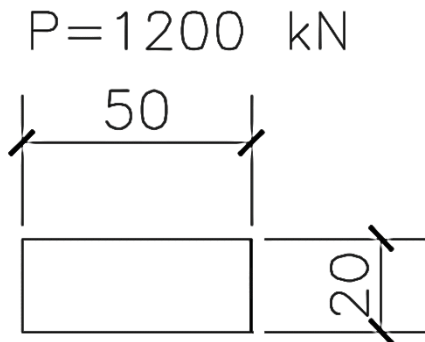


1) Dimensionamento geométrico de sapatas

Tensão admissível:

$$\sigma_{adm} = 300 \text{ kPa}$$

1.a) Sapata isolada – Pilar retangular



$$a_0 = 0,50 \text{ m}$$

$$b_0 = 0,20 \text{ m}$$

$$\therefore a_0 - b_0 = 0,30 \text{ m}$$

Carregamento Normal:

$$N = 1200 \text{ kN}$$

Área da sapata:

$$S = a \times b = \frac{N}{\sigma_{adm}} = 4,00 \text{ m}^2 \quad (1)$$

Dimensões:

$$a - b = a_0 - b_0 \quad (2)$$

$$\text{de (1)} \rightarrow b = \frac{S}{a} \text{ em (2):}$$

$$a - \frac{S}{a} = a_0 - b_0 \quad (\times a):$$

$$a^2 - S = a \times (a_0 - b_0) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow a^2 - a \times (a_0 - b_0) - S = 0$$

Eq.do 2º grau:

$$a = \frac{(a_0 - b_0) + \sqrt{(a_0 - b_0)^2 + 4S}}{2}$$

Para o b:

$$b = \frac{-(a_0 - b_0) + \sqrt{(a_0 - b_0)^2 + 4S}}{2}$$

Assim:

$$a = 2,156 \text{ m} \rightarrow 2,20 \text{ m}$$

$$b = 1,856 \text{ m} \rightarrow 1,90 \text{ m}$$

Do modo simplificado:

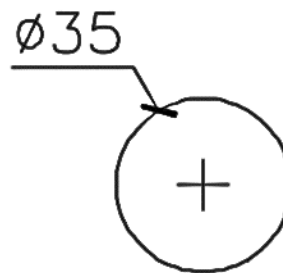
$$a' = \sqrt{S} + \frac{a_0 - b_0}{2} = 2,15 \text{ m}$$

$$b' = \sqrt{S} - \frac{a_0 - b_0}{2} = 1,85 \text{ m}$$

$$S' = a' \times b' = 3,9775 \text{ m}^2 \quad (!)$$

1.b) Sapata isolada – Pilar circular

$$P = 1200 \text{ kN}$$



Carregamento Normal:

$$N = 1200 \text{ kN}$$

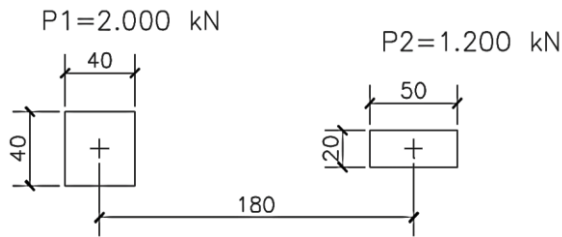
Área da sapata:

$$S = \frac{N}{\sigma_{adm}} = 4,00 \text{ m}^2$$

Vamos dimensionar uma sapata quadrada, já que é mais fácil executa-las do que as circulares:

$$\therefore a = b = \sqrt{S} = 2,00 \text{ m}$$

1.c) Dois pilares próximos:



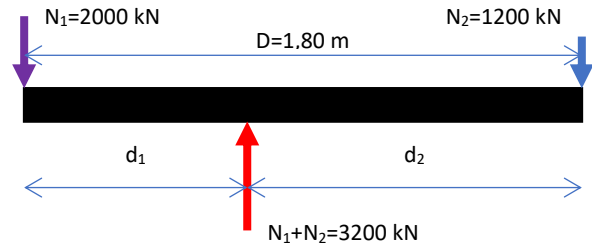
Curiosidade: Geometricamente, daria para ter as duas sapatas isoladas?

Carga Pilar P1		Carga Pilar P2	
N_1 (kN)	2000	N_2 (kN)	1200
Lados do Pilar P1		Lados do Pilar P2	
a_{01} (m)	0,4	a_{02} (m)	0,5
b_{01} (m)	0,4	b_{02} (m)	0,2
Distância entre os Centro de carga dos pilares:			
D(m)		1,8	
Área da Sapata			
S_1 (m ²)	6,667	S_2 (m ²)	4,00
Lados da sapata:			
a_1 (m)	2,582	a_2 (m)	2,156
b_1 (m)	2,582	b_2 (m)	1,856
a_1 (m)	2,60	a_2 (m)	2,20
b_1 (m)	2,60	b_2 (m)	1,90

Área da sapata associada:

$$S = \frac{N_t}{\sigma_{adm}} = 10,667 \text{ m}^2$$

Cálculo do centro de carga:



$$d_1 = \frac{N_2 \times D}{N_1 + N_2} = 0,675 \text{ m}$$

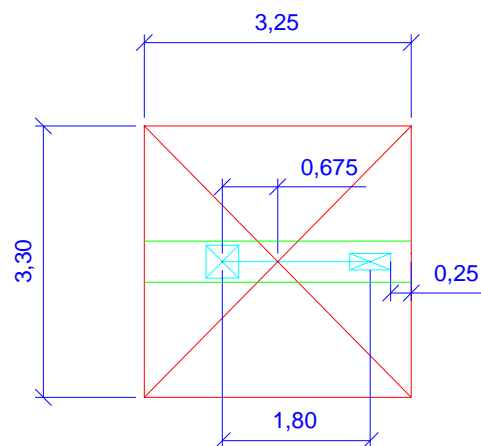
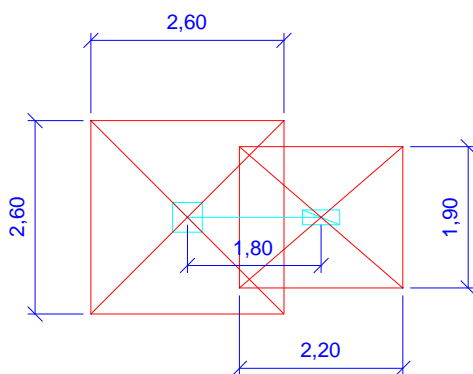
$$d_2 = D - d_1 = 1,125 \text{ m}$$

A sapata associada precisa conter os dois pilares e ter seu centro coincidente com o centro de carga. Assim, considerando que a sapata tenha na direção x duas vezes a distância d_2 com mais metade da dimensão do pilar P2, e mais uma folga de 50 cm, temos:

$$A = 2(d_2 + a_{02}) + 0,5 = 3,25 \text{ m}$$

$$B = \frac{S}{A} = 3,282 \rightarrow 3,30 \text{ m}$$

Desenhando:

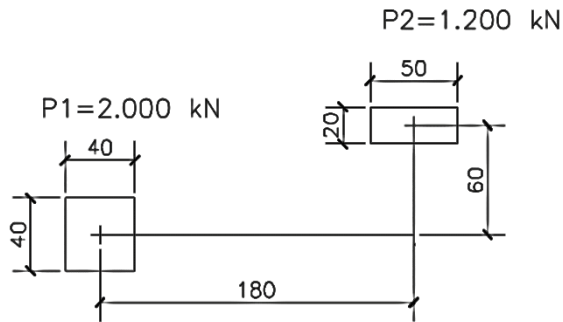


Geometricamente, não é possível colocar as duas sapatas isoladas. Portanto, vamos calcular então a sapata associada!

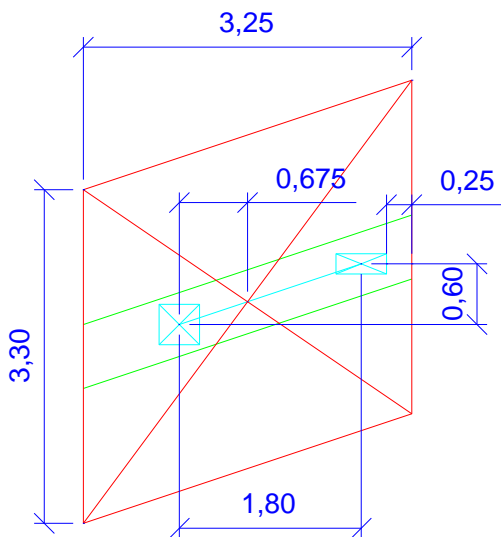
Carga Total:

$$N_t = N_1 + N_2 = 3200 \text{ kN}$$

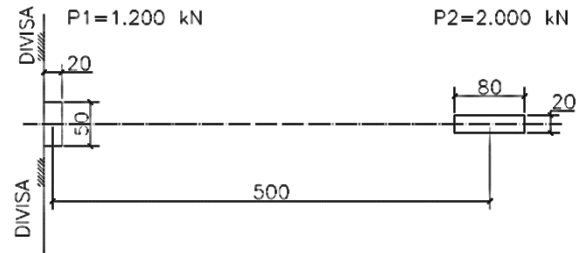
1.d) Dois pilares próximos não alinhados



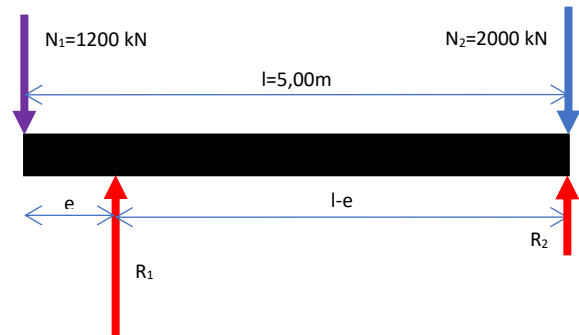
A situação é similar ao item 1.c) e o dimensionamento é o mesmo. Entretanto, para que o centro de carga coincida com o centro da sapata, o formato deve ser de um paralelogramo inclinado:



1.e) Dois pilares distantes e divisa



Como não é possível fazer uma sapata centrada para o pilar P1, será necessário alavanca-la.



Primeiramente, adota-se que R_1 seja 20% superior à carga do pilar P1:

$$R_1 = 1,2N_1 = 1440 \text{ kN}$$

Área da sapata (1ª iteração)

$$S_1 = \frac{R_1}{\sigma_{adm}} = 4,80 \text{ m}^2$$

Adotando o formato da sapata de razão $a=2b$

$$b_1 = \sqrt{S_1/2} = 1,549 \rightarrow 1,55 \text{ m}$$

Calculando a excentricidade e :

$$e = \frac{b_1 - b_{01}}{2} = \frac{1,55 - 0,20}{2} = 0,675 \text{ m}$$

Fixando a excentricidade, recalcula-se a reação R_1 :

$$R'_1 = N_1 \frac{l}{l - e} = 1387,3 \text{ kN}$$

Área da sapata correta:

$$S'_1 = \frac{R'_1}{\sigma_{adm}} = 4,624 \text{ m}^2$$

Mantendo o mesmo valor de b_1 de 1,55 m, temos:

$$a_1 = \frac{S'_1}{b_1} = 2,983 \rightarrow 3,00 \text{ m}$$

O alívio teórico de carga que irá para o pilar P2 é de:

$$\Delta P_1 = R'_1 - N_1 = 187,3 \text{ kN}$$

O esforço normal considerado para a sapata do pilar P2 será:

$$R_2 = N_2 - \frac{\Delta P_1}{2} = 1906,4 \text{ kN}$$

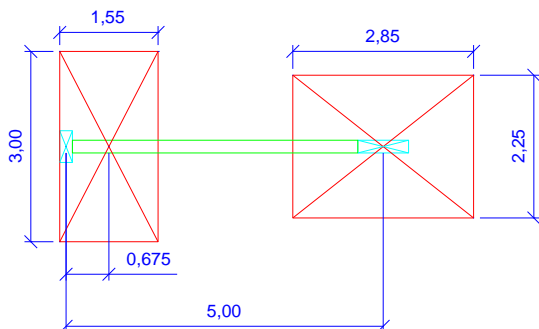
Daí, seria calcular uma sapata isolada com a nova carga R_2 resultando em:

$$S_2 = 6,354 \text{ m}^2$$

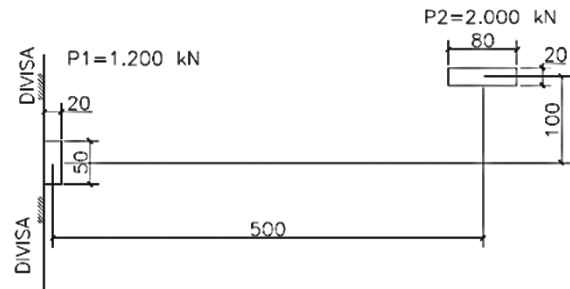
$$a_2 = 2,85 \text{ m}$$

$$b_2 = 2,25 \text{ m}$$

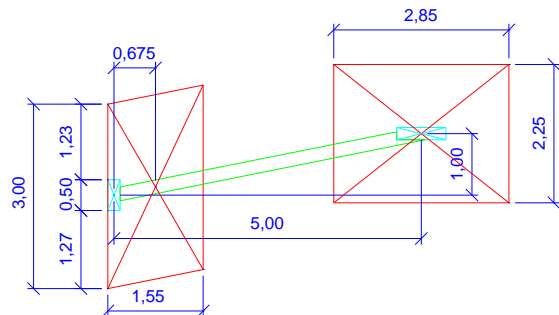
Obs.: Neste caso, tanto o cálculo simplificado quanto o completo dão os mesmos resultados arredondados.



1.f) Dois pilares e divisa, não alinhados



O cálculo para esse caso é similar ao caso dos pilares alinhados. A sapata de divisa deve ser um paralelogramo para coincidir o seu centro com o ponto de aplicação da carga R_1 :



2)

2.a) Classificação das sapatas:

Pilares P21 a P24, P33 e P34 → Pilares de divisa (Observe que a linha da divisa só está encostada na projeção do prédio na face junto à rua).

Pilar de divisa	Pilar aliviado	Vão(m)
P21	P18	5,08
P22	P15*	6,38
P23	P16*	6,38
P24	P19	5,08
P33	P17	5,205
P34	P20	5,205

Pilares em sapatas associadas:

A princípio, seria necessário calcular todas as sapatas para verificar se existem incompatibilidades geométricas.

Atenções especiais:

Os pilares da caixa de escada de escada e do poço de elevador – Elas geralmente são associadas e terem formatos diferentes (Em U, por exemplo).

Além disso, deve-se verificar para todas as sapatas o efeito do carregamento de vento, que aplica esforços horizontais e momentos. Os esforços horizontais causarão um “momento de transposição” adicional devido ao braço correspondente à altura da sapata (a diferença de cotas entre onde o engenheiro estrutural considerou o apoio e a cota da base da sapata).

2.b) Sapatas críticas com o ELS

Lembre-se que o ELS é relacionado aos recalques, e que as sapatas mais carregadas serão as que sofrerão mais recalques.

2.c) Fundações diretas seria viável?

Para que uma fundação direta seja viável, a área de sapatas deve ser inferior a 50%, aproximadamente (dependendo do local da obra, pode-se aceitar uma taxa maior devido a disponibilidade de execução de outras soluções de fundação). Essa relação também pode corresponder que a tensão média aplicada pelo

edifício (considerando sua projeção) deve ser menor do que 50% da tensão admissível.

Um prédio de N=18 pavimentos aplica uma tensão média de:

$$\sigma = 12 \times N = 216 \text{ kPa} = 54\% \sigma_{adm}$$

O valor está levemente superior ao limite. Portanto, seria necessário um estudo considerando outras soluções de fundação para confirmar a viabilidade da fundação direta.

2.d) N_{SPT} do solo?

Utilizando as correlações entre a tensão admissível e o N_{SPT} , (Ex: $\sigma_{adm}=20N_{SPT}[\text{kPa}]$), pode-se estimar que o N_{SPT} é na casa de 20 golpes.

Obs.: Outras correlações podem ser utilizadas.

2.e) Dimensionamento geométrico

Bem, seria a aplicação de todos os conceitos para os cálculos das sapatas.

Como exemplo, vamos calcular a sapata do Pilar P3. Os dados do Pilar (passando tudo para SI):

PILAR		P3
PPROP+SC	N(kN)	3300
VENTO NA FACE X	Vx(kN)	128
	Hy(kN)	175
	Mx(kN.m)	-1377
VENTO NA FACE Y	Vy(kN)	-40
	Hx(kN)	30
	My(kN.m)	89
Dimensões (m)	x ₀	0,40
	y ₀	2,50

Primeiro, dimensiona-se só para o carregamento normal causado pelo peso próprio e a sobrecarga (N=3300 kN). A sapata então teria dimensões de x=2,05 m × y=4,15 m. Precitaria verificar essas dimensões com a adição do efeito do vento.

Para o vento na face X: Adotando a altura da sapata de 1,00 m, temos:

Momento de transposição:

$$M_{tx} = -H_y \times h_s = 175 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Obs: Uso da regra da mão direita.

Momento de vento total:

$$M'_x = M_x + M_{tx} = -1552 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Força Normal total, considerando vento:

$$N_{tx} = N + V_x = 3428 \text{ kN}$$

Tensões extremas aplicada:

$$\sigma_{ext} = \frac{N_{tx}}{S} \pm \frac{M'_x}{W_y}$$

Sendo $W_y = xy^2/6 = 5,88 \text{ m}^3$ o módulo resistente da sapata.

Tensão máxima:

$$\begin{aligned} \sigma_{max} &= \frac{N_{tx}}{S} + \frac{M'_x}{W_y} = 666,69 \text{ kPa} > 1,3\sigma_{adm} \\ &= 520 \text{ kPa} \therefore \text{não ok!} \end{aligned}$$

Tensão mínima:

$$\begin{aligned} \sigma_{min} &= \frac{N_{tx}}{S} - \frac{M'_x}{W_y} = 139,19 \text{ kPa} > 0 \text{ kPa} \\ &\therefore \text{ok!} \end{aligned}$$

O efeito do vento faz com que a tensão normal seja maior do que a tensão tolerável com o efeito do vento, que seria 30% acima da tensão admissível! Portanto, é necessário utilizar uma sapata de dimensões maiores.

Por tentativa e erro, pode-se chegar a dimensões da sapata de $x=2,40 \text{ m} \times y=4,50 \text{ m}$.