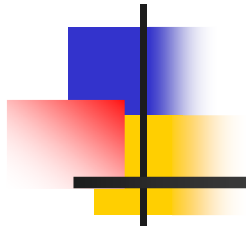


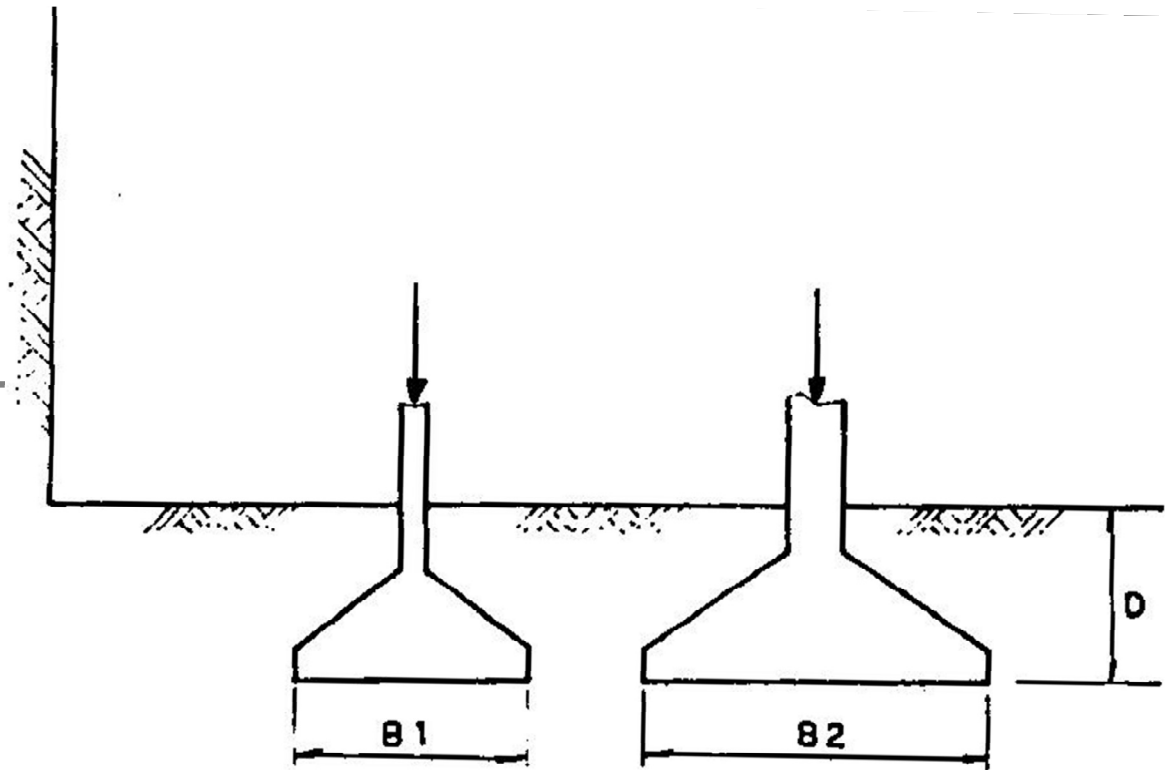
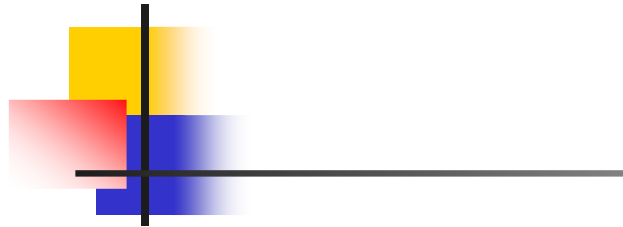
Fundação Direta



Prof. Mauricio Abramento

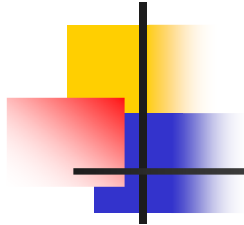
(rev. Waldemar Hachich, 2017)

Introdução



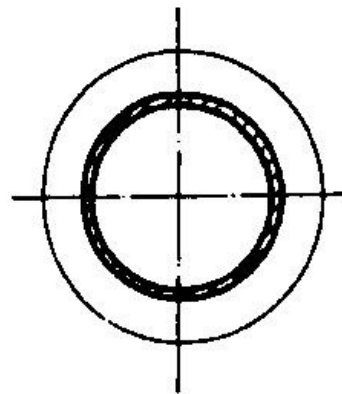
- Fundações diretas (nem sempre rasas): praticamente toda a reação do solo está a $D < B$
- Fundações profundas: praticamente toda a reação do solo está a $D > 4B$
- Caso intermediário: fundação direta com efeito de profundidade
- Não existem “fundações indiretas”

Principais Elementos Estruturais

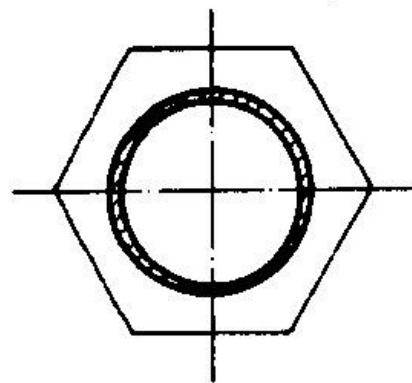


- Sapatas
- Blocos
- Radiers

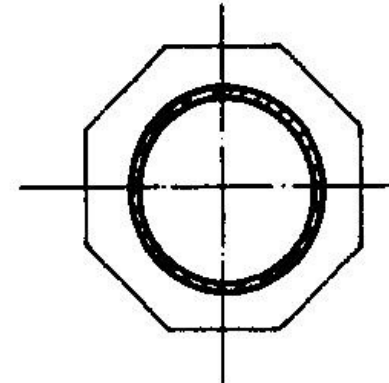
Sapatas isoladas



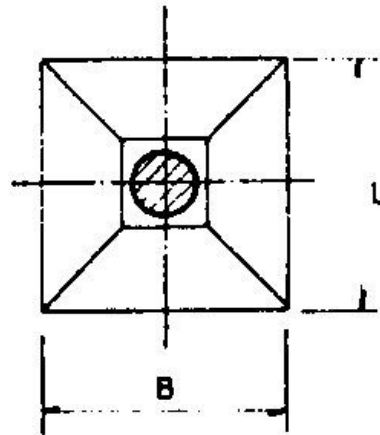
a) CIRCULAR



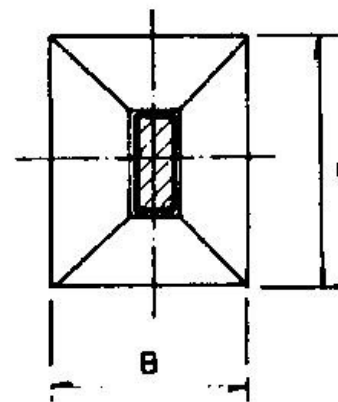
b) HEXAGONAL



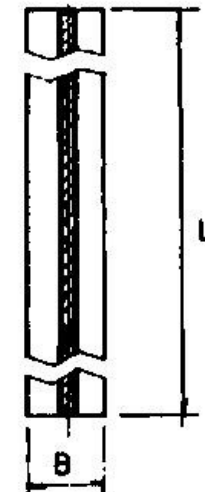
c) OCTOGONAL



d) QUADRADA

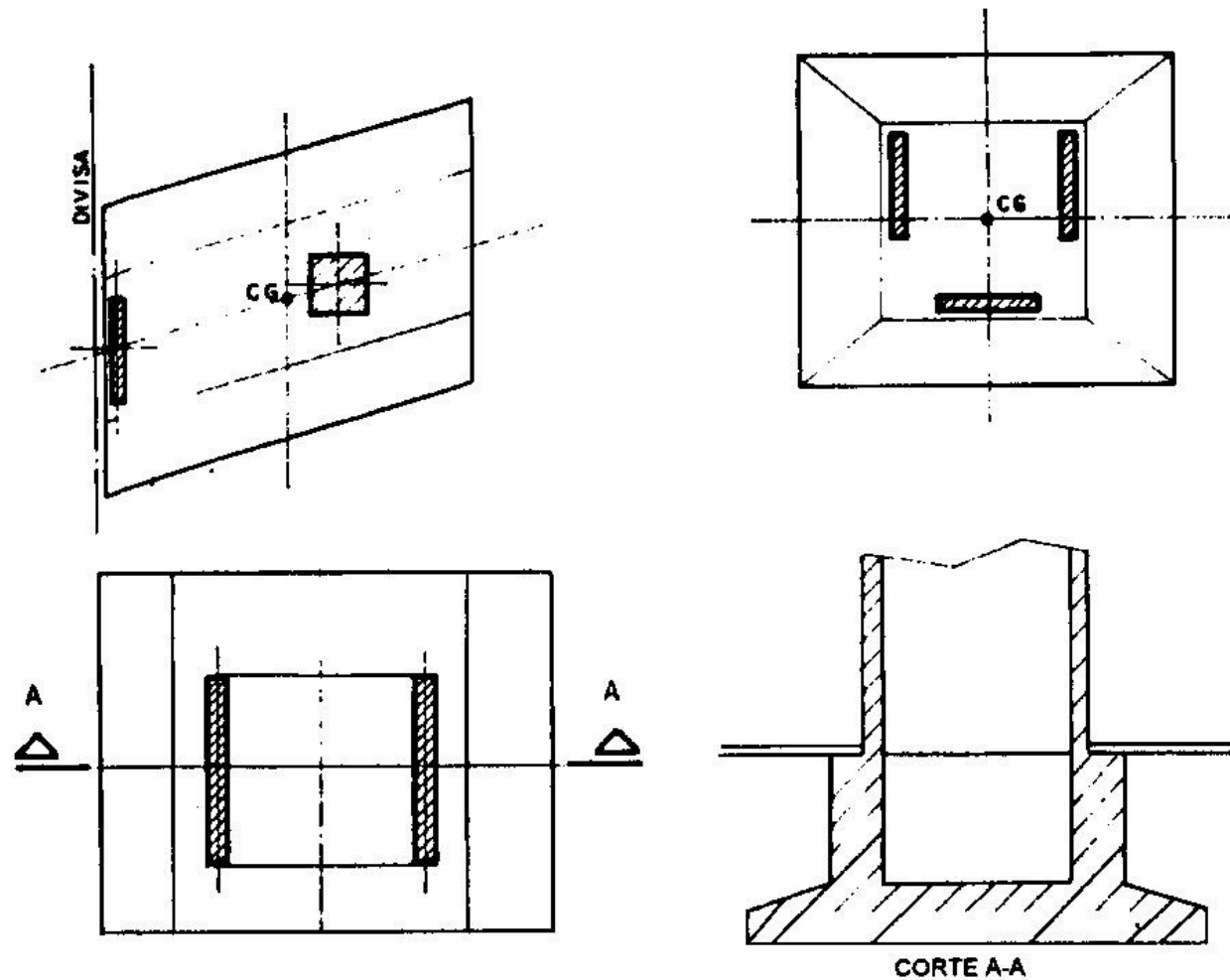


e) RETANGULAR
 $L \leq 5B$

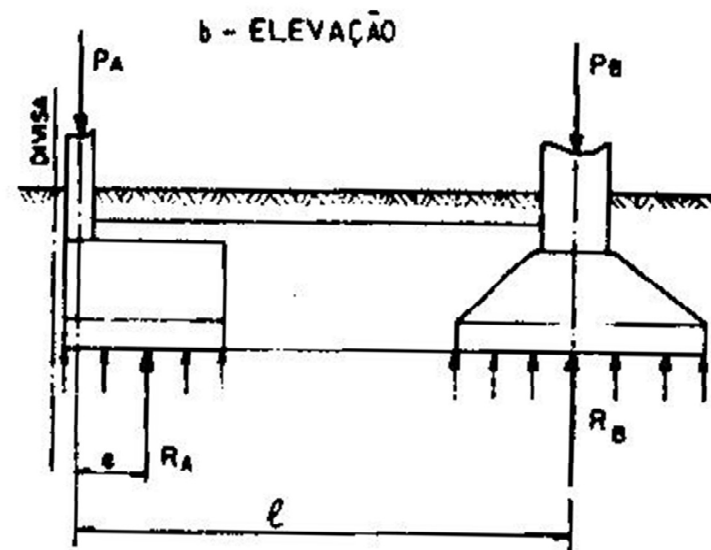
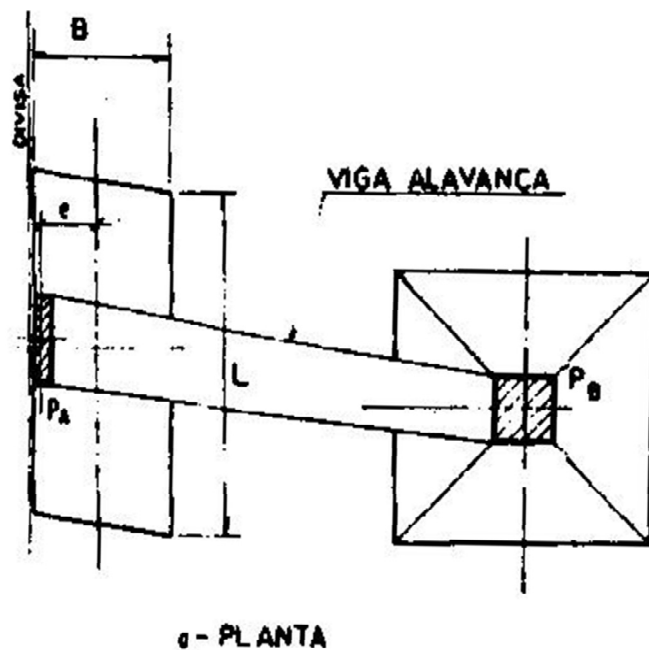


f) CORRIDA
 $L > 5B$

Sapatas associadas

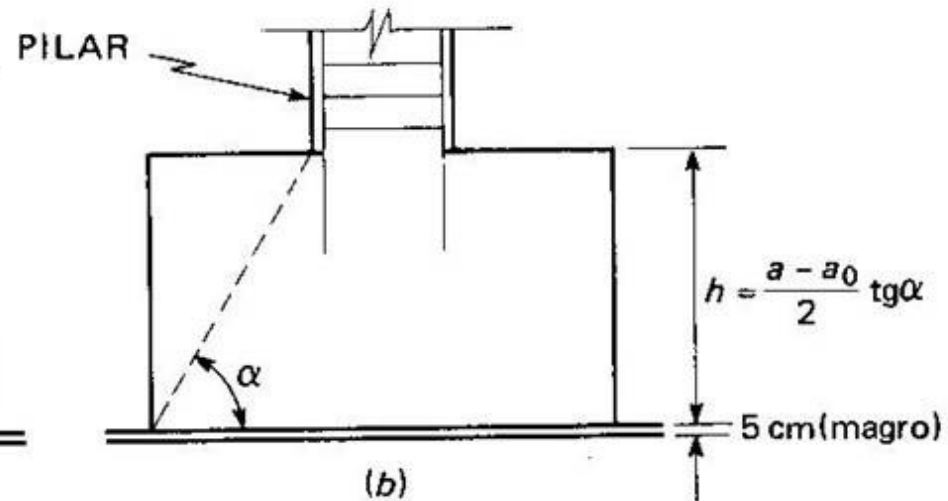
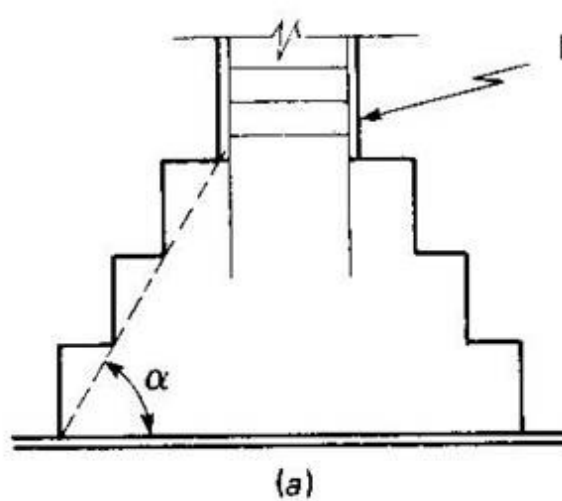
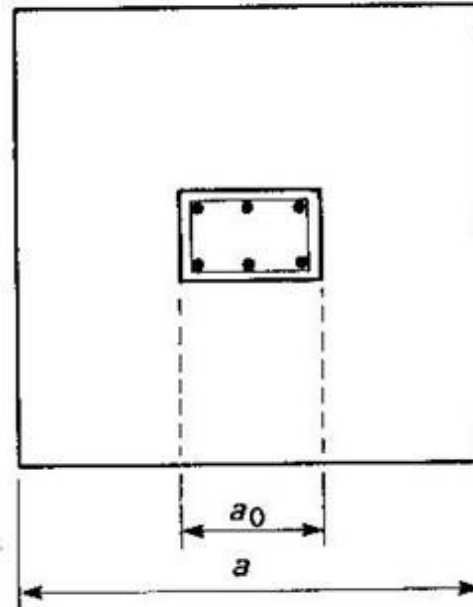
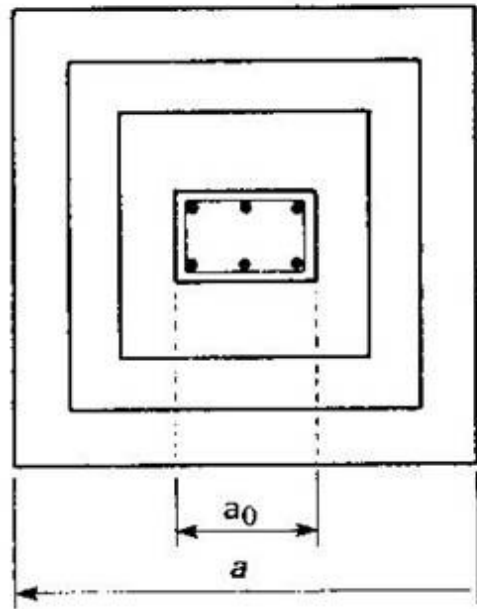


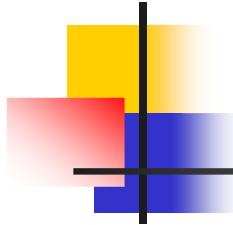
Sapatas alavancadas



c - ESQUEMA ESTÁTICO DA ALAVANCA

Blocos

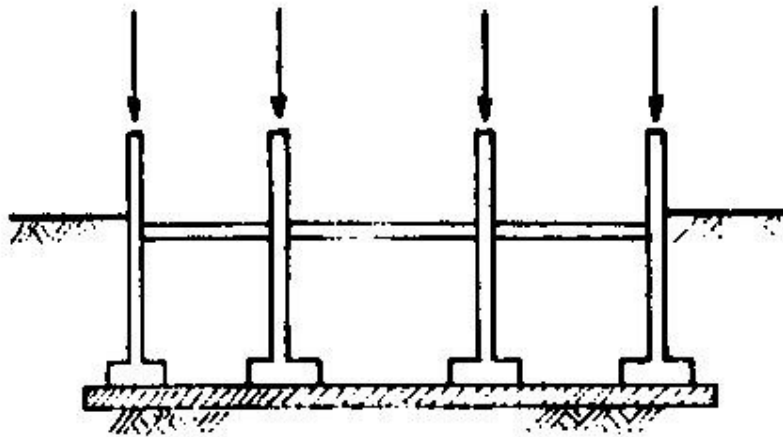




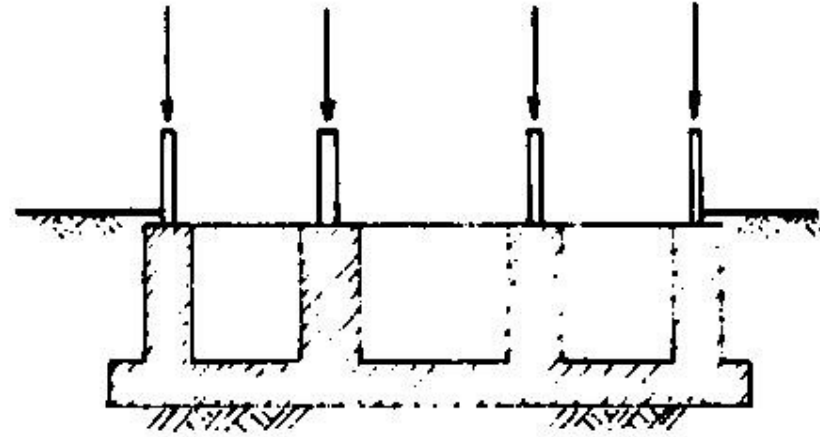
Blocos

- Grande rigidez, executado com concreto simples ou ciclópico.
- As tensões de tração podem ser absorvidas pelo próprio concreto.

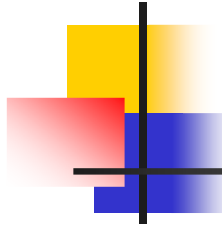
Radier



Laje de distribuição



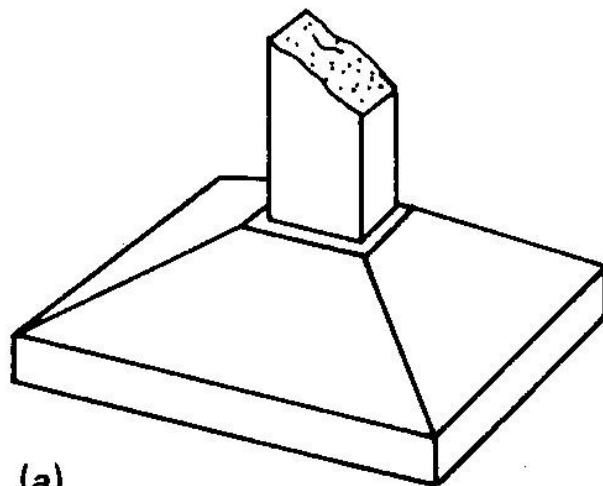
Radier



Radier

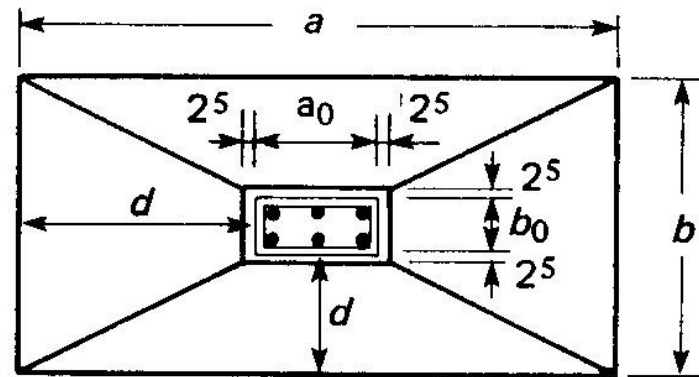
- Fundação única associando todos os pilares
- Pilares conectados por laje e vigas de rigidez
- Solução em geral de custo elevado e grande volume de concreto

Sapatas



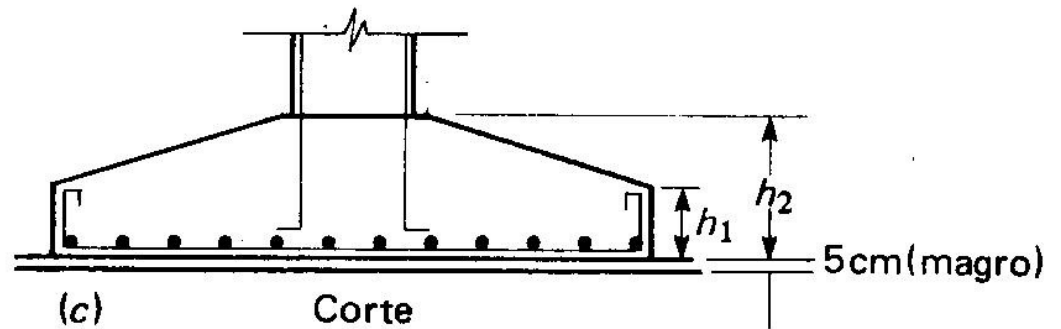
(a)

Perspectiva



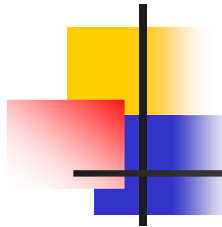
Planta

(b)



(c)

Corte



Sapatas

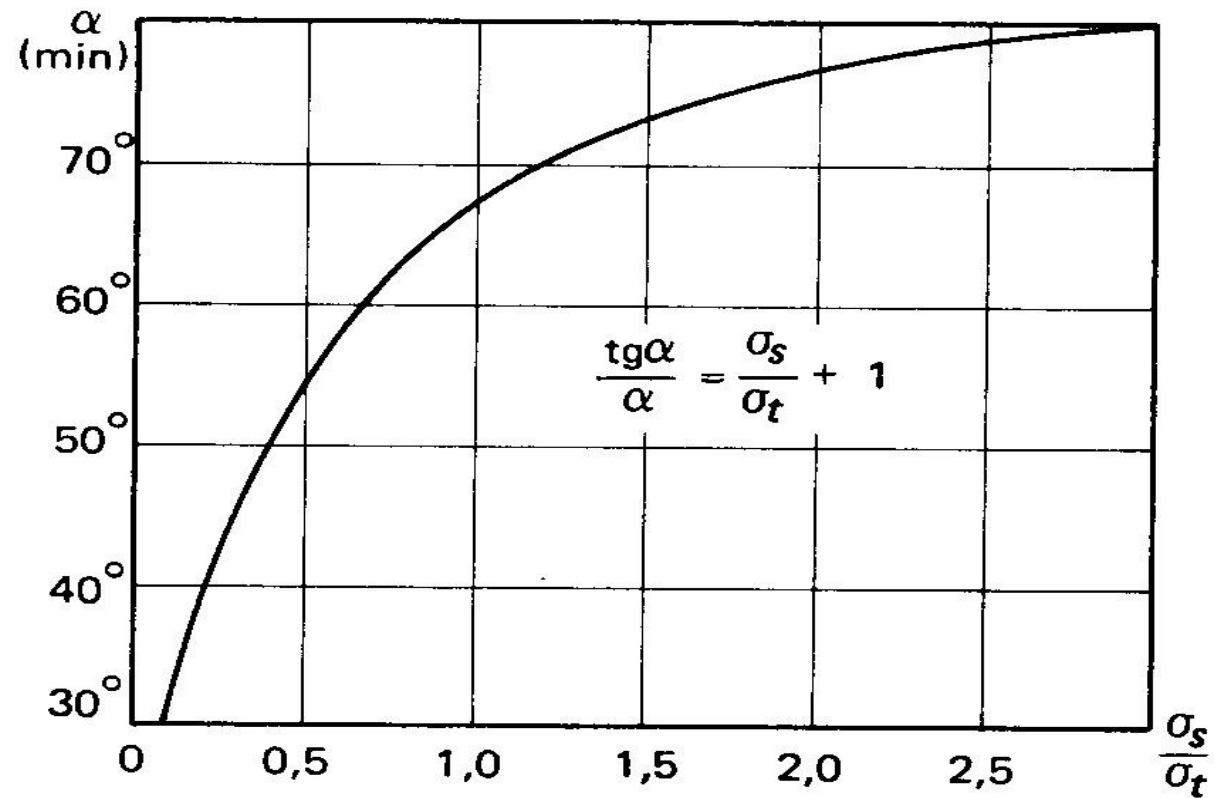
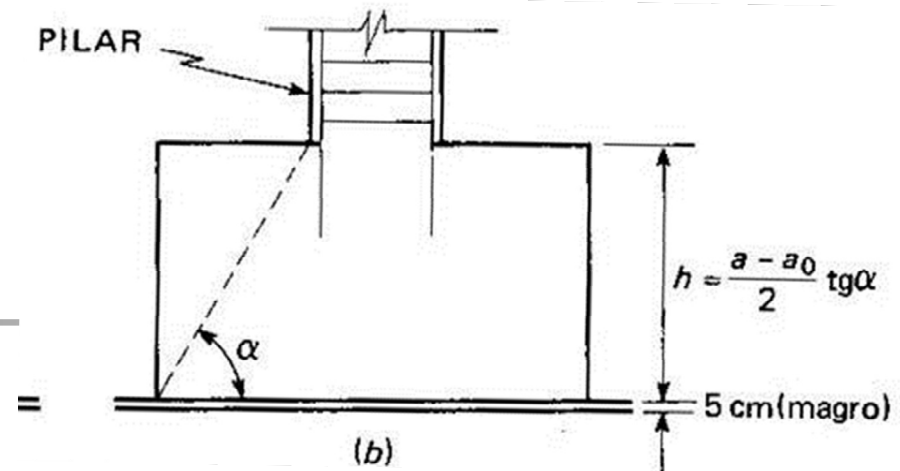
- $h \ll b$
- Exige armadura para absorver esforços de tração
- Rígida: não necessita armadura transversal
- Flexível: necessita armadura transversal
- Isoladas: um pilar por sapata
- Associadas: dois ou mais pilares por sapata
- Alavancadas: para absorver excentricidade (divisa)
- Corridas: comprimento $\gg$ largura

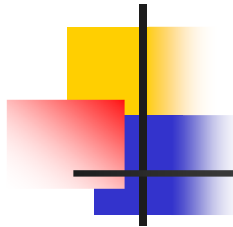


Dimensionamento em planta

- Blocos
- Sapatas

Blocos





Blocos

- Normalmente σ_t = tensão admissível à tração do concreto = $f_{ck}/20$ a $f_{ck}/10$ (máximo valor: 800 kPa)
- Exemplo:

$$\sigma_s = 300 \text{ kPa}$$

$$f_{ck} = 15000 \text{ kPa}$$

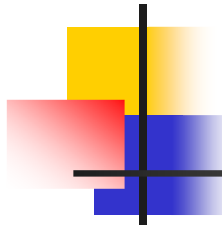
$$\sigma_t = \frac{15000}{20} = 750 \text{ kPa} < 800 \text{ kPa}$$

$$\frac{\sigma_s}{\sigma_t} = \frac{300}{750} = 0,4 \Leftrightarrow \alpha \geq 50^\circ$$



Dimensionamento em Planta – Sapatas Isoladas

- **Ordem de grandeza do carregamento**
 - Edifícios usuais: $q = 12 \text{ kPa}$ / pavimento
 - Tensão média na área projetada: $n \times 12 \text{ kPa}$ (n =número de pavimentos)
- **Viabilidade de fundação direta**
 - $A_{\text{sapatas}} < 50\% A_{\text{projetada}}$ ou $\sigma_s > 2q$
 - Resultado de cotejo **aproximado** de custo de fundação direta vs. estacas de 10 a 12 m de comprimento
 - Depende, obviamente, de custos relativos dessas fundações **no local da obra**
- **Centro de cargas do edifício deve coincidir com centro de gravidade da área projetada**

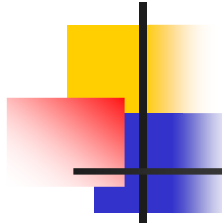


Sapatas isoladas

- Sapatas isoladas ou blocos

$$\text{Área} = a.b = \frac{P}{\sigma_s}$$

- Em geral, despreza-se o peso próprio da sapata
- CG da sapata = CC do pilar
- Dimensões mínimas:
 - $b > 0,4$ a $0,6\text{m}$ residências
 - $b > 0,8$ a $1,0\text{m}$ edifícios



Sapatas isoladas

- Escolher a e b de modo que d (balanços) sejam iguais nas duas direções:

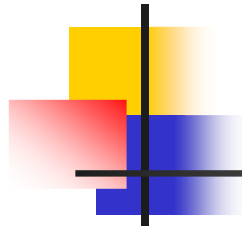
$$a = a_0 + 2d$$

$$b = b_0 + 2d$$

$$\text{Portanto } a - b = a_0 - b_0$$

$$\text{e } \text{Área} = a \cdot b = \frac{P}{\sigma_s}$$

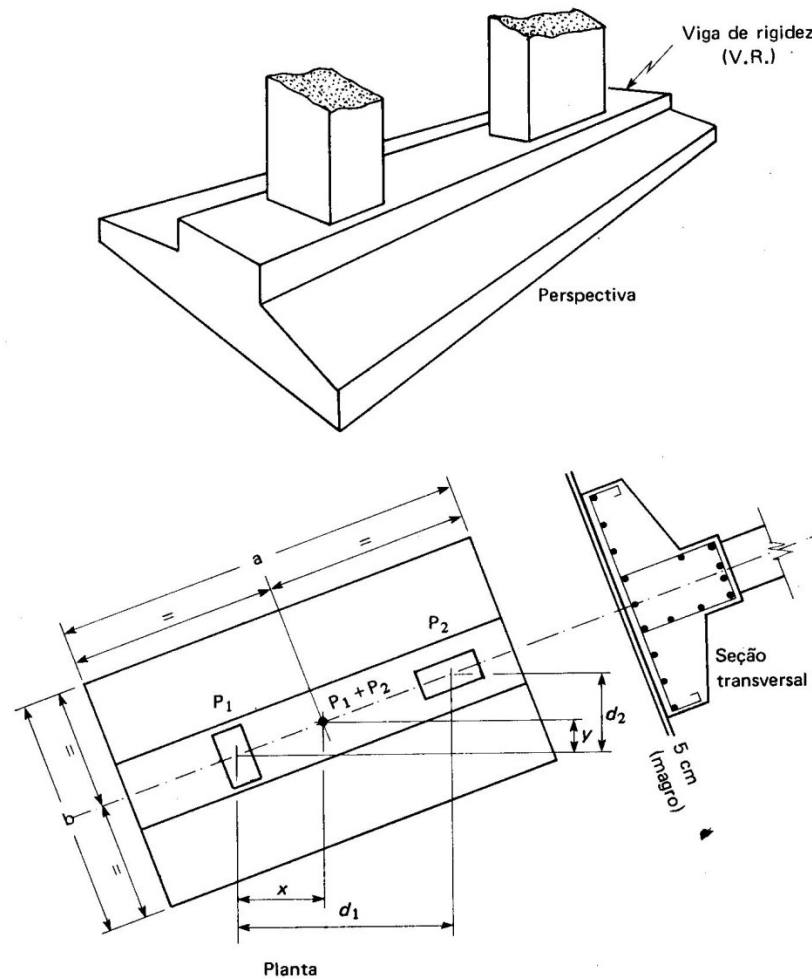
2 equações e 2 incógnitas

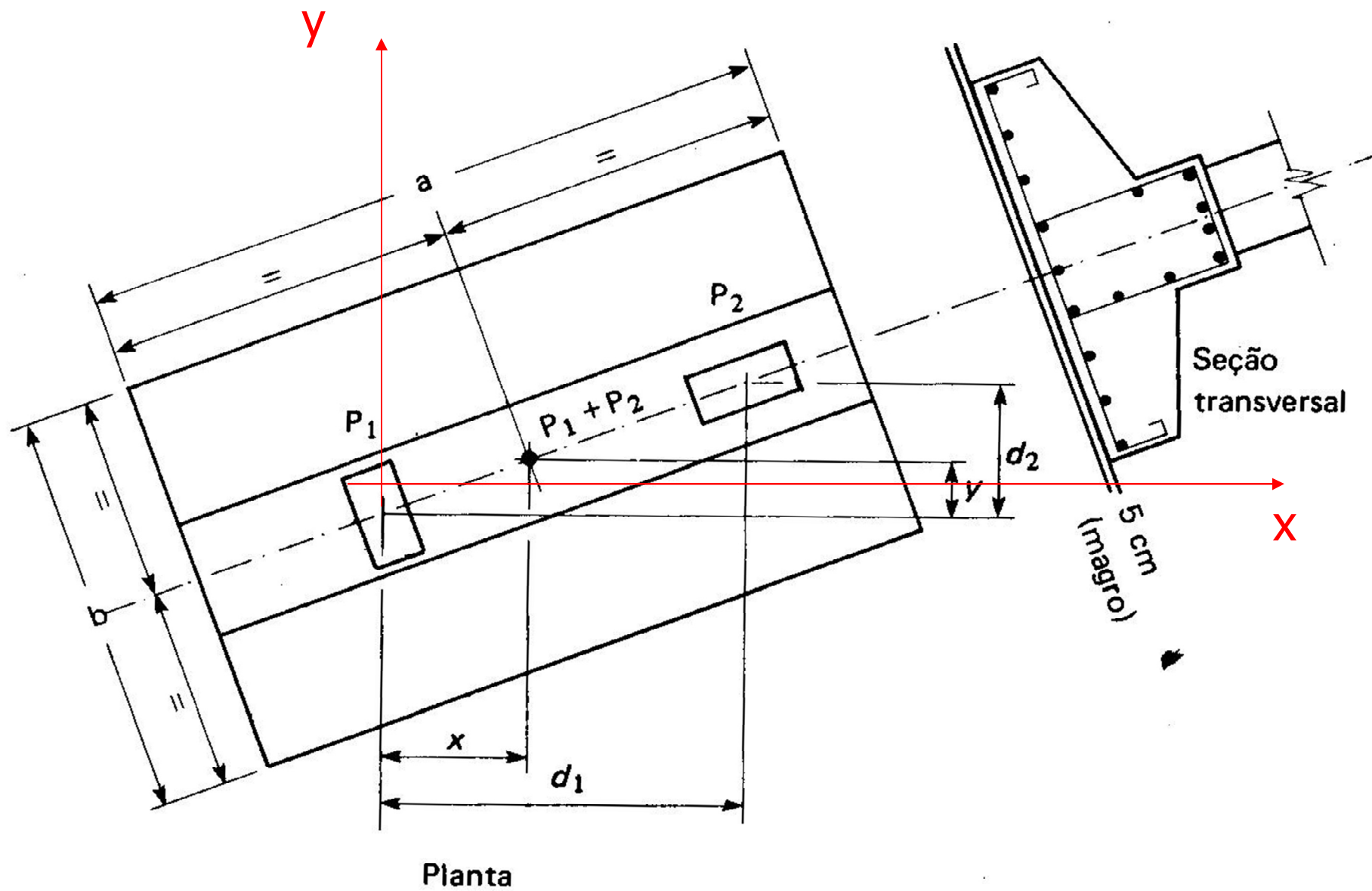


Sapatas isoladas

- a e b devem ser múltiplos de 5cm
- Não exceder $\frac{a}{b} \leq 2,5$
- Sempre que possível, evitar associação e alavancamento

Sapatas Associadas



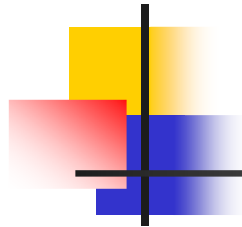




Sapatas Associadas

- Área da sapata $A = \frac{\sum p_i}{\sigma_s}$
 - $\sum p_i$ = soma das cargas dos pilares
- Utilizar viga de rigidez para distribuição de tensões
- CC pilares = CG sapata associada

$$x_{cc} = \frac{\sum p_i x_i}{\sum p_i} \qquad y_{cc} = \frac{\sum p_i y_i}{\sum p_i}$$

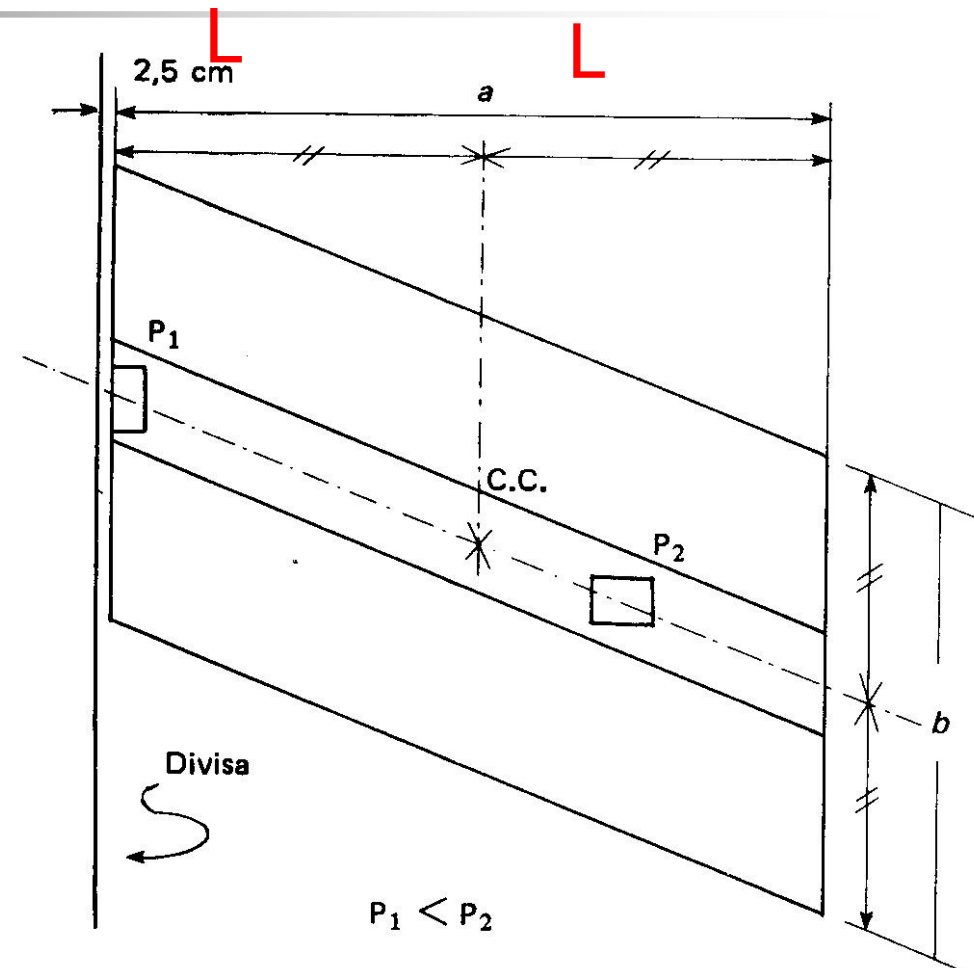


Sapatas Associadas

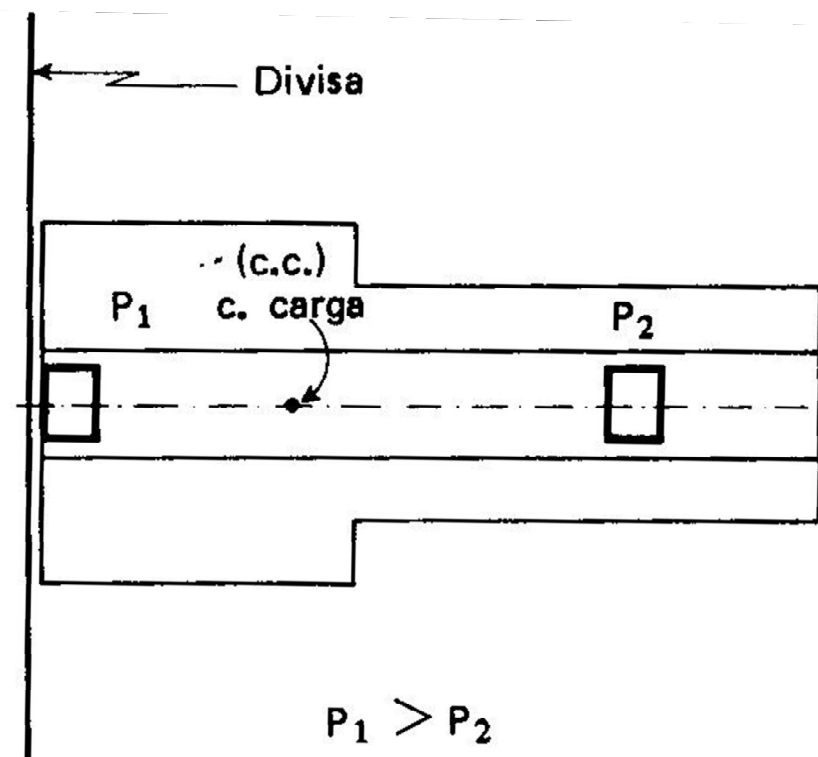
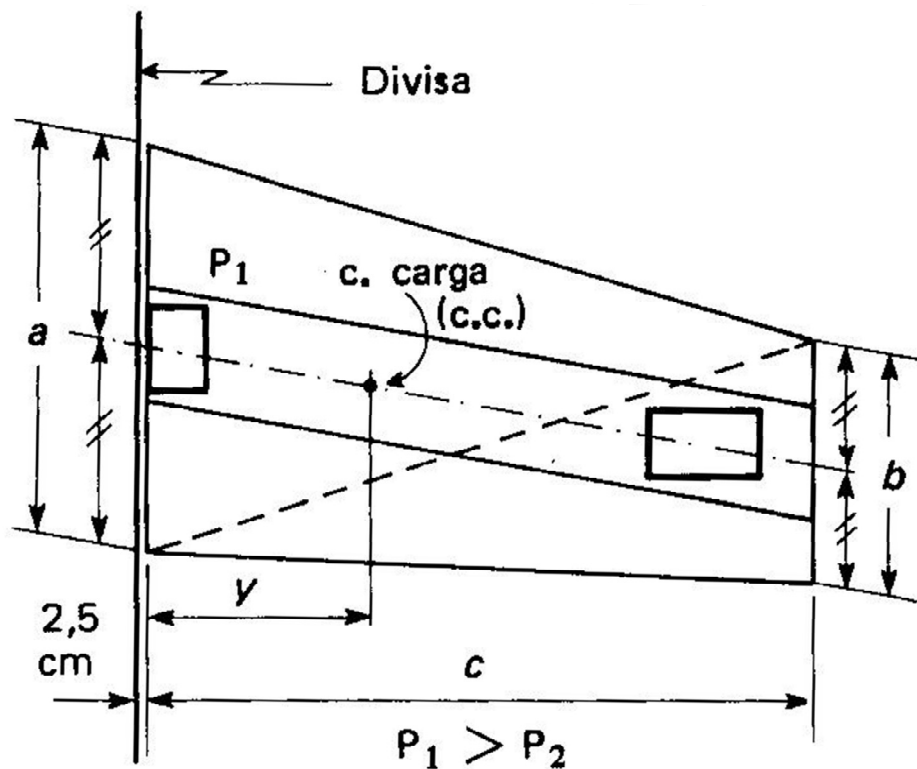
- Posicionar a viga de rigidez paralela a um dos lados
- Para sapatas com 2 pilares de cargas iguais, balanços de $a/5$ (vão de $3a/5$) levam a momentos (positivo e negativo) de mesmo valor absoluto

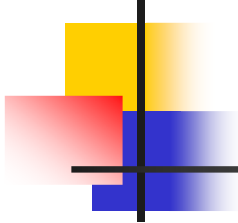
Caso 1: $P_1 < P_2$

- Sapata retangular ou paralelogramo
- Fixa-se $a=2L$
- Calcula-se x do centro de carga



Caso 2: $P_1 > P_2$





Caso 2: $P_1 > P_2$

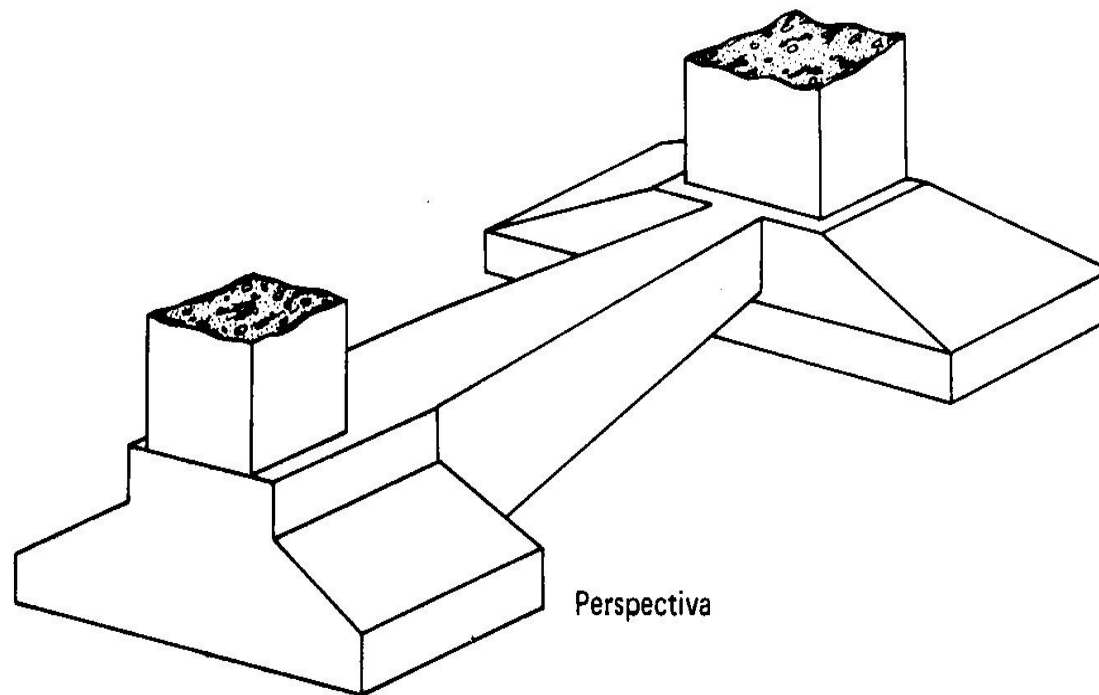
- Sapata trapezoidal ou T
- Calcula-se x_{cc}
- Adota-se $c < 3x$
- Calcula-se a área do trapézio
- Das equações de x e A determina-se a e b
- b deve ser $> 0,8m$

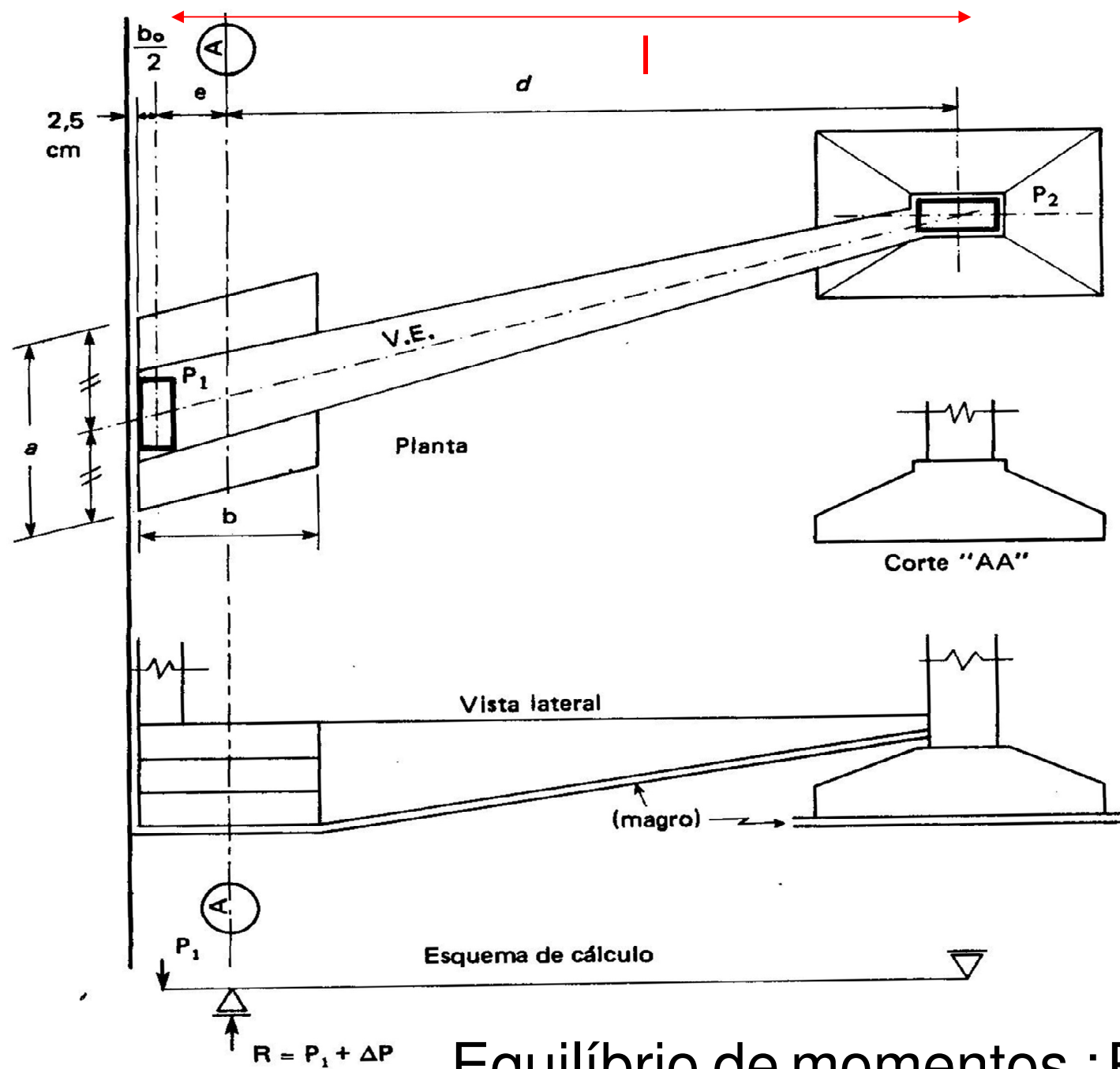
$$x = \frac{c}{3} \left[\frac{a + 2b}{a + b} \right]$$

$$A = \frac{P_1 + P_2}{\sigma_s} = \frac{a + b}{2} c$$

Sapatas Alavancadas

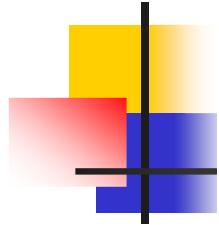
- Utiliza-se no caso de pilar de divisa onde CC não coincide com CG





Equilíbrio de momentos : $P_1 \cdot l = R_1 (l - e)$

Sapatas Alavancadas – Pilar divisa



Adota – se $R_1 = 1,2P_1$

Calcula – se $A = \frac{R_1}{\sigma_s}$

$A = a.b$, adota – se $a = 2b$ e portanto $b = \sqrt{\frac{A}{2}}$

Calcula – se $e = \frac{b - b_0}{2}$

Calcula - se $R'_1 = P_1 \frac{I}{I - e}$

Se $R'_1 \neq R_1$, fixa – se b e recalcula - se a

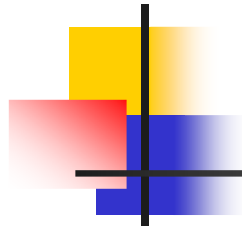


Sapatas Alavancadas – Pilar afastado

Estática : $R_2 = P_2 - \Delta P_1$, onde $\Delta P_1 = R_1 - P_1$

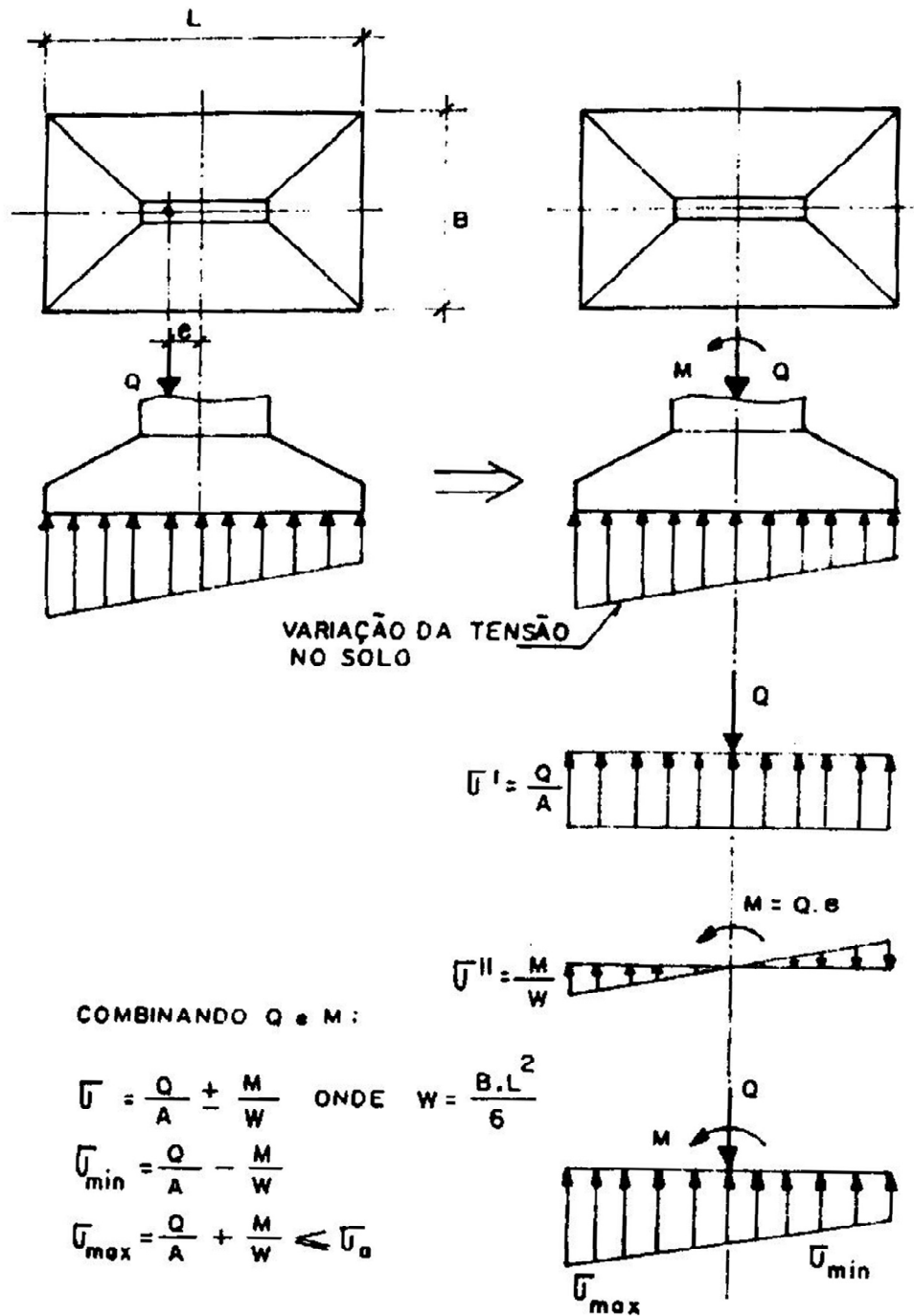
Muitos projetistas descontam metade do alívio
(cargas acidentais e hiperestaticidade da viga):

$$R_2 = P_2 - \frac{\Delta P_1}{2}$$



Sapatas com Momento

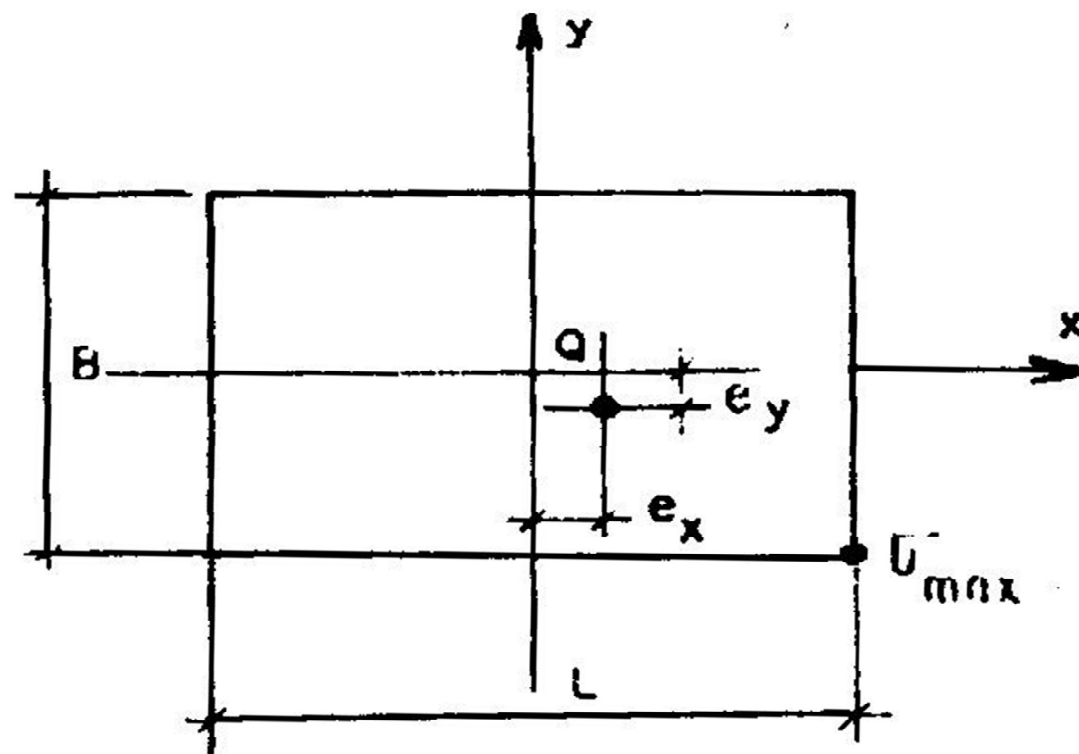
- Com pequeno M não se alavanca e se trabalha com carga excêntrica
- Critério: toda a base da sapata deve estar sob compressão
 - P deve estar dentro do núcleo central de inércia



$$\sigma_{\max} \leq 1,3 \bar{\sigma}_s$$

$$\sigma_{\min} \geq 0$$

$$\sigma_{\text{med}} \leq \bar{\sigma}_s$$



$$M_x = Q \cdot e_y$$

$$M_y = Q \cdot e_x$$

$$W_x = \frac{L B^2}{6}$$

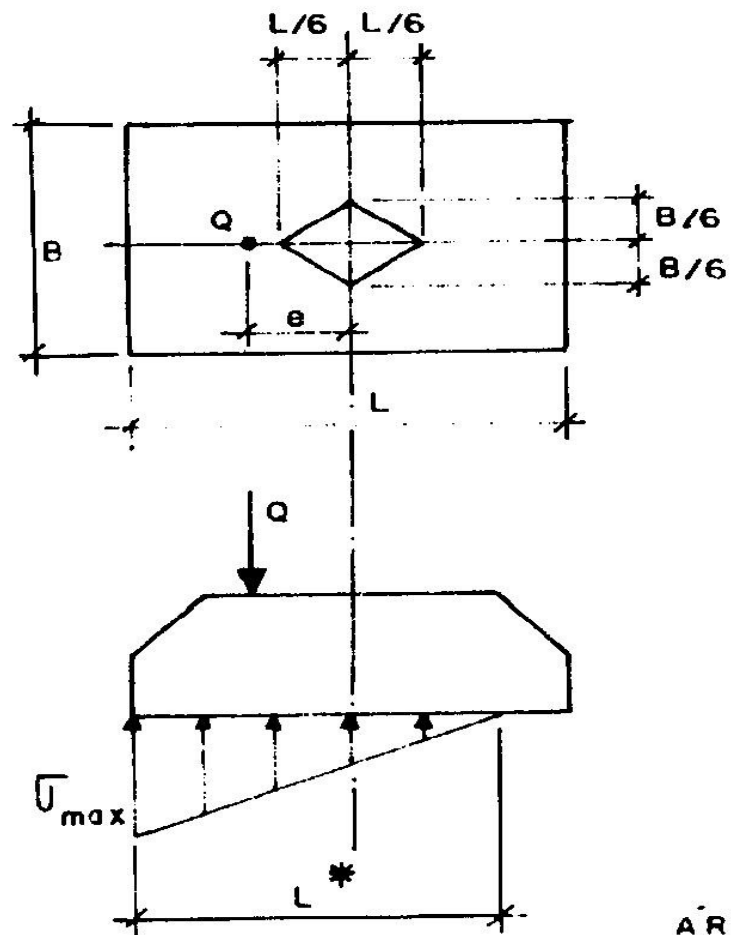
$$W_y = \frac{B L^2}{6}$$

$$\sigma = \frac{Q}{A} \pm \frac{M_x}{W_x} \pm \frac{M_y}{W_y}$$

VÁLIDA P/ PEQUENA EXCENTRICIDADE

$$e_x \leq L/6$$

$$e_y \leq B/6$$



$$e > \frac{L}{6}$$

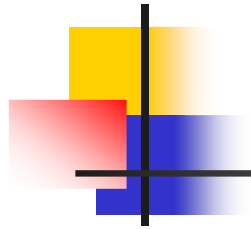
ÁREA COMPRIMIDA

$$A = B \cdot L^*$$

$$\sigma_{max} = \sigma_o$$

$$Q = \frac{1}{2} \sigma_o L^* B$$

$$L^* = \frac{2Q}{\sigma_o B}$$



Exercícios