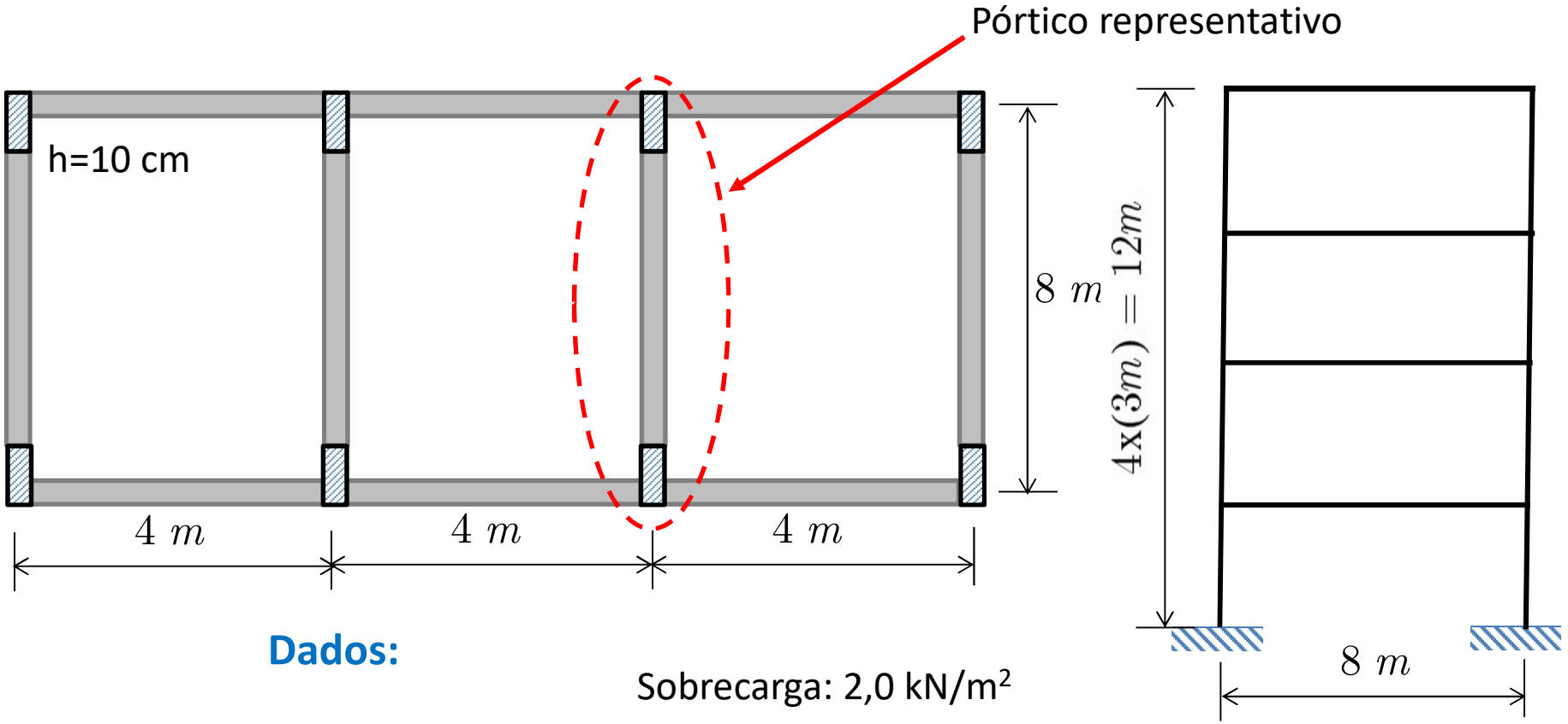
Exercício: γ_z

PEF 3403 - 2017

➢ **Calcular os efeitos de 2ª ordem global para a estrutura abaixo, segundo sua menor dimensão em planta (direção y)**



Dados:

Vigas 20x60 (cm²)

Pilares 20x40 (cm²)

fck = 20 MPa

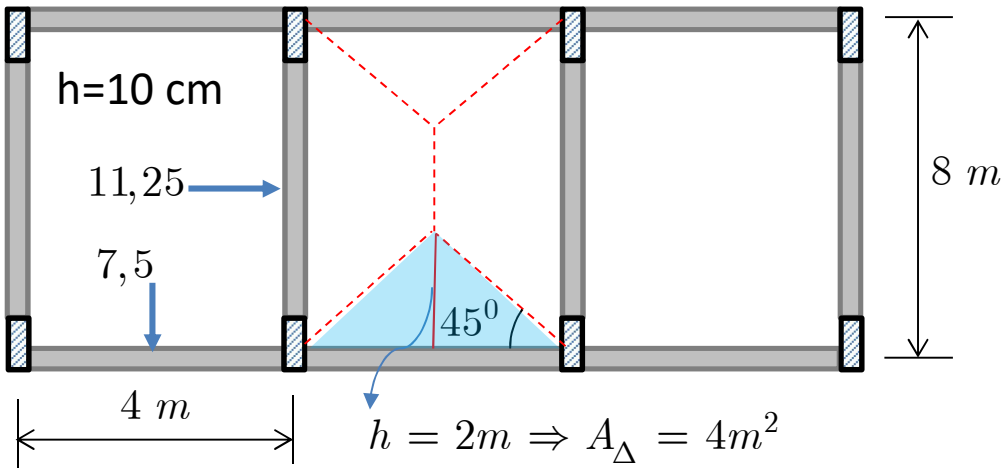
Sobrecarga: 2,0 kN/m²

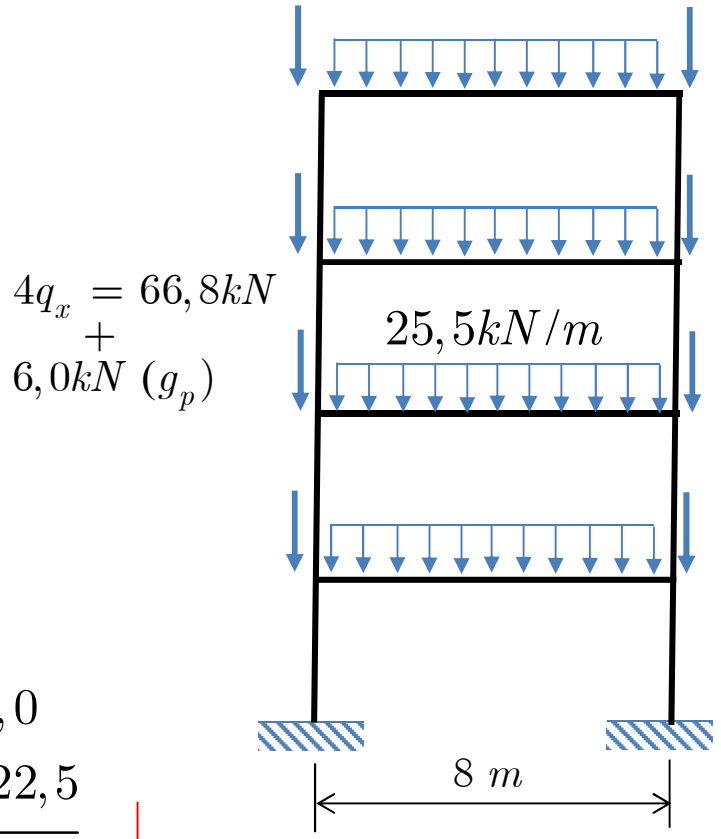
Alvenarias internas: 2,0 kN/m² (em planta)

Revestimento: 1,0 kN/m²

Alvenarias externas: 6,2 kN/m

Vento: 0,6 kN/m²





Carregamentos verticais:

Lajes:

$$p.p. = 0,1 \cdot 25 = 2,5$$
$$s.c. = 2,0$$
$$\text{rev} = 1,0$$
$$alv\ int = 2,0$$
$$q = 7,5kN/m^2$$

$$q_x = A_\Delta q \frac{1}{l_x} = \frac{4 \cdot 7,5}{4}$$
$$q_x = 7,5kN/m$$

$$q_y = 11,25kN/m$$

Vigas transv (y):

$$p.p. = 0,2 \cdot 0,6 \cdot 25 = 3,0$$
$$rea.\ laje = 2 \cdot 11,25 = 22,5$$
$$q_y = 25,5kN/m$$

Vigas long (x):

$$p.p. = 0,2 \cdot 0,6 \cdot 25 = 3,0$$
$$rea\ laje = 7,5$$
$$alv\ ext = 6,2$$
$$q_x = 16,7kN/m$$

Peso de 1 lance de pilar:

$$g_p = 0,2 \cdot 0,4 \cdot 3 \cdot 25$$
$$g_p = 6,0kN$$

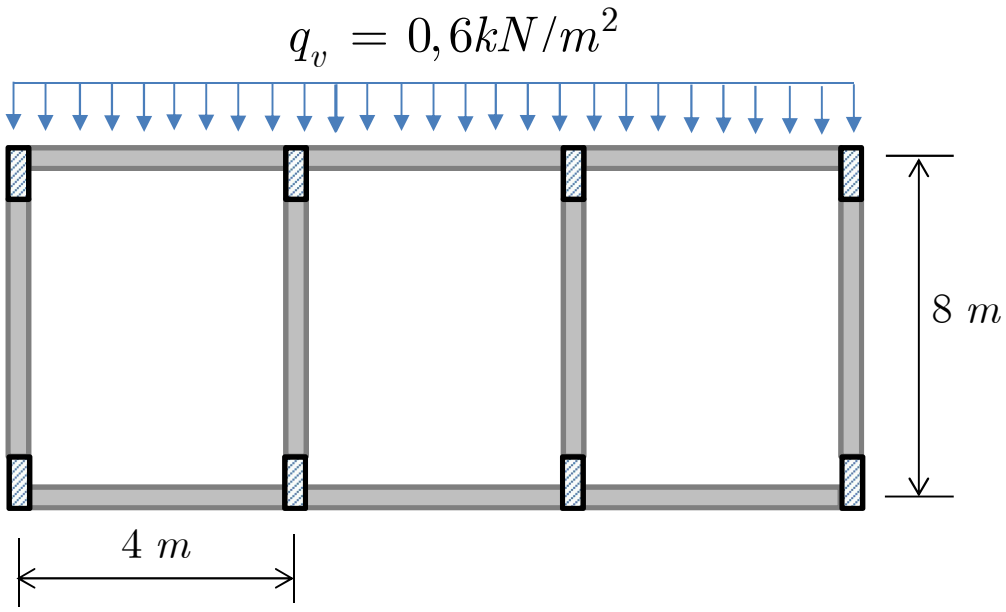
Carregamentos horizontais:

Vento:

Em cada pavimento, teremos

$$H_v = q_v \cdot h_{pav} \cdot L_{infl}$$
$$H_v = 0,6 \cdot 3 \cdot 4$$
$$H_v = 7,2kN$$

$$H_{dv} = \gamma_F H_v = 1,4 \cdot 7,2$$
$$H_{dv} = 10,08\ kN$$



Não linearidade do material:

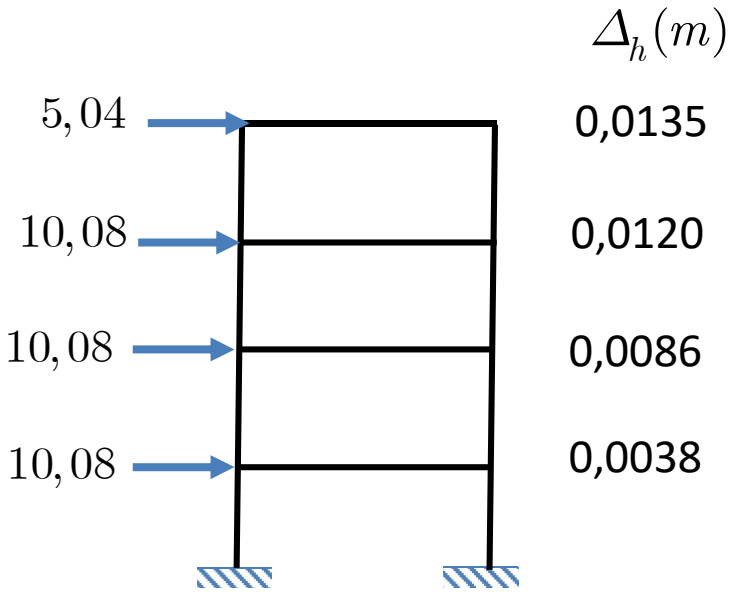
$$(EI)_{red} = 0,7E_{cs}I \qquad E \cong 14.000MPa$$

Revisão da NBR6118/2014:

$$(EI)_{red} = 0,4E_{ci}I \Rightarrow \textbf{vigas} \quad E \cong 10.000MPa$$

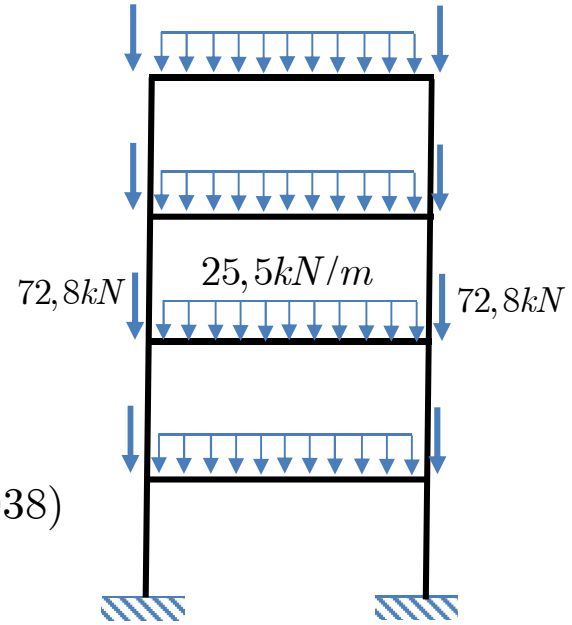
$$(EI)_{red} = 0,8E_{ci}I \Rightarrow \textbf{pilares} \quad E \cong 20.000MPa$$

$$E_{ci} = 5600\sqrt{f_{ck}},\ \text{em MPa}$$



Cálculo do γ_z:

$$\gamma_z = \frac{1}{1 - \frac{\Delta M_{1d}}{M_{1d}}}$$



Momento de 2ª ordem global:

$$\Delta M_{1d} = (25,5 \cdot 8 + 2 \cdot 72,8) \cdot \underbrace{1,4}_{\gamma_F} \cdot (0,0135 + 0,012 + 0,0086 + 0,0038)$$

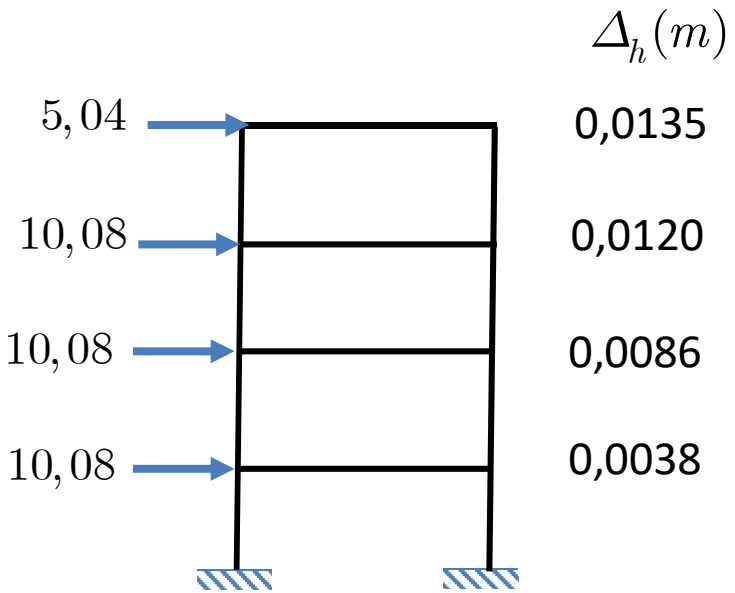
$$\Delta M_{1d} = 18,5\ kNm$$

Momento de tombamento (1ª ordem):

$$M_{1d} = 5,04 \cdot 12 + 10,08(9 + 6 + 3)$$

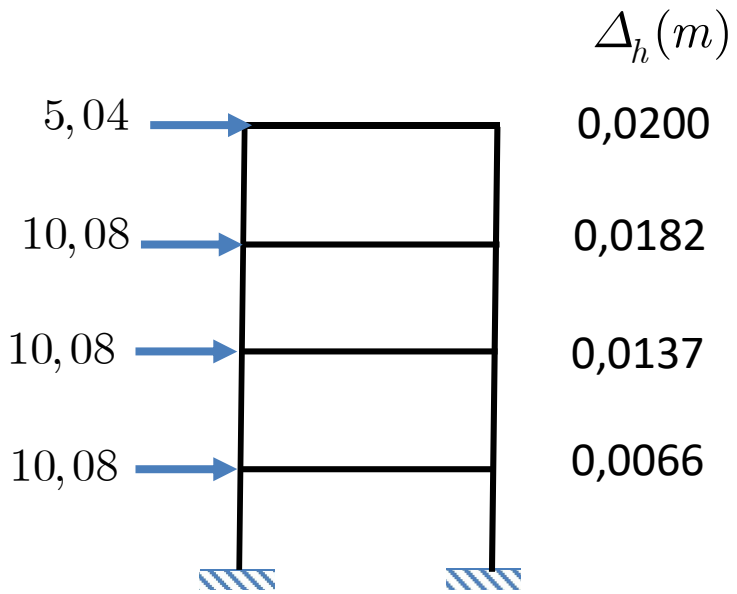
$$M_{1d} = 241,9\ kNm$$

$$\gamma_z = \frac{1}{1 - \frac{18,5}{241,9}} = 1,08$$



$\gamma_z < 1,1 \Rightarrow$ Estrutura de nós fixos (efeito 2ª ordem global desprezível)

Para o mesmo edifício, reduzindo-se as dimensões dos pilares para 20x30cm, os deslocamentos horizontais serão agora:



Momento de 2ª ordem global:

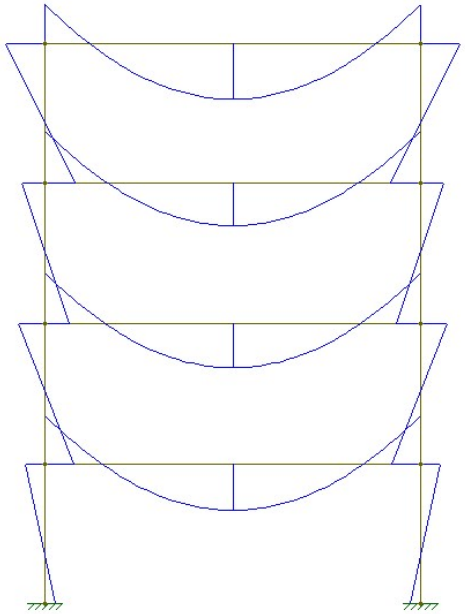
$$\Delta M_{1d} = (25,5 \cdot 8 + 2 \cdot 72,8) \cdot \underbrace{1,4}_{\gamma_F} \cdot (0,02 + 0,0182 + 0,0137 + 0,0066)$$

$$\Delta M_{1d} = 28,6\ kNm$$

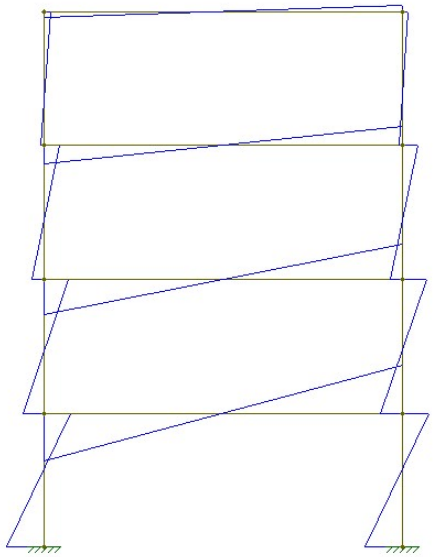
$$\gamma_z = \frac{1}{1 - \frac{28,6}{241,9}} = 1,13 > 1,1$$

Estrutura de nós móveis (necessário considerar efeitos 2ª ordem global)

Uma vez que 1,1≤γz≤1,3, é possível considerar os efeitos de 2ª ordem global multiplicando-se os esforços solicitantes originados pelas ações que deslocam a estrutura horizontalmente por 0,95γz=1,07



+

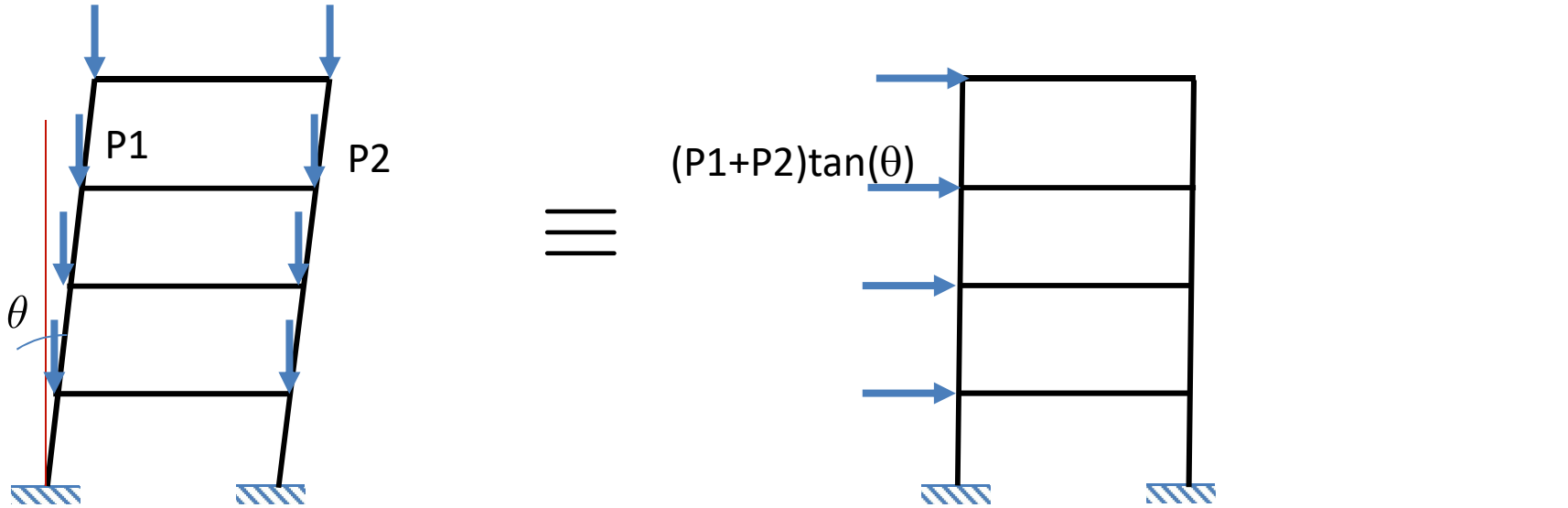


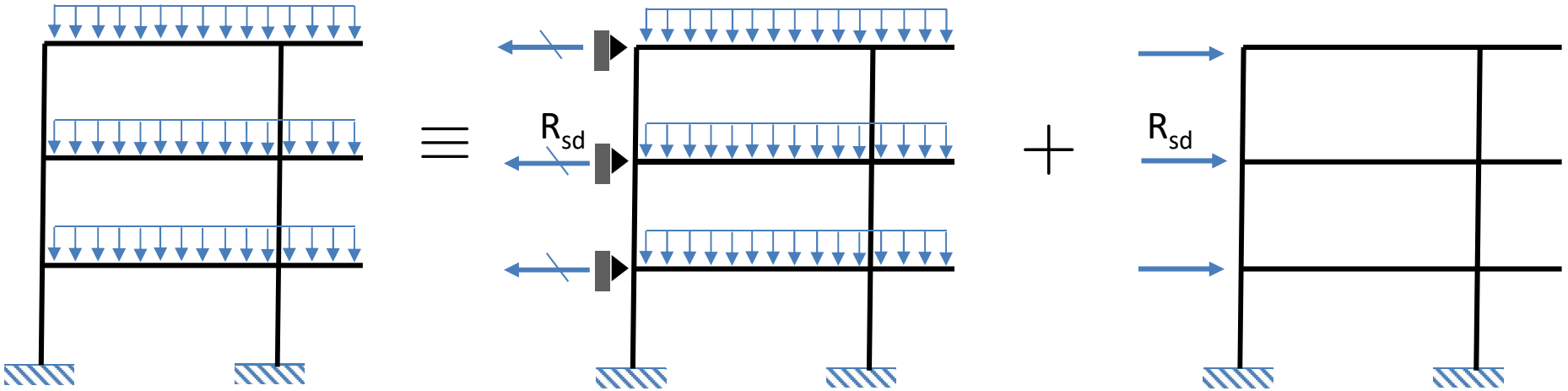
X 1,07

Md cargas verticais

Md vento

➢ **Quando há necessidade de se considerar imperfeição geométrica global, ou estruturas deslocáveis sob ação das cargas verticais, ambos os efeitos podem ser transformados em um conjunto de forças horizontais equivalentes para efeito da avaliação dos efeitos de 2a ordem global**





$$M_{d_total} = M_d(\text{cargas verticais}) + M_d(\text{vento+imp.geo.+R}_{sd}) \cdot 0{,}95\gamma_z$$

- **O γz é um parâmetro de instabilidade e não sofre alteração com o aumento da carga de vento. O mesmo edifício, construído em regiões diferentes, com características de vento diferentes, terá o mesmo γz**

- **O aumento da carga vertical, entretanto, contribui para o aumento da instabilidade e, portanto, aumenta o γz**

- **O aumento ou diminuição da rigidez à flexão, como visto no exercício anterior, influi no parâmetro γz**