) Carga pela tração de um trator de esteiras: nesse caso o equipamento por si só executa a escavação, a carga, o transporte e a descarga do material.



Escreiper tracionado por trator de esteiras

## 2) Carga com auxílio de outro trator:

Aplica-se ao escreiper que é tracionado pelo trator de rodas que não disponha de suficiente força de tração.



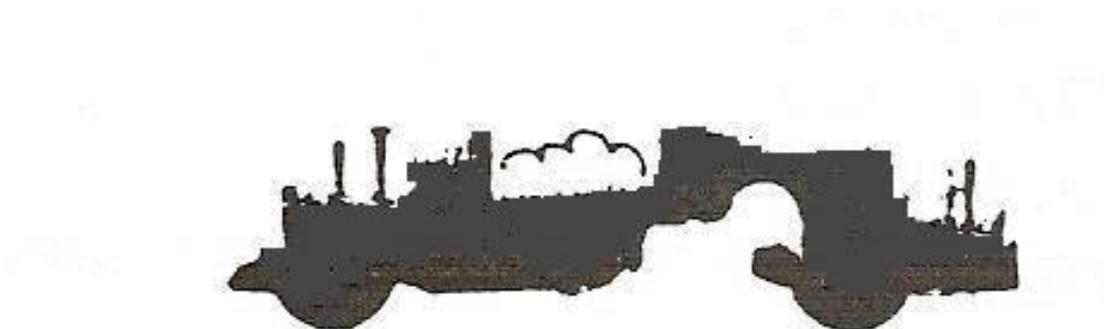
Carga com trator auxiliar

## 3) Moto-escreiper auto carregável:

É o equipamento que por inovações introduzidas pelos fabricantes carrega a caçamba sem necessidade de um trator auxiliar.

### 3.1) Moto-escreiper com dois motores:

Possui dois motores tendo todas as suas quatro rodas motoras com força de tração suficiente para efetuar o seu próprio carregamento.

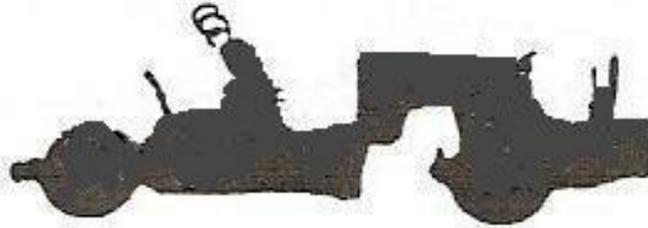


Moto-escreiper com dois motores

### 3.2) Moto-escreiper com esteira elevadora:

Nessas unidades a carga da caçamba é executada por uma esteira que eleva o material escavado lançando-o no interior da mesma.

# ELEVADORES



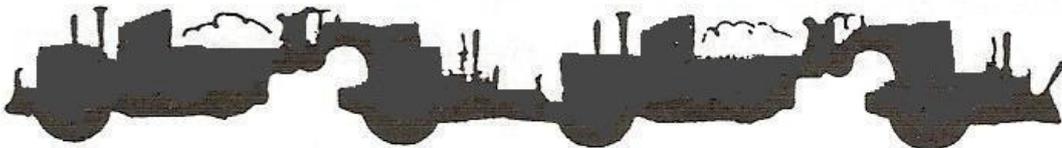
Moto-escreiper com esteira elevadora

### 3.3) Moto-escreiper com operação em “tandem”:

Denomina-se o trabalho em “tandem” quando os moto-escreipers forem adaptados com dispositivos de engate entre si, na fase de carregamento. Engatados, o primeiro moto-escreiper executa a escavação e o enchimento de sua caçamba auxiliado pela força de tração do outro. Completada a carga, passa a auxiliar com sua força de tração, na fase de escavação e carregamento do segundo.

Completado o carregamento dos dois, se faz o desengate e as unidades se dirigem, isoladamente, ao local de descarga.

## PUSH-PULL



Moto-escreipers em “tandem”

## Fórmula da Produção Horária

A produção horária do equipamento escavador transportador pode ser calculada pela expressão:

$$P_h = \frac{60 \cdot C \cdot E \cdot \varphi}{T}$$

Sendo:

$P_h$  = Produção horária em  $m^3$ , de material escavado;

$C$  = Capacidade nominal ou rasa do escreiper, em  $m^3$ ;

$E$  = Eficiência do trabalho. Usar:

$E = 0,8$  (trator de esteiras);

$E = 0,7$  (trator de rodas).

$\varphi$  = Fator corretivo para a obtenção do volume escavado obtido na Tabela VIII.

$T$  = Tempo de ciclo.

O fator  $\varphi$  leva em conta a compactação que o material escavado sofre ao se na caçamba. Esse valor multiplicado pelo **volume interno** da caçamba (ou **nominal**) fornece o volume, realmente, escavado.

Outra forma de obter o volume escavado (menos exata, no caso) poderia ser obtida pelo produto do volume empolado da caçamba com o fator  $f$ , porém não se está, então, considerando a compressão do material na caçamba.

Tempo de ciclo:  $T = t_f + t_v$

O tempo fixo ( $t_f$ ) pode ser obtido como segue:

$t_f = 2,5$  minutos, para  $C \leq 11,7 m^3$ ;

$t_f = 3,0$  minutos, para  $C \geq 11,7 m^3$ ;

$t_v = \sum 0,06 (d_n/v_n)$

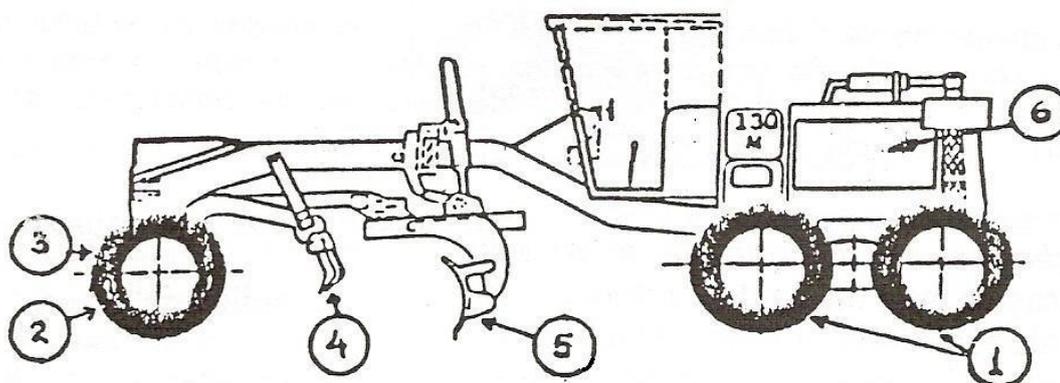
| TABELA VIII                    |                  |                         |
|--------------------------------|------------------|-------------------------|
| Fator de enchimento da caçamba |                  |                         |
| $\varphi = 0,95$               | $\varphi = 0,85$ | $\varphi = 0,75$        |
| Argila calcárea                | Argila           | Areia limpa             |
| Argila arenosa                 | Terra vegetal    | Pedregulho fino e solto |
| Terra negra                    | Rocha argilosa   | Argila úmida            |
| Terra comum compacta           |                  | Solo de dunas           |
|                                |                  | Pedregulho com argila   |

### 5.3. EQUIPAMENTO NIVELADOR (NIVELADORAS)

São máquinas equipadas com lâmina dotada de uma variada movimentação, pois pode ser levantada ou abaixada, girar em torno de um eixo e ter o movimento de translação provocado pelo deslocamento do seu conjunto.

Podem ser as niveladoras denominadas de:

- a) **Motoniveladora**, quando a unidade propulsora é parte integrante da máquina;
- b) **Niveladora rebocável**, quando a unidade propulsora não é parte integrante da máquina. (TB-51, 1978).



Motoniveladora – partes principais

#### Partes principais de uma motoniveladora:

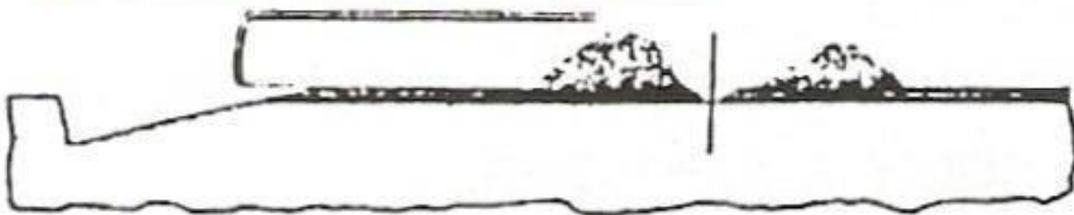
- 1) **Rodas motrizes:** geralmente em número de quatro e em “tandem”, proporcionam elevada tração e permitem ultrapassar desníveis;
- 2) **Eixo dianteiro arcado e oscilante:** permite excelente adaptabilidade das rodas dianteiras com as irregularidades da superfície do terreno devido à possibilidade de girar (oscilar) e ultrapassar sem tocar na leiva do material lançado sobre o solo;
- 3) **Rodas dianteiras inclináveis:** facilitam, com a inclinação, as manobras e contrapõe as forças inclinadas ao eixo longitudinal, quando a lâmina é utilizada em posição diferente da posição reta;
- 4) **Escarificador:** esse implemento permite uma desagregação do material do solo, muitas vezes necessária na recomposição de estradas de terra;
- 5) **Lâmina:** montada em um aro metálico giratório, pode assumir inúmeras posições de trabalho e tem um giro de 360°, no plano horizontal e um giro de até 90°, no plano vertical.

Um dos mais importantes serviços executados pelas motoniveladoras vem a ser o nivelamento de estradas de terra ou com um revestimento primário. Duas “passadas”, uma de cada lado, regularizam as valetas e o acostamento deixando duas leivas de material na pista.

Passadas 1 e 2 – Uma em cada lado da estrada



Passadas 3 e 4 – Uma em cada lado da estrada



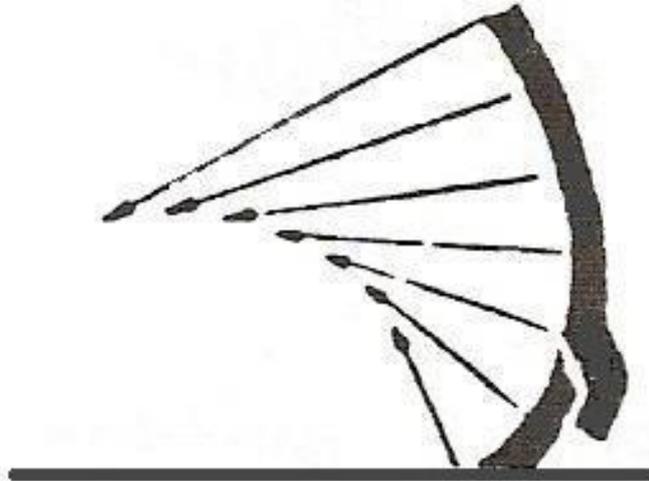
Passada 5 – Espalhamento das leivas para criar superfície alisada



Regularização de estradas de terra.

Observações:

- Além dos implementos normais adicionados com os já mencionados, existe outro que consiste em um conjunto de conchas que recolhem o material escavado, o elevam e o despejam de certa altura, sobre uma unidade de transporte. Neste caso a motoniveladora é chamada de niveladora elevadora ou “elevating grader”.
- A capacidade de escavação e a força de tração são muito dependentes do ângulo de ataque da lâmina em relação ao plano do terreno. O material escavado deve “rolar” em frente da lâmina, quando ela estiver devidamente regulada, para atender as pressões exercidas pelo material de escavação.



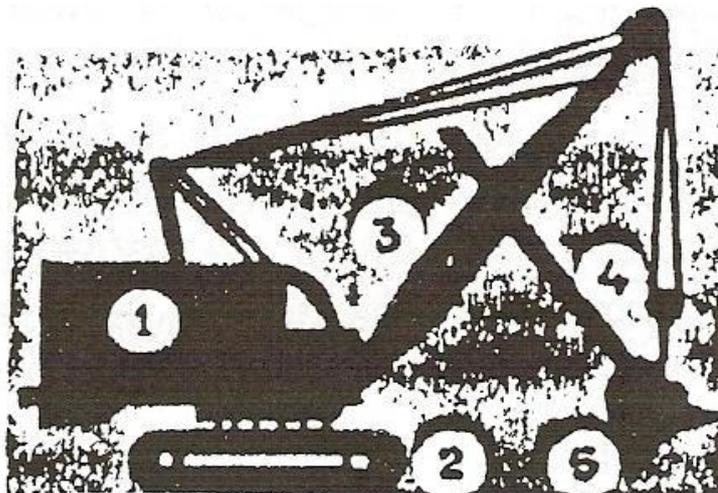
“Rolagem” do material na frente da lâmina

#### **5.4. EQUIPAMENTO ESCAVADOR ELEVADOR (ESCAVADEIRAS)**

As escavadeiras possuem a característica de executar a escavação com a máquina estacionada, isto é, sem se deslocarem na fase do carregamento de sua concha ou caçamba. Quando efetuam o carregamento de rochas, essas são desagregadas com explosivos. Neste caso a escavadeira, somente, movimenta o material.

##### **Partes principais de uma escavadeira:**

- 1) Cabine de comando;
- 2) Base;
- 3) Lança;
- 4) Braço;
- 5) Caçamba ou concha.



Partes de uma escavadeira.

As escavadeiras podem ser construídas, quanto á sua base de apoio, sobre:

- Esteiras;
- Rodas pneumáticas;
- Chassi ferroviário;
- Chassi rodoviário;
- Patins;
- Barcaças.

**Base de esteiras:**

Tem emprego em terrenos de baixa consistência. As esteiras possibilitam o deslocamento em rampas de ate 30 %. As escavadeiras de esteiras devem, na escavação, operar com a sua base em terreno plano devido a razões de segurança.

**Base de pneus:**

Utilizada em escavadeiras de porte relativamente pequeno. O equipamento não tem condições de operar em todo o tipo de terreno. Para dar maior segurança na fase de escavação e giro, tem a escavadeira, apoios de pés metálicos (sapatas) retráteis.

**Base sobre chassi ferroviário:**

Uso muito restrito e com limitação da área de trabalho.

**Base sobre chassi de caminhão:**

Para essa base são fabricadas escavadeiras de pequeno porte. Sua principal vantagem é a facilidade de deslocamento de uma frente de trabalho, para outra. Tem limitações de emprego em função do tipo de terreno, exigindo o uso de pés metálicos (sapatas) retráteis.

**Base sobre patins:**

Uso limitado para escavadeiras de porte descomunal (para serviços de mineração, por exemplo). Possui patins que permitem o posicionamento da escavadeira e o seu deslocamento no local da escavação.

**Base sobre barcaças:**

Tem o equipamento, facilidade de deslocamento em meio líquido. Utilizam caçambas de arraste (“drag-line”) ou mandíbulas (“clam-shell”).

**Lança:**

Estrutura metálica de comprimento variável conforme o tipo de escavadeira e fica apoiada sobre a plataforma da estrutura giratória, podendo ter um movimento de levantamento ou abaixamento, para o atendimento de condições de serviço. A lança sustenta o braço.

**Braço:**

Estrutura metálica que completa a escavadeira de caçamba frontal (“shovel”).

**Caçamba:**

É o recipiente que além de escavar o material, serve de depósito do mesmo, durante a manobra, até o seqüente descarregamento.

Embora não se tenha dado destaque à cabine de comando esta, como nome indica, contém os elementos de comando da escavadeira, assim como também o motor. O motor pode ser de combustão interna ou mesmo elétrico. A cabine de comando é montada em uma plataforma dotada de movimento de giro horizontal sobre a base.

**Tipos de escavadeiras:**

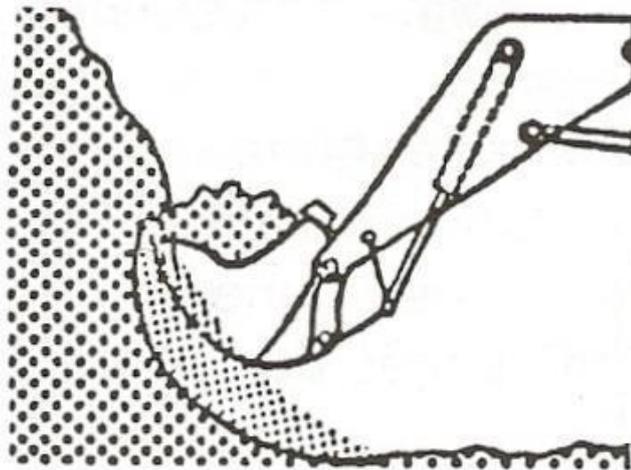
As escavadeiras, segundo a maneira de proceder a escavação e devido à forma construtiva do implemento escavador, podem ser agrupadas com segue:

- 1) Com caçamba frontal (“shovel”);
- 2) Com caçamba invertida (retro-escavadeira);
- 3) Com caçamba de arrasto (“drag-line”);
- 4) Com caçamba de mandíbula (“clam-shell”);
- 5) Com caçamba de articulação múltipla (“orange peel”);
- 6) Com caçamba de garra.

**Escavadeira com caçamba frontal (“shovel”):**

É uma máquina automotora ou estacionária, provida de lança articulada, (também chamada de torre, em algumas publicações), com braço igualmente articulado, tendo na sua extremidade uma caçamba de fundo móvel. A combinação do movimento da lança e do braço giratório, permite que a escavação se faça no sentido de baixo para cima e para frente e que a caçamba seja levantada. O giro da lança permite que a caçamba seja deslocada no plano horizontal para uma posição de descarga que é executada com a abertura do fundo da caçamba.

O “shovel” é o equipamento ideal para ser empregado em “serviços pesados” devido à grande força de escavação obtida na borda cortante da caçamba e à segurança que possui, em seus movimentos.



Escavadeira com caçamba frontal (“shovel”)

**Ciclo de trabalho:**

Um ciclo de trabalho completo do “shovel” compreende as seguintes operações: escavação, giro, descarga e giro de retorno. Assim:

**Escavação:**

Na escavação o braço é movimentado à frente até a caçamba encontrar o talude a escavar.

A seguir a caçamba é elevada pelo braço, nessa operação é raspado o talude e o material assim escavado vai preenchendo o bojo da caçamba. O talude deve ter um metro e meio de altura, para que o preenchimento da caçamba se faça em uma única operação, isto para os equipamentos de pequeno e médio porte. Se o talude for baixo e não permitir o preenchimento da caçamba em uma única operação, o material será depositado ao pé do talude e reiniciada uma nova escavação.

**Giro:**

Ao ser completada a carga da caçamba, a escavadeira deve girar até o ponto de descarga do material. O ponto de descarga pode ser no terreno ao lado da escavadeira ou sobre unidades de transporte. Se em unidades de transporte, estas devem ser posicionadas de um modo que ofereçam um menor giro da lança.

**Descarga:**

A caçamba deve ser abaixada sobre o terreno (ou veículo de transporte) e através de um meio mecânico ou hidráulico é aberta a parte inferior da caçamba (fundo), para a descarga.

**Retorno:**

É a fase improdutiva, quanto menor o giro, menor será o tempo de retorno para o início de novo ciclo de trabalho.

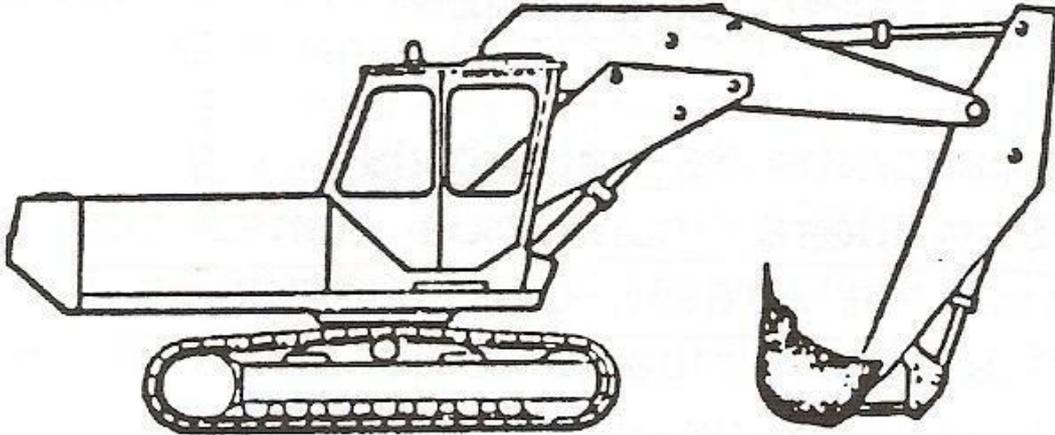
Observação: O “shovel” escava o material situado, de preferência, um pouco acima do nível de sua base e em certos casos, em um nível um pouco inferior. O carregamento das unidades de transporte pode ser feito em planos diferentes daquele em que operar o “shovel”.

**Empregos do “shovel”:**

- a) Escavação de taludes;
- b) Deslocamento, carregamento e descarga de blocos de rocha;
- c) Escavação em áreas restritas;
- d) Carregamento de unidades de transporte;
- e) Carregamento de bocas de alimentação de correias transportadoras;
- f) Formação de depósitos a céu aberto (montes) de materiais.

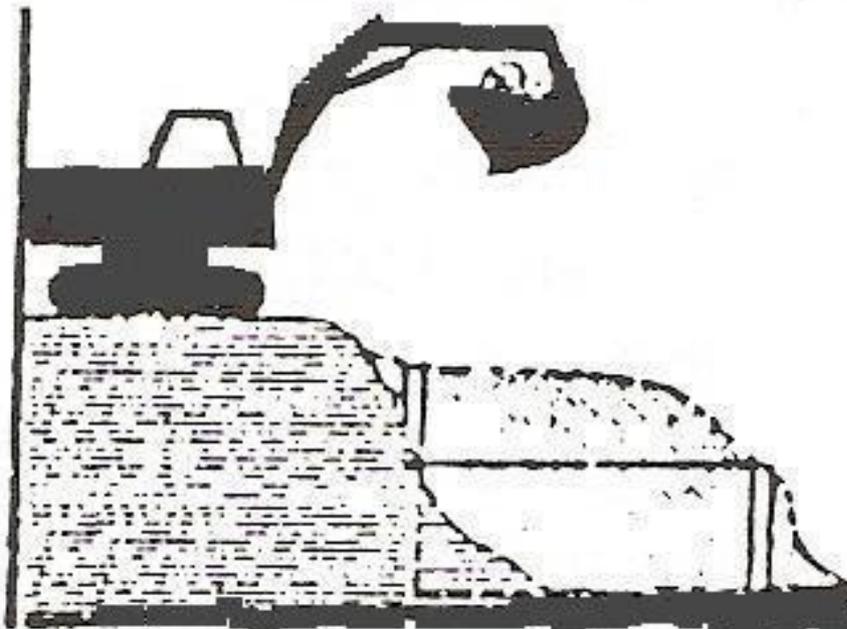
### **Escavadeira de caçamba invertida:**

Conhecida, também, com retro-escavadeira é equipada com implemento frontal, constituído de lança segmentada que articula na sua extremidade uma caçamba, em posição inversa à do “shovel”.



Escavadeira de caçamba invertida (retro-escavadeira)

Esse implemento tem sua maior eficiência quando escava em um nível inferior ao de apoio de sua base.

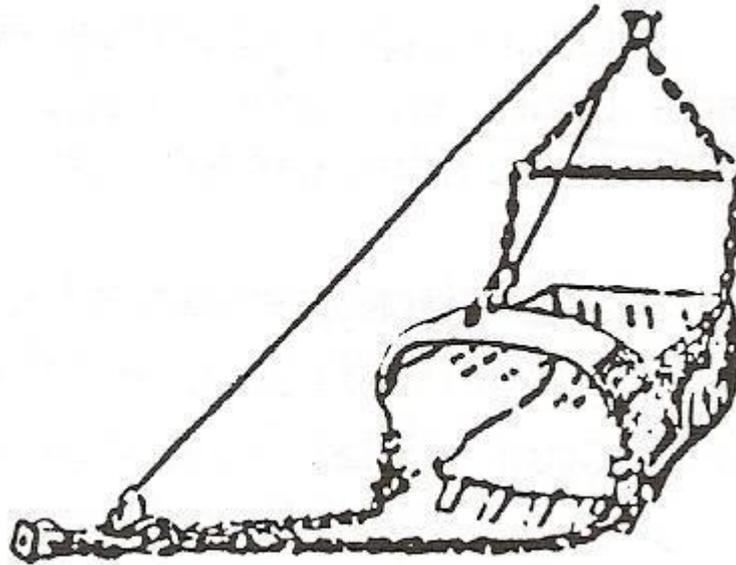


Operação em nível inferior ao da base

O funcionamento da retro-escavadeira é semelhante ao do “shovel”, diferindo quanto à descarga da caçamba. O carregamento é feito pela boca e a descarga é, igualmente, pela boca da caçamba.

### **Escavadeira com caçamba de arrasto (“drag-line”)**

As escavadeiras do tipo “drag-line” têm uma longa lança acoplada a polias e cabos de aço que arrastam a caçamba (pá de arrasto) sobre o material que está sendo escavado. Quando cheia a caçamba, esta é levantada e girada no ar até o ponto de descarga. Nesse ponto, pela ação de um cabo de controle, a caçamba é invertida, ficando com sua boca para baixo, despejando assim do seu interior, o material.



Caçamba ou pá de arrasto

#### **Emprego da escavadeira com caçamba de arrasto:**

- a) Desmonte de capas de jazidas e pedreiras;
- b) Abertura de valas e canais;
- c) Desobstrução de rios;
- d) Extração de areia e pedregulho de cavas.

#### **Vantagens:**

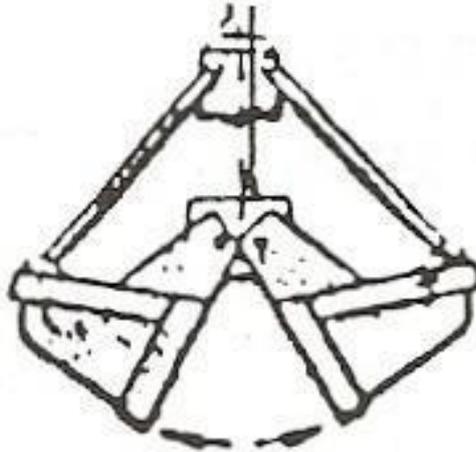
- Escava em níveis bem inferiores em relação ao plano de apoio de sua base;
- Escava e deposita o material a uma distância longa (30 a 75 metros) em função do comprimento da lança;
- Deposita, caso se queira, em montes de altura elevada.

#### **Desvantagens:**

- A superfície escavada não fica com bom acabamento;
- Apresenta dificuldades de descarga em unidades de transporte;
- Tem risco de tombar, se for mal posicionada;
- Apresenta dificuldade de locomoção.

### **Escavadeira com caçamba de mandíbula (“clam-shell”)**

Esse tipo de escavadeira é semelhante à escavadeira com caçamba com pá de arrasto, diferenciando-se pelo tipo de caçamba e pelo seu modo de operação. Escava pelo impacto de queda da caçamba sobre o solo e segura a carga com o fechamento de suas mandíbulas. Depois, a caçamba é levantada e deslocada ao ponto de descarga com giro da lança e com a abertura de suas mandíbulas, controlada por cabos de aço, se procede a descarga.



Caçamba de mandíbula ou “clam-shell”

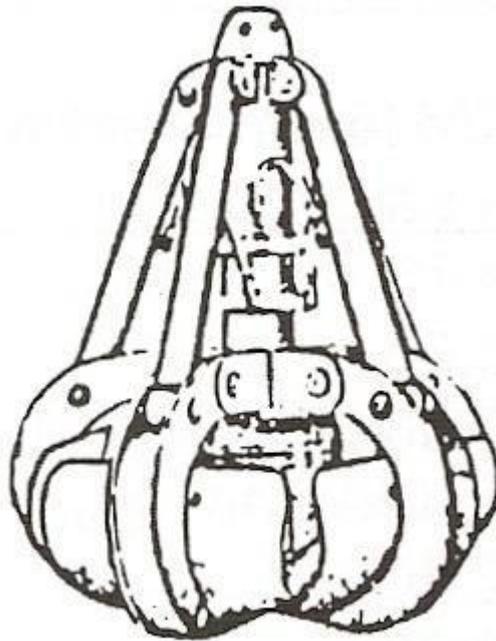
#### **Emprego:**

- Escavação em níveis inferiores ao nível de apoio de sua base;
- Escavação de fossos profundos e verticais;
- carregamento de materiais em unidades de transporte;
- Formação de depósitos a céu aberto;

Quanto às vantagens e desvantagens, podemos dizer que são idênticas às da escavadeira com pá de arrasto possuindo, porém, maior controle na posição de descarga. As escavadeiras “clam-shell” e “drag-line” são facilmente transformáveis em guindastes.

### **Escavadeira com caçamba de articulação múltipla**

É uma escavadeira semelhante às duas anteriores. Tem como diferença a caçamba que é dotada de dispositivos que permitem o movimento de abertura e fechamento de seus setores em forma de “gomos”, justificando assim a designação inglesa de “orange peel” (casca de laranja).

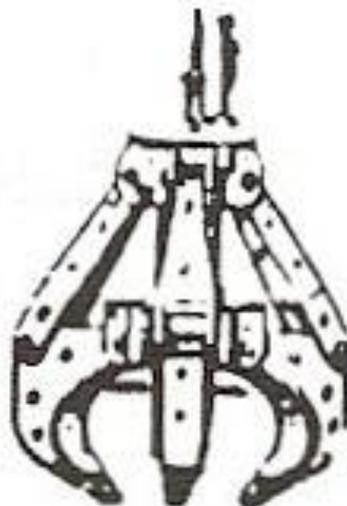


Caçamba com dispositivo tipo “Orange peel”

### **Escavadeira com caçamba de garras**

O implemento colocado em lugar da caçamba de articulação múltipla é formado por elementos articulados metálicos que se fecham como um torquês.

Esse equipamento tem aplicação quando se quer retirar blocos de pedra de rios, canais ou portos ou também para o manuseio de perfis e vigas metálicas de grande porte.



Implemento com garras

## **5.5. EQUIPAMENTO ESCAVADOR CARREGADOR (PÁ CARREGADEIRA)**

São constituídas pelos tratores de rodas ou esteiras equipados com caçamba frontal a qual é acionada através de um sistema de braços articulados. A caçamba permite a elevação do material nela depositado para um posterior despejo em unidades de transporte. Apresentam essas unidades, a característica de preencher a sua caçamba, com o deslocamento do trator.

### **Serviços executados pelas pás carregadeiras:**

- a) Escavação – limitado a pás de esteira. Se de rodas, todas devem possuir tração;
- b) Carga - corresponde ao preenchimento da caçamba;
- c) Transporte – máximo de 30 metros, para pá de esteira e 50 metros, para pá de rodas;
- d) Descarga – pela ação da gravidade, em unidades de transporte ou sobre o terreno.

Vantagens da pá carregadeira sobre rodas:

- a) Grande facilidade de deslocamento entre frentes de serviço;
- b) O tempo de ciclo é bem curto;
- c) Exige pouca regularização da pista de serviço;
- d) Opera em superfícies rochosas lisas e arenosas, com pouco desgaste dos pneus;

Desvantagens da pá carregadeira de pneus:

- a) Requerem terrenos firmes e planos, para operação;
- b) A pista de operação deve estar seca;
- c) Os pneus exigem mais atenção e manutenção que as esteiras.

Vantagens da pá carregadeira sobre esteiras:

- a) Opera em terrenos pouco consistentes;
- b) Possui maior aderência que os pneus, em terrenos lisos (argilosos);
- c) Tem maior poder de escavação.

Desvantagens da pá carregadeira sobre esteiras:

- a) As manobras são lentas;
- b) Tem elevado desgaste da parte rodante, quando opera em terrenos arenosos;
- c) Exige o uso de carretas, para deslocamento entre diferentes frentes de trabalho.

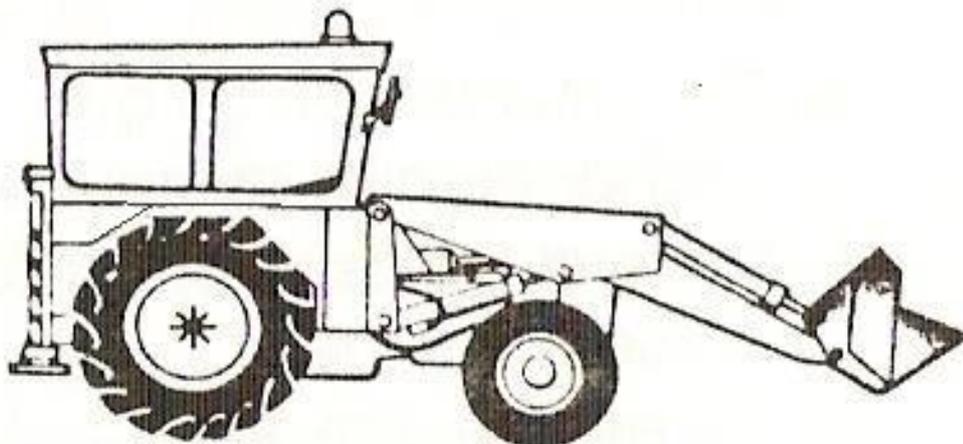
### **Classificação das pás carregadeiras:**

- 1) Pá carregadeira com tração em duas rodas;
- 2) Pá carregadeira de chassi rígido, com tração em 4 rodas;
- 3) Pá carregadeira articulada, com tração em 4 rodas;
- 4) Pá carregadeira de esteiras.

### **Pá carregadeira com tração em duas rodas**

A adição da caçamba articulada com os seus dispositivos de movimento em um trator do tipo agrícola transforma esse trator em uma pequena pá carregadeira.

Esse equipamento é muito versátil, ágil e de fácil operação. A força de tração desenvolvida por esses tratores não é suficiente para escavação de materiais duros. Eventualmente escava, caso o material esteja um pouco solto ou tenha sido, anteriormente, desagregado.



### **Pá carregadeira com tração em quatro rodas**

A pá carregadeira de chassi rígido e tração em quatro rodas, foi projetada e construída, para ser um equipamento de escavação e carregamento do tipo frontal. O chassi rígido de construção robusta permite o uso dessas pás carregadeiras em condições severas de serviço. A tração nas quatro rodas faz com que essas pás tenham capacidade de escavar diversos materiais do solo.

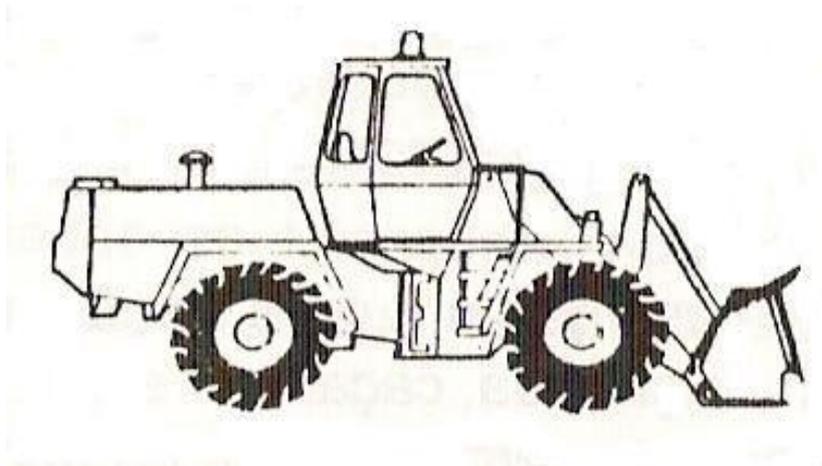
Para deslocamento da pá, de uma frente de serviço para outra, é possível desligar da transmissão, o movimento de tração de duas rodas.

Atualmente, a pá carregadeira de chassi rígido está sendo preterida nos serviços de escavação e carregamento, pela sua similar articulada, pelos motivos expostos no item seguinte.

### **Pá carregadeira articulada com tração nas quatro rodas**

Esse tipo de pá carregadeira representa uma evolução da pá rígida de tração nas quatro rodas. A diferença maior está na articulação de sua estrutura que se processa na parte central e entre os eixos das rodas.

A pá rígida tem o seu sistema de direção construído de uma forma semelhante a dos automóveis e dos caminhões. A pá articulada é manobrada através da sua articulação.



### **Pá carregadeira articulada com tração nas quatro rodas**

Comparando-se unidades iguais em capacidade de escavação, pode-se estabelecer a seguinte comparação entre os tipos de pá carregadeira:

Vantagens da pá carregadeira articulada, em relação a rígida

- a) Tem menor raio de giro e em conseqüência, necessita de menor área de manobra;
- b) Apresenta um menor desgaste dos pneus, devido ao menor arraste sobre o solo;
- c) Posiciona-se mais rápida e adequadamente em relação às unidades de transporte;
- d) Quando atolada, tem mais facilidade para desatolar, empregando a articulação.

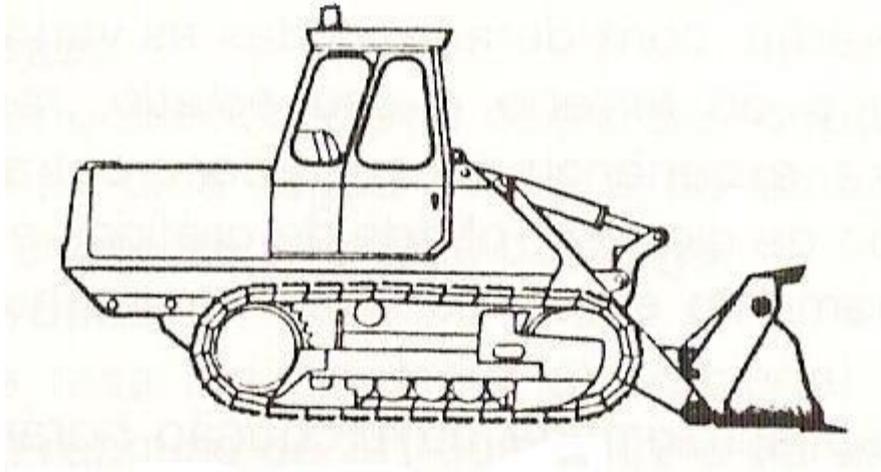
Desvantagens da pá carregadeira articulada, em relação a rígida

- a) Na máxima inflexão da articulação, tem menor área de base nos pontos de apoio (pneus). Isso resulta em maior facilidade para o tombamento em serviço.
- b) O sistema de direção articulada proporciona menor segurança, quando a operação é feita nas proximidades de pessoal em serviço.

### **Pá carregadeira de esteiras**

A pá carregadeira de esteiras apresenta maior capacidade de escavação em relação à de rodas, pela maior força de tração que possui. Em compensação apresenta reduzidas velocidades de trabalho. O sistema de tração de suas esteiras é semelhante ao dos tratores comuns com apenas uma grande diferença, quanto às sapatas. Na pá carregadeira, a sapata tem um maior número de garras, geralmente, três e de menor altura que as dos tratores de esteiras.

A diferença citada faz com que esta máquina não revolva tanto o solo como o faz aquela que tem garras mais altas.



## CAPÍTULO 6 - ESCARIFICADORES

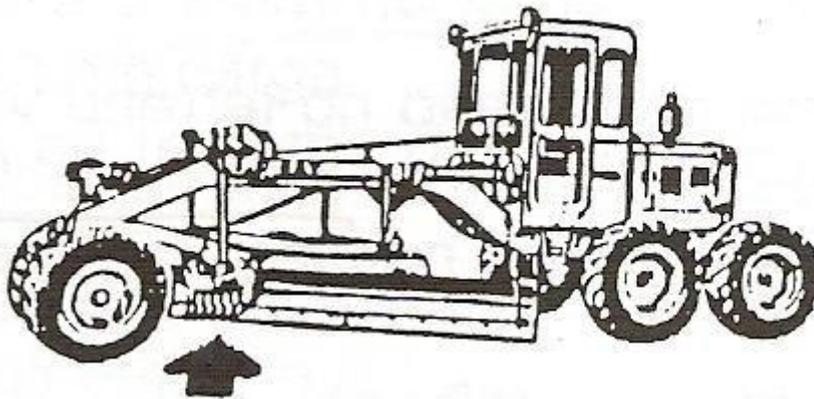
Para auxiliar a desagregação de terrenos e pavimentos, são utilizados equipamentos auxiliares de escavação como os escarificadores (“rooters”) ou de porte mais reforçado como os empregados na remoção de tocos de árvores (“rooters rippers”).

Os escarificadores são hastes de aço, dotadas de uma ponta substituível, também de aço, porém de maior dureza.

Essas hastes são cravadas no solo e arrastadas pela força de tração de um trator ou de uma motoniveladora.

Quanto aos tipos de escarificadores, estes podem ser classificados como: rebocados e acoplados à máquinas de tração.

Os escarificadores revolvem os terrenos onde os escreipers e pás carregadeiras irão proceder a movimentação do material do solo. Prestam-se ainda, para desagregar revestimentos de estradas ensaibradas ou macadamizadas, quando acoplados à motoniveladoras.



Motoniveladora com escarificador

Os mais reforçados escarificadores, são usados para o rompimento de concretos asfálticos, remoção de raízes e blocos de pedra.

### **Recomendações de interesse, quando são empregados os escarificadores:**

- a) Os custos dos serviços de escarificação devem ser sempre comparados com outros métodos de desagregação (devido a serem um pouco caros);
- b) A escarificação deve ser feita de preferência, em declive;
- c) As hastes devem ser colocadas em posições simétricas, em relação ao eixo longitudinal do escarificador;
- d) O número de hastes deve ser reduzido quando a escarificação se processa em terrenos muito duros;
- e) A altura de escarificação deve ser regulada conforme o terreno permitir;
- f) A escarificação deve ser feita contra os planos de sedimentação do terreno;

g) Uma escarificação feita em direções cruzadas tem maior poder de desagregação do terreno ou do pavimento.

# **CAPÍTULO 7 - EQUIPAMENTOS DE COMPACTAÇÃO**

## **7.1. INTRODUÇÃO**

A compactação consiste na maior aproximação e acomodamento dos grãos e partículas dos materiais constituintes dos solos ou de outros materiais de construção de pavimentos, obtida através de meios mecânicos.

### **Objetivos da compactação:**

- 1) Aumentar a capacidade de suporte do material do solo ou pavimento;
- 2) Aumentar a estabilidade do material compactado;
- 3) Aumentar a resistência do material ao intemperismo;
- 4) Aumentar a impermeabilidade do material do solo ou pavimento;
- 5) Dar acabamento superficial em alguns casos.

### **EQUIPAMENTOS UTILIZADOS**

#### a) Processo de compressão ou pressão:

- Rolos metálicos lisos de três rodas;
- Rolos metálicos lisos, tandem;
- Rolos pés de carneiro, rebocados;
- Rolos de grelha.

#### b) Processo de amassamento:

- Rolos de pneus, rebocáveis;
- Rolos de pneus, auto-propelidos;
- Rolos pés de carneiro, auto-propelidos.

#### c) Processo de impacto:

- Pilão;
- Placas de impacto;
- Soquetes de impacto (sapos mecânicos).

#### d) Processos de vibração:

- Rolos metálicos lisos, vibratórios;
- Rolos metálicos pés de carneiro, vibratórios.

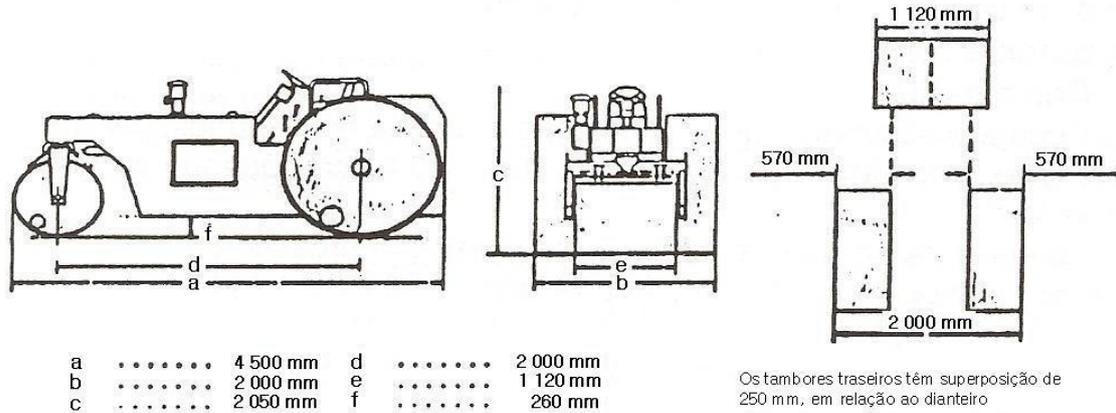
Descrição dos equipamentos mais utilizados:

#### **1) Rolo metálico liso de três rodas**

Como o nome indica, possui como rodas três cilindros metálicos, sendo dois traseiros de tração e um dianteiro de direção.

É empregado na compactação de macadame, saibros e britas nos serviços de revestimentos de estradas.

Os cilindros de compactação podem ser lastrados com água, areia úmida ou lastro concentrado, o que permite obter-se maior pressão de contato.



### Rolo compactador de três rodas

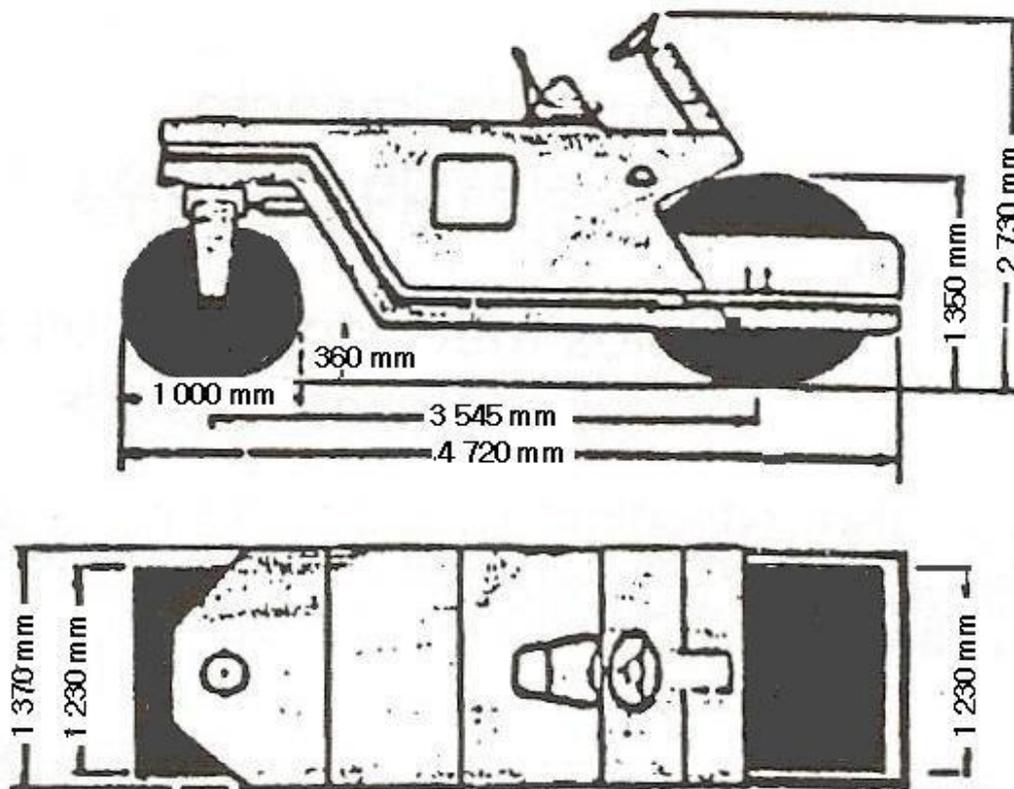
O cilindro da roda dianteira bipartida proporciona um melhor acabamento de superfícies compactadas quando o rolo executa movimentos em curvas.

### 2) Rolo metálico liso, em tandem

Esses rolos possuem dois cilindros, um dianteiro e um trazeiro, posicionados em tandem. O cilindro dianteiro costuma ser maior.

Os rolos tandem possuem raspadores nos cilindros, para a remoção de material aderente.

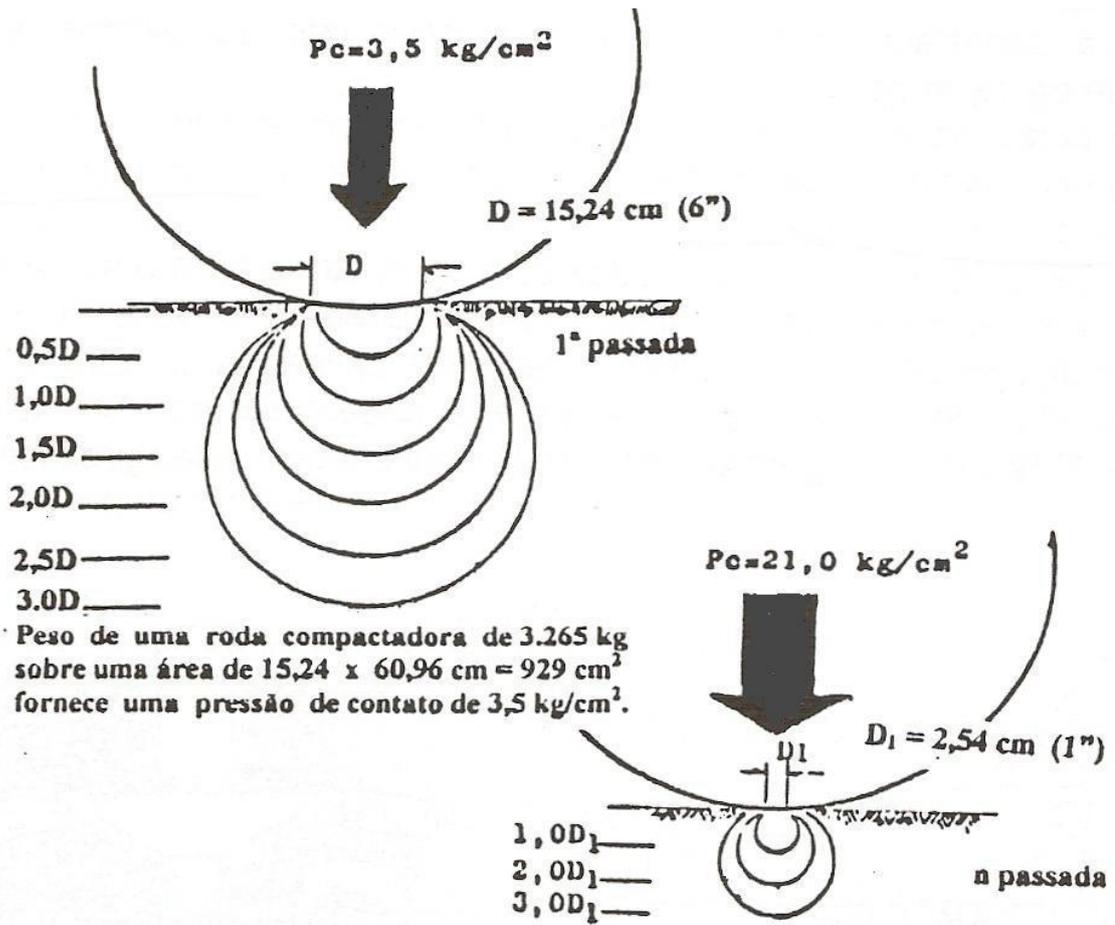
São os rolos tandem usados em serviços mais leves que os de três rodas. A Figura apresenta um rolo tandem de 6 400,0 kg, de peso operacional.



### Rolo de duas rodas, em tandem

Os rolos lisos metálicos comprimem o solo com uma pressão de contato elevada, porém as pressões exercidas no interior do solo ficam menores a medida que se afastam se sua superfície de contato.

Na Figura a seguir, procura-se explicar esse efeito, onde o cilindro de compactação de um rolo de três rodas tem as pressões sobre o solo determinadas na primeira “passada” e após  $n$  “passadas”.



Após n passadas quando  $D_1$  fica com 2,54 cm<sup>2</sup> a área de contato será 2,54 x 60,96 = 155 cm<sup>2</sup> e a pressão de contato = 21,0 kg/cm<sup>2</sup>.

| Pressão de contato<br>kg/cm <sup>2</sup> | Raio de atuação<br>(cm)  | Fator de influência | Pressão efetiva<br>kg/cm <sup>2</sup> |
|--|--------------------------|---------------------|---------------------------------------|
| 3,5                                      | 0,5D = 7,5               | 0,6                 | 2,1                                   |
|  | 1,0D = 15,0              | 0,3                 | 1,05                                  |
|  | 1,5D = 22,5              | 0,15                | 0,52                                  |
|  | 2,0D = 30,0              | 0,09                | 0,31                                  |
|  | 3,0D = 45,0              | 0,03                | 0,10                                  |
| 21,0                                     | 0,5D <sub>1</sub> = 1,25 | 0,6                 | 12,6                                  |
|  | 1,0D <sub>1</sub> = 2,50 | 0,3                 | 6,3                                   |
|  | 1,5D <sub>1</sub> = 3,77 | 0,15                | 3,15                                  |
|  | 2,0D <sub>1</sub> = 5,00 | 0,09                | 1,89                                  |
|  | 3,0D <sub>1</sub> = 7,50 | 0,03                | 0,63                                  |

Efeito de compactação, em função do número de passadas do cilindro

### 3) Rolos metálicos pés de carneiro

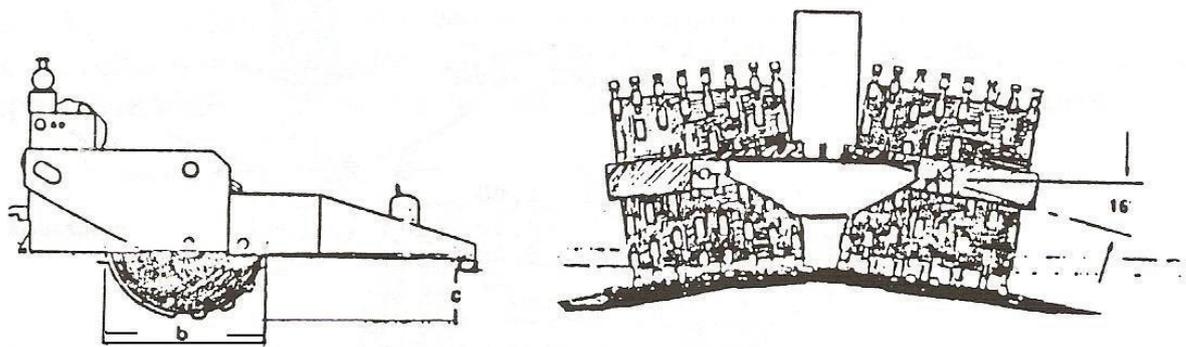
Os rolos pés de carneiro podem ser encontrados na forma de unidades compostas de um ou mais rolos, acoplados e rebocáveis ou ainda, na forma de rolos auto propelidos.

Os rolos pés de carneiro são empregados no adensamento de solos siltosos e argilosos, desenvolvem pressões de contato elevadas e servem ainda para fragmentar inúmeros materiais.

As patas dos rolos penetram no solo, profundamente a medida que compactam o solo a penetração diminui e em vista deste fato diz-se que a compactação procede de baixo para cima.

Os cilindros podem ser lastrados com água, areia ou sem aumento de peso.

Os rolos pés de carneiro tracionados podem ter os seus cilindros oscilantes, como é mostrado na Figura, para melhor distribuição das pressões sobre o solo.



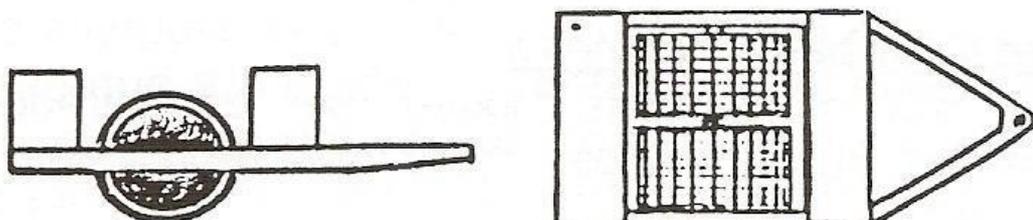
Rolo metálico pés de carneiro

### 4) Rolos de grelha

São rolos rebocados, possuindo a superfície do cilindro que entra em contato com o solo, a configuração de uma grelha.

Nos nódulos concentram-se pressões da ordem de 105,45 kgf/cm<sup>2</sup>, ou seja 1 500 psi (libras por polegada quadrada).

Esses rolos são pouco usados no Brasil e têm emprego na fragmentação de rochas e rompimento de pavimentos de fraco suporte.



Rolo de grelha

## 5) Rolos de pneus

São equipamentos de compactação que apresentam uma grande versatilidade de aplicações, como sejam: compactações de aterros, bases de estadas, bases de aeroportos, alisamento de misturas betuminosas aplicadas à quente ou à frio.

Classificação de rolos de pneus:

a) Quanto à propulsão

- rebocados;
- Auto-propelidos.

b) Quanto ao peso

- Leves (até 13 t);
- Médios (de 23 a 25 t);
- Pesados (de 25 a 50 t).

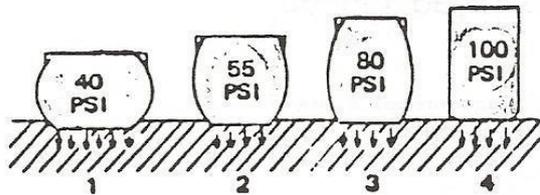
c) Quanto ao número de rodas

- Leves, com 9, 11 ou 13 rodas;
- Médios, com 4, 7, 9 ou 11 rodas;
- Pesados, com 4 rodas.

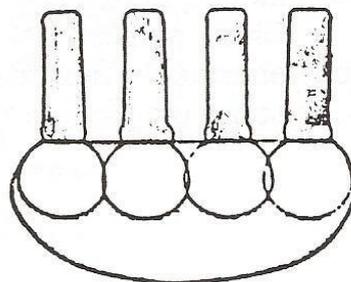
A determinação da pressão de contato se faz pela relação entre a carga aplicada ao solo pelo pneu e sua área de contato, considerada como circular e com o diâmetro igual à largura do pneu. (A área, na realidade, é ovalada).

Nos compactadores de rodas pneumáticas, se for aumentada a pressão interna, fica diminuída a largura de impressão e como consequência aumentará a pressão de contato.

A compactação com pneus se faz pelo amassamento e pela interação dos bulbos de pressão de rodas contíguas, conforme mostra a Figura.

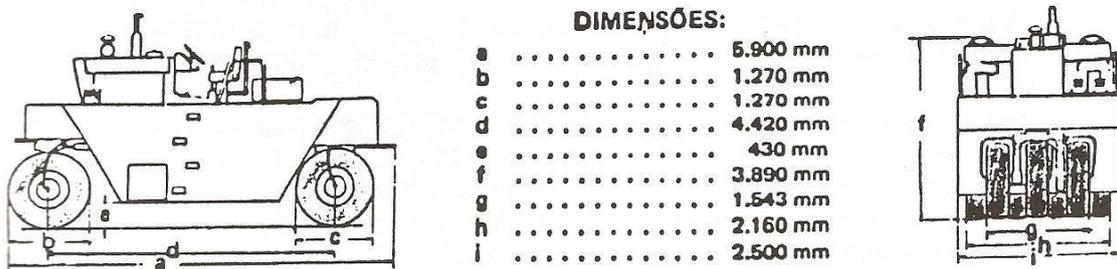


Compactação de capas asfálticas



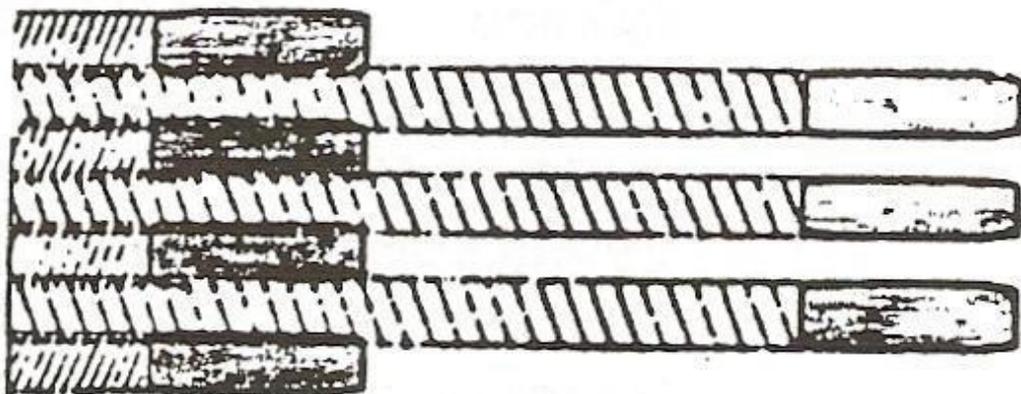
Interação de bulbos de pressão

A Figura abaixo permite visualizar um rolo de pneus do tipo médio, auto-propelido (ou autopropulsado) com de sete rodas.



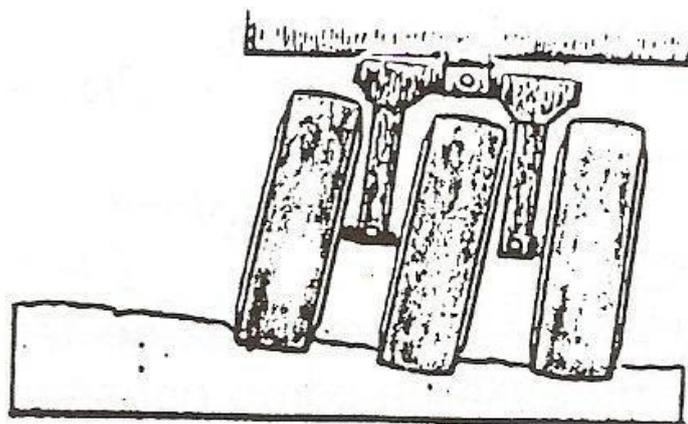
Rolo de pneus, autopropulsão com sete rodas

O rolo de pneus tem uma superposição de faixas compactadas pelos pneus, como mostra a figura.



Superposição das faixas de compactação

Para que a compactação se faça pelo amassamento e de uma forma eficiente, as rodas devem estar sempre em contato com o solo, tendo eixos que permitem sua oscilação, como pode ser visto na Figura.

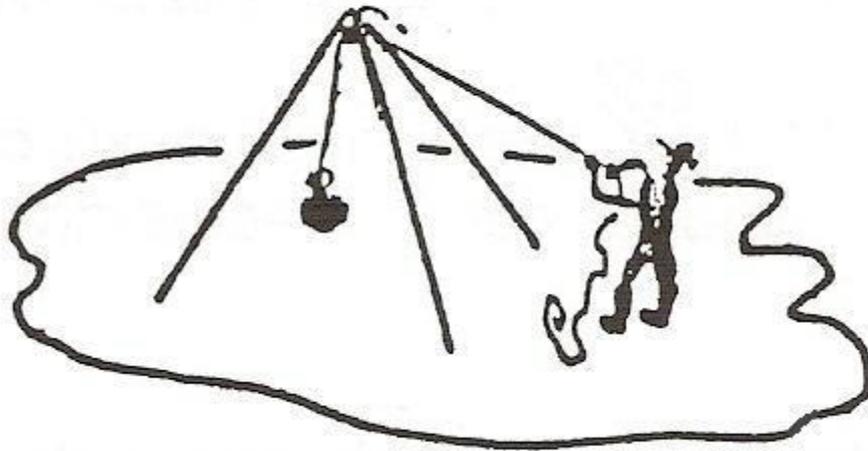


Pneus em contato com o solo

## 6) Pilão

Consiste o pilão, no conjunto de três “pontaletes” ou pilares esbeltos de madeira (ou tubos de aço) que têm no seu ponto de junção uma roldana. Na roldana é passada uma corda de cânhamo que tem preso em sua extremidade, um cilindro ou uma esfera de aço.

Se a queda for diretamente sobre o solo, compacta-o por impacto e se for sobre um pavimento, provoca sua fragmentação.



Pilão com acionamento manual

## 7) Soquete de impacto

Consiste em uma placa de aço presa a um mecanismo constituído por uma massa metálica excêntrica que é posta a girar.

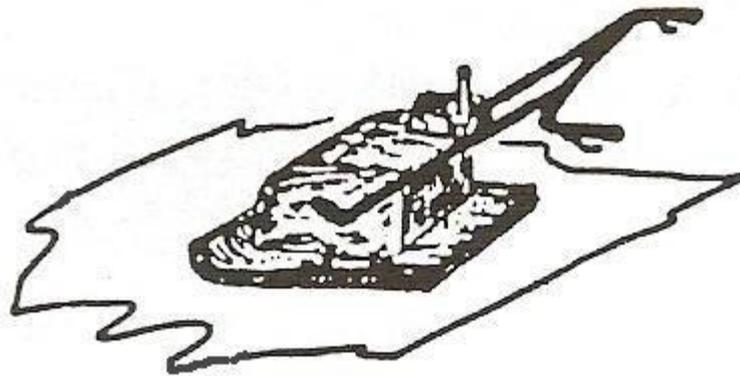
A placa, sob a ação das forças centrífugas geradas pela massa em movimento giratório, é ligeiramente levantada e cai em seguida, com certo impacto sobre o terreno.

Os equipamentos considerados de impacto têm um limite máximo de 700 impactos por minuto.

O soquete é conduzido de forma manual, por um guidão semelhante ao de uma motocicleta, contendo o mesmo, a alavanca controle de aceleração e parada do motor.

Os soquetes, após cada impacto deslocam-se uma pequena distância à frente, movimento que favorece a sua condução.

São usados na compactação de aterros, muros de arrimo, compactação de cabeceiras de pontes e locais confinados, onde haja acesso para equipamentos de maior porte.

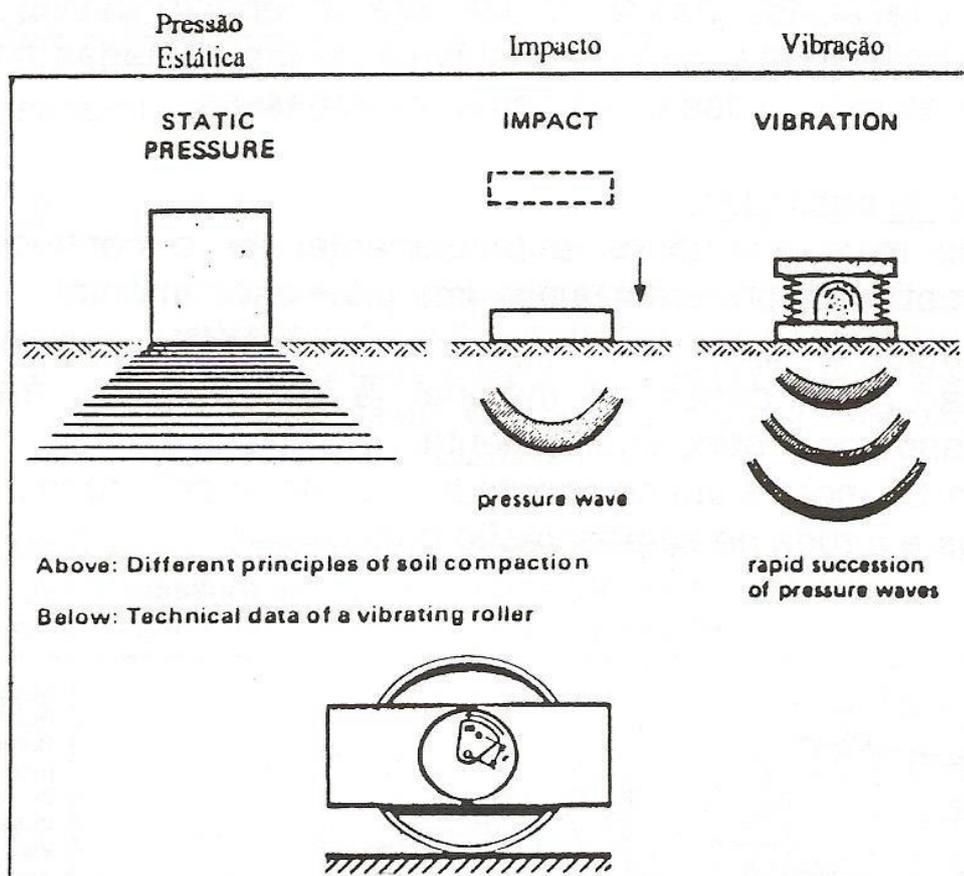


Soquete mecânico

### 8) Rolos vibratórios

Os rolos vibratórios rebocados ou auto-propelidos, lisos ou pés de carneiro, têm a ação vibratória obtida pelo movimento giratório de uma massa excêntrica com rotação controlada e superior a 700 RPM.

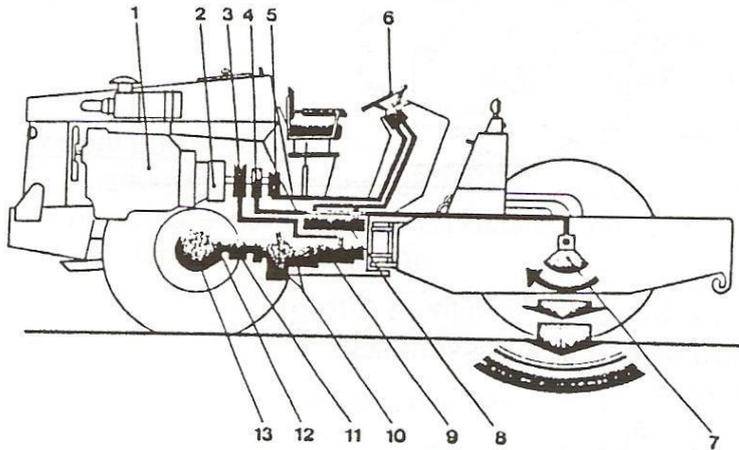
Os rolos vibratórios têm uma zona de influência muito superior aos demais tipos de equipamentos de compactação, razão pela qual, camadas com maior espessura podem ser compactadas.



Diferentes princípios utilizados na compactação de solos

**Propriedades relevantes:**

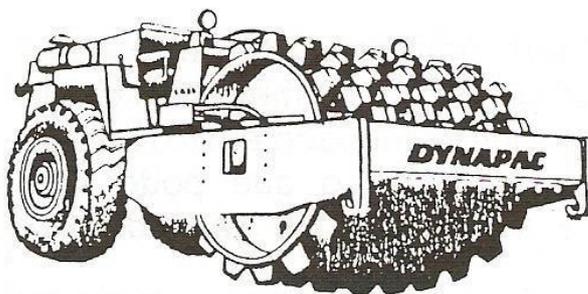
- Número de vibrações por minuto (VPM);
- Frequência ótima ou de ressonância;
- Força estática;
- Força dinâmica;
- Amplitude de vibração;
- Número de passadas.



1. Motor Diesel
2. Acionamento das bombas
3. Bomba hidrostática de propulsão
4. Bomba hidráulica de vibração
5. Bomba hidráulica de direção
6. Válvula de direção
7. Motor hidráulico de vibração
8. Cilindro da direção
9. Motor hidráulico de propulsão traseira
10. Caixa de engrenagens com 3 velocidades
11. Junta homocinética
12. Diferencial no-spin
13. Redução planetária

**Compactador vibratório com rodas de tração pneumáticas**

A Figura abaixo mostra outra modalidade de equipamento vibratório, no caso com rolo pé de carneiro.



**CA35PD - 15.3 tons.**

|                     |   |
|---------------------|---|
| Comprimento total   | 5.635 mm                                      |
| Largura total       | 2.560 mm                                      |
| Largura de compact. | 2.140 mm                                      |
| Amplitude           | 1,7 mm  |
| Imp. dinâmico total | 37.150 kg                                     |
| Motor (diesel)      | MB-OM 352 A<br>145 HP (107 kW)<br>a 2.400 rpm |

**Compactador vibratório com rolo pé de carneiro**

## CAPÍTULO 8 - CAMINHÕES COMUNS

Os caminhões comuns têm a permissão de trafegar nas rodovias, estradas e ruas urbanas.

Em casos especiais e com autorização especial de trânsito (AET) expedida pelo DNIT e Departamentos de Estradas de Rodagem estaduais, os limites legais podem ser ultrapassados, sob determinadas condições.

No Brasil, o conjunto de normas que fixam os valores e medidas máximas tem denominação popular de Lei da Balança, regulamentada pelo Conselho Nacional do Trânsito – CONTRAN e oficializada pelo Decreto Lei nº 98.933, de 7 de fevereiro de 1990.

Fig. 77

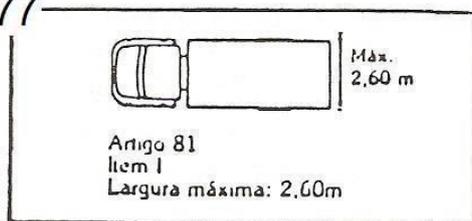


Fig. 78



Fig. 79

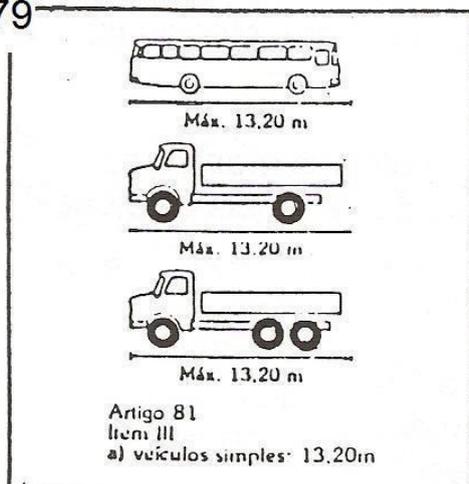
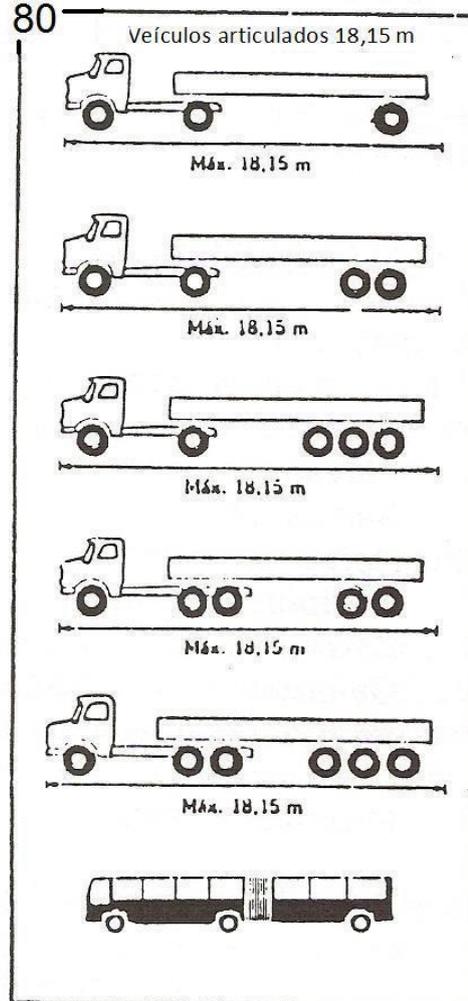
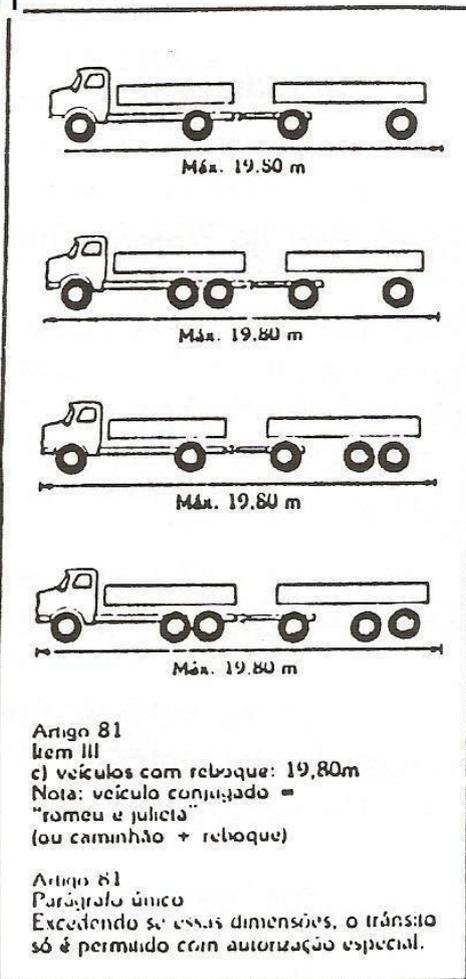


Fig. 80



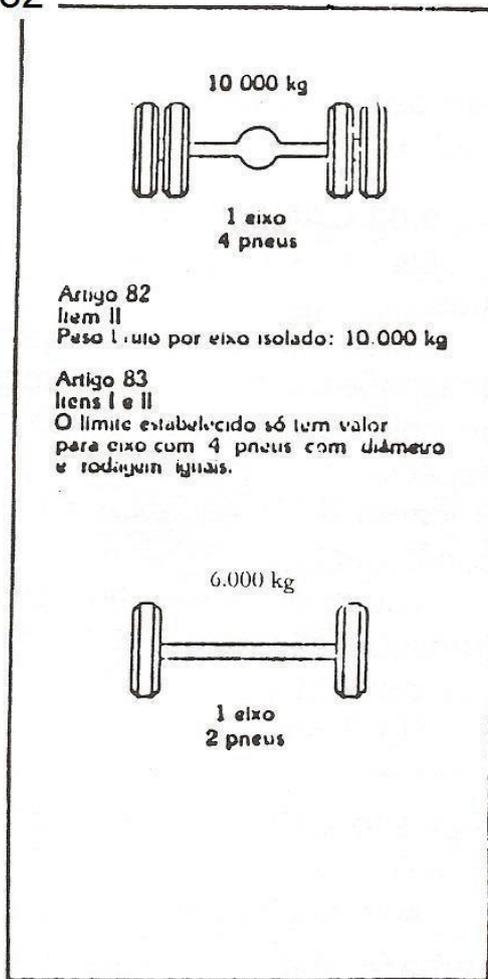
Dimensões

Fig. 81



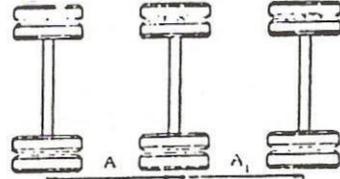
Peso máximo por eixo isolado

Fig. 82



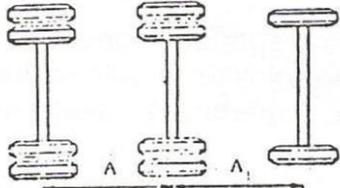
**Peso máximo para conjunto de três eixos em tandem.**

Fig. 83



3 eixos em tandem 12 pneus  
 (A) 1,20 m-2,40 m 17 t os dois primeiros  
 (A<sub>1</sub>) 1,20 m-2,40 m 17 t os dois últimos  
 25,5 t os três

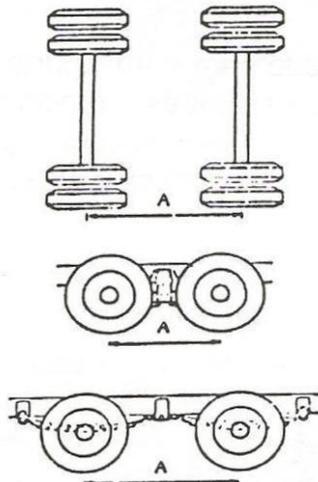
**Observação muito importante:**  
 Os conjuntos de 3 eixos com 4 pneus em cada eixo não recuem um par no texto legal, porém seu uso, pelo que se observa, foi oficializado e aceito pelo DNFR pois nos folhetos elucidativos sobre os pesos máximos permitidos emitidos por aquela autarquia constam como legais, podendo transportar 25,5 t (somente para semi-reboque).



3 eixos em tandem 10 pneus  
 Resolução n.º 127 do Gemot  
 (A) 1,20 m-2,40 m 17 000 kg  
 (A<sub>1</sub>) 1,20 m-2,40 m 6 000 kg

**Peso máximo por conjunto de eixos em tandem**

Fig. 85



2 eixos traseiros em tandem 8 pneus

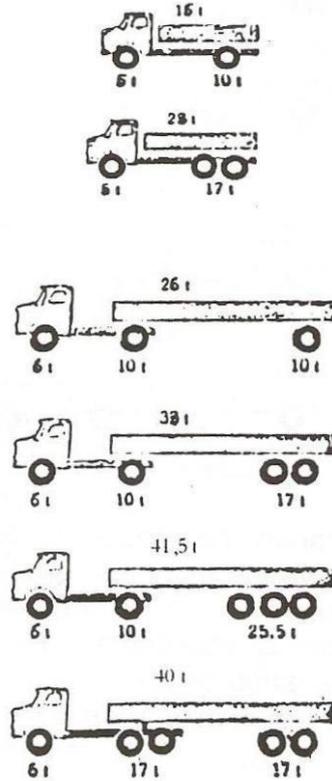
Artigo 82  
 Item III  
 Medida A Para o conjunto

1,20 m-2,40 m 17 000 kg  
 Acima de 2,40 m 20 000 kg

Artigo 83  
 Item II  
 Os pneus devem ser de rodagem igual e com aros de diâmetro igual.

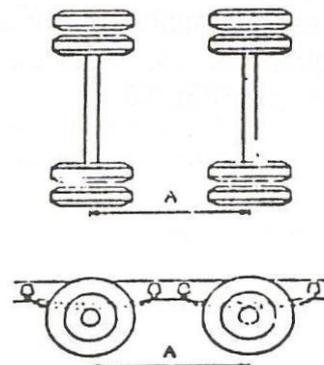
**Exemplos de pesos máximos por unidade**

Fig. 84



**Peso máximo para conjunto de eixos não em tandem**

Fig. 86

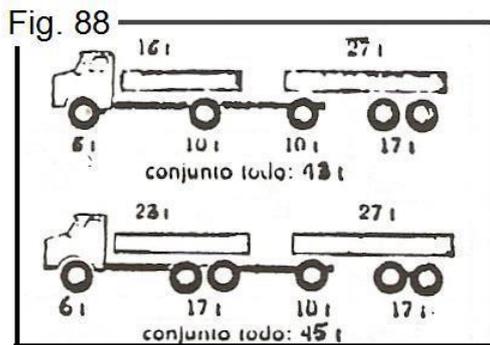
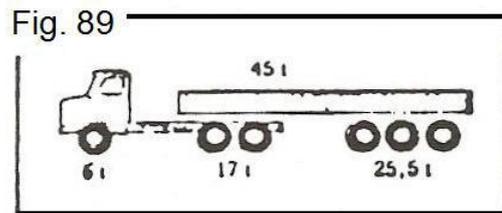
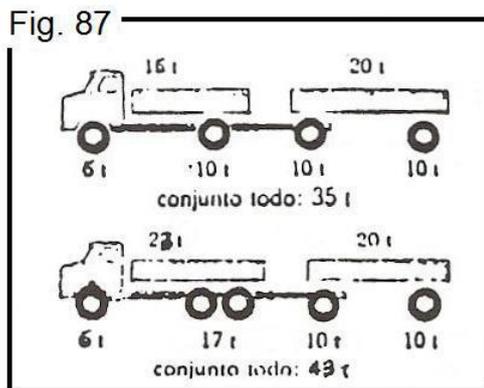


2 eixos traseiros não-tandem 8 pneus

Artigo 82  
 Item IV  
 Medida A Para o conjunto

1,20 m-2,40 m 15 000 kg  
 Acima de 2,40 m 20 000 kg

Artigo 83  
 Item II  
 Os pneus de rodagem igual com aros de diâmetro igual



#### Artigo 79

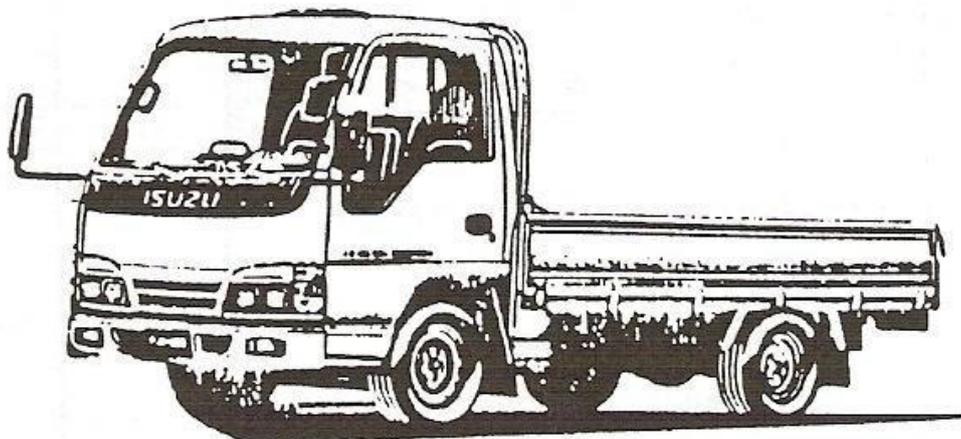
Nenhum veículo ou combinação de veículos poderá transitar com peso bruto total superior ao fixado pelo fabricante, nem ultrapassar a capacidade máxima de tração da unidade tratora. Com base no artigo 79 a portaria de 10/04/89 do IMETRO estabeleceu os seguintes limites mínimos de peso/potência:

|                                 |             |
|---------------------------------|-------------|
| veículos de transporte de carga | 5,71 cv/t;  |
| ônibus urbano comum             | 5,71 cv/t;  |
| ônibus urbano tipo II           | 12,24 cv/t; |
| ônibus rodoviário               | 10,06 cv/t. |

Quando há necessidade de ser transportada uma carga com dimensões superiores às estabelecidas no código de trânsito, o veículo transportador deve ser acompanhado por veículos de apoio (batedores), além de ser necessária Autorização Especial de Trânsito, a AET.

#### a) Caminhões comuns de carroceria fixa:

São caminhões convencionais, de chassis longo, aos quais foi adaptada uma plataforma de madeira de lei dotada de tampas (grades), móveis de madeira ou metálicas nas laterais e na traseira. Essas tampas, durante o transporte, ficam engatadas entre si.



Caminhão comum de carroceria fixa

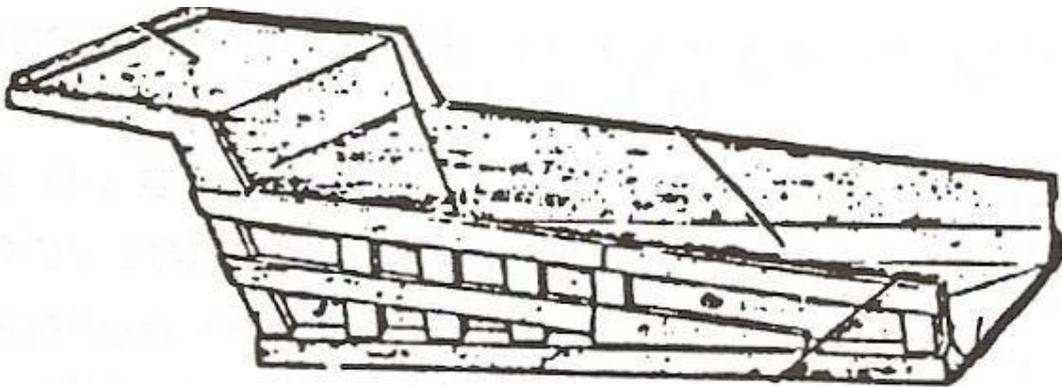
**b) Caminhões basculantes:**

Os caminhões basculantes se diferenciam dos caminhões comuns devido à necessidade que têm de possuírem um chassi mais curto, mais reforçado e de 112 possuírem uma tomada de força acoplada ao sistema de transmissão a qual é acionada da própria cabine.

Os caminhões basculantes podem ser classificados em dois grupos:

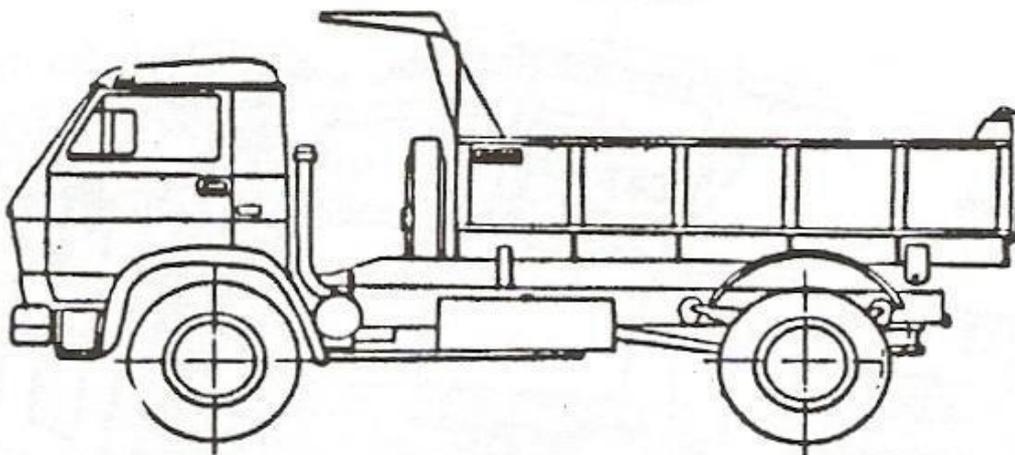
- 1) Basculantes para pedras;
- 2) Basculantes para britas, areias e argilas.

A existência de uma tampa traseira seria imprópria, pois o impacto das pedras, no ato da descarga, danificá-la-ia.



Caçamba para basculante de pedra

Os basculantes para materiais granulares e argilas, possuem uma tampa traseira de abertura e fechamento automático.



Caminhão basculante com caçamba para materiais granulares e argila

As tábuas existentes nas bordas, são denominadas de sobre-laterais de madeira e têm duas funções:

- a) Receber e absorver os impactos produzidos pela caçamba das unidades de carregamento (se houver);
- b) Proporcionar um aumento da capacidade volumétrica do próprio caminhão, quando se trabalhar com materiais de menor densidade.

Outra parte imprescindível da caçamba é o protetor de cabine, necessário quando o carregamento é feito por pás carregadeiras ou pás mecânicas que têm pela suas características dificuldade para o direcionamento do material durante o despejo sobre o caminhão.

Os sistemas hidráulicos usados nos caminhões basculantes podem ser de dois tipos: o de alta pressão ou o de baixa pressão.

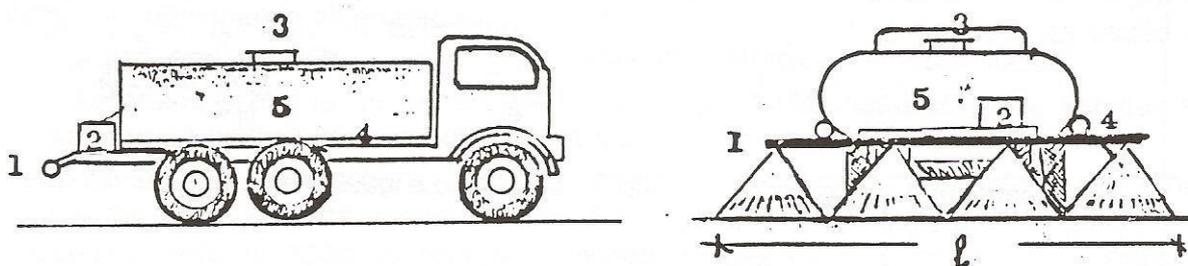
**c) Caminhões tanque:**

Quando sobre um chassi de um caminhão comum é acoplado um tanque ou reservatório, obtém-se uma unidade que pode transportar materiais líquidos.

**Classificação dos caminhões tanques:**

| Material transportado | Denominação   |
|-----------------------|---|
| Água                  | Caminhão cisterna, pipa, irrigador, d'água                    |
| Combustíveis          | Caminhão tanque de combustível                                |
| Asfalto               | Caminhão tanque de asfalto,<br>Caminhão espargidor de asfalto |

Partes principais dos caminhões irrigadores e espargidores de asfalto:



Caminhão espargidor/irrigador

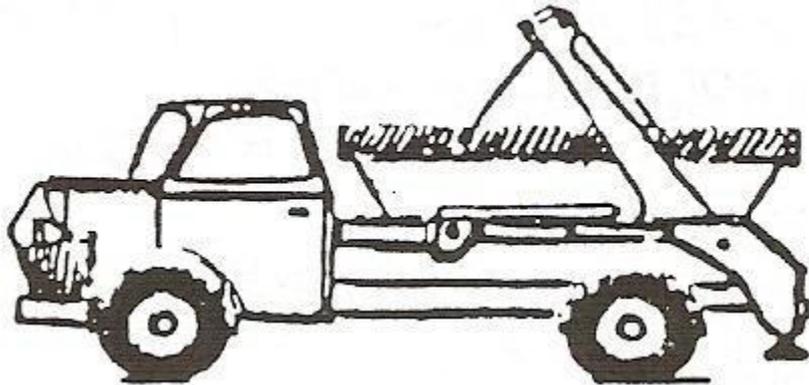
- 1) Barra de irrigação (água) e espargimento (asfalto);
- 2) Moto bomba;
- 3) Abertura de inspeção;
- 4) Porta mangotes (água);
- 5) Reservatório.

**d) Caminhões multi-caçambas:**

Podem ter outra denominação como poli-caçambas, são assim designadas pelo fato de utilizarem várias caçambas, as quais uma a uma podem ser transportadas pelo veículo.

O caminhão ao buscar a caçamba carregada deposita outra vazia no local, desse modo com o emprego de uma única unidade de transporte, pode ser feito o atendimento de inúmeras caçambas durante o dia.

O uso dessas unidades se faz presente na remoção de detritos sólidos, em obras de construção.



Caminhão multi-caçamba ou poli-caçamba

**e) Caminhões de transporte de cimento à granel:**

Nas construções de grandes obras de engenharia (barragens, por exemplo) e quando é muito grande o consumo de cimento, é conveniente o emprego de caminhões que façam o transporte do cimento à granel.

A descarga do cimento desse caminhão se faz com o auxílio de ar comprimido, sendo levado através de condutos e mangueiras até os silos de depósito.

**e) Caminhões betoneira:**

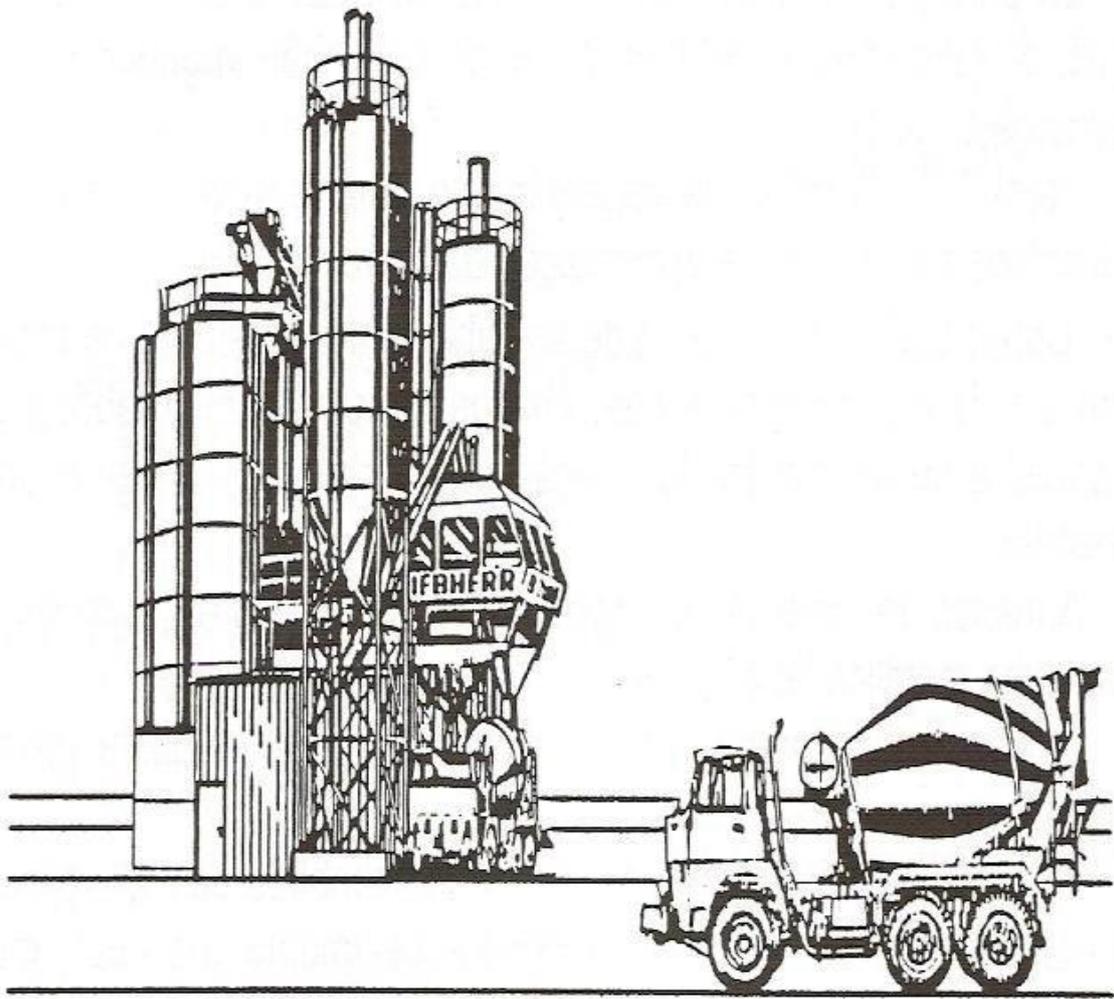
Transportam o concreto fresco, manufaturado em centrais, diretamente para a obra.

Essas unidades de transporte se parecem com uma betoneira de grande porte, de eixo inclinado, adaptada a um chassi de caminhão.

A rotação lenta que se observa quando essas unidades estão carregadas de cimento, não corresponde ao movimento necessário à mistura do concreto e sim a um movimento dado ao tambor, para evitar que os materiais segreguem. No retorno vazio, esse movimento auxilia a lavagem do tambor.

A água é lançada dentro do tambor, na quantidade requerida pelo fator água/cimento (A/C) somente, no local de descarga, quando então se processa a mistura, empregando-se uma rotação mais enérgica.

A Figura apresenta uma usina de concreto e um caminhão betoneira.



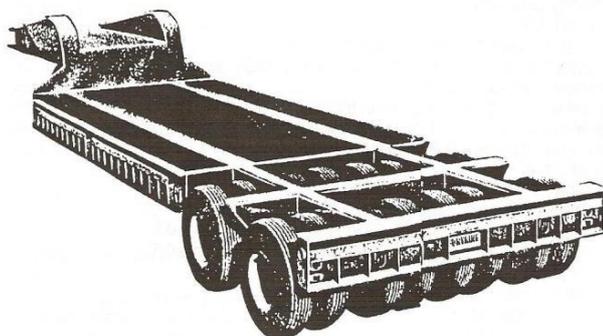
Usina de concreto e caminhão betoneira

**h) Carretas ou pranchas (trailers):**

Unidades usadas no transporte de inúmeros equipamentos descritos deste trabalho, como tratores, pás de esteiras, pás mecânicas, rolos compactadores, britadores e outros.

Podem ser de pequeno porte e de grande porte. As de grande porte podem dispor de dezenas de eixos com até centenas de rodas.

A Figura mostra uma prancha com 16 rodas em seus eixos traseiros.



Carreta ou prancha rodoviária