

## **3 - FUNDAÇÕES CONVENCIONAIS**

---

APÓS ESTUDAR ESTE CAPÍTULO; VOCÊ DEVERÁ SER CAPAZ DE:

- Determinar o número de furos de sondagem, bem como a sua localização;
- Analisar um perfil de sondagem;
- Saber escolher a fundação ideal para uma determinada edificação;
- Especificar corretamente o tipo de impermeabilização a ser utilizada em alicerce;
- Especificar o tipo de dreno e a sua localização.

Não querendo invadir o campo da Engenharia de Fundações, damos nestas anotações de aulas, um pequeno enfoque sobre fundações mais utilizadas em residências unifamiliares térreas e sobradadas, ficando a cargo da Cadeira de Fundações aprofundar no assunto.

### **3.1 - SONDAGENS**

É sempre aconselhável a execução de sondagens, no sentido de reconhecer o subsolo e escolher a fundação adequada, fazendo com isso, o barateamento das fundações. As sondagens representam, em média, apenas 0,05 a 0,005% do custo total da obra.

Os requisitos técnicos a serem preenchidos pela sondagem do subsolo são os seguintes (Godoy, 1971):

- Determinação dos tipos de solo que ocorrem, no subsolo, até a profundidade de interesse do projeto;
- Determinação das condições de compacidade (areias) ou consistência (argilas) em que ocorrem os diversos tipos de solo;
- Determinação da espessura das camadas constituintes do subsolo e avaliação da orientação dos planos (superfícies) que as separam;
- Informação completa sobre a ocorrência de água no subsolo.

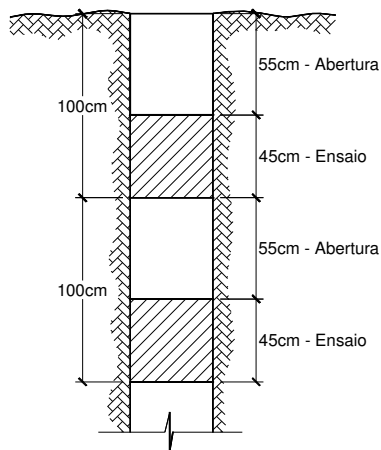
#### **3.1.1 - Execução da sondagem**

A sondagem é realizada contando o número de golpes necessários à cravação de parte de um amostrador no solo realizada pela queda livre de um martelo de massa e altura de queda padronizada. A resistência à penetração dinâmica no solo medida é denominada S.P.T. - Standart Penetration Test.

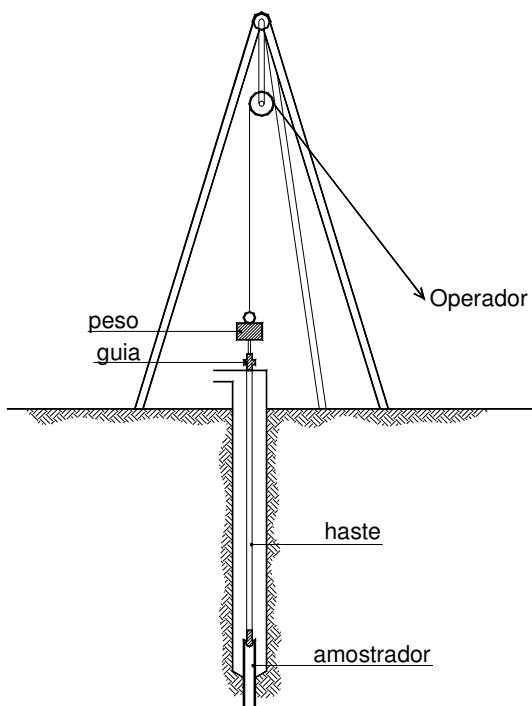
A execução de uma sondagem é um processo repetitivo, que consiste em abertura do furo, ensaio de penetração e amostragem a cada metro de solo sondado.

Desta forma, em cada metro faz-se, inicialmente, a abertura do furo com um comprimento de 55 cm utilizando um trado manual ou através de jato de água, e o restante dos 45 cm é utilizado para a realização do ensaio de penetração. (Figura 3.1)

As fases de ensaio e de amostragem são realizadas simultaneamente, utilizando um tripé, um martelo de 65 kg, uma haste e o amostrador. (Figura 3.2) (Godoy, 1971)



**Figura 3.1 - Esquema de sondagem**



**Figura 3.2 - Equipamento de sondagem à percussão**

### 3.1.2 - Resistência à penetração

O amostrador é cravado 45 cm no solo, sendo anotado o número de golpes necessários à penetração de cada 15 cm.

O Índice de Resistência à Penetração é determinado através do número de golpes do peso padrão, caindo de uma altura de 75 cm, considerando-se o número necessário à penetração dos últimos 30 cm do amostrador. Conhecido como S.P.T.

A Tabela 3.1 apresenta correlações *empíricas*, que permite uma *estimativa* da compactidade das areias e da consistência das argilas, a partir da resistência à penetração medida nas sondagens. (Godoy, 1971)

**Tabela 3.1 - Compactidade das areias e consistência das argilas "in situ" (Godoy, 1971)**

COMPACIDADES E CONSISTÊNCIAS SEGUNDO A RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO - S.P.T.		
SOLO	DENOMINAÇÃO	Nº DE GOLPES
Compactidade de areias e siltes arenosos	Fofa	≤ 4
	Pouco Compacta	5 - 8
	Med. Compacta	9 - 18
	Compacta	19 - 41
	Muito Compacta	> 41
Consistência de argilas e siltes argilosos	Muito Mole	< 2
	Mole	2 - 5
	Média	6 - 10
	Rija	11 - 19
	Dura	> 19

### 3.1.3 - Determinação do número de sondagens a executar

Os pontos de sondagem devem ser criteriosamente distribuídos na área em estudo, e devem ter profundidade que inclua todas as camadas do subsolo que possam influir, significativamente, no comportamento da fundação.

No caso de fundações para edifícios, o número mínimo de pontos de sondagens a realizar é função da área a ser construída (Tabela 3.2).

**Tabela 3.2 - Número mínimo de pontos em função da área construída (NBR8036/1983)**

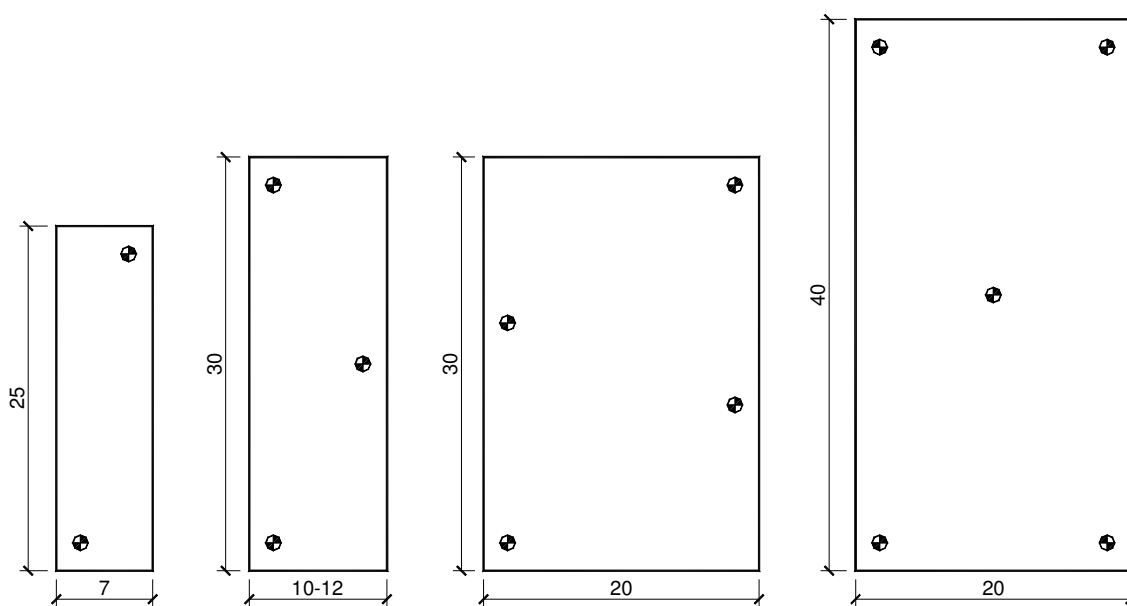
ÁREA CONSTRUÍDA	Nº. DE SONDAJENS
de 200 m <sup>2</sup> até 1,200 m <sup>2</sup>	1 sondagem para cada 200m <sup>2</sup>
de 1,200 m <sup>2</sup> até 2,400 m <sup>2</sup>	1 sondagem para cada 400m <sup>2</sup> que exceder a 1,200m <sup>2</sup>
acima de 2,400m <sup>2</sup>	Será fixada a critério, dependendo do plano de construção.

Podemos ainda, avaliar o mínimo de furos para qualquer circunstância em função da área do terreno para lotes urbanos:

- 2 furos para terreno até 200m<sup>2</sup>
- 3 furos para terreno entre 200 a 400m<sup>2</sup>, ou
- No mínimo, três furos para determinação da disposição e espessura das camadas.

Os furos de sondagens deverão ser distribuídos em planta, de maneira a cobrir toda a área em estudo. A Figura 3.3 apresenta alguns exemplos de locação de sondagens em terrenos urbanos.

A distância entre os furos de sondagem deve ser de 15 a 25m, evitando que fiquem numa mesma reta e de preferência, próximos aos limites da área em estudo.



**Figura 3.3 - Exemplo de locação de sondagens em pequenos lotes**

Em relação à profundidade das sondagens, existem alguns métodos para determiná-las:

- Pelo critério do bulbo de pressão
- Pelas recomendações da norma brasileira

Mas, um técnico experimentado pode fixar a profundidade a ser atingida, durante a execução da sondagem, pelo exame das amostras recuperadas e pelo número de golpes.

Em geral, quatro índices elevados de resistência à penetração, em material de boa qualidade, permitem a interrupção do furo.

Nos terrenos argilosos, a sondagem deverá ultrapassar todas as camadas.

Nos terrenos arenosos, as sondagens raramente necessitam ultrapassar os 15 a 20m.

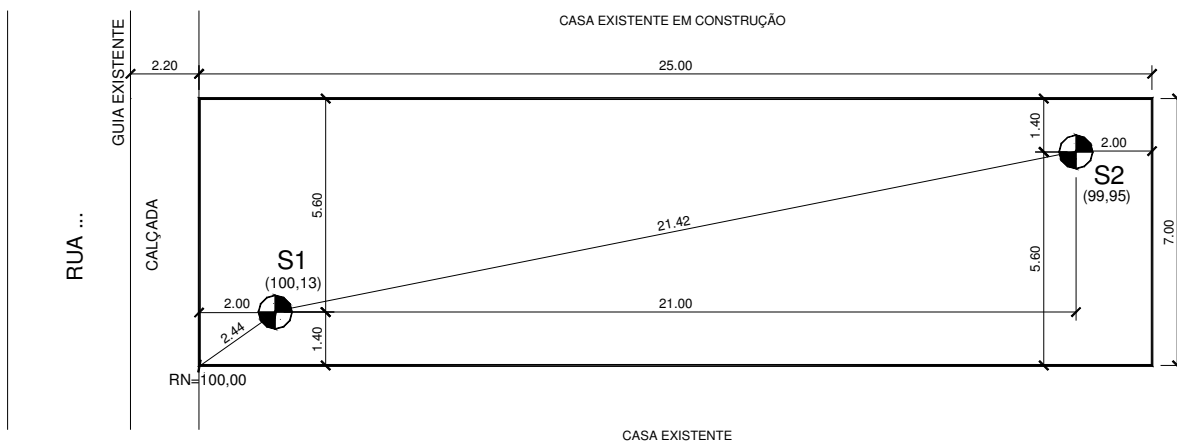
Obs.: profundidade mínima 8,0m. Essa profundidade pode ser corrigida, à medida que os primeiros resultados forem conhecidos.

Poderá ocorrer obstrução nos furos de sondagens do tipo matacões (rochas dispersas no subsolo) confundindo com um embasamento rochoso. Neste caso a verificação é realizada executando-se uma nova sondagem a 3,0m, em planta, da anterior. Se for confirmada a ocorrência de obstrução na mesma profundidade, a sondagem deverá ser novamente deslocada 3,0m numa direção ortogonal ao primeiro deslocamento. Caso necessário, a sondagem na rocha é realizada com equipamento de sondagem rotativo.

### 3.1.4 - Perfil de Sondagem

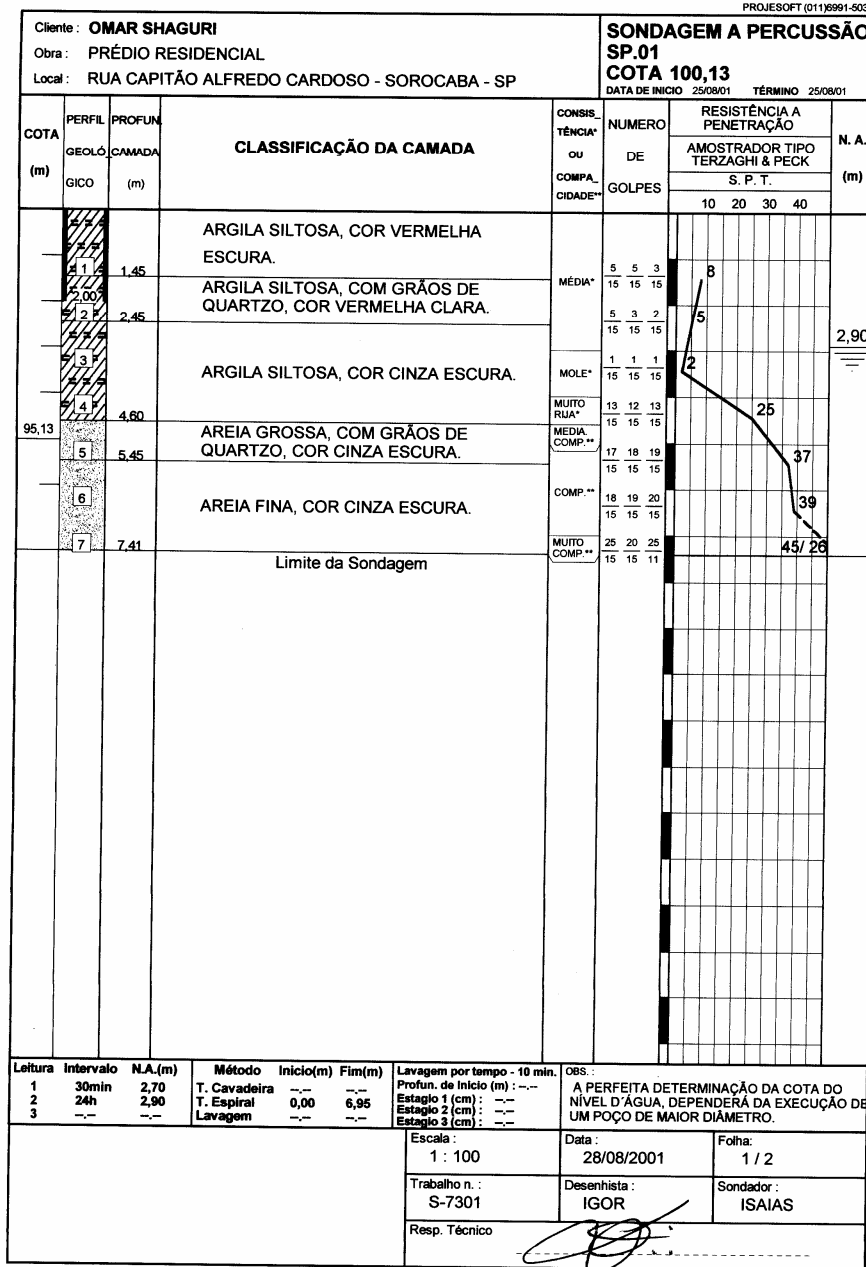
Os dados obtidos em uma investigação do subsolo são normalmente apresentados na forma de um perfil para cada furo de sondagem.

A posição das sondagens é amarrada topograficamente e apresentada numa planta de locação bem como o nível da boca do furo que é amarrado a uma referência de nível RN bem definido ( Figura 3.4)



**Figura 3.4 - Planta de locação das sondagens**

No perfil do subsolo as resistências à penetração são indicadas por números à esquerda da vertical da sondagem, nas respectivas cotas. A posição do nível d'água - NA - também é indicada, bem como a data inicial e final de sua medição (Figura 3.5). (Godoy, 1971)



**Figura 3.5 - Exemplo de um perfil de subsolo**

### 3.2 - ESCOLHA DO TIPO DE FUNDAÇÃO

Com os resultados das sondagens, de grandeza e natureza das cargas estruturais e conhecendo as condições de estabilidade e fundações das construções vizinhas, pode o engenheiro, proceder à escolha do tipo de fundação mais adequada, técnica e economicamente.

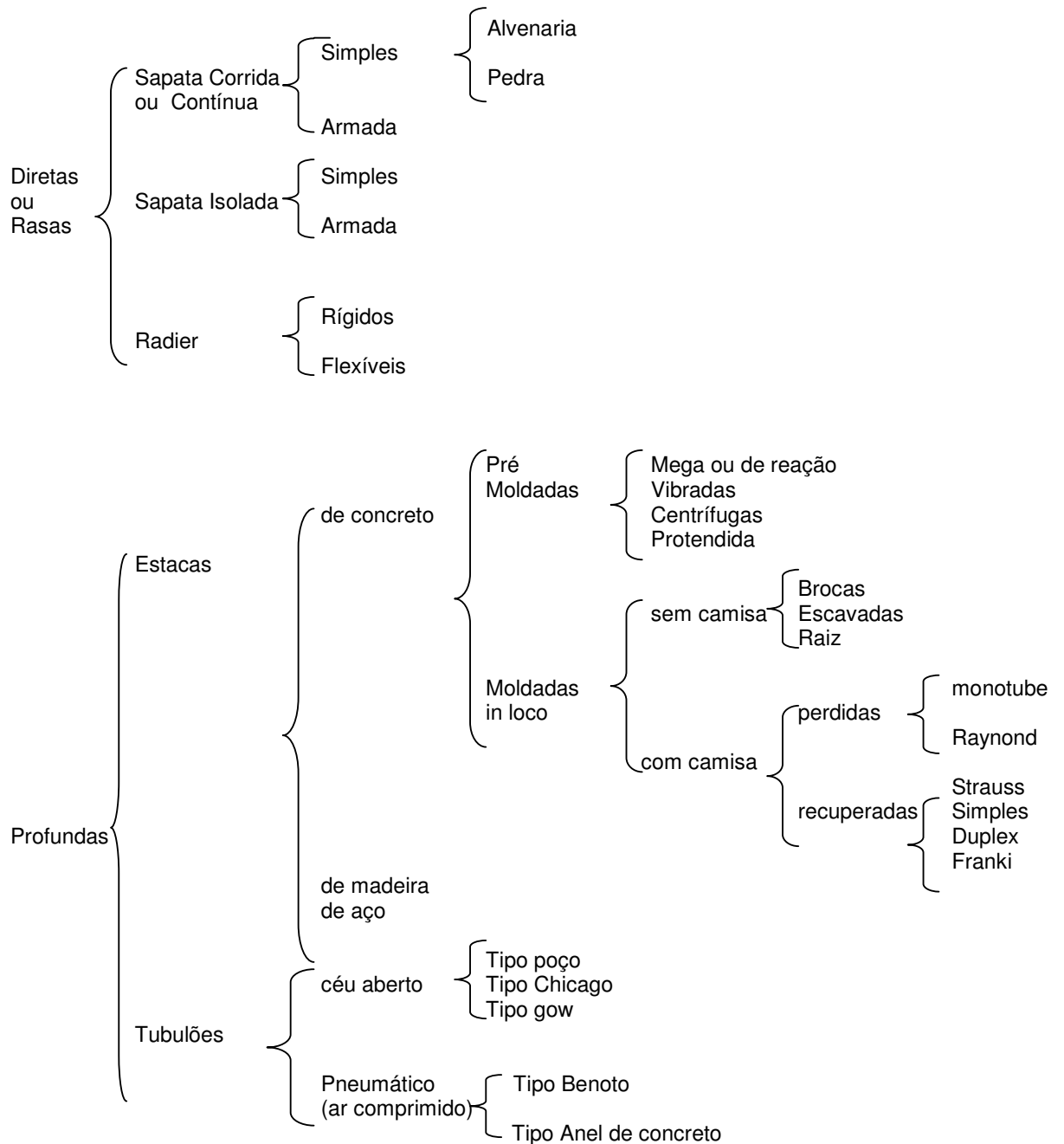
O estudo é conduzido inicialmente, pela verificação da possibilidade do emprego de fundações diretas.

Mesmo sendo viável a adoção das fundações diretas é aconselhável comparar o seu custo com o de uma fundação profunda.

E finalmente, verificando a impossibilidade da execução das fundações diretas, estuda-se o tipo de fundação profunda mais adequada.

### 3.2.1 - Tipos de fundações

Os principais tipos de fundações podem ser reunidos em dois grandes grupos: fundações diretas ou rasas e fundações profundas (Figura 3.6).

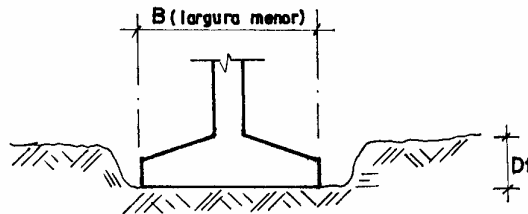


**Figura 3.6 - Relação dos tipos de fundações usuais em construção**

Portanto os principais tipos de fundações são:

- Fundações diretas ou rasas;
- Fundações profundas.

Para a escolha das fundações podemos iniciar analisando uma sapata isolada (Figura 3.7).



**Figura 3.7 - Profundidade de uma sapata isolada (Df)**

- Quando  $Df \leq B \Rightarrow$  **Fundações diretas**
- Quando  $Df > B \Rightarrow$  **Fundações profundas**

(sendo "B" a menor dimensão da sapata)

Quando a camada ideal for encontrada à profundidade de 5,0 à 6,0m, podemos adotar brocas, se as cargas forem na ordem de 4 a 5 toneladas e sem presença de água.

Em terrenos firmes a mais de 6,0m, devemos utilizar estacas ou tubulões.

### 3.3 - FUNDAÇÕES DIRETAS OU RASAS

As fundações diretas são empregadas onde as camadas do subsolo, logo abaixo da estrutura, são capazes de suportar as cargas.

Com o auxílio da sondagem, obtemos o SPT na profundidade adotada e calculamos a  $\bar{\sigma}_s$  do solo. Dividindo a carga P pela  $\bar{\sigma}_s$  do solo, encontramos a área necessária da sapata ( $S_{nec}$ ).

$$S_{nec} = \frac{P}{\bar{\sigma}_s}, \quad \bar{\sigma}_s \cong \frac{SPT}{5}$$

Encontrada a área, adotam-se as dimensões e verificamos se são econômicas (Figura 3.12).

$$\begin{aligned} \text{Condições econômicas:} \quad & A - a = B - b \\ & A - B = a - b \end{aligned}$$

Sendo "A e B" as dimensões da sapata e "a e b" a dimensão do pilar.



Como referência temos  $\bar{\sigma}_s$  (Tensão admissível do solo) como sendo:

Boa =	4,0 kg/cm <sup>2</sup>
Regular =	2,0 kg/cm <sup>2</sup>
Fraca =	0,5 kg/cm <sup>2</sup>

A Distribuição das pressões, no terreno, é função do tipo de solo e da consideração da sapata ser rígida ou flexível, podendo ser bi triangular, retangular ou triangular.

Uma sapata será considerada flexível quando possuir altura relativamente pequena e, sob atuação do carregamento, apresentar deformação de flexão (Caputo, H.P, 1973)

Descrevemos com mais detalhes as fundações diretas mais comuns para obras de pequeno porte.

### 3.3.1 - Sapata Corrida em Alvenaria

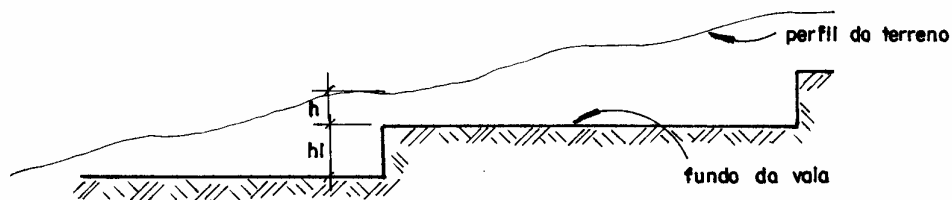
São utilizadas em obras de pequena área e carga, (edícula sem laje, barraco de obra, abrigo de gás; água etc.).

É importante conhecer esse tipo de alicerce, pois foram muito utilizados nas construções antigas e se faz necessário esse conhecimento no momento das reformas e reforços dos mesmos. As etapas de execução são:

#### a) Abertura de vala

- \* Profundidade nunca inferiores a 40 cm
  - \* Largura das - parede de 1 tijolo = 45 cm
- valas:
- parede de 1/2 tijolo = 40 cm

- Em terrenos inclinados, o fundo da vala é formado por degraus (Figura 3.8), *sempre em nível*.
- Mantendo-se o valor "h" em no mínimo 40 cm e  $h_1$ , no máximo 50cm.



**Figura 3.8 - Detalhe do nivelamento do fundo da vala**

## **b) Apiloamento**

Se faz manualmente com soquete (maço) de 10 à 20 kg, com o objetivo unicamente de conseguir a uniformização do fundo da vala e não o de aumentar a resistência do solo.

## **c) Lastro de concreto**

Sobre o fundo das valas devemos aplicar uma camada de concreto magro de traço 1:3:6 ou 1:4:8 (cimento, areia grossa e pedra 2 e 3) e espessura mínima de 5cm com a finalidade de:

- Diminuir a pressão de contato visto ser a sua largura maior do que a do alicerce;
- Uniformizar e limpar o piso sobre o qual será levantado o alicerce de alvenaria

## **d) Alicerce de alvenaria ( Assentamento dos tijolos)**

- Ficam semi-embutidos no terreno;
- Tem espessuras maiores do que a das paredes sendo:  
Paredes de 1 tijolo - feitos com tijolo e meio.  
Paredes de 1/2 tijolo - feitos com um tijolo.
- Seu respaldo deve estar acima do nível do terreno, a fim de evitar o contato das paredes com o solo;
- O tijolo utilizado é o maciço queimado ou requeimado;
- Assentamento dos tijolos é feito em nível;
  - Argamassa de assentamento é de cimento e areia traço 1:4.

## **e) Cinta de amarração**

É sempre aconselhável a colocação de uma cinta de amarração no respaldo dos alicerces. Normalmente a sua ferragem consiste de barras "corridas", no caso de pretender a sua atuação como viga deverá ser calculada a ferragem e os estribos. Sobre a cinta será efetuada a impermeabilização.

Para economizar formas, utilizam-se tijolos em espelho, assentados com argamassa de cimento e areia traço 1:3.

A função das cintas de amarração é "amarrar" todo o alicerce e distribuir melhor as cargas, não podendo, contudo ser utilizadas como vigas.

## **f) Reaterro das valas**

Após a execução da impermeabilização das fundações, podemos reaterro as valas. O reaterro deve ser feito em camadas de no máximo 20cm bem compactadas.

g) Tipos de alicerces para construção simples

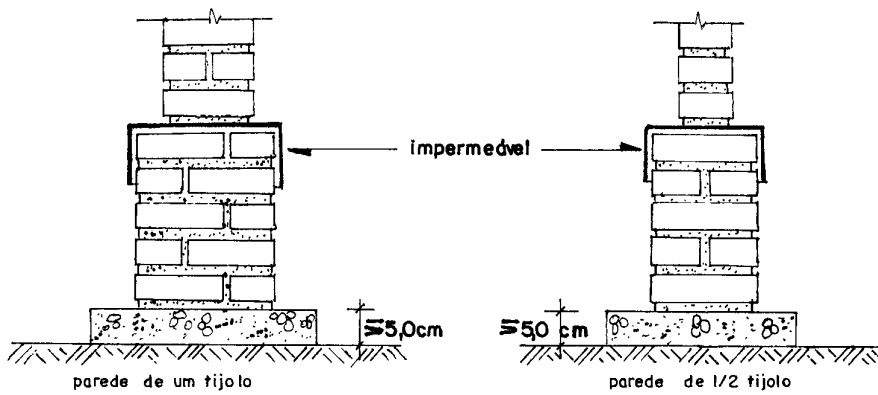


Figura 3.9 - Sem cinta de amarração (Borges, 1972)

Parede de um tijolo

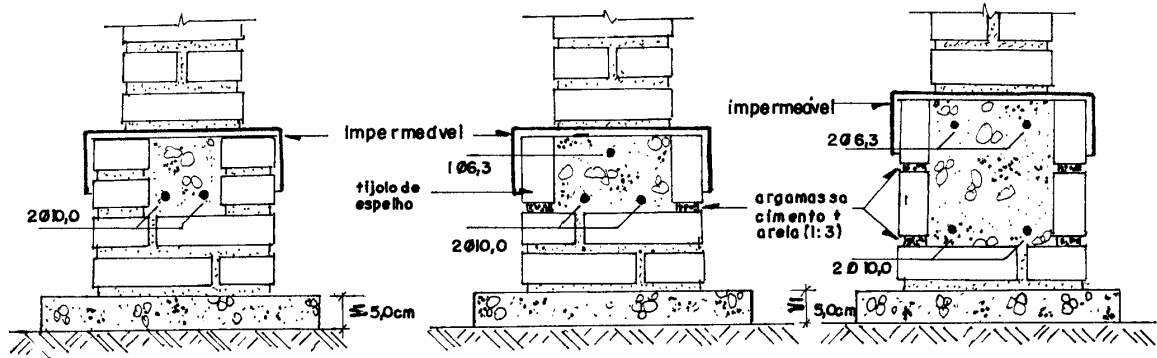


Figura 3.10 - Com cinta de amarração (Borges, 1972)

Parede de meio tijolo

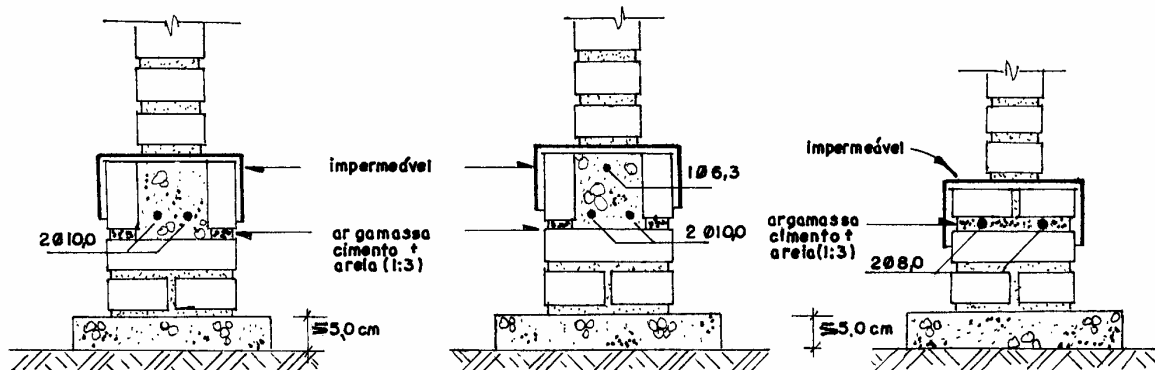


Figura 3.11 - Com cinta de amarração (Borges, 1972)

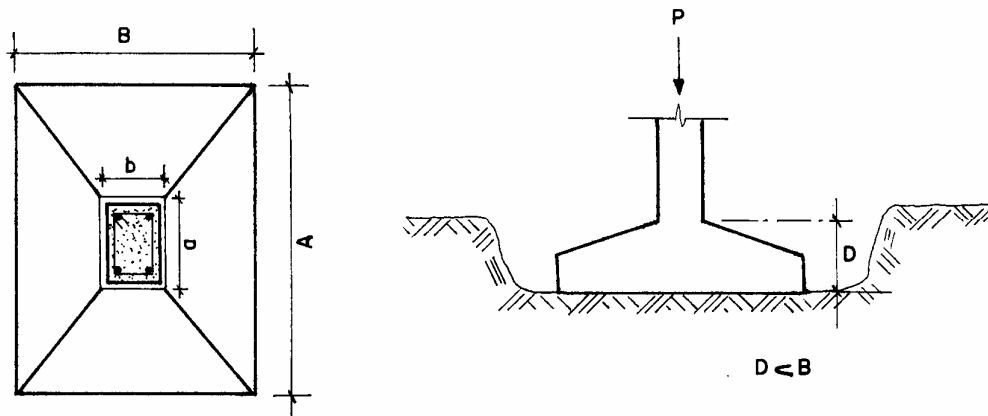
Obs. Para manter os ferros corridos da cinta de amarração na posição, devem ser usados estribos, espaçados de mais ou menos 1,0m. A função desses estribos é somente posicionar as armaduras.

### 3.3.2 Sapatas Isoladas

São fundações de concreto simples ou armado.

As sapatas de concreto simples (sem armaduras), possuem grande altura, o que lhes confere boa rigidez. Também são denominadas de Blocos.

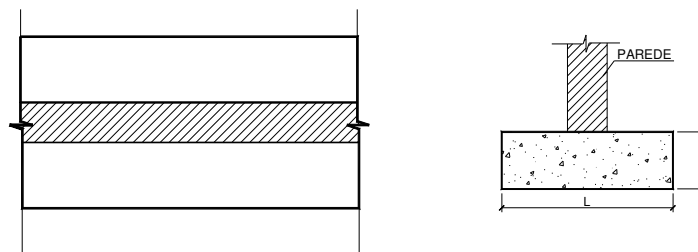
As sapatas de concreto armado, podem ter formato piramidal ou cônico, possuindo pequena altura em relação a sua base, que pode ter forma quadrada ou retangular (formatos mais comuns).



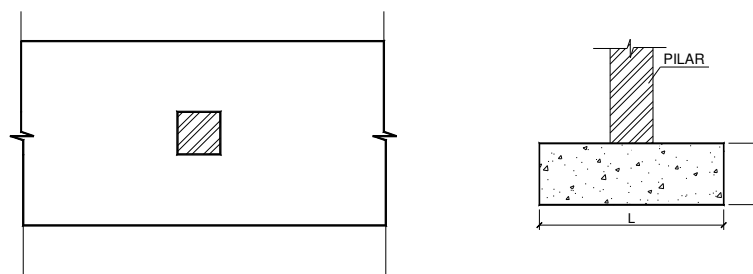
**Figura 3.12 - Sapata isolada retangular**

### 3.3.3 - Sapatas corridas

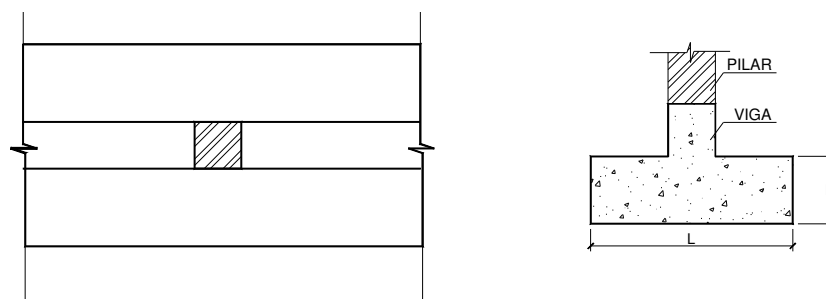
Executadas em concreto armado e possuem uma dimensão preponderante em relação às demais (Figura 3.13; 3.14; 3.15)



**Figura 3.13 - Sapata corrida sob paredes**



**Figura 3.14 - Sapata corrida sob pilares**



**Figura 3.15 - Sapata corrida com viga**

### 3.3.4 - Radiers

Quando todas as paredes ou todos os pilares de uma edificação transmitem as cargas ao solo através de uma única sapata, tem-se o que se denomina uma fundação em radier.

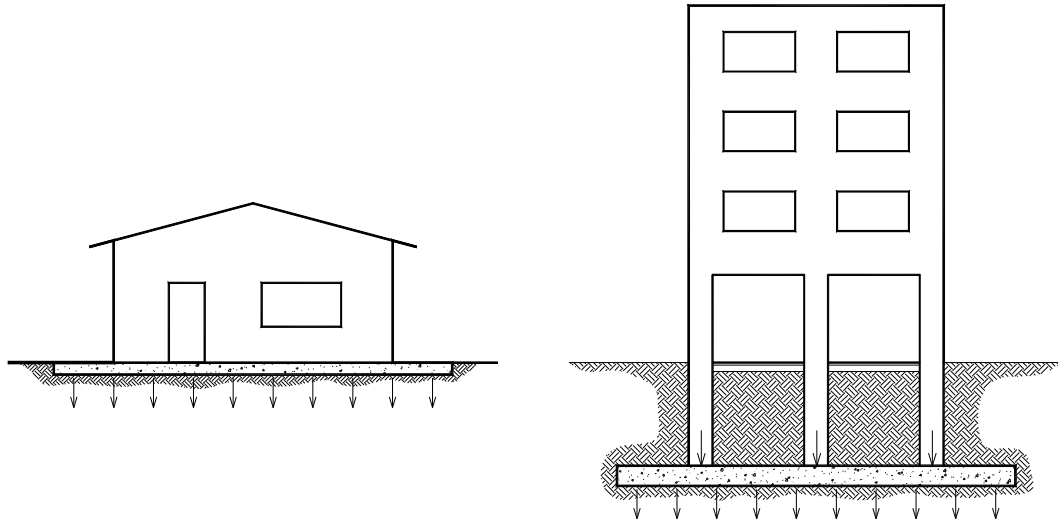
Os radiers são elementos contínuos que podem ser executados em concreto armado, protendido ou em concreto reforçado com fibras de aço.

O radier pode ser considerado uma laje contínua em toda a área de construção distribuindo uniformemente toda a carga ao terreno. A laje deve ser executada utilizando concreto armado com armaduras de aço nas duas direções tanto na parte superior como na inferior (armadura dupla).

Etapas de construção:

- Preparo do terreno – apiloamento e nivelamento;
- Colocação das tubulações de água, esgoto e elétrica;

- Colocação de manta plástica para evitar a perda de água do concreto e a umidade do solo;
- Concretagem e cura.



**Figura 3.16 - Radier**

O radier somente deve ser utilizado se o terreno todo tiver o mesmo tipo de solo. Se uma parte dele for firme e outra fraca você não deve usar radier.

### 3.4 - FUNDAÇÕES PROFUNDAS

São utilizadas quando o terreno firme, bom para a fundação, encontra-se em camadas mais profundas do solo.

Os principais tipos de fundações profundas são:

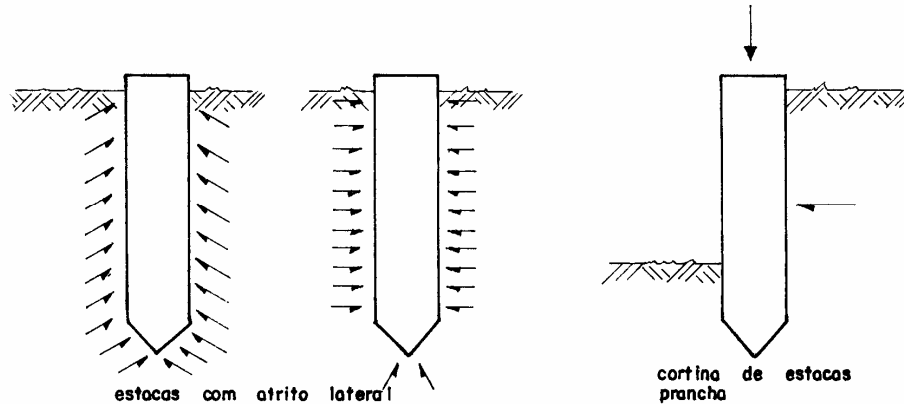
#### 3.4.1 - Estacas

Estacas são peças alongadas, cilíndricas ou prismáticas, cravadas ou confeccionadas no solo utilizando concreto no mínimo 15 MPa, essencialmente para:

- Transmissão de carga a camadas profundas;
- Contenção de empuxos laterais (estacas pranchas);
- Compactação de terrenos.

Podem ser: { - Pré-moldadas  
- Moldadas in loco

As estacas recebem esforços axiais de compressão. Esses esforços são resistidos pela reação exercida pelo terreno sobre sua ponta e pelo atrito entre as paredes laterais da estaca e o terreno. Nas estacas prancha além dos esforços axiais temos o empuxo lateral (esforços horizontais), Figura 3.17.



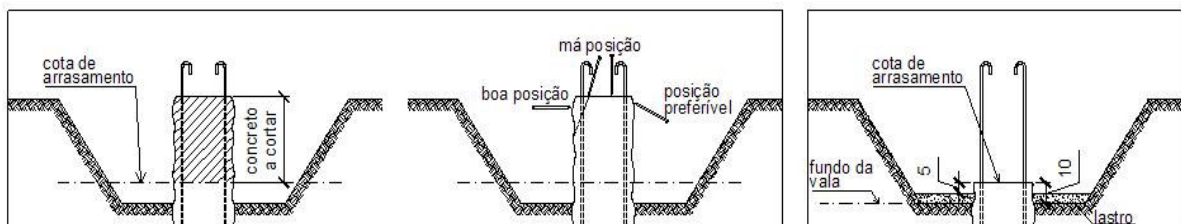
**Figura 3.17 - Esforços nas estacas**

Após a cravação das estacas pré-moldadas de concreto ou a concretagem das estacas moldadas “in loco” as mesmas devem ser preparadas previamente para sua perfeita ligação com os elementos estruturais (blocos de coroamento, vigas etc.).

Nas estacas moldadas “in loco” o concreto da cabeça das estacas geralmente é de qualidade inferior, pois ao final da concretagem há subida de excesso de argamassa, ausência de pedra britada e possibilidade de barro em volta da estaca. Portanto a estaca deve ser concretada no mínimo 20 cm acima da cota de arrasamento. A limpeza e remoção do concreto de má qualidade até a cota de arrasamento devem ser feito com o auxílio de um ponteiro e marreta e o sentido deve ser preferencialmente de baixo para cima (Figura 3.18.a)

Nas estacas pré-moldadas, o excesso de concreto acima da cota de arrasamento, é devido às estacas encontrarem a “nega” (solo impenetrável) em cotas distintas.

A cota de arrasamento das estacas deve ficar no mínimo 10 cm acima do fundo da vala, permitindo a execução do lastro e a sobra de no mínimo 5 cm de estaca acima do lastro (Figura 3.18 b).



(a)

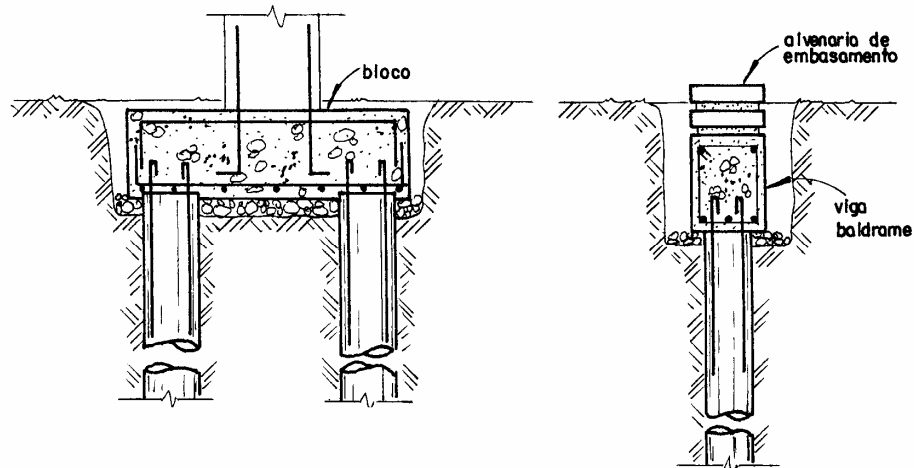
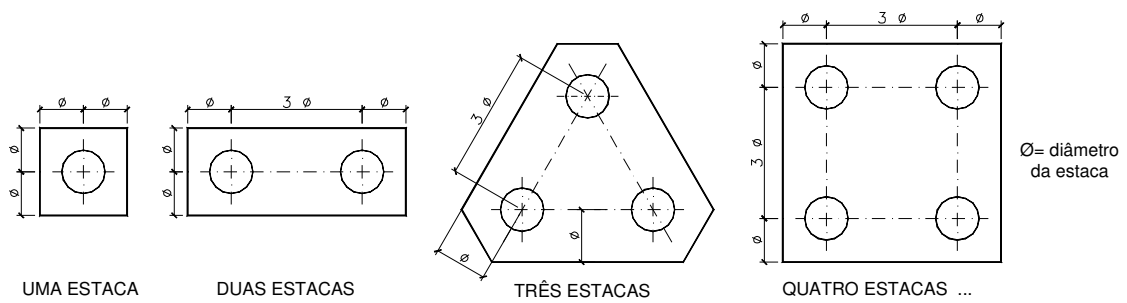
(b)

**Figura 3.18 (a) Arrasamento das estacas – (b) Cota de arrasamento das estacas**

### 3.4.2 Blocos de coroamento das estacas

Os blocos de coroamento das estacas são elementos maciços de concreto armado que solidarizam as "cabeças" de uma ou um grupo de estacas, distribuindo para ela as cargas dos pilares e dos baldrames (Figura 3.19).

Os blocos de coroamento têm também a função de absorver os momentos produzidos por forças horizontais, excentricidade e outras solicitações (Caputo. H.P., 1973).



**Figura 3.19 – Bloco de coroamento**



### 3.4.3 - Brocas

São feitas a trado, em solo sem água, de forma a não haver fechamento do furo nem desmoronamento.

- Limite de diâmetro: 15 (6") a 25cm (10");
- Limite de comprimento: é da ordem de 6,0m, no mínimo de 3,0m a 4,0m;
- Os  $\varnothing$  mais usados são 20 cm e 25 cm.

A execução das brocas é extremamente simples e compreende apenas quatro fases:

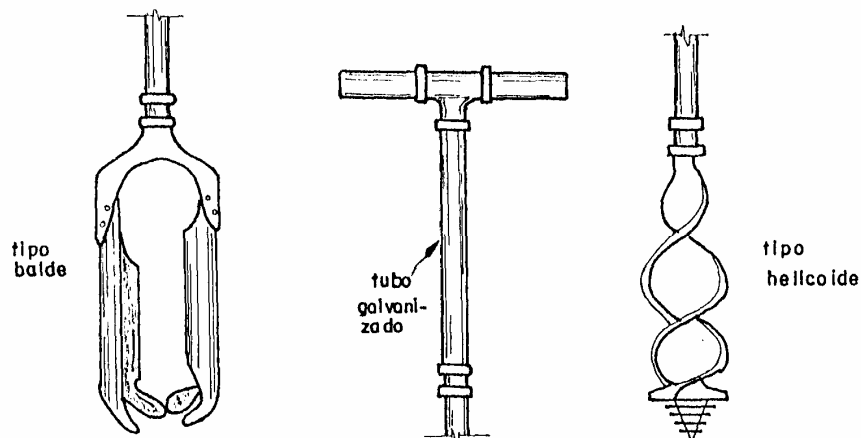
- Abertura da vala dos alicerces
- Perfuração de um furo no terreno
- Compactação do fundo do furo
- Lançamento do concreto

Ao contrário de outros tipos de estacas, que veremos adiante, as brocas só serão iniciadas depois de todas as valas abertas, pois o trabalho é exclusivamente manual, não utilizando nenhum equipamento mecânico.

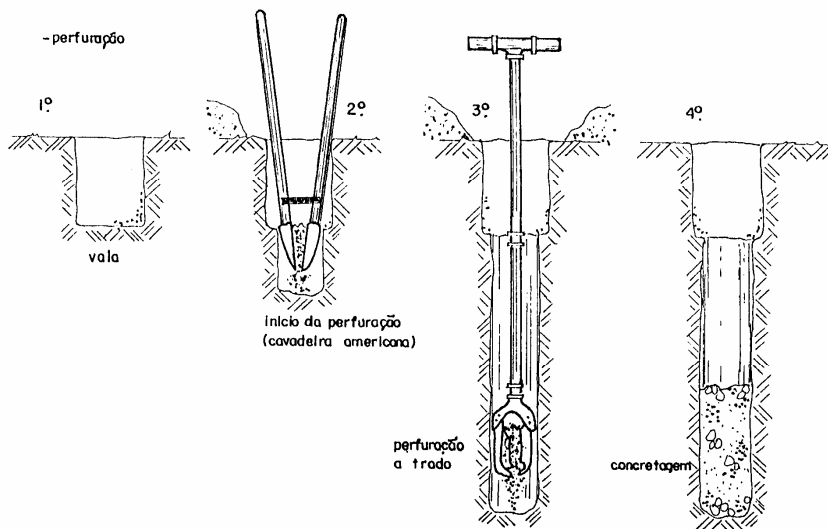
Inicia-se a abertura dos furos com uma cavadeira americana e o restante é executado com trado (Figura 3.20; 3.21), que tem o seu comprimento acrescido através de barras de cano galvanizado, (geralmente com 1,5m cada peça) até atingir a profundidade desejada.

Ao atingir a profundidade das brocas, as mesmas são compactadas e preenchidas com concreto fck 15,0 MPa conforme NBR 6122, utilizando pedra nº 2, sempre verificando se não houve fechamento do furo, bem como falhas na concretagem.

Fazemos isso através da cubicagem (volume) de concreto que será necessária para cada broca.



**Figura 3.20 - Tipos de trado**



**Figura 3.21 - Perfuração da broca**

Geralmente as brocas não são armadas, apenas levam pontas de ferro destinadas a amarrá-las à viga baldrame ou blocos. No entanto, certas ocasiões nos obrigam a armá-las e nesses casos, isto é feito com 4 (quatro) ferros e estribos em espiral ou de acordo com o projeto estrutural.

Devemos armar as brocas quando:

- Verificarmos que as mesmas, além de trabalharem a compressão, também sofrem empuxos laterais;
- Forem tracionadas;
- Quando em algumas brocas, encontrarmos solo resistente a uma profundidade inferior a 3,0m.

A Resistência Estrutural da Broca quando bem executadas podem ser:

- broca de 20cm:      - não armada  $\cong$  4 a 5t  
                              - armada        $\cong$  6 a 7t
- broca de 25cm:      - não armada  $\cong$  7 a 8t  
                              - armada        $\cong$  10t

Esses valores são aproximados, pois sua execução é manual, geralmente o fundo do furo não é compactado e o lançamento do concreto é feito diretamente no solo, sem nenhuma proteção.

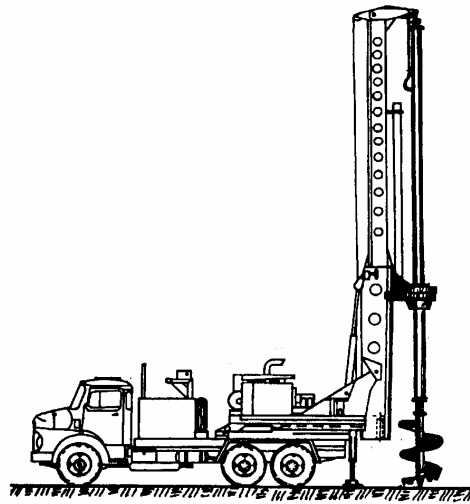
É conveniente adotar cargas não superiores a 5 toneladas por unidade, em solos suficientemente coesivos e na ausência de lençol freático.

A execução de brocas na presença de água deve ser evitada e somente é admitida quando se tratar de solos de baixa permeabilidade, que possibilitem a concretagem antes do acúmulo de água.

### 3.4.4 - Estacas Escavadas

As estacas escavadas caracterizam-se também por serem moldadas no local após a escavação do solo, que é efetuada mecanicamente com trado helicoidal.

São executadas através de torres metálicas, apoiadas em chassis metálicos ou acopladas em caminhões (Figura 3.22). Em ambos os casos são empregados guinchos, conjunto de tração e haste de perfuração, podendo esta ser helicoidal em toda a sua extensão ou trados acoplados em sua extremidade. Seu emprego é restrito a perfuração acima do nível d'água. (Falconi et al, 1998)



*Figura 3.22 – Perfuratriz (Hachich et al, 1998)*

Usualmente os diâmetros e cargas de trabalho utilizado são:

- Ø 25 cm: 15tf
- Ø 30 cm: 25tf
- Ø 35 cm: 30tf

### 3.4.5 - Estaca Apiloada

A estaca apiloada é executada utilizando um tripé e um soquete com diâmetro de 20 a 30 cm. A perfuração é conseguida lançando o saquete ao solo de uma altura variável dependendo do equipamento. O processo é mecanizado e utilizado somente para pequenas cargas devido as suas limitações. Nas estacas apiloadas não existe uma padronização de carga, depende da profundidade atingida do diâmetro da estaca e do tipo de solo.

A concretagem das estacas apiloadas seguem as mesmas especificações das estacas moldadas “in loco” pode ser lançado até preencher o furo ou lançado e apiloado em camadas.

Quando lançado e epiloado em camadas deve-se ter o cuidado do contato do soquete com a parede do furo para não contaminar o concreto com o solo (Hachich et al, 1998).

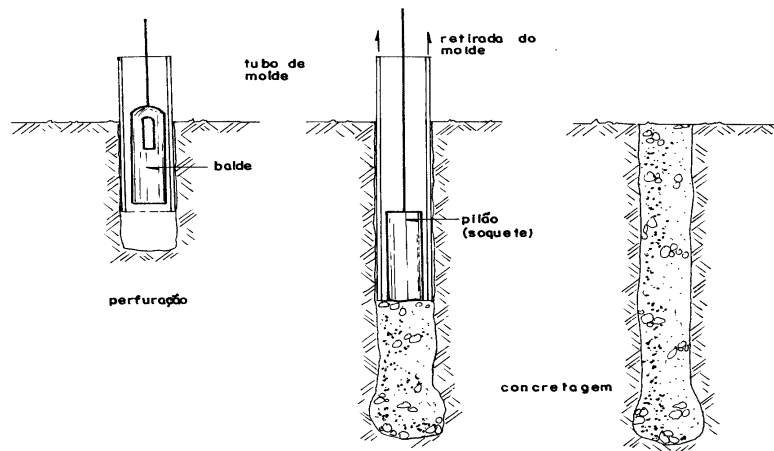
### 3.4.6 - Estaca Strauss

A estaca Strauss é executada utilizando equipamento mecanizado composto por um tripé, guincho, soquete (pilão) e a sonda (balde).

Inicia-se a perfuração utilizando o soquete. Após abertura inicial do furo com o soquete, coloca-se o tubo de molde do mesmo diâmetro da estaca, o soquete é substituído pela sonda com porta e janela a fim de penetrar e remover o solo no seu interior em estado de lama.

Alcançado o comprimento desejado da estaca, enche-se de concreto em trechos de 0,5 a 1,0 m que é socado pelo pilão à medida que se vai extraindo o molde formando o bulbo.

O procedimento acima se repete, exceto a formação do bulbo, até completar o nível proposto pelo projeto.



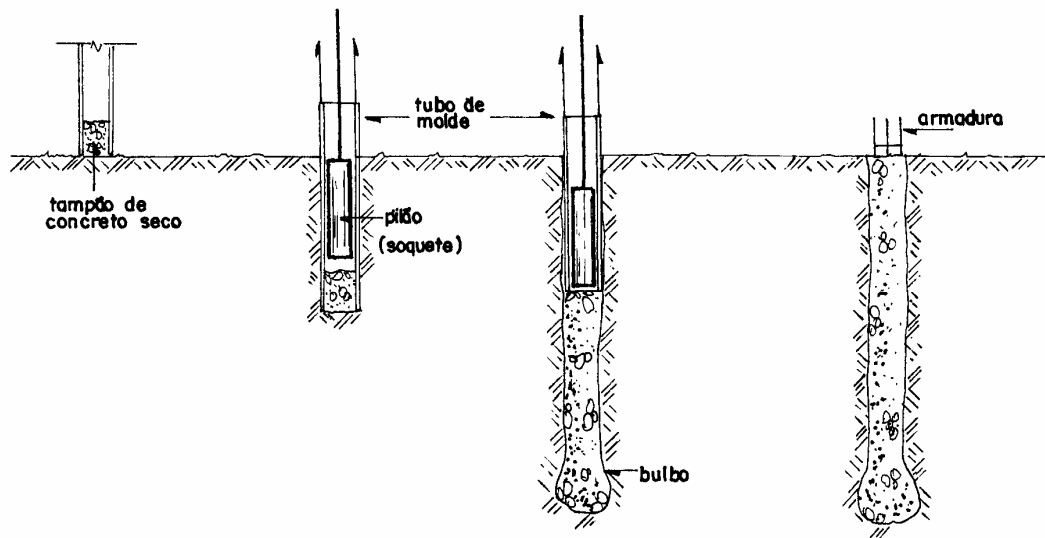
**Figura 3.23 - Execução das Estaca Strauss**

Usualmente os diâmetros e cargas de trabalho utilizado são:

- Ø 25 cm: 20tf
- Ø 30 cm: 30tf
- Ø 35 cm: 35tf

### 3.4.7 - Estacas Franki

Coloca-se o tubo de aço (molde), tendo no seu interior junto à ponta, um tampão de concreto de relação água/cimento muito baixa, esse tampão é socado por meio de um soquete (pilão) de até 4t; ele vai abrindo caminho no terreno devido ao forte atrito entre o concreto seco e o tubo e o mesmo é arrastado para dentro do solo. Alcançada a profundidade desejada o molde é preso à torre, coloca-se mais concreto no interior do molde e com o pilão, provoca-se a expulsão do tampão até a formação de um bulbo do concreto. Após essa operação desce-se a armadura e concretiza-se a estaca em pequenos trechos sendo os mesmos fortemente, apiloados ao mesmo tempo em que se retira o tubo de molde.



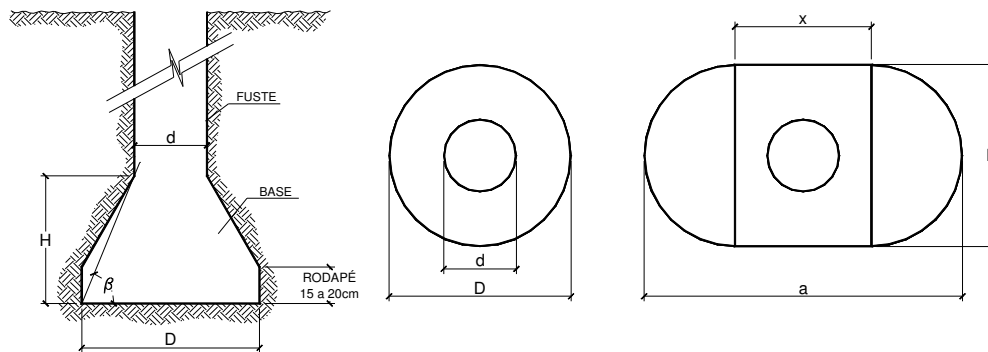
**Figura 3.24 - Execução das Estacas Franki**

Usualmente os diâmetros e cargas de trabalho utilizado são:

- Ø 30 cm: 40tf
- Ø 35 cm: 50tf

### 3.4.8 - Tubulões

São elementos de fundação profunda constituído de um poço (fuste), normalmente de seção circular revestido ou não, e uma base circular ou em forma de elipse (Figura 3.25) (Alonso et al, 1998).



**Figura 3.25 - Seção típica de um tubulão**

Sendo:

$$\beta \geq 60^\circ$$

$$d_{\min.} = 70\text{cm}$$

$$D \cong \text{de } 3 \text{ a } 3,5d$$

$$H \geq \frac{D - d}{2} \cdot \text{tang}60^\circ \text{ sendo } < 2,0\text{m}$$

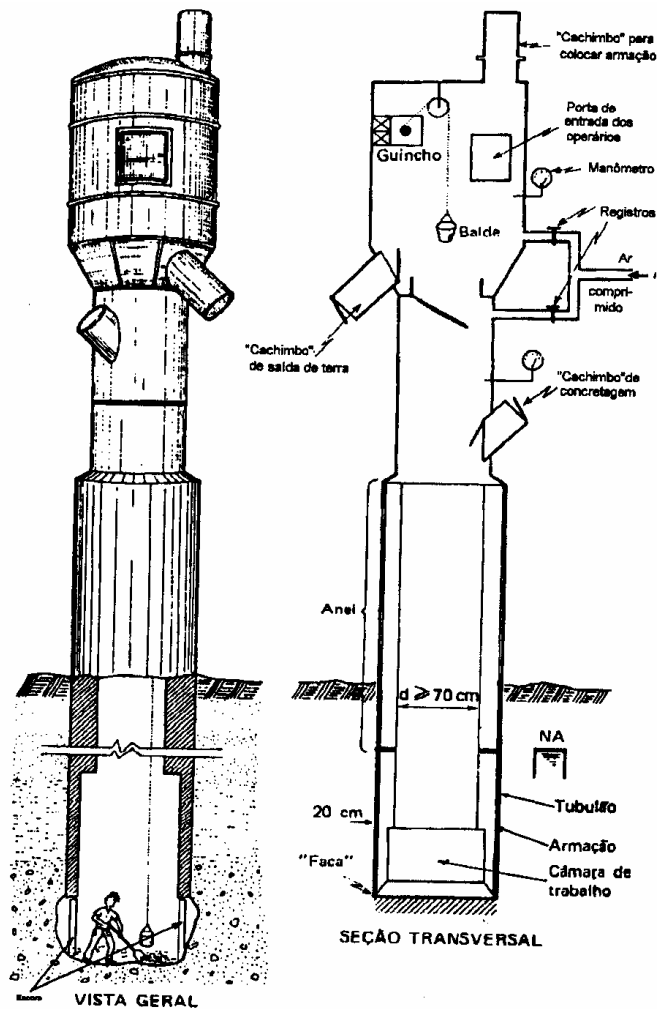
Os tubulões dividem-se em dois tipos básicos: à céu aberto (com ou sem revestimento) e a ar comprimido (pneumático) revestido.

O revestimento dos tubulões pode ser constituído de camisa de concreto armada ou de aço. Sendo a de aço perdida ou recuperada.

Os tubulões à céu aberto é o mais simples, resulta de um poço perfurado manualmente ou mecanicamente e a céu aberto. Seu emprego é limitado para solos coesivos e acima do nível d'água, existindo dois sistemas de execução Chicago e Gow.

No sistema Chicago a escavação é feita com pá, em etapas, as paredes são escoradas com pranchas verticais ajustadas por meio de anéis de aço. Já no sistema Gow o escoramento é efetuado utilizando cilindros telescópicos de aço cravados por percussão (Caputo, 1973).

Os tubulões a ar comprimido ou pneumático utilizam uma câmara de equilíbrio em chapa de aço e um compressor (Figura 3.26). O princípio é manter, pelo ar comprimido injetado, a água afastada do interior do interior do tubulão.



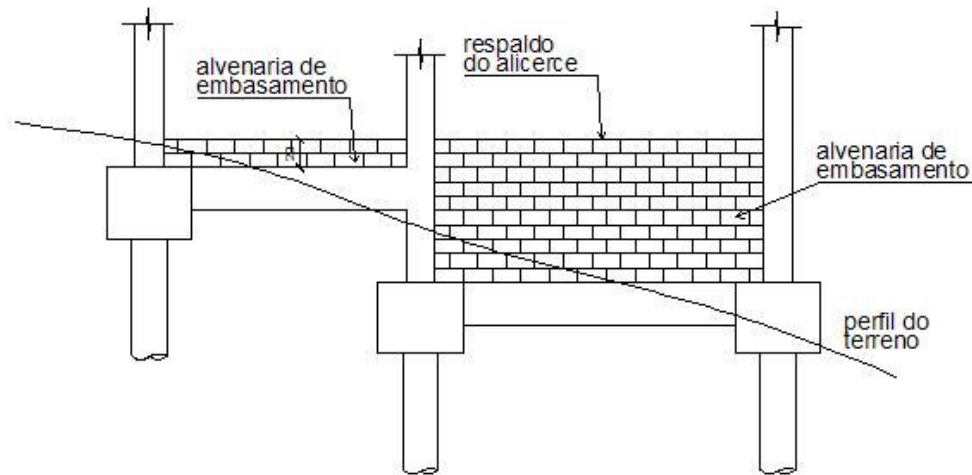
**Figura 3.26 - Tubulão a ar comprimido**

### 3.4.9 – Alvenaria de embasamento

As fundações são executadas em um nível abaixo do piso acabado (no mínimo 20 cm). Sobre as fundações e vigas baldrame é executado a alvenaria de embasamento de modo a permitir os diferentes níveis de piso mantendo o baldrame nivelado, possibilitar a passagem de tubulações sem prejuízo do baldrame,

contenção lateral para aterros dos pisos e receber a camada impermeabilizante do alicerce.

A alvenaria de embasamento pode ser de tijolo maciço ou de bloco de concreto assentada com argamassa de cimento e areia no traço 1:4. O tijolo maciço é o mais utilizado devido as suas dimensões facilitando as diversas espessuras da alvenaria de embasamento (Figura 3.27).



**Figura 3.27 - Alvenaria de embasamento**

### **3.5 – IMPERMEABILIZAÇÃO**

A impermeabilização é de fundamental importância no aumento da durabilidade das construções.

Os serviços de impermeabilização representam uma pequena parcela do custo e do volume de uma obra, quando anteriormente planejada.

As falhas corrigidas a posteriori, somam muitas vezes o custo inicial.

A impermeabilização das edificações não é uma prática moderna. Os romanos empregavam clara de ovos, sangue, óleos, etc. para impermeabilizar saunas, aquedutos. Já no Brasil, nas cidades históricas, existem igrejas e pontes onde a argamassa das pedras foi aditivada com óleo de baleia.

Atualmente, dispomos de produtos desenvolvidos especialmente para evitar a ação prejudicial da água.

Podemos dividir os tipos de impermeabilização, de acordo com o ataque de água:

- contra a pressão hidrostática;
- contra a infiltração;
- contra a umidade do solo.

Os serviços de impermeabilização contra pressão hidrostática e contra água de infiltração não admitem falhas; a impermeabilização para esses tipos, mais



utilizada há mais de 50 anos, é a por meio de membranas onde a plasticidade é a grande vantagem, pois acompanha o movimento das trincas que venham a se formar na estrutura permanecendo impermeáveis mesmo sob pressão hidrostática.

Temos também, no Brasil, já há algum tempo, um produto mineral que se aplica na estrutura, em especial as de concreto, que penetra nos poros através de água e se cristaliza até cerca de 6 cm dentro da estrutura fechando os poros e ficando solidária com a estrutura. Tem sido bem aceito, pois esse produto pode ser aplicado, e com grande sucesso, nas recuperações de estruturas sujeitas a pressão hidrostática etc. E no caso de umidade do solo, a impermeabilização mais utilizada é com argamassa rígida e impermeabilizante gordurosos.

Como podemos observar, existem basicamente três sistemas principais de impermeabilização:

- O rígido:** - 1º Constituídos pelos concretos e argamassas impermeáveis, pela inclusão de um aditivo.
- 2º Constituídos por cimentos especiais de cura rápida que são utilizados no tamponamento.

**O semi flexível:** - Semelhante à impermeabilização rígida somente que os aditivos favorecem pequenas movimentações.

**O flexível:** Constituído por lençóis de borracha butílica, membrana de asfalto com elastômeros, lençóis termoplásticos, etc...

Devemos ter alguns cuidados com a impermeabilização

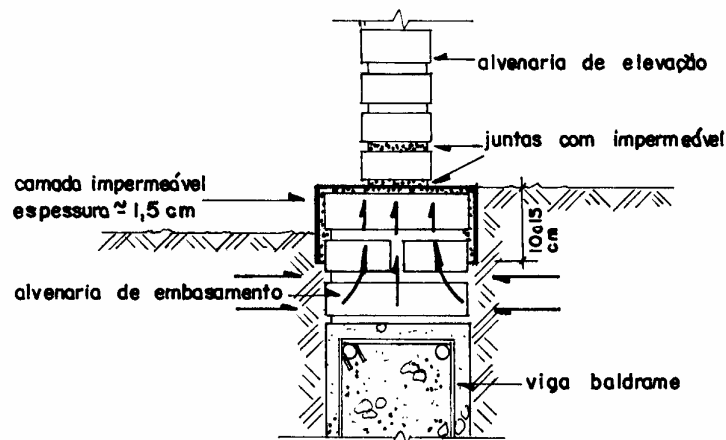
- Uma impermeabilização não dá resistência à estrutura. Se a estrutura fissurar, a argamassa também o fará.
- Uma junta fissurada deve ser cheia com uma massa elástica e não com argamassa rígida.
- A obstrução da água fará com que ela procure nova saída e inicie o trabalho pelas áreas porosas.

### 3.5.1.-Impermeabilização dos alicerces

Independente do tipo de fundação adotada deve executar uma impermeabilização no respaldo dos alicerces (Figura 3.28). A fundação sempre é executada num nível inferior ao do piso, sendo necessário assentar algumas fiadas de tijolos sobre a sapata corrida ou sobre o baldrame, até alcançarmos o nível do piso (Alvenaria de embasamento).

No tijolo a água sobe por capilaridade, penetrando até a altura de 1,50m nas paredes superiores, causando sérios transtornos.

Portanto é indispensável uma boa impermeabilização no respaldo dos alicerces, local mais indicado para isso, pois é o ponto de ligação entre a parede que está livre de contato com o terreno e o alicerce.



**Figura 3.28 - Impermeabilização no respaldo do alicerce**

O processo mais utilizado é através de argamassa rígida; usando, geralmente, impermeável gorduroso (Vedacit ou similar), dosado em argamassa de cimento e areia em traço 1:3 em volume:

- 1 lata de cimento (18 litros)
- 3 latas de areia (54 litros)
- 1,5 kg de impermeável

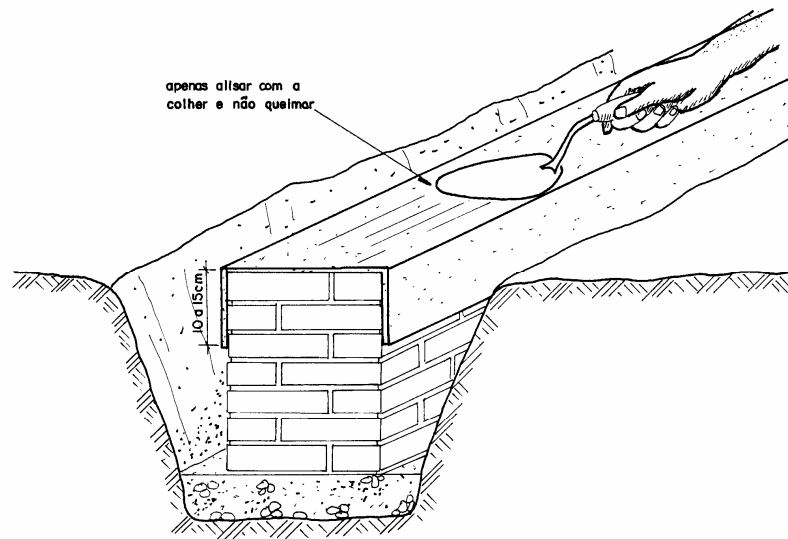
Após a cura da argamassa impermeável a superfície é pintada com piche líquido (Neutrol ou similar), pois o piche penetra nas possíveis falhas de camadas, corrigindo os pontos fracos. Devemos aplicar duas demãos e em cruz.

Outro processo utilizado dispensa o uso da pintura com piche líquido sobre a argamassa.

Nesse sistema aplica-se uma argamassa de cimento e areia no traço 1:3 e pintura com cimento cristalizante e aditivo (Kz + água + K11 na proporção de 1:4:12; Viaplus 1000; Tec 100 ou similar). Podemos utilizar aditivo acrílico que proporciona uma composição semi flexível. Aplicar sempre com as paredes úmidas em três demãos cruzadas.

Recomendações importantes para uma boa execução da impermeabilização:

- Deve-se sempre dobrar lateralmente cerca de 10 a 15 cm (Figura 3.29);
- A camada impermeável não deve ser queimada, mas apenas alisada, para que sua superfície fique semi-áspera evitando fissuras;
- Usa-se a mesma argamassa para o assentamento das duas primeiras fiadas da alvenaria de elevação.



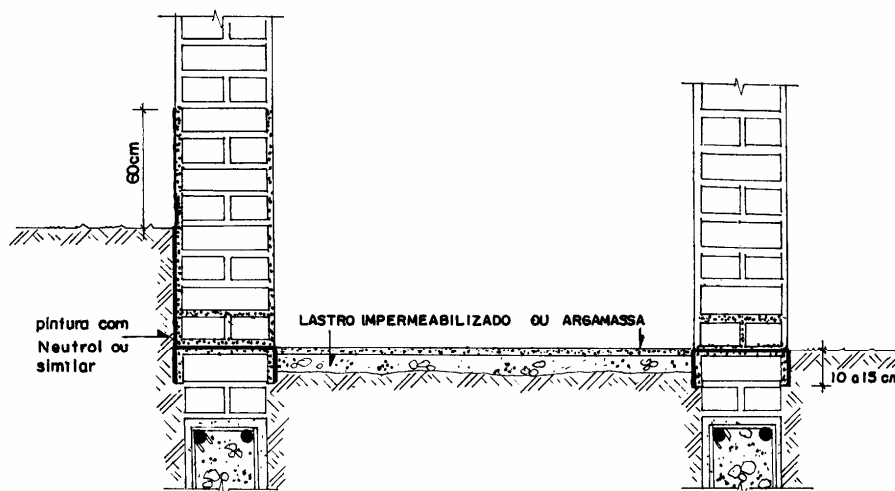
**Figura 3.29 - Detalhe da aplicação da argamassa impermeável**

*Obs.: O tempo de duração de uma impermeabilização deverá corresponder ao tempo de uso de uma construção. Sua substituição envolve alto custo e transtorno aos usuários.*

### 3.5.2 - Impermeabilização nas alvenarias sujeita a umidade do solo

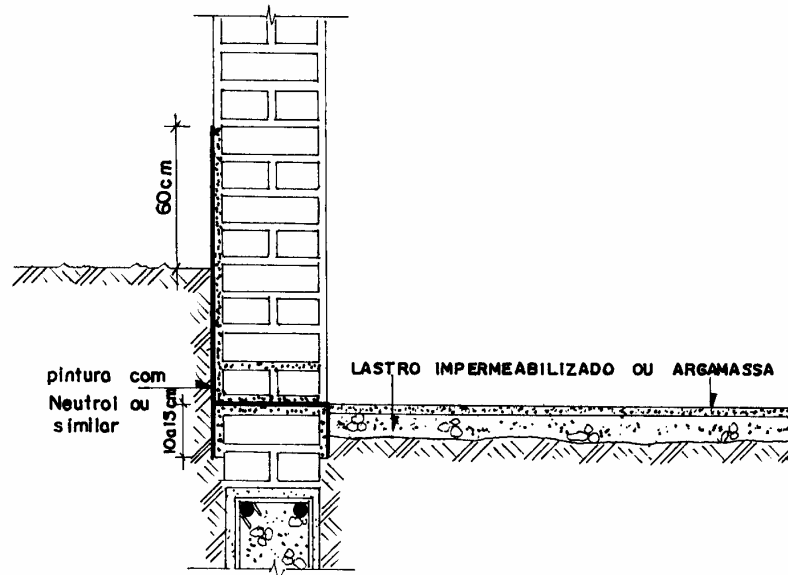
Além dos alicerces, nos locais onde o solo entra em contato com as paredes, devemos executar uma impermeabilização. Faz-se necessário estudar caso a caso para adotar o melhor sistema de impermeabilização (rígido e semi flexível para umidade e flexível para infiltração).

As figuras 3.30 e 3.31 detalham uma impermeabilização rígida em diversos locais de uma construção.



**Figura 3.30 - Impermeabilização em locais de pouca ventilação**

Onde o solo encostar-se à parede levantar o revestimento interno e externo no mínimo 60 cm acima do solo



**Figura 3.31 - Impermeabilização com ventilação**

Em ambos os casos o alicerce e o lastro impermeabilizado devem coincidir.

### 3.6 - DRENOS

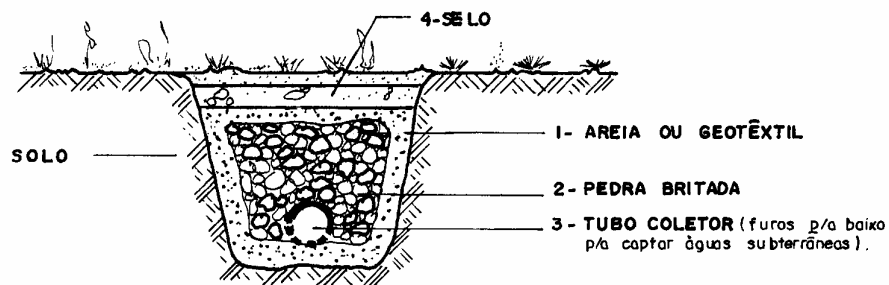
Existem casos que para maior proteção da impermeabilização dos alicerces e também das paredes em arrimo, necessitamos executar DRENOS, para garantir bons resultados.

Os drenos devem ser estudados para cada caso, tendo em vista o tipo de solo e a profundidade do lençol freático, etc...

Os drenos subterrâneos podem ser de três tipos:

- Drenos horizontais (ao longo de uma área) (figura 3.32)
- Drenos verticais (tipo estacas de areia)
- Drenos em camada (sob base de estrada)

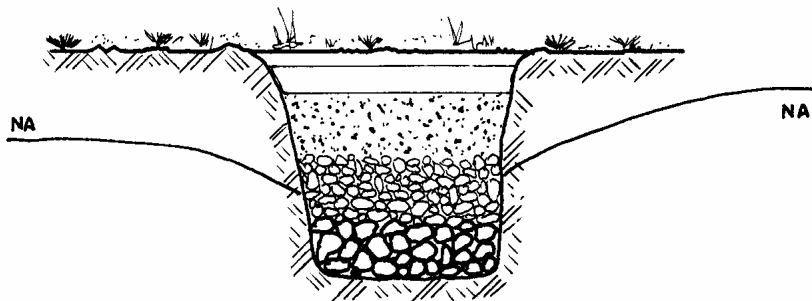
De modo genérico, os drenos horizontais são constituídos:



**Figura 3.32 - Dreno horizontal**

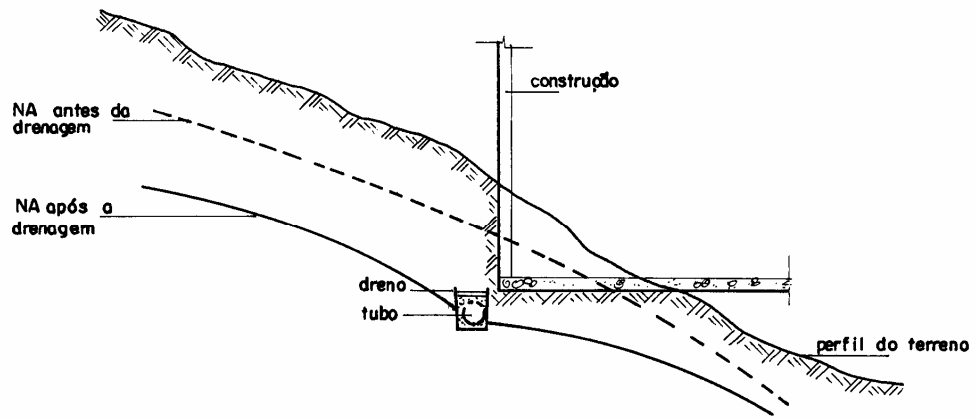
- 1 - Camada filtrante:** (areia de granulometria adequada ou manta de poliéster servindo como elemento de retenção de finos do solo).
- 2 - Material drenante:** (pedra de granulometria apropriada) que serve para evitar carreamento de areia - 1 - para o interior do tubo, e conduzir as águas drenadas.
- 3 - Tubo coletor:** deve ser usado para grandes vazões. Normalmente de concreto, barro cozido ou PVC.
- 4 - Camada impermeável:** (selo) no caso do dreno ser destinado apenas à captação de águas subterrâneas. Se o dreno captar águas de superfície, esta camada será substituída por material permeável.
- 5 - Solo a ser drenado:** em um estudo mais aprofundado, a sua granulometria servirá de ponto de partida para o projeto das camadas de proteção.

*Obs. No caso de não ter tubulação condutora de água, o dreno é chamado de cego (Figura 3.33). Os drenos cegos consistem de valas cheias de material granular (brita e areia). O material é colocado com diâmetro decrescente, de baixo para cima.*



**Figura 3.33 - Dreno horizontal cego**

Uma das utilizações dos drenos é quando o nível de água é muito alto e desejamos rebaixá-lo (Figura 3.34).



**Figura 3.34 - Exemplo de aplicação dos drenos**

Obs. Neste caso os furos do tubo devem estar para cima.

## **ANOTAÇÕES**

1 – Verificar se o terreno confirma a sondagem quando da execução da fundação.

2 – Verificar a exata correspondência entre os projetos, arquitetônico, estrutural e o de fundações.

3 – Verificar se o traço e o preparo do concreto atendem as especificações de projeto.

4 – Verificar qual o sistema de impermeabilização indicada no projeto. Constatar se as especificações dos materiais, bem como as recomendações técnicas dos fabricantes estão sendo rigorosamente obedecidas.

### **Noções de segurança na execução de fundação:**

- Evitar queda de pessoas nas aberturas utilizando proteção com guarda corpos de madeira, metal ou telas.
- Realizar escoramento em valas para evitar desmoronamentos.
- O canteiro de obra deverá ser mantido limpo, organizado e desimpedidos, para evitar escorregões, e tropeços.
- Sinalizar com guarda-corpo, fitas, bandeirolas, cavaletes as valas, taludes poços e buracos.