



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE CONSTRUÇÃO CIVIL
PCC - 2435: Tecnologia da Construção de Edifícios I

MOVIMENTO DE TERRA

Revisão do texto: Júlio Yukio Shimizu

FEVEREIRO / 2002.

SUMÁRIO

1. OS TIPOS DE MOVIMENTO DE TERRA E SUA INSERÇÃO NO CRONOGRAMA.....	1
2. SISTEMAS DE CONTRATAÇÃO E CONTROLES DA EXECUÇÃO	3
3. EQUIPAMENTOS HABITUALMENTE UTILIZADOS	5
3.1. PÁ CARREGADORA	6
3.2. ESCAVADEIRA.....	8
3.3. BOBBY-CAT	12
3.4. UNIDADES DE TRANSPORTES.....	13

1. OS TIPOS DE MOVIMENTO DE TERRA E SUA INSERÇÃO NO CRONOGRAMA

O termo terraplenagem é definido como sendo o conjunto de operações de escavação, carga, transporte, descarga, compactação e acabamento executados a fim de passar-se de um terreno em seu estado natural para uma nova conformação topográfica desejada.

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

A preparação do terreno é composta por algumas etapas genéricas

que, obviamente, podem ser desnecessárias conforme as características específicas do terreno encontrado. Estas etapas são as seguintes:

- DESMATAMENTO (retirada da vegetação de grande porte). Pode ser feita com moto-serra ou, eventualmente, com processos mecânicos, no caso de existência de poucas árvores (como *dozer*, pá carregadora, etc.).
- DESTOCAMENTO. No caso de ser utilizada moto-serra para o corte das árvores, o destocamento pode ser feito manualmente ou através do fogo.
- LIMPEZA. Retirada da vegetação rasteira.
- REMOÇÃO DA CAMADA VEGETAL. A camada de solo que pode ser considerada um banco genético, deve ser retirada particularmente pois não pode ser utilizada em aterros.

No caso das obras de edifícios em que o movimento de terra não for muito grande, o mesmo equipamento utilizado no movimento propriamente dito, auxilia na preparação do terreno. Nestes casos, dificilmente são utilizados equipamentos especiais para este fim.

O movimento de terra básico, no caso dos edifícios, pode significar uma operação de corte, aterro ou misto, como pode ser observado nas figuras a seguir.

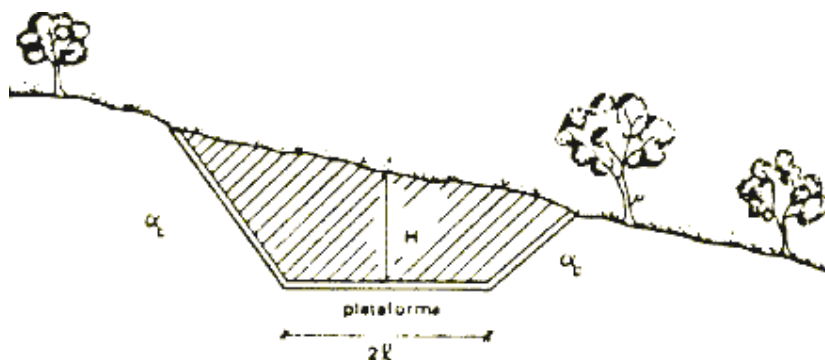


Figura 1 – Corte.

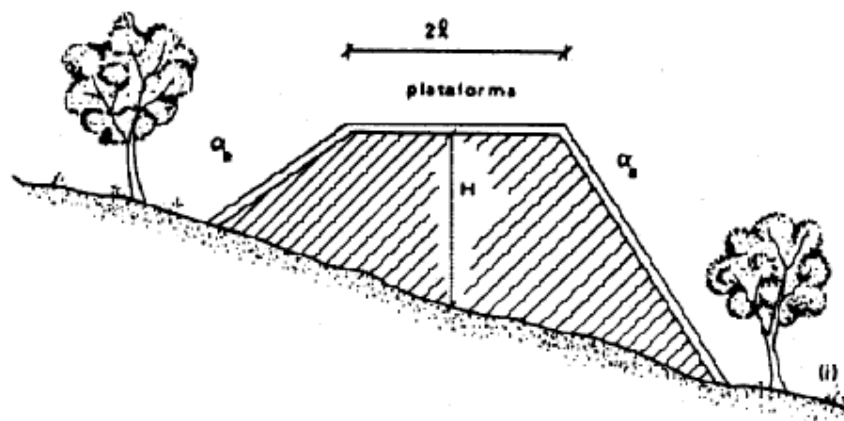


Figura 2 – Aterro.

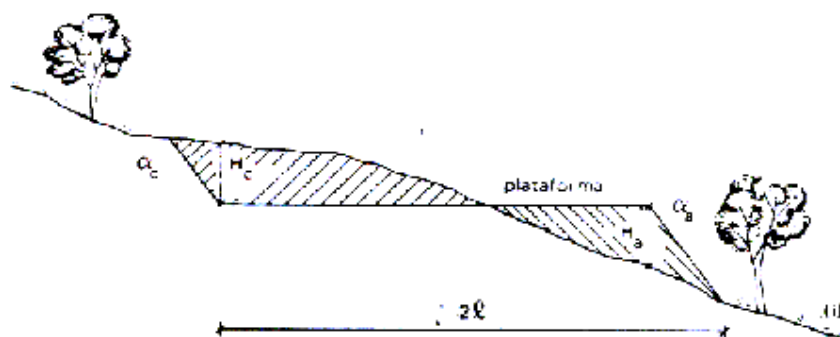


Figura 3 – Seção mista.

A situação mais comum para a execução de edifícios é a necessidade de cortes ou a situação mista de corte e aterro. Isto se deve a que os edifícios normalmente tem os subolos destinados a garagens o que torna difícil a necessidade de aterro em todo o terreno. Os aterros, quando necessários, devem ser realizados acompanhados dos serviços de compactação.

Quando o aterro deve ser feito em terreno onde ocorre também o corte, em muitos casos a compactação é feita pela passagem repetidas vezes dos equipamentos nos locais de aterro. Para pequenas áreas aterradas a compactação é feita manualmente através de equipamentos, os chamados “sapos”, que podem ser rudimentares e fabricados em obras ou mecanizados como o mostrado na figura a seguir.

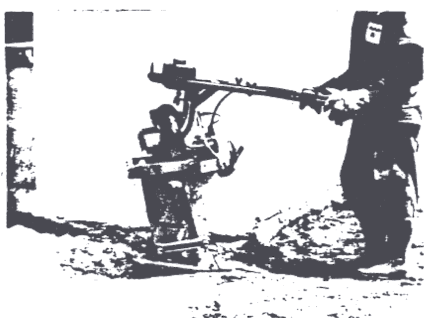


Figura 4 – “Sapo” mecânico.

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

Finalmente, poderá ser necessário no movimento de terra a retirada de matacões (fragmentos de rocha de grandes dimensões). Isto pode levar à necessidade de utilização de explosivos ou ao uso de expedientes destinados a "olar" a pedra, e transportá-la após fragmentada aos caminhões.

A inserção do movimento de terra no cronograma do edifício e função das soluções definidas para as fundações do edifício e para a contenção da vizinhança.

Assim, por exemplo, em obras que as fundações necessitem de grandes equipamentos para a sua execução, poderá ser recomendável executar as fundações antes de escavar o terreno devido ao acesso e retirada destes equipamentos. Por outro lado, as fundações em túbulos a céu aberto, também exemplo, executado manualmente poderão induzir um movimento de terra prévio diminuindo a escavação manual dos tubulões e facilitando o posicionamento de suas armaduras.

Nos casos em que torne-se necessária a contenção de vizinhança através de uso de perfis metálicos ou paredes diafragma, estes serviços deverão preceder a escavação.

Definindo quando alguns dados serão necessários para que o mesmo se realize:

- Sondagem de terreno: este tipo de dado que traz as camadas de solo a serem atravessadas (tipo 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.

Ainda serão os tipos de solo indicados na sondagem que possibilitarão ao projetista de fundações a definição dos taludes de estabilidade a serem deixados na periferia da escavação.

- Cota de fundo da escavação: ao se conhecer o nível do pavimento mais baixo, o tipo de fundação a ser executada e as estruturas de transmissão de esforços para a fundação poderá ser definida a cota mais adequada para o final da escavação.
- Níveis da vizinhança: caso não haja estruturas de contenção de vizinhança este será o ponto de partida para início dos taludes periféricos. Caso contrário estes pontos serão função da estrutura de contenção.
- Projeto de canteiro: este dado é importante de modo a compatibilizar a escavação no canteiro e vice versa (exemplos: posição de rampas de acesso, recuos de início de escavação para possibilitar instalação dos alojamentos, sanitários, etc).

2. SISTEMAS DE CONTRATAÇÃO E CONTROLES DA EXECUÇÃO

Na grande maioria dos casos de terraplanagem em obras de edifícios residenciais, o maior serviço diz respeito aos movimentos de corte. Este fato condiciona os sistemas de contratação usualmente empregados. São três as formas básicas:

a) empreitada : contratação de uma empresa do ramo de terraplanagem que ficará responsável pela colocação do equipamento e caminhões na obra sendo remunerada pelo serviço como um todo. Nestes casos deverá ser feita uma avaliação de volume a ser escavado (topografia do serviço e cálculos tendo como dado o fundo da escavação).

Deve-se ter em conta que, quando se corta um terreno que tenha no local um certo grau de compactação, o solo tornando-se solto, perde a consistência inicial e aumenta de volume. A este fenômeno dá-se o nome de empolamento.

A tabela a seguir dá os fatores médios de conversão, de volumes, para diversos tipos de terreno, ou seja, o números pelos quais se multiplicam os volumes, para convertê-los de uma a outra situação.

Tabela 1 – Fatores médios de conversão de volumes para diversos tipos de solos.

Solo	Condição em que está	Convertido em solo		
		natural	solta	compactada
Areia	natural	1,00	1,11	0,95
	solta	0,90	1,00	0,86
	compactada	1,05	1,17	1,00
Argila	natural	1,00	1,43	0,90
	solta	0,70	1,00	0,63
	compactada	1,11	1,59	1,00

Definindo um preço global, se o empreiteiro conseguir retirar o maior volume possível, por caminhão, com a maior produtividade da máquina, tanto maior será o seu benefício. Percebe-se que este controle ficará somente a cargo do empreiteiro não tendo o construtor que se preocupar com as viagens retiradas. Um cuidado que surge nestes casos é vistoriar quando há um excesso nas cargas que podem trazer problemas para a limpeza nas ruas vizinhas à obra.

b) aluguel de equipamento necessário (máquina e caminhões): nestes casos, a máquina para escavação e normalmente paga por hora de serviço englobando o trabalho de seu operador e os caminhões pagos por viagem executada. A dificuldade principal deste tipo de contratação será a constituição de frota e o relacionamento com diversos caminhoneiros.

c) empreitada por viagem ou por m³: neste caso o empreiteiro colocará o equipamento e a frota, sendo remunerado ou pelo m³ escavado no corte (topografia antes e depois da escavação para determinação do volume escavado) ou pelo número de viagens realizadas. O aluguel da máquina estará incluso no preço da viagem. Neste caso o construtor deverá se preocupar em apontar as viagens realizadas e controlar o volume retirado em cada caminhão de modo a que os caminhões não saiam vazios.

Logicamente, poderá haver outras formas de contratação, ou uma mescla das formas apresentadas, porém estes casos são mais raros.

Para qualquer uma das situações o empreiteiro normalmente será responsável por garantir um bota-fora para a terra escavada.

No que diz respeito ao dimensionamento de equipamento este estará ligado a um prazo de execução desejado. No caso de edifícios residenciais, terrenos de ordem de 1 500m², torna-se difícil a execução do serviço com mais de uma máquina de escavação por dificuldade de acesso.

Por outro lado o tempo da máquina deveria ser disputado ao máximo para que o aluguel da mesma possa ser dissipado pelas viagens executadas.

Assim o dimensionamento da frota de caminhões necessária estará vinculado:

- ao número de máquinas trabalhando
- produção da máquina
- tempo de ciclo para o caminhão (função da localização de bota fora).

O número de caminhões ideal será aquele de modo a não parar a máquina e nem formar uma fila de espera demorada para os caminhões.

Para o bom andamento dos serviços de movimento de terra, alguns cuidados devem ser tomados.

Além dos problemas do dimensionamento dos equipamentos e do controle do volume de terra retirado em cada viagem, tendo diferente enfoque conforme descrito nos sistemas de contratação, existem preocupações quanto a técnica de execução dos serviços. São dois aspectos básicos que devem ser observados:

- 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). Neste caso o nível de referencia devera ser marcado sobre estas estacas que vão sendo deslocadas a medida em que a escavação vai ocorrendo. As estacas acompanham o andamento das máquinas de escavação.
- controle de inclinação dos taludes: em função do tipo de solo a ser escavado e das condições de vizinhança do serviço de terraplenagem, deve ser definida pela consultoria de fundações uma inclinação para o talude que garanta a sua estabilidade.

A medida em que estes taludes são executados é necessário que se controle a inclinação dos mesmos. Isto pode ser feito com o auxílio de um gabarito construído em madeira (sarrafo de 1" x 3") que fornece a declividade desejada (vide figura 5)

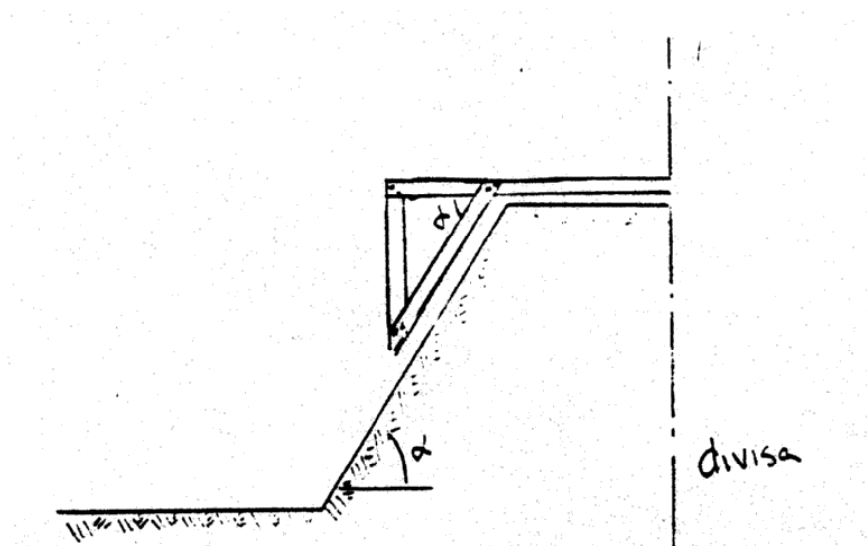


Figura 5 – Gabarito para controle de inclinação de taludes.

3. EQUIPAMENTOS HABITUALMENTE UTILIZADOS

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

Os processos manuais utilizam a força humana, através de ferramentas e está restrito a pequenos movimentos de terra (100 m³) ou a locais onde seja obrigatório, em vista de condições peculiares.

Os processos mecânicos para o movimento de terra em edifícios utilizam duas máquinas distintas basicamente. Um equipamento que escava e carrega o material sobre um outro equipamento que o transporta até o local da descarga. Os equipamentos mais utilizados são os seguintes:

3.1. 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. Assim evita-se o giro para a descarga, podendo operar em frentes de trabalho muito estreitas. As pás-carregadoras podem ser de roda ou de esteira.

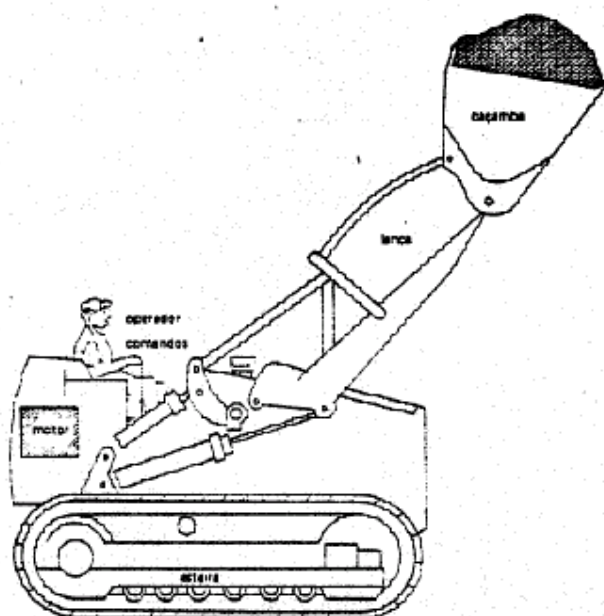


Figura 6 – Pá carregadora.

Existem diversas marcas, sendo que cada modelo é caracterizado por algumas medidas geométricas básicas e por uma determinada capacidade da caçamba.. A figura ilustra estas medidas básicas.

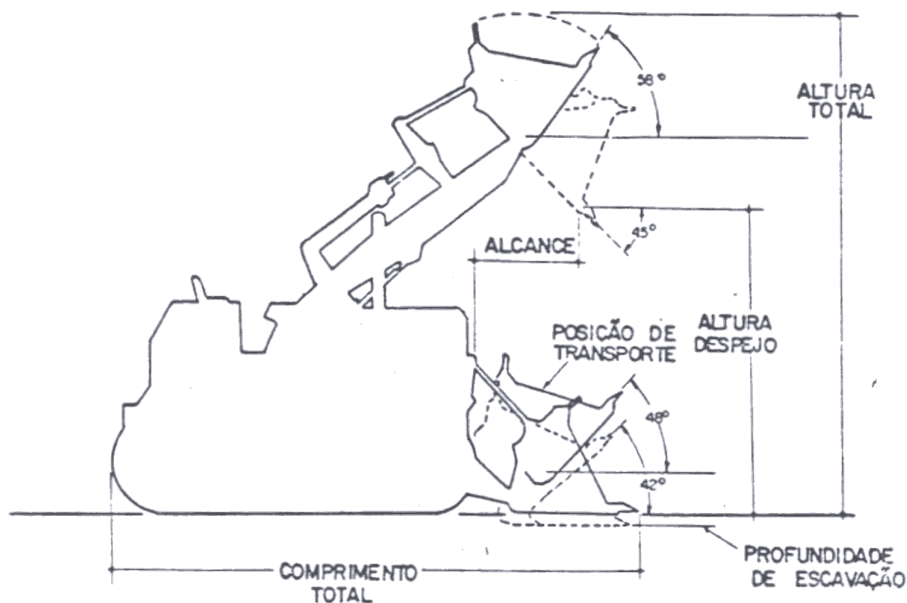


Figura 7 – Pá carregadora de esteiras.

A utilização das pás-carregadoras, de uma forma generalizada, fez com que esse tipo de equipamento evoluísse de uma forma muito rápida, existindo hoje, pás-carregadoras de grande capacidade. Apresentamos a seguir os movimentos típicos das pás-carregadoras- em obras de edifícios.

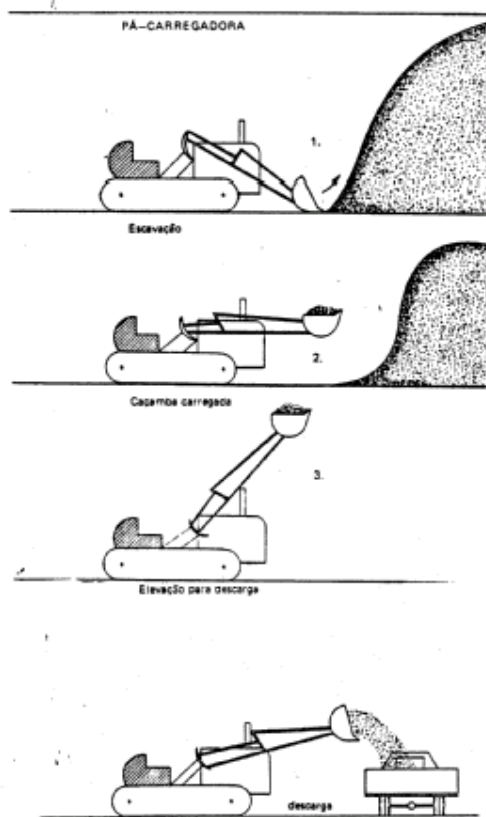


Figura 8 – Movimentos típicos das pás carregadoras.

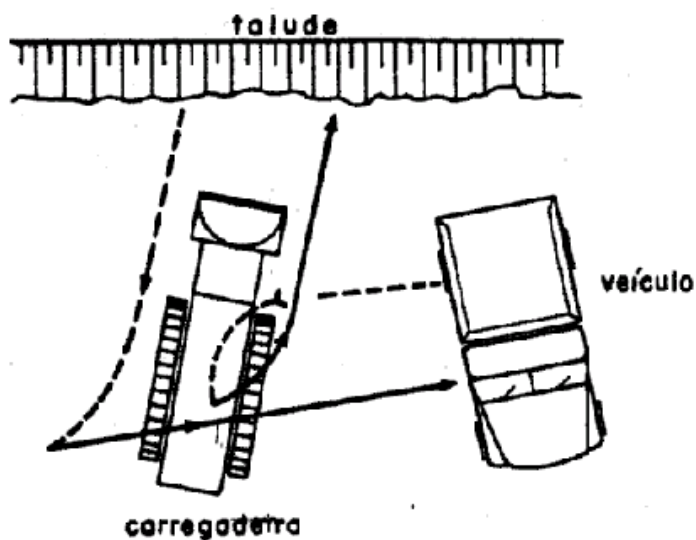


Figura 9 – Escavação com pá carregadora.

As pás carregadoras montadas sobre pneus apresentam certas vantagens e certas deficiências de operação, se comparadas as de esteira.

A vantagem reside na velocidade de deslocamento da máquina, o que resulta em grande mobilidade, bem como a possibilidade de o equipamento se deslocar a grandes distâncias pelas suas próprias forças, eliminando-se o custo elevado e as dificuldades inerentes ao transporte em carretas, exigido pelas máquinas de esteira.

Por outro lado a tração sobre pneus revela-se deficiente, especialmente na fase da escavação, pois, em consequência dos elevados esforços a serem vencidos pelas rodas motrizes, há o risco permanente do seu patinamento.

Além disso, os terrenos fracos, de baixa capacidade de suporte, ou o seu umedecimento excessivo, devido às chuvas, causam ainda maiores problemas, chegando, mesmo, a impedir o trabalho das máquinas de pneus. Nesse sentido, as máquinas de esteira são muito menos afetadas que as de pneus.

Em qualquer caso, contudo, as pás carregadoras, por trabalharem, diretamente sobre as superfícies escavadas são mais recomendadas para terrenos secos e duros pois desta forma as esteiras ou as rodas não causam danos à superfície acabada.

3.2. Escavadeira

A 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.

Nos trabalhos normais de terraplanagem as escavadeiras são montadas sobre esteiras, possuindo mecanismos que permitem o giro de 360°.

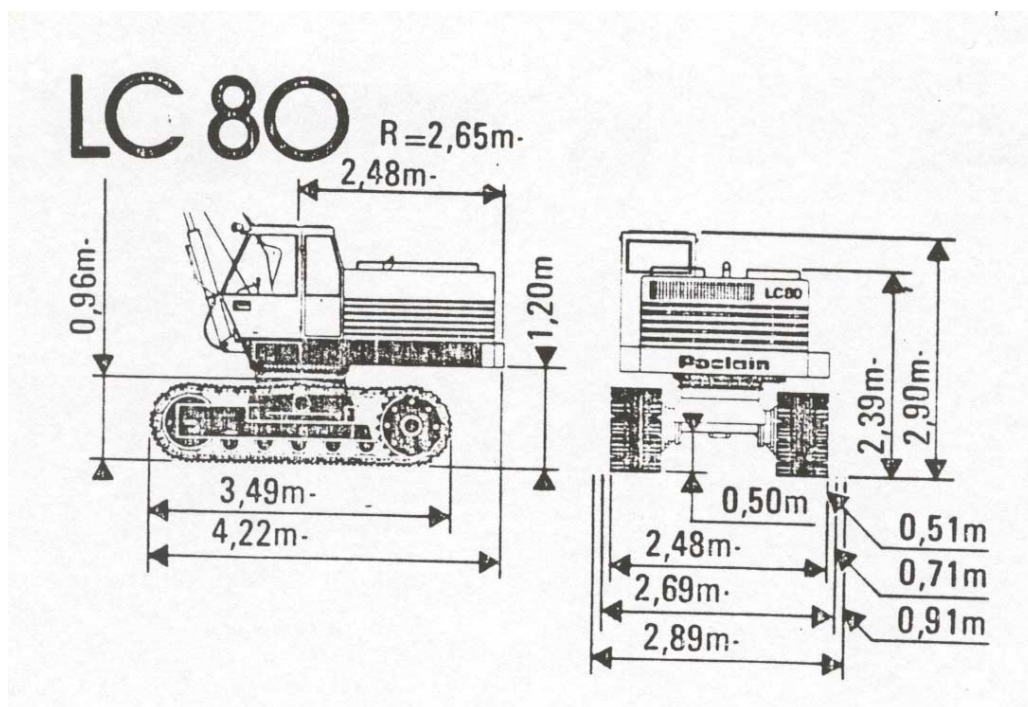


Figura 10 – Características de escavadeiras.

As escavadeiras podem ser empregadas em trabalhos de escavação bastante diversos, dependendo do tipo de lança que é utilizado. A lança é o mecanismo que pode ser colocado ou retirado da escavadeira e é destinado a efetuar certos tipos de escavação.

Os tipos de lança usados em obras de edifícios são:

- Lança escavocarregadeira
- Lança retroescavadeira ,
- Lança com caçamba de mandíbulas ou *clam-shell*.

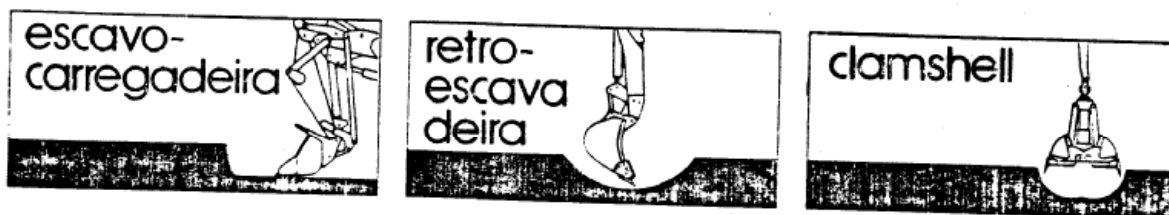


Figura 11 – Tipos de lanças.

O acionamento das lanças pode ser feito por cabrestantes e cabo de aço (processo mais tradicional) ou por cilindros hidráulicos (processo mais moderno).

A configuração genérica e os movimentos típicos de uma escavo-carregadeira mais tradicional podem ser assim ilustrados conforme Hélio Ricardo.

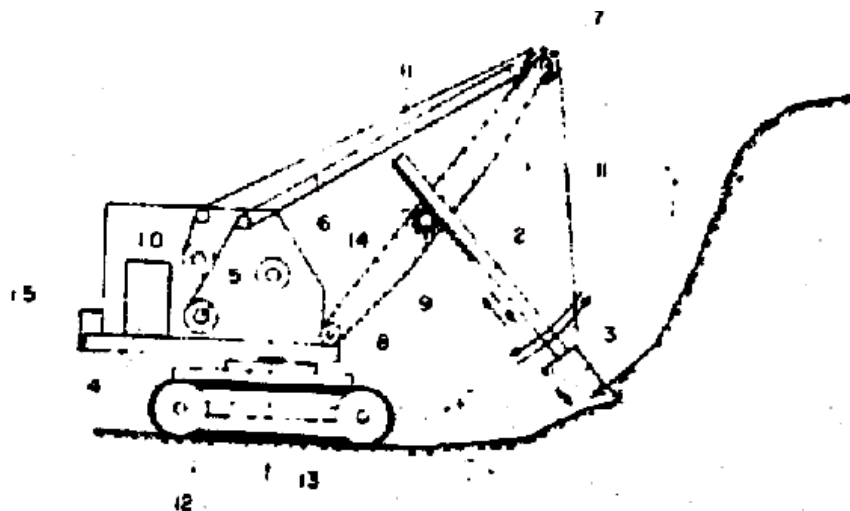


Figura 12 – Acionamento das lanças de escavo-carregadeiras.

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 situa.

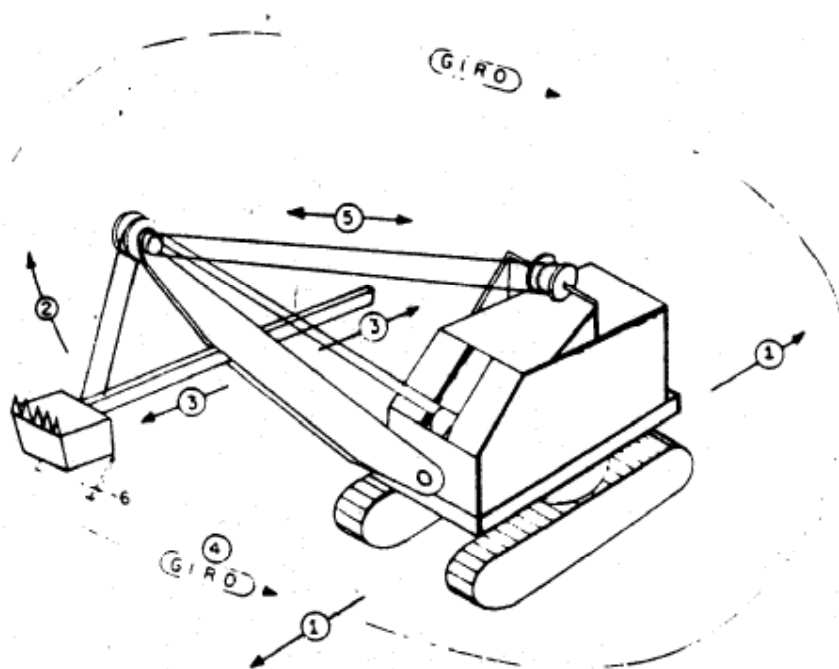
As suas partes principais constam da lança propriamente dita (1), sustentada pelo cabo (6) havendo a possibilidade de variar o seu ângulo de inclinação de 35° a 65°, aproximadamente.

Na parte intermediária da lança, acha-se o braço móvel que pode girar em torno da articulação (14), executando nesse movimento de baixo para cima, o corte do talude, mediante a caçamba (3). O acionamento deste braço é feito com auxílio do cabo (11), por sua vez acionado pelo cabrestante (10).

Para melhorar o rendimento da escavação o operador pode exercer certo empuxo sobre o terreno, através do movimento do braço, avançando-o (ou retirando-o), mediante o acionamento do pinhão da cremalheira (9).

Esse movimento permite também, ao operador, posicionar a caçamba sobre a unidade de transporte, obtendo melhor distribuição da terra descarregada.

A caçamba (3) é provida de dentes que facilitam o corte da terra, especialmente quando esta é mais



- 1- DESLOCAMENTO DA MÁQUINA À FRENTE OU À RÉ, PELAS ESTEIRAS ($\pm 15 \text{ Km/h}$)
- 2- LEVANTAMENTO DA CAÇAMBA
- 3- AVANÇO OU RECUO DO BRAÇO MÓVEL
- 4- GIRO DA SUPERESTRUTURA (360°)
- 5- VARIAÇÃO DO ÂNGULO DA LANÇA ($35^\circ-65^\circ$)
- 6- ABERTURA DA TAMPA DE FUNDO DA CAÇAMBA

consistente.

Figura 13 – Movimentos típicos de escavo-carregadeiras.

A escavo-carregadeira com acionamento hidráulico, obtido pelo emprego de pistões de duplo efeito, permite movimentos mais rápidos e, sobretudo, mais precisos do que os permitidos pelo uso de guinchos e cabos. A configuração da lança e do conjunto do equipamento deste tipo de escavo-carregadeira é dada abaixo:

A retroescavadeira é um equipamento semelhante à escavocarregadeira com a diferença de que a caçamba, ao contrário desta última, é voltada para baixo. A medida que a escavação prossegue a máquina vai se deslocando em marcha à ré.

As retroescavadoras são máquinas de capacidade de caçamba relativamente pequena e raio de alcance limitado. Destinam-se à escavação abaixo do nível em que se encontram e quando se deseja precisão nas dimensões da vala. Devido à ação direta do cabo de elevação dos dentes podem exercer grandes pressões sobre o terreno a ser escavado, o que facilita o corte em solos mais compactos.

Nos modelos antigos o acionamento era feito por intermédio de cabrestantes e cabos. Posteriormente, foram introduzidas as máquinas de acionamento hidráulico, que possuem maior rapidez de operação e, sobretudo, grande precisão no trabalho.

Algumas retroescavadoras são equipadas na outra extremidade do trator com uma pá-carregadora. Desta maneira é possível realizar um corte continuamente depositando-se o material escavado lateralmente. Em seguida a pá montada na própria máquina encarrega-se da carga dos veículos que farão o transporte do material escavado. Este equipamento é muito utilizado em obras de edifícios.

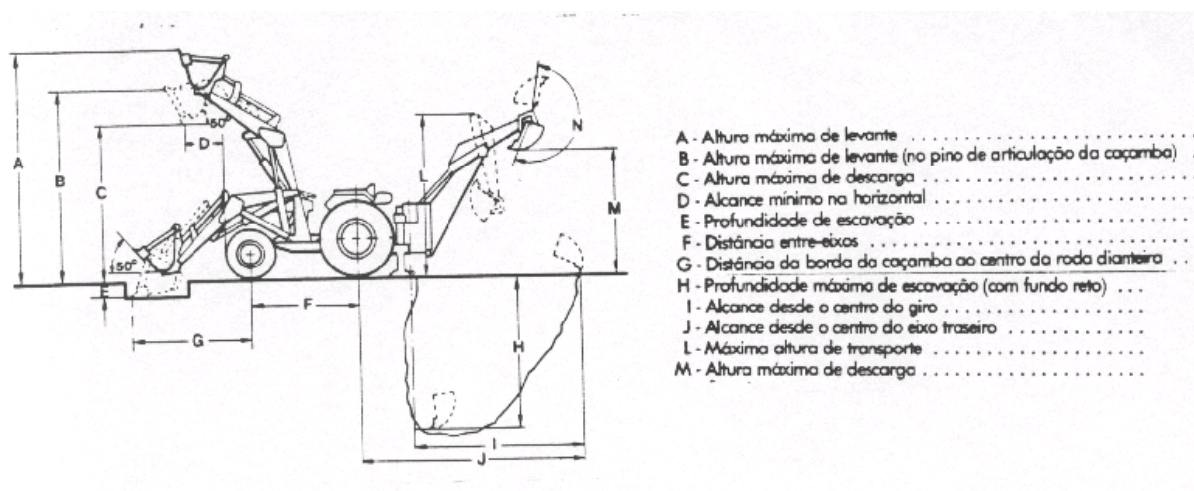


Figura 14 – Retro-escavadora equipada com pá-carregadora.

Finalmente, quando a escavadeira é montada com lança *clam-shell*, adquire uma configuração como a mostrada a seguir.

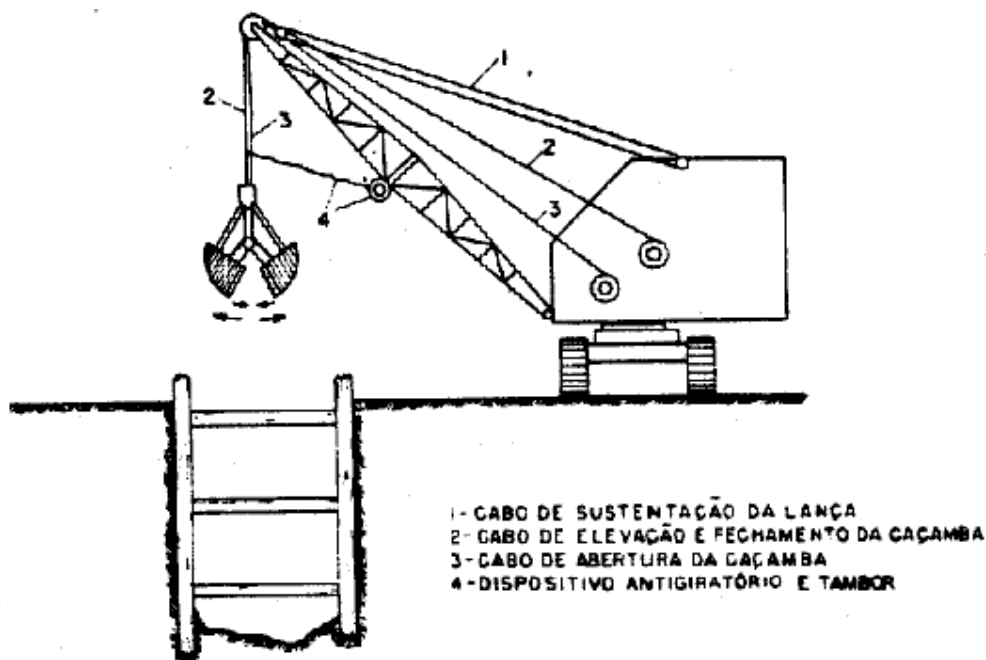


Figura 15 – Lança *clam-shell*.

A lança com *clam-shell* é constituída de duas partes níveis, comandadas por cabos que se podem abrir ou fechar como mandíbulas, possuindo superfícies de corte ou dentes.

A escavação se faz pela queda da caçamba e posteriormente pelo fechamento das referidas mandíbulas, de modo que a remoção do material a vença verticalmente em profundidade.

Assim o *clam-shell* é um implemento apropriado para a abertura de valas de pequenas dimensões, sobretudo quando há obstáculos tais como escoramentos, tubulações subterrâneas etc.

Para evitar o giro da caçamba em torno de si mesma, há um cabo auxiliar que se enrola num tambor automaticamente acionado por mola, de modo a impedir a rotação da caçamba suspensa.

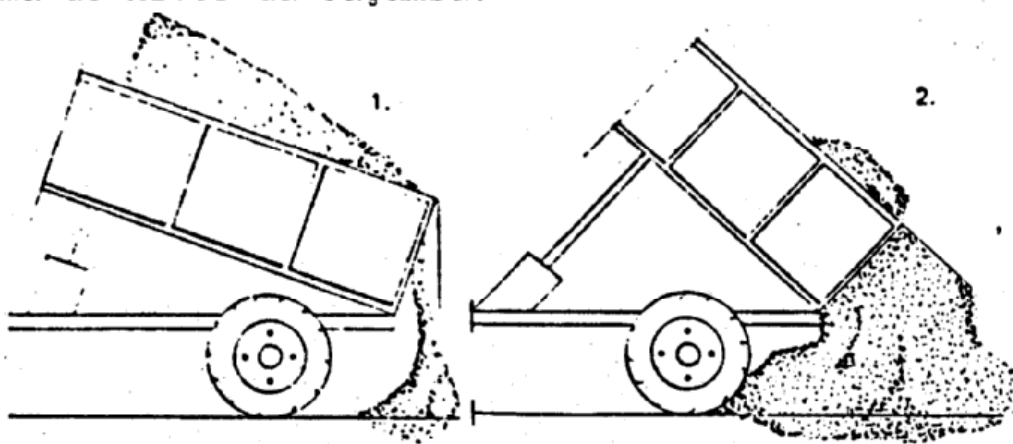
Por ser uma caçamba fechada pelos quatro lados, o *clam-shell* se presta bastante bem para a escavação dentro d'água.

Em obra de edifício, o *clam-shell* é mais utilizado na execução das fundações (paredes diafragma, estacas barrete) do que no movimento de terra propriamente dito.

Conforme a análise feita, as escavadeiras de uma forma geral (retroescavadeiras, escavocarregadeiras e *clam-shell*) são recomendadas para terrenos moles e/ ou na presença de água, por não trabalharem diretamente no plano de escavação.

3.3. 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 subsolos após executadas as lajes do edifício, pois devido ao seu tamanho tem fácil acesso em quaisquer locais. Embora possa ser utilizada para corte, sua potência não permite que isto seja feito em qualquer tipo de terreno quando então só poderá ser utilizada para carga e descarga.



Movimenta-se sobre pneus e pode também eventualmente ser utilizada para transporte horizontal de materiais em canteiro.

3.4. Unidades de transportes

Para o transporte de terra são utilizadas nas obras de edifícios caminhões basculantes de descarga traseira feita através de braços de levantamento (pistões) de comando hidráulico.

Elevando-se a caçamba, abre-se a comporta traseira e o material cai por gravidade.

Os caminhões basculantes são disponíveis em duas versões: os chamados caminhões toco com capacidade de caçamba mínima de 4m^3 e os caminhões trucados que dispõem de uma terceira linha de eixo com tração e que tem a capacidade dobrada. Estas capacidades constituem-se no volume das caçambas, sem contar a coroa que poderá ser feita na carga acima de nível da caçamba.

Figura 16 – Caminhões basculantes.