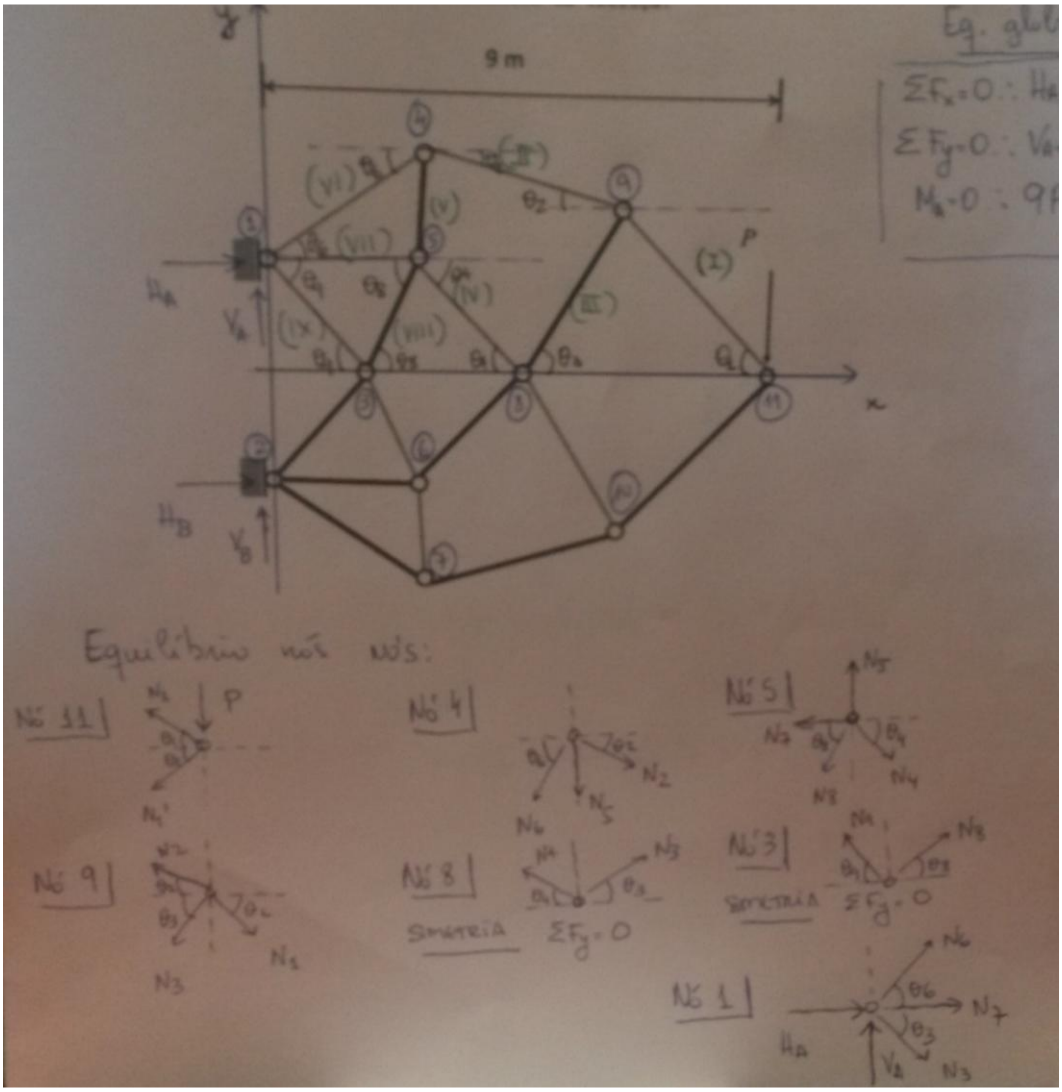


a) Determine as coordenadas dos nós da treliça

Nó	x	y
1	0	2
2	0	-2
3	1.5	0
4	2.5	4
5	2.5	2
6	2.5	-2
7	2.5	-4
8	4.5	0
9	6	3
10	6	-3
11	9	0

b) Calcule os esforços nas barras e as reações de apoio

Solução das equações de equilíbrio em cada nó:

<u>Nó 11</u>

$$\left| \begin{array}{l} N_1 \cos\theta + N_1^{'} \cos\theta = 0 \\ N_1 sen\theta - N_1^{'} sen\theta - P = 0 \end{array} \right. \Rightarrow \left| \begin{array}{l} N_1 = -N_1^{'} (simetria) \\ \boxed{N_1 = P / 2sen\theta_1} \end{array} \right.$$

<u>Nó 9</u>

$$\left| \begin{array}{l} N_1 \cos\theta_1 - N_3 \cos\theta_3 - N_2 \cos\theta_2 = 0 \\ N_2 sen\theta_2 - N_3 sen\theta_3 - N_1 sen\theta_1 = 0 \end{array} \right. \Rightarrow \left\| \begin{array}{l} \boxed{N_3 = N_1 \dfrac{sen(\theta_2 - \theta_1)}{sen(\theta_2 + \theta_3)}} \\ \boxed{N_2 = \dfrac{N_1 sen\theta_1 + N_3 sen\theta_3}{sen\theta_2}} \end{array} \right.$$

<u>Nó 4</u>

$$\left| \begin{array}{l} N_6 \cos\theta_6 - N_2 \cos\theta_2 = 0 \\ N_2 sen\theta_2 + N_6 sen\theta_6 + N_5 = 0 \end{array} \right. \Rightarrow \left\| \begin{array}{l} \boxed{N_6 = N_2 \dfrac{\cos\theta_2}{\cos\theta_6}} \\ \boxed{N_5 = -N_6 sen\theta_6 - N_2 sen\theta_2} \end{array} \right.$$

<u>Nó 8</u>

$$\left| -N_3 sen\theta_3 - N_4 sen\theta_4 = 0 \right. \Rightarrow \left\| \boxed{N_4 = N_3 \dfrac{sen\theta_3}{sen\theta_4}} \right.$$

<u>Nó 5</u>

$$\left| \begin{array}{l} N_4 \cos\theta_4 - N_8 \cos\theta_8 - N_7 = 0 \\ N_8 sen\theta_8 + N_4 sen\theta_4 = 0 \end{array} \right. \Rightarrow \left\| \begin{array}{l} \boxed{N_8 = \dfrac{N_5 - N_4 sen\theta_4}{sen\theta_8}} \\ \boxed{N_7 = N_4 \cos\theta_4 - N_8 \cos\theta_8} \end{array} \right.$$

<u>Nó 3</u>

$$\left| N_9 sen\theta_9 + N_8 sen\theta_8 = 0 \right. \Rightarrow \left\| \boxed{N_9 = -N_8 \dfrac{sen\theta_8}{sen\theta_9}} \right.$$

Nó 1

$$\left| \begin{array}{l} H_A + N_7 + N_9 \cos\theta_9 + N_6 \cos\theta_6 = 0 \\ V_A + N_6 sen\theta_6 - N_9 sen\theta_9 = 0 \end{array} \right. \Rightarrow \left| \begin{array}{l} \boxed{H_A = -\left(N_7 + N_9 \cos\theta_9 + N_6 \cos\theta_6\right)} \\ \boxed{V_A = N_9 sen\theta_9 - N_6 sen\theta_6} \end{array} \right.$$

Equilíbrio global

$$\sum F_x = 0 \therefore H_A + H_B = 0 \Rightarrow \boxed{H_A = -H_B = -H}$$

$$\sum F_y = 0 \therefore V_A + V_B = P \Rightarrow \boxed{V_B = P - N_9 sen\theta_9 + N_6 sen\theta_6}$$

$$\sum M_A = 0 \therefore 9P - 4H_B = 0 \Rightarrow \boxed{H_B = \frac{9P}{4} = H}$$

c) Dimensione as barras da treliça

-Barras em tração - dimensionamento ao escoamento (tensão limite)

$$\frac{N_{máx}}{A} \le \frac{\sigma_e}{s} \Rightarrow \boxed{A_{mín} = \frac{sN_{máx}}{\sigma_e}}$$

Neste caso, basta dimensionar com a máxima força de traçao.

-Barras em compressão - dimensionamento à flambagem

barras biarticuladas - Lf=L

$$N_i \le \frac{P_{fl}}{s} = \frac{\pi^2 EI}{sL_f^2} \Rightarrow \boxed{I_{mín} = \frac{sN_i L_f^2}{\pi^2 E}}$$

Deve-se verificar todas as barras, pois neste caso a combinação força normal x comprimento da barra pode influenciar no resultado.

d) Modelo Ftool

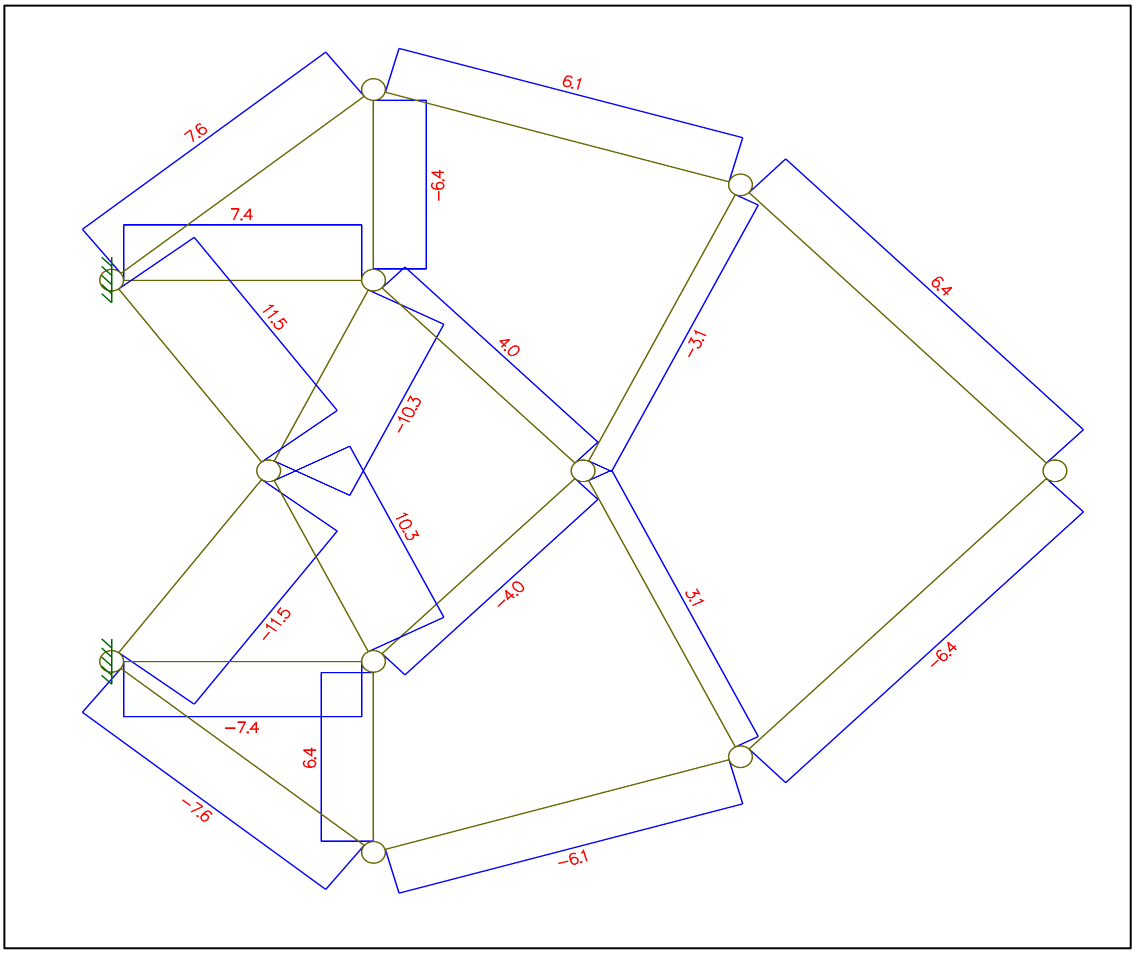
Exemplo com carga P = 9kN

Resultados analíticos

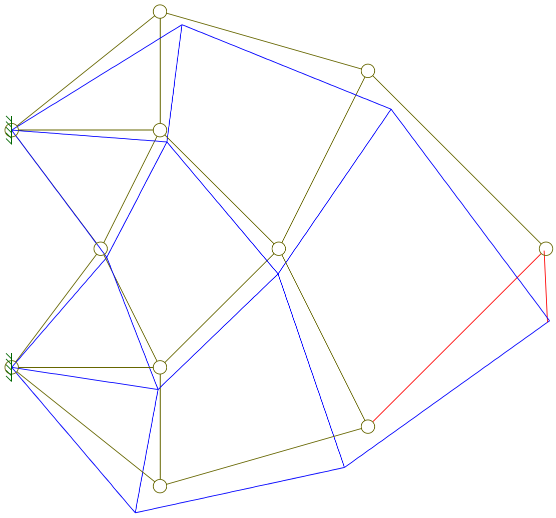
Barra	ângulo θ	N
1	45.0	6.4
2	15.9	6.1
3	63.4	-3.1
4	45.0	4.0
5	90.0	-6.4
6	38.7	7.6
7	0.0	7.4
8	63.4	-10.3
9	53.1	11.5

Apoios	H	V
A	-20.25	4.5
B	20.25	4.5

Resultado FTOOL



e) Máximo deslocamento



Exemplo para caso calculado em d), com tubos de seção circular de:

	Tração	Compressão
D (mm)	21,3	48,3
T (mm)	2,3	3,2

$$
\begin{aligned}
&\textit{Deslocamentos}\\
&\delta_x = 0.3mm\\
&\delta_y = -6.8mm\\
&\theta_z = -9,2.10^{-4}\,rad
\end{aligned}
$$