

MEMORIAL DE CÁLCULO

Quadra Poliesportiva Cobertura Centro De Ensino Fundamental 28

OBRA: CEF 28 – QNP 21 – ST HABITACIONAL SOL NASCENTE – CEILANDIA
- DF

PROPRIETÁRIO: GDF – Secretaria do Estado do Distrito Federal

Brasília – DF Novembro de 2020

SUMÁRIO

SUMÁRIO	2
1.0 CONSIDERAÇÕES DE CÁLCULO	3
2.0 CARREGAMENTOS	3
4.0 – DIMENSIONAMENTO – ESTRUTURA METÁLICA	10
4.1- Dimensionamento Banzo Superior (Mais Solicitado)	10
4.2 - Dimensionamento Banzo Inferior (Mais Solicitado).....	14
4.3 - Dimensionamento Diagonais e Montantes (Mais solicitado)	18
4.4 – Dimensionamento Tirantes.....	23
4.5 – Dimensionamento Pilar	24
4.6 – Dimensionamento Placa de Base.....	27
4.7 – Dimensionamento Terças	36
4.7.1 – Terça Cobertura.....	36
4.7.3 – Terça Fechamento/ Oitão	38
4.8 – Resumo Dimensionamento.....	42
• Dimensionamento Banzo Superior (Mais Solicitado):	42
• Dimensionamento Banzo Inferior (Mais Solicitado).....	42
• Dimensionamento Diagonais e Montantes (Mais solicitado)	42
• Dimensionamento Tirantes	42
• Dimensionamento Pilar	42
• Dimensionamento Placa de Base.....	42
• Terça Cobertura	42
• Terça Fechamento	42
• Terça Oitão.....	42
5.0 - Combinações e Reações Nodais	43

1.0 CONSIDERAÇÕES DE CÁLCULO

O presente relatório refere-se ao cálculo de cobertura poliesportiva, a cobertura será de duas águas medindo 19.90m x 36.77m totalizando uma área de 731.73m², com pé direito de 7.2m e fechamento lateral de m em todo o perímetro do galpão. Localizado no Ceilândia – DF.

Será elaborado o memorial de cálculo para as treliças do galpão, terças para a cobertura e fechamento, pilares metálicos e placa de base.

Os eixos das tesouras e dos pilares são a cada 5.253m nas laterais e os pilares de oitão a cada 4.975. A cobertura terá 6 Linhas de terças em cada queda, e espaçamento de cálculo com 1.99m.

2.0 CARREGAMENTOS

Ação Permanente: Telha Ondulada Metálica 6 kgf/m² conforme fabricante

Peso próprio da estrutura metálica, gerada automaticamente pelo software de cálculo.

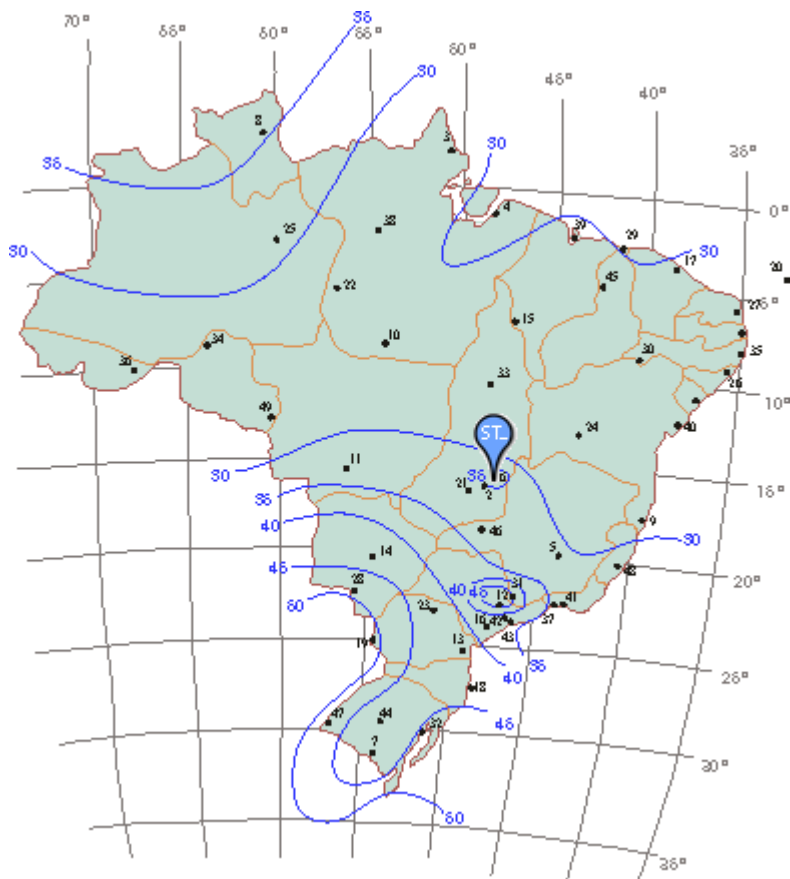
Sobrecarga de manutenção: 25 kgf/m² conforme NBR 8800:2008

Carga de Vento conforme NBR 6123:1988

3. AÇÃO DO VENTO NA EDIFICAÇÃO

3.1. DETERMINAÇÃO DA PRESSÃO DINÂMICA DO VENTO

3.1.1. Velocidade básica do vento



$V_o = 36 \text{ m/s}$

3.1.2. Fator topográfico S1

$S_1 = 1,00$ Terreno plano ou fracamente acidentado

3.1.3. Fator que relaciona rugosidade, dimensões da edificação e altura sobre o terreno S2

Rugosidade do terreno: categoria III
 Dimensões da edificação: classe B
 $Z = 8,95 \text{ m}$ Altura acima do terreno
 $S_2 = 0,91$

3.1.4. Fator estatístico S3

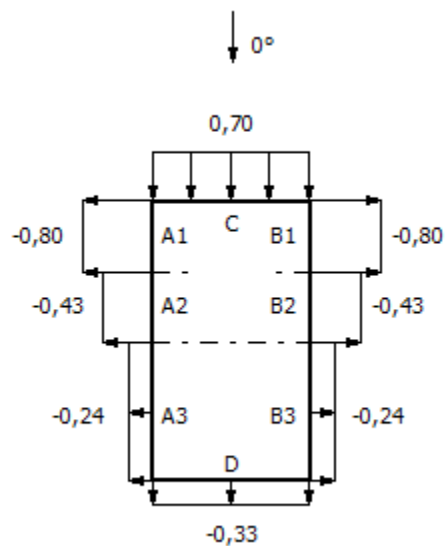
Edificação Grupo 2
 $S_3 = 1,00$

3.1.5. Pressão dinâmica

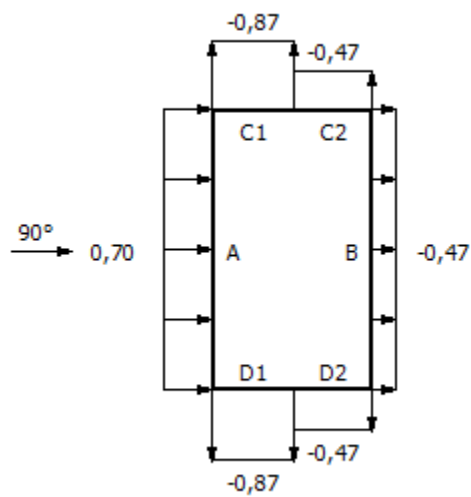
$V_o = 36 \text{ m/s}$ Velocidade básica do vento
 $V_k = V_o \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 = 32,78 \text{ m/s}$ Velocidade característica do vento
 $q = 0,613 \cdot V_k^2 = 67,15 \text{ kgf/m}^2$

3.2. COEFICIENTES DE FORMA EXTERNO PARA PAREDES PERIFÉRICAS

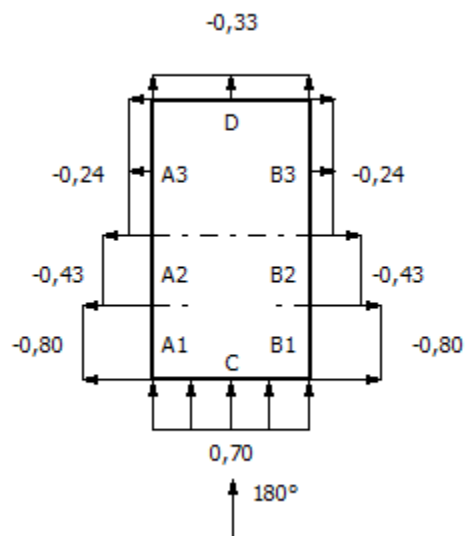
Vento a 0°



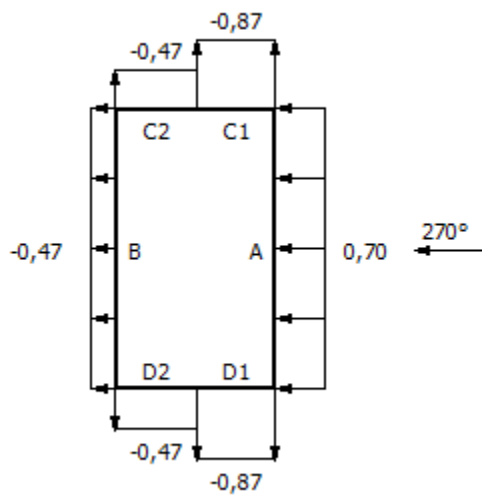
Vento a 90°



Vento a 180°



Vento a 270°



3.3. COEFICIENTES DE FORMA EXTERNO PARA TELHADOS COM DUAS ÁGUAS EM EDIFICAÇÕES DE PLANTA RETANGULAR

Vento a 0°

| 0°
↓

E -0,80	G -0,80
F -0,49	H -0,49
I -0,24	J -0,24

Vento a 90°

90°
→

E -1,03	G -0,40
F -1,03	H -0,40
I -1,03	J -0,40

Vento a 180°

I -0,24	J -0,24
F -0,49	H -0,49
E -0,80	G -0,80

↑ 180°

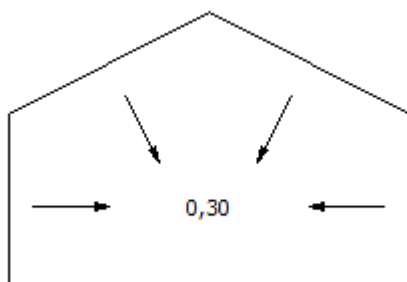
Vento a 270°

G -0,40	E -1,03	
H -0,40	F -1,03	270° ← - -
J -0,40	I -1,03	

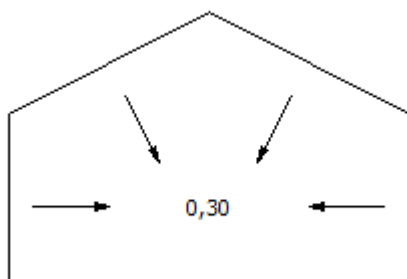
3.4. COEFICIENTES DE PRESSÃO INTERNA

Valores dos coeficientes de pressão interna definidos pelo usuário:

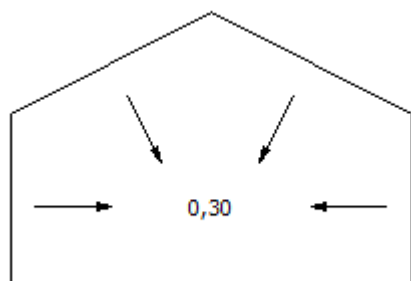
Vento a 0°



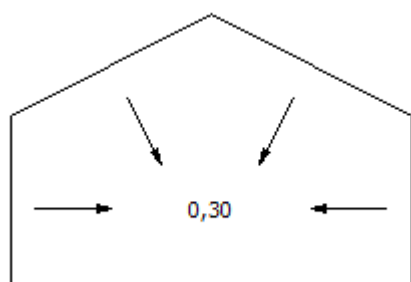
Vento a 90°



Vento a 180°



Vento a 270°



4.0 – DIMENSIONAMENTO – ESTRUTURA METÁLICA

Para o dimensionamento foi utilizado as normas técnicas vigentes referente aos estados limites últimos e de serviço ELU e ELS conforme NBR 8681:2003, e conforme as combinações de Ações para os mesmos.

Os softwares utilizados para cálculos foram o Mcalc3D, McalcPerfis, ST_Terças da Stabile e as normas técnicas vigentes. NBR 8800:2008, NBR 14762:2010.

4.1- Dimensionamento Banzo Superior (Mais Solicitado)

Conforme NBR 8800:2008 e NBR 14762:2010

Perfil Cartola (Formado a frio)

Perfil: CART 75 x 110 x 25 x 3
Aço: ASTM A36 $f_y = 250 \text{ MPa}$ $f_u = 400 \text{ MPa}$

COMPRIMENTOS DA BARRA

$K_t L_t = 1 \text{ m}$ $K_z L_z = 1 \text{ m}$
 $K_y L_y = 2,01 \text{ m}$ $L_b = 1 \text{ m}$

1. Cálculo da Tração

$$C_T = 1,00 \quad \text{Coeficiente de redução da área líquida}$$

$$N_{tRd1} = \frac{A \cdot f_y}{1,10} = 19500,00 \text{ kgf} \quad \text{Resistência de escoamento}$$

$$N_{tRd2} = \frac{C_T \cdot A_n \cdot f_u}{1,65} = 20800,00 \text{ kgf} \quad \text{Resistência à ruptura}$$

$$N_{tRd} = 19500,00 \text{ kgf} \quad \text{Resistência à tração}$$

$$\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{N_{tSd}}{N_{tRd}} = 0,57 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

2. Cálculo da Compressão

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{(K_y \cdot L_y)^2} = 100003,69 \text{ kgf}$$

$$N_{ez} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{(K_z \cdot L_z)^2} = 136412,07 \text{ kgf}$$

$$N_{et} = \frac{1}{r_o^2} \cdot \left[\frac{\pi^2 \cdot E \cdot C_w}{(K_t \cdot L_t)^2} + G \cdot J \right] = 30807,84 \text{ kgf}$$

$$H = 1 - \frac{x_o^2}{r_o^2} = 0,43$$

$$N_{ext} = \frac{N_{ex} + N_{et}}{2 \cdot H} \cdot \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot N_{ex} \cdot N_{et} \cdot H}{(N_{ex} + N_{et})^2}} \right] = 25730,32 \text{ kgf}$$

$$N_e = 25730,32 \text{ kgf}$$

$$\lambda_o = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_e}} = 0,91$$

$$\lambda_o \leq 1,5 \text{ então } \chi = 0,658 (\lambda_o)^2 = 0,71$$

a) Cálculo da resistência à compressão devido à flambagem global

$$A_{ef}^{FG} = 0,00 \text{ m}^2 \quad \text{Área efetiva devido à flambagem global}$$

$$N_{cRd} = \frac{\chi \cdot A_{ef} \cdot f_y}{1,20} = 12609,87 \text{ kgf} \quad \text{Resistência à compressão devido à flambagem global}$$

b) Cálculo da resistência à compressão devido à flambagem local

$$A_{ef}^{FL} = 0,00 \text{ m}^2 \quad \text{Área efetiva devido à flambagem local}$$

$$N_{cRd}^{FL} = \frac{A_{ef}^{FL} \cdot f_y}{1,20} = 17875,00 \text{ kgf} \quad \text{Resistência à compressão devido à flambagem local}$$

$$N_{cRd} = 12609,87 \text{ kgf} \quad \text{Força normal resistente de cálculo à compressão}$$

$$\frac{SOLIC.}{RESIST.} = \frac{N_{cSd}}{N_{cRd}} = 0,81 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

3. Cálculo da Resistência à Flexão - eixo Y

3.1. Cálculo do momento resistente devido ao início do escoamento efetivo

$$A_{ef} = 0,00 \text{ m}^2 \quad \text{Área efetiva da seção}$$

$$I_{xef} = 0,00 \text{ m}^4 \quad \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo Y}$$

$$d = 0,00 \text{ m} \quad \text{Rebaixamento total do eixo baricêntrico}$$

$$y_{G \text{ final}} = y_G + d = 0,08 \text{ m} \quad \text{Posição final do eixo baricêntrico}$$

$$I_G = I_{xef} - A_{ef} \cdot d^2 = 0,00 \text{ m}^4 \quad \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo baricêntrico}$$

$$W_{ef} = \frac{I_G}{y_{G \text{ final}}} = 0,00 \text{ m}^3 \quad \text{Módulo elástico efetivo}$$

$$M_{Rdx}^{PL} = \frac{W_{ef} \cdot f_y}{1,10} = 617,26 \text{ kgf.m} \quad \text{Resistência de cálculo à flexão para o início do escoamento}$$

3.2. Cálculo do momento resistente devido ao estado limite Flambagem Lateral com Torção

$$M_e = C_b \cdot r_o \sqrt{N_{ey} \cdot N_{et}} = 5582,15 \text{ kgf.m} \quad \text{Momento fletor de flambagem lateral com torção}$$

$$W_c = 0,00 \text{ m}^3 \quad \text{Módulo de resistência elástico da seção bruta em relação à fibra comprimida}$$

$$\lambda_o = \sqrt{\frac{W_c \cdot f_y}{M_e}} = 0,35 \quad \lambda_o \leq 0,6 \quad \text{então} \quad \chi_{FLT} = 1,0$$

$$\chi_{FLT} = 1,00 \quad \text{Fator de redução associado à flambagem lateral com torção}$$

$$\text{Cálculo de } W_{cef} \text{ na tensão} \quad \sigma = \chi_{FLT} \cdot f_y = 25000000,00 \text{ kgf/m}^2$$

$$A_{ef} = 0,00 \text{ m}^2 \quad \text{Área efetiva da seção}$$

$$I_{xef} = 0,00 \text{ m}^4 \quad \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo Y}$$

$$d = 0,00 \text{ m} \quad \text{Rebaixamento total do eixo baricêntrico}$$

$$y_{G \text{ final}} = y_G + d = 0,08 \text{ m} \quad \text{Posição final do eixo baricêntrico}$$

$$I_G = I_{xef} - A_{ef} \cdot d^2 = 0,00 \text{ m}^4 \quad \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo baricêntrico}$$

$$W_{cef} = \frac{I_G}{y_{G \text{ final}}} = 0,00 \text{ m}^3 \quad \text{Módulo elástico efetivo}$$

$$M_{Rdx}^{FLT} = \frac{\chi_{FLT} \cdot W_{cef} \cdot f_y}{1,10} = 617,26 \text{ kgf.m} \quad \text{Resistência de cálculo à flexão para o estado limite FLT}$$

$$M_{Rdx} = 617,26 \text{ kgf.m} \quad \text{Resistência de cálculo à flexão em relação ao eixo Y}$$

$$\frac{SOLIC.}{RESIST.} = \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} = 0,00 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

4. Cálculo da Resistência à Flexão - eixo Z

4.1. Cálculo do momento resistente devido ao início do escoamento efetivo

$$A_{ef} = 0,00 \text{ m}^2 \quad \text{Área efetiva da seção}$$

$$I_{yef} = 0,00 \text{ m}^4 \quad \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo Z}$$

$$d = 0,00 \text{ m} \quad \text{Rebaixamento total do eixo baricêntrico}$$

$$x_{G \text{ final}} = x_G + d = 0,03 \text{ m} \quad \text{Posição final do eixo baricêntrico}$$

$$I_G = I_{yef} - A_{ef} \cdot d^2 = 0,00 \text{ m}^4 \quad \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo baricêntrico}$$

$$W_{ef} = \frac{I_G}{x_{G \text{ final}}} = 0,00 \text{ m}^3 \quad \text{Módulo elástico efetivo}$$

$$M_{Rdy} = \frac{W_{ef} \cdot f_y}{1,10} = 360,63 \text{ kgf.m} \quad \text{Resistência de cálculo à flexão em relação ao eixo Z}$$

4.2. Cálculo do momento resistente devido ao estado limite Flambagem Lateral com Torção

$$C_s = 1,00$$

$C_m = 1,00$
 $j = 0,08 \text{ m}$ Parâmetro da seção transversal conforme Anexo E - NBR 14762:2010
 $M_e = \frac{C_s \cdot N_{ey}}{C_m} \cdot \left[j + C_s \cdot \sqrt{j^2 + r_0^2 \cdot \left(\frac{N_{et}}{N_{ey}} \right)} \right] = 17083,71 \text{ kgf.m}$ Momento fletor de flambagem lateral com torção
 $W_c = 0,00 \text{ m}^3$ Módulo de resistência elástico da seção bruta em relação à fibra comprimida
 $\lambda_o = \sqrt{\frac{W_c \cdot f_y}{M_e}} = 0,18$ $\lambda_o \leq 0,6$ então $\chi_{FLT} = 1,0$
 $\chi_{FLT} = 1,00$ Fator de redução associado à flambagem lateral com torção
 $\sigma = \chi_{FLT} \cdot f_y = 25000000,00 \text{ kgf/m}^2$ Cálculo de W_{cef} na tensão
 $A_{ef} = 0,00 \text{ m}^2$ Área efetiva da seção
 $I_{yef} = 0,00 \text{ m}^4$ Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo Z
 $d = 0,00 \text{ m}$ Rebaixamento total do eixo baricêntrico
 $X_{G \text{ final}} = X_G + d = 0,03 \text{ m}$ Posição final do eixo baricêntrico
 $I_G = I_{yef} - A_{ef} \cdot d^2 = 0,00 \text{ m}^4$ Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo baricêntrico
 $W_{ef} = \frac{I_G}{X_{G \text{ final}}} = 0,00 \text{ m}^3$ Módulo elástico efetivo
 $M_{yRd} = 360,63 \text{ kgf.m}$ Resistência de cálculo à flexão em relação ao eixo Y
 $\frac{SOLIC.}{RESIST.} = \frac{M_{zSd}}{M_{zRd}} = 0,00 < 1,00$ OK!

5. Cálculo da Resistência ao cortante - eixo Y

$\lambda = \frac{h}{t} = 21,00$ Parâmetro de esbeltez
 $k_v = 5,00$ Coeficiente de flambagem local por cisalhamento
 $\lambda_p = 1,08 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}} = 68,31$ Parâmetro de esbeltez limite para plastificação
 $\lambda_r = 1,40 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}} = 88,54$ Parâmetro de esbeltez limite para para início de escoamento $\lambda \leq \lambda_p$ então
 $V_{Rd} = \frac{0,6 \cdot h \cdot t \cdot f_y}{1,10}$
 $V_{Rdy} = 5154,55 \text{ kgf}$ Resistência ao esforço cortante em relação ao eixo Y
 $\frac{SOLIC.}{RESIST.} = \frac{V_{ySd}}{V_{yRd}} = 0,00 < 1,00$ OK!

6. Cálculo da Resistência ao cortante - eixo Z

$$\lambda = \frac{h}{t} = 49,33 \quad \text{Parâmetro de esbeltez}$$

$$k_v = 5,00 \quad \text{Coeficiente de flambagem local por cisalhamento}$$

$$\lambda_p = 1,08 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}} = 68,31 \quad \text{Parâmetro de esbeltez limite para plastificação}$$

$$\lambda_r = 1,40 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}} = 88,54 \quad \text{Parâmetro de esbeltez limite para início de escoamento} \quad \lambda \leq \lambda_p \text{ então}$$

$$V_{Rd} = \frac{0,6 \cdot h \cdot t \cdot f_y}{1,10}$$

$$V_{Rdz} = 6054,55 \text{ kgf} \quad \text{Resistência ao esforço cortante em relação ao eixo Z}$$

$$\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{V_{zsd}}{V_{zRd}} = 0,00 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

7. Equações de Interação

$$\frac{N_{csd}}{N_{cRd}} + \frac{M_{ysd}}{M_{yRd}} + \frac{M_{zsd}}{M_{zRd}} = 0,81$$

$$\frac{N_{csd}}{N_{oRd}} + \frac{M_{ysd}}{M_{yRd}} + \frac{M_{zsd}}{M_{zRd}} = 0,81$$

$$\frac{M_{ysd}}{M_{yRd}} + \frac{M_{zsd}}{M_{zRd}} + \frac{N_{tsd}}{N_{tRd}} = 0,57$$

$$\frac{M_{ysd}}{M_{yRd}} + \frac{M_{zsd}}{M_{zRd}} - \frac{N_{tsd}}{N_{tRd}} = 0,57$$

4.2 - Dimensionamento Banzo Inferior (Mais Solicitado)

Conforme NBR 8800:2008 e NBR 14762:2010

Perfil Cartola (Formado a frio)

Perfil: CART 75 x 110 x 25 x 3

Aço: ASTM A36 $f_y = 250 \text{ MPa}$ $f_u = 400 \text{ MPa}$

COMPRIMENTOS DA BARRA

$K_t L_t = 0,99 \text{ m}$ $K_z L_z = 0,99 \text{ m}$

$K_y L_y = 2,98 \text{ m}$ $L_b = 0,99 \text{ m}$

1. Cálculo da Tração

$C_T = 1,00$ Coeficiente de redução da área líquida

$$N_{tRd1} = \frac{A \cdot f_y}{1,10} = 19500,00 \text{ kgf} \quad \text{Resistência de escoamento}$$

$$N_{tRd2} = \frac{C_T \cdot A_n \cdot f_u}{1,65} = 20800,00 \text{ kgf} \quad \text{Resistência à ruptura}$$

$$N_{tRd} = 19500,00 \text{ kgf} \quad \text{Resistência à tração}$$

$$\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{N_{tSd}}{N_{tRd}} = 0,51 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

2. Cálculo da Compressão

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{(K_y \cdot L_y)^2} = 45496,25 \text{ kgf}$$

$$N_{ez} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{(K_z \cdot L_z)^2} = 139181,79 \text{ kgf}$$

$$N_{et} = \frac{1}{r_o^2} \cdot \left[\frac{\pi^2 \cdot E \cdot C_w}{(K_t \cdot L_t)^2} + G \cdot J \right] = 31376,82 \text{ kgf}$$

$$H = 1 - \frac{\chi_o^2}{r_o^2} = 0,43$$

$$N_{ext} = \frac{N_{ex} + N_{et}}{2 \cdot H} \cdot \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot N_{ex} \cdot N_{et} \cdot H}{(N_{ex} + N_{et})^2}} \right] = 21050,79 \text{ kgf}$$

$$N_e = 21050,79 \text{ kgf}$$

$$\lambda_o = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_e}} = 1,01$$

$$\lambda_o \leq 1,5 \text{ então } \chi = 0,658 (\lambda_o)^2 = 0,65$$

a) Cálculo da resistência à compressão devido à flambagem global

$$A_{ef}^{FG} = 0,00 \text{ m}^2 \quad \text{Área efetiva devido à flambagem global}$$

$$N_{cRd} = \frac{\chi \cdot A_{ef} \cdot f_y}{1,20} = 11668,76 \text{ kgf} \quad \text{Resistência à compressão devido à flambagem global}$$

b) Cálculo da resistência à compressão devido à flambagem local

$$A_{ef}^{FL} = 0,00 \text{ m}^2 \quad \text{Área efetiva devido à flambagem local}$$

$$N_{cRd}^{FL} = \frac{A_{ef}^{FL} \cdot f_y}{1,20} = 17875,00 \text{ kgf} \quad \text{Resistência à compressão devido à flambagem local}$$

$$N_{cRd} = 11668,76 \text{ kgf} \quad \text{Força normal resistente de cálculo à compressão}$$

$$\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{N_{cSd}}{N_{cRd}} = 0,96 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

3. Cálculo da Resistência à Flexão - eixo Y

3.1. Cálculo do momento resistente devido ao início do escoamento efetivo

$$\begin{aligned}
 A_{ef} &= 0,00 \text{ m}^2 && \text{Área efetiva da seção} \\
 I_{xef} &= 0,00 \text{ m}^4 && \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo Y} \\
 d &= 0,00 \text{ m} && \text{Rebaixamento total do eixo baricêntrico} \\
 Y_{G \text{ final}} &= Y_G + d = 0,08 \text{ m} && \text{Posição final do eixo baricêntrico} \\
 I_G &= I_{xef} - A_{ef} \cdot d^2 = 0,00 \text{ m}^4 && \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo baricêntrico} \\
 W_{ef} &= \frac{I_G}{Y_{G \text{ final}}} = 0,00 \text{ m}^3 && \text{Módulo elástico efetivo} \\
 M_{Rdx}^{FL} &= \frac{W_{ef} \cdot f_y}{1,10} = 617,26 \text{ kgf.m} && \text{Resistência de cálculo à flexão para o início do escoamento}
 \end{aligned}$$

3.2. Cálculo do momento resistente devido ao estado limite Flambagem Lateral com Torção

$$\begin{aligned}
 M_e &= C_b \cdot r_o \sqrt{N_{ey} \cdot N_{et}} = 5690,36 \text{ kgf.m} && \text{Momento fletor de flambagem lateral com torção} \\
 W_c &= 0,00 \text{ m}^3 && \text{Módulo de resistência elástico da seção bruta em relação à fibra comprimida} \\
 \lambda_o &= \sqrt{\frac{W_c \cdot f_y}{M_e}} = 0,34 && \lambda_o \leq 0,6 \text{ então } \chi_{FLT} = 1,0
 \end{aligned}$$

$$\chi_{FLT} = 1,00 \quad \text{Fator de redução associado à flambagem lateral com torção}$$

$$\text{Cálculo de } W_{cef} \text{ na tensão} \quad \sigma = \chi_{FLT} \cdot f_y = 25000000,00 \text{ kgf/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 A_{ef} &= 0,00 \text{ m}^2 && \text{Área efetiva da seção} \\
 I_{xef} &= 0,00 \text{ m}^4 && \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo Y} \\
 d &= 0,00 \text{ m} && \text{Rebaixamento total do eixo baricêntrico} \\
 Y_{G \text{ final}} &= Y_G + d = 0,08 \text{ m} && \text{Posição final do eixo baricêntrico} \\
 I_G &= I_{xef} - A_{ef} \cdot d^2 = 0,00 \text{ m}^4 && \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo baricêntrico} \\
 W_{cef} &= \frac{I_G}{Y_{G \text{ final}}} = 0,00 \text{ m}^3 && \text{Módulo elástico efetivo} \\
 M_{Rdx}^{FLT} &= \frac{\chi_{FLT} \cdot W_{cef} \cdot f_y}{1,10} = 617,26 \text{ kgf.m} && \text{Resistência de cálculo à flexão para o estado limite FLT} \\
 M_{Rdx} &= 617,26 \text{ kgf.m} && \text{Resistência de cálculo à flexão em relação ao eixo Y} \\
 \frac{SOLIC.}{RESIST.} &= \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} = 0,00 < 1,00 && \text{OK!}
 \end{aligned}$$

4. Cálculo da Resistência à Flexão - eixo Z

4.1. Cálculo do momento resistente devido ao início do escoamento efetivo

$$\begin{aligned}
 A_{ef} &= 0,00 \text{ m}^2 && \text{Área efetiva da seção} \\
 I_{yef} &= 0,00 \text{ m}^4 && \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo Z} \\
 d &= 0,00 \text{ m} && \text{Rebaixamento total do eixo baricêntrico} \\
 X_{G \text{ final}} &= X_G + d = 0,05 \text{ m} && \text{Posição final do eixo baricêntrico} \\
 I_G &= I_{yef} - A_{ef} \cdot d^2 = 0,00 \text{ m}^4 && \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo baricêntrico}
 \end{aligned}$$

$$W_{ef} = \frac{I_G}{X_{G \text{ final}}} = \frac{0,00 \text{ m}^3}{\text{Módulo elástico efetivo}}$$

$$M_{Rdy} = \frac{W_{ef} \cdot f_y}{1,10} = \frac{348,62 \text{ kgf.m}}{\text{Resistência de cálculo à flexão em relação ao eixo Z}}$$

4.2. Cálculo do momento resistente devido ao estado limite Flambagem Lateral com Torção

$$C_s = -1,00$$

$$C_m = 1,00$$

$$j = 0,08 \text{ m} \quad \text{Parâmetro da seção transversal conforme Anexo E - NBR 14762:2010}$$

$$M_e = \frac{C_s \cdot N_{ey}}{C_m} \cdot \left[j + C_s \cdot \sqrt{j^2 + r_0^2 \cdot \left(\frac{N_{et}}{N_{ey}} \right)} \right] = 1256,96 \text{ kgf.m} \quad \text{Momento fletor de flambagem lateral com torção}$$

$$W_c = 0,00 \text{ m}^3 \quad \text{Módulo de resistência elástico da seção bruta em relação à fibra comprimida}$$

$$\lambda_o = \sqrt{\frac{W_c \cdot f_y}{M_e}} = \frac{0,55}{0,55} \leq 0,6 \quad \text{então} \quad \chi_{FLT} = 1,0$$

$$\chi_{FLT} = 1,00 \quad \text{Fator de redução associado à flambagem lateral com torção}$$

$$\text{Cálculo de } W_{cef} \text{ na tensão} \quad \sigma = \chi_{FLT} \cdot f_y = 25000000,00 \text{ kgf/m}^2$$

$$A_{ef} = 0,00 \text{ m}^2 \quad \text{Área efetiva da seção}$$

$$I_{yef} = 0,00 \text{ m}^4 \quad \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo Z}$$

$$d = 0,00 \text{ m} \quad \text{Rebaixamento total do eixo baricêntrico}$$

$$X_{G \text{ final}} = X_G + d = 0,05 \text{ m} \quad \text{Posição final do eixo baricêntrico}$$

$$I_G = I_{yef} - A_{ef} \cdot d^2 = 0,00 \text{ m}^4 \quad \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo baricêntrico}$$

$$W_{ef} = \frac{I_G}{X_{G \text{ final}}} = \frac{0,00 \text{ m}^3}{\text{Módulo elástico efetivo}}$$

$$M_{Rdy}^{FLT} = \frac{\chi_{FLT} \cdot W_{cef} \cdot f_y}{1,10} = \frac{348,62 \text{ kgf.m}}{\text{Resistência de cálculo à flexão para o estado limite FLT}}$$

$$M_{yRd} = 348,62 \text{ kgf.m} \quad \text{Resistência de cálculo à flexão em relação ao eixo Y}$$

$$\frac{SOLIC.}{RESIST.} = \frac{M_{zSd}}{M_{zRd}} = 0,00 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

5. Cálculo da Resistência ao cortante - eixo Y

$$\lambda = \frac{h}{t} = 21,00 \quad \text{Parâmetro de esbeltez}$$

$$k_v = 5,00 \quad \text{Coeficiente de flambagem local por cisalhamento}$$

$$\lambda_p = 1,08 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}} = 68,31 \quad \text{Parâmetro de esbeltez limite para plastificação}$$

$$\lambda_r = 1,40 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}} = 88,54 \quad \text{Parâmetro de esbeltez limite para para início de escoamento} \quad \lambda \leq \lambda_p \quad \text{então}$$

$$V_{Rd} = \frac{0,6 \cdot h \cdot t \cdot f_y}{1,10}$$

$$V_{Rdy} = 5154,55 \text{ kgf} \quad \text{Resistência ao esforço cortante em relação ao eixo Y}$$

$$\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{V_{ySd}}{V_{yRd}} = 0,00 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

6. Cálculo da Resistência ao cortante - eixo Z

$$\lambda = \frac{h}{t} = 49,33 \quad \text{Parâmetro de esbeltez}$$

$$k_v = 5,00 \quad \text{Coeficiente de flambagem local por cisalhamento}$$

$$\lambda_p = 1,08 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}} = 68,31 \quad \text{Parâmetro de esbeltez limite para plastificação}$$

$$\lambda_r = 1,40 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}} = 88,54 \quad \text{Parâmetro de esbeltez limite para para início de escoamento} \quad \lambda \leq \lambda_p \quad \text{então}$$

$$V_{Rd} = \frac{0,6 \cdot h \cdot t \cdot f_y}{1,10}$$

$$V_{Rdz} = 6054,55 \text{ kgf} \quad \text{Resistência ao esforço cortante em relação ao eixo Z}$$

$$\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{V_{zSd}}{V_{zRd}} = 0,00 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

7. Equações de Interação

$$\frac{N_{cSd}}{N_{cRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} + \frac{M_{zSd}}{M_{zRd}} = 0,96$$

$$\frac{N_{cSd}}{N_{oRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} + \frac{M_{zSd}}{M_{zRd}} = 0,96$$

$$\frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} + \frac{M_{zSd}}{M_{zRd}} + \frac{N_{tSd}}{N_{tRd}} = 0,51$$

$$\frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} + \frac{M_{zSd}}{M_{zRd}} - \frac{N_{tSd}}{N_{tRd}} = 0,51$$

4.3 - Dimensionamento Diagonais e Montantes (Mais solicitado)

Conforme NBR 8800:2008 e NBR 14762:2010

Perfil U (Formado a frio)

Perfil: [150 x 50 x 2
 Aço: ASTM A36 $f_y = 250 \text{ MPa}$ $f_u = 400 \text{ MPa}$

COMPRIIMENTOS DA BARRA

$K_t L_t = 1,18 \text{ m}$ $K_z L_z = 1,18 \text{ m}$
 $K_y L_y = 1,18 \text{ m}$ $L_b = 1,18 \text{ m}$

1. Cálculo da Tração

$C_T = 1,00$ Coeficiente de redução da área líquida

$$N_{tRd1} = \frac{A \cdot f_y}{1,10} = 11000,00 \text{ kgf} \quad \text{Resistência de escoamento}$$

$$N_{tRd2} = \frac{C_T \cdot A_n \cdot f_u}{1,65} = 11733,33 \text{ kgf} \quad \text{Resistência à ruptura}$$

$$N_{tRd} = 11000,00 \text{ kgf} \quad \text{Resistência à tração}$$

$$\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{N_{tSd}}{N_{tRd}} = 0,33 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

2. Cálculo da Compressão

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{(K_y \cdot L_y)^2} = 222589,96 \text{ kgf}$$

$$N_{ez} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{(K_z \cdot L_z)^2} = 15503,02 \text{ kgf}$$

$$N_{et} = \frac{1}{r_o^2} \cdot \left[\frac{\pi^2 \cdot E \cdot C_w}{(K_t \cdot L_t)^2} + G \cdot J \right] = 15925,84 \text{ kgf}$$

$$H = 1 - \frac{\chi_o^2}{r_o^2} = 0,84$$

$$N_{ext} = \frac{N_{ex} + N_{et}}{2 \cdot H} \cdot \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot N_{ex} \cdot N_{et} \cdot H}{(N_{ex} + N_{et})^2}} \right] = 15730,10 \text{ kgf}$$

$$N_e = 15503,02 \text{ kgf}$$

$$\lambda_o = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_e}} = 0,88$$

$$\lambda_o \leq 1,5 \text{ então } \chi = 0,658 (\lambda_o)^2 = 0,72$$

Elemento A.A. com $b/t > 60$.

a) Cálculo da resistência à compressão devido à flambagem global

$$A_{ef}^{FG} = 0,00 \text{ m}^2 \quad \text{Área efetiva devido à flambagem global}$$

$$N_{cRd} = \frac{\chi \cdot A_{ef} \cdot f_y}{1,20} = 5297,36 \text{ kgf} \quad \text{Resistência à compressão devido à flambagem global}$$

Elemento A.A. com $b/t > 60$.

b) Cálculo da resistência à compressão devido à flambagem local

$$A_{ef}^F = 0,00 \text{ m}^2 \quad \text{Área efetiva devido à flambagem local}$$

$$N_{cRd}^F = \frac{A_{ef}^F \cdot f_y}{1,20} = 6507,66 \text{ kgf} \quad \text{Resistência à compressão devido à flambagem local}$$

$$N_{cRd} = 5297,36 \text{ kgf} \quad \text{Força normal resistente de cálculo à compressão}$$

$$\frac{SOLIC.}{RESIST.} = \frac{N_{cSd}}{N_{cRd}} = 0,67 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

3. Cálculo da Resistência à Flexão - eixo Y

3.1. Cálculo do momento resistente devido ao início do escoamento efetivo

$$A_{ef} = 0,00 \text{ m}^2 \quad \text{Área efetiva da seção}$$

$$I_{xef} = 0,00 \text{ m}^4 \quad \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo Y}$$

$$d = 0,01 \text{ m} \quad \text{Rebaixamento total do eixo baricêntrico}$$

$$y_{G \text{ final}} = y_G + d = 0,08 \text{ m} \quad \text{Posição final do eixo baricêntrico}$$

$$I_G = I_{xef} - A_{ef} \cdot d^2 = 0,00 \text{ m}^4 \quad \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo baricêntrico}$$

$$W_{ef} = \frac{I_G}{y_{G \text{ final}}} = 0,00 \text{ m}^3 \quad \text{Módulo elástico efetivo}$$

$$M_{Rdx}^F = \frac{W_{ef} \cdot f_y}{1,10} = 387,90 \text{ kgf.m} \quad \text{Resistência de cálculo à flexão para o início do escoamento}$$

3.2. Cálculo do momento resistente devido ao estado limite Flambagem Lateral com Torção

$$M_e = C_b \cdot r_o \sqrt{N_{ey} \cdot N_{et}} = 1011,71 \text{ kgf.m} \quad \text{Momento fletor de flambagem lateral com torção}$$

$$W_c = 0,00 \text{ m}^3 \quad \text{Módulo de resistência elástico da seção bruta em relação à fibra comprimida}$$

$$\lambda_o = \sqrt{\frac{W_c \cdot f_y}{M_e}} = 0,72 \quad 0,6 < \lambda_o < 1,336 \quad \text{então} \quad \chi_{FLT} = 1,11 \cdot (1 - 0,278 \cdot \lambda_o^2)$$

$$\chi_{FLT} = 0,95 \quad \text{Fator de redução associado à flambagem lateral com torção}$$

$$\text{Cálculo de } W_{cef} \text{ na tensão} \quad \sigma = \chi_{FLT} \cdot f_y = 23759111,61 \text{ kgf/m}^2$$

$$A_{ef} = 0,00 \text{ m}^2 \quad \text{Área efetiva da seção}$$

$$I_{xef} = 0,00 \text{ m}^4 \quad \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo Y}$$

$$d = 0,01 \text{ m} \quad \text{Rebaixamento total do eixo baricêntrico}$$

$$y_{G \text{ final}} = y_G + d = 0,08 \text{ m} \quad \text{Posição final do eixo baricêntrico}$$

$$I_G = I_{xef} - A_{ef} \cdot d^2 = 0,00 \text{ m}^4 \quad \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo baricêntrico}$$

$$W_{cef} = \frac{I_G}{y_{G \text{ final}}} = 0,00 \text{ m}^3 \quad \text{Módulo elástico efetivo}$$

$$M_{Rdx}^{FLT} = \frac{\chi_{FLT} \cdot W_{cef} \cdot f_y}{1,10} = 371,64 \text{ kgf.m} \quad \text{Resistência de cálculo à flexão para o estado limite FLT}$$

$$M_{Rdx} = 371,64 \text{ kgf.m} \quad \text{Resistência de cálculo à flexão em relação ao eixo Y}$$

$$\frac{SOLIC.}{RESIST.} = \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} = 0,00 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

4. Cálculo da Resistência à Flexão - eixo Z

4.1. Cálculo do momento resistente devido ao início do escoamento efetivo

$$A_{ef} = 0,00 \text{ m}^2 \quad \text{Área efetiva da seção}$$

$$I_{yef} = 0,00 \text{ m}^4 \quad \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo Z}$$

$$d = 0,04 \text{ m} \quad \text{Rebaixamento total do eixo baricêntrico}$$

$$x_{G \text{ final}} = x_G + d = 0,01 \text{ m} \quad \text{Posição final do eixo baricêntrico}$$

$$I_G = I_{yef} - A_{ef} \cdot d^2 = 0,00 \text{ m}^4 \quad \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo baricêntrico}$$

$$W_{ef} = \frac{I_G}{x_{G \text{ final}}} = 0,00 \text{ m}^3 \quad \text{Módulo elástico efetivo}$$

$$M_{Rdy} = \frac{W_{ef} \cdot f_y}{1,10} = 225,11 \text{ kgf.m} \quad \text{Resistência de cálculo à flexão em relação ao eixo Z}$$

4.2. Cálculo do momento resistente devido ao estado limite Flambagem Lateral com Torção

$$C_s = 1,00$$

$$C_m = 1,00$$

$$j = 0,08 \text{ m} \quad \text{Parâmetro da seção transversal conforme Anexo E - NBR 14762:2010}$$

$$M_e = \frac{C_s \cdot N_{ey}}{C_m} \cdot \left[j + C_s \cdot \sqrt{j^2 + r_0^2 \cdot \left(\frac{N_{et}}{N_{ey}} \right)} \right] = 37703,95 \text{ kgf.m} \quad \text{Momento fletor de flambagem lateral com torção}$$

$$W_c = 0,00 \text{ m}^3 \quad \text{Módulo de resistência elástico da seção bruta em relação à fibra comprimida}$$

$$\lambda_o = \sqrt{\frac{W_c \cdot f_y}{M_e}} = 0,08 \quad \lambda_o \leq 0,6 \quad \text{então} \quad \chi_{FLT} = 1,0$$

$$\chi_{FLT} = 1,00 \quad \text{Fator de redução associado à flambagem lateral com torção}$$

$$\text{Cálculo de } W_{cef} \text{ na tensão} \quad \sigma = \chi_{FLT} \cdot f_y = 25000000,00 \text{ kgf/m}^2$$

$$A_{ef} = 0,00 \text{ m}^2 \quad \text{Área efetiva da seção}$$

$$I_{yef} = 0,00 \text{ m}^4 \quad \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo Z}$$

$$d = 0,04 \text{ m} \quad \text{Rebaixamento total do eixo baricêntrico}$$

$$x_{G \text{ final}} = x_G + d = 0,01 \text{ m} \quad \text{Posição final do eixo baricêntrico}$$

$$I_G = I_{yef} - A_{ef} \cdot d^2 = 0,00 \text{ m}^4 \quad \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo baricêntrico}$$

$$W_{ef} = \frac{I_G}{x_{G \text{ final}}} = 0,00 \text{ m}^3 \quad \text{Módulo elástico efetivo}$$

$$M_{yRd} = 225,11 \text{ kgf.m} \quad \text{Resistência de cálculo à flexão em relação ao eixo Y}$$

$$\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{M_{zSd}}{M_{zRd}} = 0,00 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

5. Cálculo da Resistência ao cortante - eixo Y

$$\lambda = \frac{h}{t} = 23,00 \quad \text{Parâmetro de esbeltez}$$

$$k_v = 5,00 \quad \text{Coeficiente de flambagem local por cisalhamento}$$

$$\lambda_p = 1,08 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}} = 68,31 \quad \text{Parâmetro de esbeltez limite para plastificação}$$

$$\lambda_r = 1,40 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}} = 88,54 \quad \text{Parâmetro de esbeltez limite para para início de escoamento}$$

$\lambda \leq \lambda_p$ então

$$V_{Rd} = \frac{0,6 \cdot h \cdot t \cdot f_y}{1,10}$$

$$V_{Rdy} = 2509,09 \text{ kgf} \quad \text{Resistência ao esforço cortante em relação ao eixo Y}$$

$$\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{V_{ySd}}{V_{yRd}} = 0,00 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

6. Cálculo da Resistência ao cortante - eixo Z

$$\lambda = \frac{h}{t} = 71,00 \quad \text{Parâmetro de esbeltez}$$

$$k_v = 5,00 \quad \text{Coeficiente de flambagem local por cisalhamento}$$

$$\lambda_p = 1,08 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}} = 68,31 \quad \text{Parâmetro de esbeltez limite para plastificação}$$

$$\lambda_r = 1,40 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}} = 88,54 \quad \text{Parâmetro de esbeltez limite para para início de escoamento}$$

$\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r$

$$V_{Rd} = \frac{0,65 \cdot t^2 \cdot \sqrt{k_v \cdot f_y \cdot E}}{1,10}$$

então

$$V_{Rdz} = 3737,24 \text{ kgf} \quad \text{Resistência ao esforço cortante em relação ao eixo Z}$$

$$\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{V_{zSd}}{V_{zRd}} = 0,00 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

7. Equações de Interação

$$\frac{N_{cSd}}{N_{cRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} + \frac{M_{zSd}}{M_{zRd}} = 0,67$$

$$\frac{N_{oSd}}{N_{oRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} + \frac{M_{zSd}}{M_{zRd}} = 0,67$$

$$\frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} + \frac{M_{zSd}}{M_{zRd}} + \frac{N_{tSd}}{N_{tRd}} = 0,33$$

$$\frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} + \frac{M_{zSd}}{M_{zRd}} - \frac{N_{tSd}}{N_{tRd}} = 0,33$$

4.4 – Dimensionamento Tirantes

Conforme NBR 8800:2008 e NBR 14762:2010

Perfil Ferro redondo

Perfil: RED 12.7

Aço: ASTM A36 $f_y = 250 \text{ MPa}$ $f_u = 400 \text{ MPa}$

COMPRIMENTOS DA BARRA

$K_t L_t = 0,01 \text{ m}$ $K_z L_z = 0,01 \text{ m}$

$K_y L_y = 0,01 \text{ m}$ $L_b = 0,01 \text{ m}$

1. Cálculo da Tração

$C_T = 1,00$ Coeficiente de redução da área líquida

$A_n = 0,00 \text{ m}^2$ Área líquida da seção transversal

$A_e = C_T \cdot A_n = 0,00 \text{ m}^2$ Área líquida efetiva da seção transversal

$$N_{tRd1} = \frac{A \cdot f_y}{1,10} = 2879,02 \text{ kgf} \quad \text{Resistência de escoamento}$$

$N_{tRd} = 2879,02 \text{ kgf}$ Força normal resistente de cálculo à tração

$$\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{N_{tSd}}{N_{tRd}} = 0,09 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

2. Cálculo da Compressão

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{(K_y \cdot L_y)^2} = 2520661,47 \text{ kgf}$$

$$N_{ez} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{(K_z \cdot L_z)^2} = 2520661,47 \text{ kgf}$$

$N_e = 2520661,47 \text{ kgf}$

$Q = 1,00$ Fator de redução associado à instabilidade local

$N_{pl} = A \cdot f_y = 3166,92 \text{ kgf}$

$$\lambda_o = \sqrt{\frac{Q \cdot N_{pl}}{N_e}} = 0,04$$

$$\lambda_o \leq 1,5 \text{ então } \chi = 0,658 (\lambda_o)^2 = 1,00$$

$$N_{cRd} = \frac{\chi \cdot Q \cdot A \cdot f_y}{1,10} = 2877,51 \text{ kgf}$$

$$\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{N_{cSd}}{N_{cRd}} = 0,12 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

4.5 – Dimensionamento Pilar

Conforme NBR 8800:2008 e NBR 14762:2010

Perfil Caixa (Formado a frio)

Perfil: CA 360 x 100 x 25 x 3.35
 Aço: USI-SAC-300 $f_y = 300 \text{ MPa}$ $f_u = 400 \text{ MPa}$

COMPRIMENTOS DA BARRA

$K_t L_t = 7,2 \text{ m}$ $K_z L_z = 3,6 \text{ m}$
 $K_y L_y = 3,6 \text{ m}$ $L_b = 7,2 \text{ m}$

1. Cálculo da Tração

$C_T = 1,00$ Coeficiente de redução da área líquida

$$N_{tRd1} = \frac{A \cdot f_y}{1,10} = 106566,55 \text{ kgf} \quad \text{Resistência de escoamento}$$

$$N_{tRd2} = \frac{C_T \cdot A_n \cdot f_u}{1,65} = 94725,82 \text{ kgf} \quad \text{Resistência à ruptura}$$

$N_{tRd} = 94725,82 \text{ kgf}$ Resistência à tração

$$\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{N_{tSd}}{N_{tRd}} = 0,02 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

2. Cálculo da Compressão

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{(K_y \cdot L_y)^2} = 1102238,99 \text{ kgf}$$

$$N_{ez} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{(K_z \cdot L_z)^2} = 410023,08 \text{ kgf}$$

$$N_{et} = \frac{1}{r_o^2} \cdot \left[\frac{\pi^2 \cdot E \cdot C_w}{(K_t \cdot L_t)^2} + G \cdot J \right] = 20632081,38 \text{ kgf}$$

$$H = 1 - \frac{\chi_o^2}{r_o^2} = 1,00$$

$$N_{ext} = \frac{N_{ex} + N_{et}}{2 \cdot H} \cdot \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot N_{ex} \cdot N_{et} \cdot H}{(N_{ex} + N_{et})^2}} \right] = 1102238,99 \text{ kgf}$$

$$N_e = 410023,08 \text{ kgf}$$

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_e}} = 0,53$$

$$\lambda_0 \leq 1,5 \text{ então } \chi = 0,658 (\lambda_0)^2 = 0,89$$

Elemento A.A. com $b/t > 60$.

a) Cálculo da resistência à compressão devido à flambagem global

$$A_{ef}^{FG} = 0,00 \text{ m}^2 \quad \text{Área efetiva devido à flambagem global}$$

$$N_{cRd} = \frac{\chi \cdot A_{ef} \cdot f_y}{1,20} = 51082,94 \text{ kgf} \quad \text{Resistência à compressão devido à flambagem global}$$

Elemento A.A. com $b/t > 60$.

b) Cálculo da resistência à compressão devido à flambagem local

$$A_{ef}^{FL} = 0,00 \text{ m}^2 \quad \text{Área efetiva devido à flambagem local}$$

$$N_{cRd}^{FL} = \frac{A_{ef}^{FL} \cdot f_y}{1,20} = 55224,83 \text{ kgf} \quad \text{Resistência à compressão devido à flambagem local}$$

$$N_{cRd} = 51082,94 \text{ kgf} \quad \text{Força normal resistente de cálculo à compressão}$$

$$\frac{SOLIC.}{RESIST.} = \frac{N_{cSd}}{N_{cRd}} = 0,00 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

3. Cálculo da Resistência à Flexão - eixo Y

3.1. Cálculo do momento resistente devido ao início do escoamento efetivo

$$A_{ef} = 0,00 \text{ m}^2 \quad \text{Área efetiva da seção}$$

$$I_{xef} = 0,00 \text{ m}^4 \quad \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo Y}$$

$$d = 0,01 \text{ m} \quad \text{Rebaixamento total do eixo baricêntrico}$$

$$y_{G \text{ final}} = y_G + d = 0,19 \text{ m} \quad \text{Posição final do eixo baricêntrico}$$

$$I_G = I_{xef} - A_{ef} \cdot d^2 = 0,00 \text{ m}^4 \quad \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo baricêntrico}$$

$$W_{ef} = \frac{I_G}{y_{G \text{ final}}} = 0,00 \text{ m}^3 \quad \text{Módulo elástico efetivo}$$

$$M_{Rdx}^{PL} = \frac{W_{ef} \cdot f_y}{1,10} = 9587,29 \text{ kgf.m} \quad \text{Resistência de cálculo à flexão para o início do escoamento}$$

3.2. Cálculo do momento resistente devido ao estado limite Flambagem Lateral com Torção

$$M_e = C_b \cdot \sqrt{N_{ey} \cdot G \cdot I_t} = 1080280,64 \text{ kgf.m} \quad \text{Momento fletor de flambagem lateral com torção}$$

$$W_c = 0,00 \text{ m}^3 \quad \text{Módulo de resistência elástico da seção bruta em relação à fibra comprimida}$$

$$\lambda_o = \sqrt{\frac{W_c \cdot f_y}{M_e}} = \frac{0,09}{0,09} \leq 0,6 \quad \text{então} \quad \chi_{FLT} = 1,0$$

$\chi_{FLT} = 1,00$ Fator de redução associado à flambagem lateral com torção

Cálculo de W_{cef} na tensão $\sigma = \chi_{FLT} \cdot f_y = 30000000,00 \text{ kgf/m}^2$

$A_{ef} = 0,00 \text{ m}^2$ Área efetiva da seção

$I_{xef} = 0,00 \text{ m}^4$ Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo Y

$d = 0,01 \text{ m}$ Rebaixamento total do eixo baricêntrico

$y_{G \text{ final}} = y_G + d = 0,19 \text{ m}$ Posição final do eixo baricêntrico

$I_G = I_{xef} - A_{ef} \cdot d^2 = 0,00 \text{ m}^4$ Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo baricêntrico

$W_{cef} = \frac{I_G}{y_{G \text{ final}}} = 0,00 \text{ m}^3$ Módulo elástico efetivo

$M_{Rdx} = \frac{\chi_{FLT} \cdot W_{cef} \cdot f_y}{1,10} = 9587,29 \text{ kgf.m}$ Resistência de cálculo à flexão para o estado limite FLT

$M_{Rdx} = 9587,29 \text{ kgf.m}$ Resistência de cálculo à flexão em relação ao eixo Y

$$\frac{SOLIC.}{RESIST.} = \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} = 0,90 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

4. Cálculo da Resistência à Flexão - eixo Z

$A_{ef} = 0,00 \text{ m}^2$ Área efetiva da seção

$I_{yef} = 0,00 \text{ m}^4$ Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo Z

$d = 0,02 \text{ m}$ Rebaixamento total do eixo baricêntrico

$x_{G \text{ final}} = x_G + d = 0,12 \text{ m}$ Posição final do eixo baricêntrico

$I_G = I_{yef} - A_{ef} \cdot d^2 = 0,00 \text{ m}^4$ Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo baricêntrico

$W_{ef} = \frac{I_G}{x_{G \text{ final}}} = 0,00 \text{ m}^3$ Módulo elástico efetivo

$M_{Rdy} = \frac{W_{ef} \cdot f_y}{1,10} = 3671,65 \text{ kgf.m}$ Resistência de cálculo à flexão em relação ao eixo Z

$$\frac{SOLIC.}{RESIST.} = \frac{M_{zSd}}{M_{zRd}} = 0,00 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

5. Cálculo da Resistência ao cortante - eixo Y

$\lambda = \frac{h}{t} = 55,70$ Parâmetro de esbeltez

$k_v = 5,00$ Coeficiente de flambagem local por cisalhamento

$\lambda_p = 1,08 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}} = 62,35$ Parâmetro de esbeltez limite para plastificação

$$\lambda_r = 1,40 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}} = 80,83 \quad \text{Parâmetro de esbeltez limite para para início de escoamento} \quad \lambda \leq \lambda_p \quad \text{então}$$

$$V_{Rd} = \frac{0,6 \cdot h \cdot t \cdot f_y}{1,10}$$

$$V_{Rdy} = 20458,15 \text{ kgf} \quad \text{Resistência ao esforço cortante em relação ao eixo Y}$$

$$\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{V_{ySd}}{V_{yRd}} = 0,00 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

6. Cálculo da Resistência ao cortante - eixo Z

$$\lambda = \frac{h}{t} = 103,46 \quad \text{Parâmetro de esbeltez}$$

$$k_v = 5,00 \quad \text{Coeficiente de flambagem local por cisalhamento}$$

$$\lambda_p = 1,08 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}} = 62,35 \quad \text{Parâmetro de esbeltez limite para plastificação}$$

$$\lambda_r = 1,40 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}} = 80,83 \quad \text{Parâmetro de esbeltez limite para para início de escoamento} \quad \lambda > \lambda_r \quad \text{então}$$

$$V_{Rd} = \frac{(0,905 \cdot t^3 \cdot k_v \cdot E) / h}{1,10}$$

$$V_{Rdz} = 17848,09 \text{ kgf} \quad \text{Resistência ao esforço cortante em relação ao eixo Z}$$

$$\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{V_{zSd}}{V_{zRd}} = 0,17 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

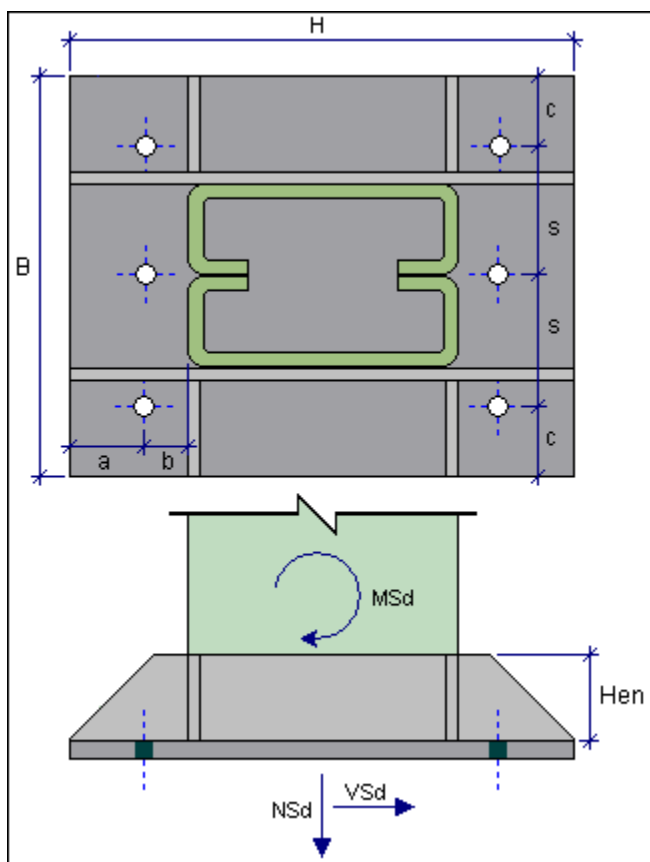
7. Equações de Interação

$$\frac{N_{cSd}}{N_{cRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} + \frac{M_{zSd}}{M_{zRd}} = 0,90$$

$$\frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} + \frac{M_{zSd}}{M_{zRd}} + \frac{N_{tSd}}{N_{tRd}} = 0,92$$

$$\frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} + \frac{M_{zSd}}{M_{zRd}} - \frac{N_{tSd}}{N_{tRd}} = 0,88$$

4.6 – Dimensionamento Placa de Base



1.DADOS DE ENTRADA

Solicitações de cálculo: Combinação 7

Esforço normal atuante na placa(Nsd)	1611.48 kgf
Esforço cortante atuante na placa(Vsd)	2976.33 kgf
Momento atuante na placa(Msd)	8630.23 kgf.m

Chumbadores

Tipo	SAE 1020
Tensão de escoamento(f_y)	240 MPa
Tensão de ruptura(f_u)	400 MPa
Diâmetro	22 mm
Comprimento de ancoragem mínimo dos chumbadores(Lanc)	600 mm
Número de chumbadores(nch)	6

Tipo de borda

Borda	Cortada com serra ou tesoura.
--------------	-------------------------------

Concreto

Resistência característica do concreto(f_{ck})	25 MPa
Altura da placa de base(H_c)	750 mm

Largura da placa de base(Bc)	600 mm
------------------------------	--------

Placa de base	
Altura da base de concreto(H)	550 mm
Largura da base de concreto(B)	400 mm
Espessura da placa de base(tp)	25 mm
Aço	ASTM A36
Tensão de escoamento(fy)	250 MPa
Tensão de ruptura(fu)	400 MPa

Espaçamentos	
Espaçamento entre os chumbadores na vertical(s)	150 mm
Distância entre chumbadores e borda na vertical(c)	50 mm
Distância entre chumbadores e borda na horizontal(a)	50 mm
Distância entre chumbadores e a mesa da coluna na horizontal(b)	44 mm

Enrijecedores	
Altura do enrijecedor(Hen)	150 mm
Espessura do enrijecedor(ten)	8 mm
Aço	ASTM A36
Tensão de escoamento(fy)	250 MPa
Tensão de ruptura(fu)	400 MPa

Eletrodo	
Tipo	6 ou E 60XX
Tensão de ruptura da solda(fw)	415 MPa
Espessura do filete de solda(bw)	10 mm

Coluna	
Perfil	CA 360 x 100 x 25 x 3.35
Aço	USI-SAC-300
Tensão de escoamento(fy)	300 MPa
Tensão de ruptura(fu)	400 MPa

2.Cálculo do comprimento mínimo de ancoragem dos chumbadores de acordo com a NBR 6118/2003

$f_{ck} = 2500000 \text{ kgf/m}^2$ Resistência característica do concreto.
 $f_{yd} = 20869566 \text{ kgf/m}^2$ Resistência do chumbador à tração.

$\phi = 0.02 \text{ m}$ Diâmetro do chumbador

$\eta_1 = 1,00$ Parâmetro considerado para barras lisas

$\eta_2 = 1,00$ Parâmetro associado à boa aderência entre concreto e chumbador

$$\eta_3 = 1,00 \quad \text{Parâmetro associado ao diâmetro do chumbador}$$

$$f_{ct,m} = 0,3 \cdot \left(f_{ck}\right)^{2/3} = 256496.39 \text{ kgf/m}^2 \quad \text{Resistência média à tração}$$

$$f_{ct,d} = \frac{0,7 \cdot f_{ct,m}}{1,40} = 128248.2 \text{ kgf/m}^2 \quad \text{Resistência à tração direta}$$

$$f_{bd} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot f_{ct,d} = 128248.2 \text{ kgf/m}^2 \quad \text{Resistência de aderência de cálculo entre chumbador e concreto}$$

$$l_b = \frac{\phi}{4} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{bd}} = 0.9 \text{ m} \quad \text{Comprimento básico (reto) de ancoragem}$$

OBS.: recomenda-se um raio de dobra de $2 \cdot \phi$ e um comprimento reto mínimo de 100 mm para o gancho.

3. Resistência do concreto

$A_1 = 0.22 \text{ m}^2$ É a área carregada sob a placa de apoio.
 $A_2 = 0.45 \text{ m}^2$ É a área da superfície de concreto.

$$\frac{R_{Rknc}}{\gamma} = \frac{0,70 \cdot f_{ck} \sqrt{\frac{A_2}{A_1}}}{1,40 \cdot 1,40} \leq f_{ck} = 1276958.88 \text{ kgf/m}^2$$

4. Verificação das dimensões da placa de base

$$f_c = \frac{N_{sd}}{H \cdot B} = 7324.91 \text{ kgf/m}^2 \quad \text{Pressão na placa de base.}$$

$$f_c \leq \frac{R_{Rknc}}{\gamma} \quad \text{OK!}$$

$$\frac{\text{Solicitação}}{\text{Resistência}} = \frac{f_c}{R_{Rknc} / \gamma} = 0.01 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

5. Avaliação da solicitação na placa de base

$$m = H - a = 0.5 \text{ m} \quad \text{Parâmetro geométrico utilizado no cálculo da posição da linha neutra.}$$

$P = 0$ Parâmetro utilizado no cálculo da posição da linha neutra
 $Z = 512.45$ Parâmetro para avaliação do esforço na placa de base.

$$Z > 0 \quad \text{Há compressão no concreto.}$$

6. Determinação da posição da linha neutra

$A_s = 1.14 \text{E-}3 \text{ m}^2$ Área dos chumbadores na região tracionada

$$\mu = \frac{A_s}{B \cdot m} = 0.01 \quad \text{Parâmetro geométrico utilizado no cálculo da posição da linha}$$

$$k^3 - 3 \cdot p \cdot k^2 + 6 \cdot n \cdot \mu \cdot (1 - p) \cdot k - 6 \cdot n \cdot \mu \cdot (1 - p) = 0$$

$$K = 0.26$$

$$LN = k \cdot m = 0.13 \text{ m} \quad \text{Posição da linha neutra.}$$

7. Verificação dos chumbadores

7.1. Esforços nos chumbadores

$V_o = 496.06 \text{ kgf}$ Esforço cortante em cada chumbador.
 $T_o = 6560.95 \text{ kgf}$ Esforço de tração em cada chumbador.
 $A_{ch} = 0 \text{ m}^2$ Área de cada chumbador.

7.2. Resistência de cálculo à tração dos chumbadores

$$F_{Rdt} = \frac{0,75 \cdot A_{ch} \cdot f_{uch}}{1,35} = 8447.39 \text{ kgf}$$

$$F_{Rdt} \geq T_o \quad \text{OK!}$$

$$\frac{\text{Solicitação}}{\text{Resistência}} = \frac{T_o}{F_{Rdt}} = 0.78 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

7.3. Resistência de cálculo ao cisalhamento

$$F_{Rds} = \frac{0,40 \cdot A_{ch} \cdot f_{uch}}{1,35} = 4505.28 \text{ kgf}$$

$$F_{Rds} \geq V_o \quad \text{OK!}$$

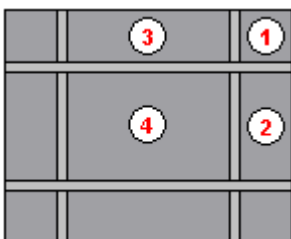
$$\frac{\text{Solicitação}}{\text{Resistência}} = \frac{V_o}{F_{Rds}} = 0.11 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

7.4. Interação tração + cisalhamento

$$\frac{A_{ch} \cdot f_{uch}}{1,35} - 1,90 \cdot F_{Sdv} = 10320.69 \text{ kgf}$$

$$F_{Sdt} \leq \frac{A_{ch} \cdot f_{uch}}{1,35} - 1,90 \cdot F_{Sdv} \quad \text{OK!}$$

8. Verificação da placa de base



8.1.Cálculo do Momento Fletor Máximo no Setor 1

$$\alpha_1 = \frac{a+b}{z} = 0.94$$

$$\alpha_1 \leq 1,0$$

$$\beta_1 = \frac{0,38}{1 + 31,21 \cdot e^{-5,43 \cdot \alpha_1}} = 0.32$$

$$M_{01} = \beta_1 \cdot f_{c1} \cdot z^2 = 2264$$

8.2.Cálculo do Momento Fletor Máximo no Setor 2

$$\alpha_2 = \frac{a+b}{b_f} = 0.47$$

$$\alpha_2 \leq 1,0$$

$$\beta_2 = \frac{0,093}{1 + 36,60 \cdot e^{-10,22 \cdot \alpha_2}} = 0.07$$

$$M_{02} = \beta_2 \cdot f_{c1} \cdot b_f^2 = 2027.62$$

8.3.Cálculo do Momento Fletor Máximo no Setor 3

$$\alpha_3 = \frac{b_f - t_w}{2 \cdot (d - 2 \cdot t_f)} = 0.55$$

$$\alpha_3 \leq 1,0$$

$$\beta_3 = \frac{0,04}{1 + 22,40 \cdot e^{-5,48 \cdot \alpha_3}} = 0.02$$

$$M_{03} = \beta_3 \cdot f_{c0} \cdot h_w^2 = 0$$

$M_o = 22.64 \text{ kgf.m}$ Momento fletor máximo.

$M_p = 299.67 \text{ kgf.m}$ Momento máximo devido a tração.

$t_p = 0.03 \text{ m}$ Espessura da placa de base.

$$t_{pmin1} = \sqrt{\frac{16 \cdot M_o}{3 \cdot f_y}} = 0.02 \text{ m} \quad \text{Espessura mínima em função da flexão na placa.}$$

$$t_{pmin2} = \sqrt{\frac{16 \cdot M_p}{3 \cdot L \cdot f_y}} = 0.02 \text{ m} \quad \text{Espessura mínima em função da tração máxima no chumbador.}$$

$$t_p \geq t_{pmin} \quad \text{OK!}$$

9.Verificação dos enrijecedores

9.1.Verificação da seção paralela à placa de base

$f_{en1} = 11550798 \text{ kgf/m}^2$ Tensão paralela à placa de base.

$$\frac{R_{Rkn}}{\gamma} = \frac{f_y}{1,10} = 22727272 \text{ kgf/m}^2 \quad \text{Resistência de cálculo à tensão normal.}$$

$$\frac{R_{Rkn}}{\gamma} \geq f_{en1} \quad \text{OK!}$$

$$\frac{\text{Solicitação}}{\text{Resistência}} = \frac{f_{en1}}{R_{Rkn}/\gamma} = 0.51 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

9.2.Verificação da seção perpendicular à placa de base

$f_{en2} = 19333302 \text{ kgf/m}^2$ Tensão perpendicular à placa de base.

$$\frac{R_{Rkn}}{\gamma} = \frac{f_y}{1,10} = 22727272 \text{ kgf/m}^2 \quad \text{Resistência de cálculo à tensão normal.}$$

$$\frac{R_{Rkn}}{\gamma} \geq f_{en2} \quad \text{OK!}$$

$$\frac{\text{Solicitação}}{\text{Resistência}} = \frac{f_{en2}}{R_{Rkn}/\gamma} = 0.85 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

9.3.Verificação da tensão cisalhante

$f_v = 10988198 \text{ kgf/m}^2$ Tensão cisalhante.

$$\frac{R_{Rkw}}{\gamma} = \frac{0,6 \cdot f_y}{1,10} = 13636364 \text{ kgf/m}^2 \quad \text{Resistência de cálculo à tensão cisalhante.}$$

$$\frac{R_{Rkw}}{\gamma} \geq f_v \quad \text{OK!}$$

$$\frac{\text{Solicitação}}{\text{Resistência}} = \frac{f_v}{R_{Rkvw} / \gamma} = 0.81 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

10. Verificação da solda dos enrijecedores

$f_r = 11695319 \text{ kgf/m}^2$ Tensão resultante na solda.

$$\frac{R_{Rkrs1}}{\gamma} = \frac{0.6 \cdot f_y \cdot \sqrt{2}}{1.10} = 19284730 \text{ kgf/m}^2$$

$$\frac{R_{Rkrs2}}{\gamma} = \frac{0.6 \cdot t_w}{1.35} = 18444444 \text{ kgf/m}^2$$

$$\frac{R_{Rkrs}}{\gamma} = 18444444 \text{ kgf/m}^2$$

$$\frac{R_{Rkrs}}{\gamma} \geq f_r \quad \text{OK!}$$

$$\frac{\text{Solicitação}}{\text{Resistência}} = \frac{f_r}{R_{Rkrs} / \gamma} = 0.63 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

11. Verificação das soldas do perfil com a placa de base

11.1. Verificação das soldas das mesas

$f_{sm} = 9393073 \text{ kgf/m}^2$ Tensão resultante nas soldas das mesas

$$f_{Rd1} = \frac{0.6 \cdot f_y \cdot \sqrt{2}}{1.10} = 23141678 \text{ kgf/m}^2$$

$$f_{Rd2} = \frac{0.6 \cdot f_w}{1.35} = 18444444 \text{ kgf/m}^2$$

$$f_{Rd} = 18444444 \text{ kgf/m}^2$$

$$f_{Rd} \geq f_{sm} \quad \text{OK!}$$

$$\frac{S_d}{R_d} = \frac{f_{sm}}{f_{Rd}} = 0.51 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

11.2. Verificação das soldas da alma

$f_r = 1354192.38 \text{ kgf/m}^2$ Tensão resultante nas soldas da alma

$$f_{Rd1} = \frac{0.6 \cdot f_y \cdot \sqrt{2}}{1.10} = 23141678 \text{ kgf/m}^2$$

$$f_{Rd2} = \frac{0,6 \cdot f_w}{1,35} = 18444444 \text{ kgf/m}^2$$
$$f_{Rd} = 18444444 \text{ kgf/m}^2$$

$$f_{Rd} \geq f_r \quad \text{OK!}$$

$$\frac{S_d}{R_d} = \frac{f_r}{f_{Rd}} = 0.07 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

4.7 – Dimensionamento Terças

4.7.1 – Terça Cobertura

1. DADOS GEOMÉTRICOS

Aplicação:	Cobertura, tipo 2 água
Perfil:	Tipo U Enrigecido
Sistema:	Terça biapoiada
Características:	Largura: 19.90m; Comprimento: 36.77m; Posição da Cumeeira: 9.95m; Pé direito: 7.20m; Inclinação do Telhado: 12.56%; 2 linhas de correntes; Mesa superior da terça lateralmente contida;
Modulação:	7 módulos(5.25)
Água Esquerda:	5 interterças(2.01;2.01;2.01;2.01;2.01)
	5 interterças(2.01;2.01;2.01;2.01;2.01)

2. CARREGAMENTO

Aplicação:	Telha: peso próprio de 6.00 kgf/m ²
Sobrecarga:	25.00 kgf/m ²
Pressão Dinâmica:	51.38 kgf/m ²

Ações Lineares:	Interterça adotado: 2.01 m
	Ação Perm.: -16.68 kgf/m
	Utilidades: 0 kgf/m
	Sobrecarga: -50.25 kgf/m
	Vento 90°: 106.37 kgf/m
	Vento 0°: 82.62 kgf/m
	PI/90°: 30.98 kgf/m
	PI/0°: 30.98 kgf/m

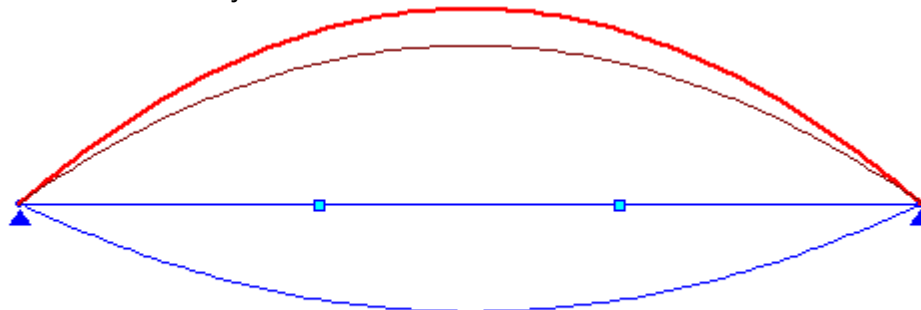
3. ANÁLISE

Combinações de Ações:	Combinação 1: 1.35*Ação Perm. + 1.35*Utilidades + 1.50*Sobrecarga = -97.89 kgf/m
	Combinação 2: 1.00*Ação Perm. + 1.40*Vento 90° + 1.40*PI/90° = 175.62 kgf/m
	Combinação 3: 1.00*Ação Perm. + 1.40*Vento 0° + 1.40*PI/0° = 142.37 kgf/m

4. RESULTADOS DA ANÁLISE

Diagrama de Momentos Fletores na terça

Combinação 1
Combinação 2
Combinação 3

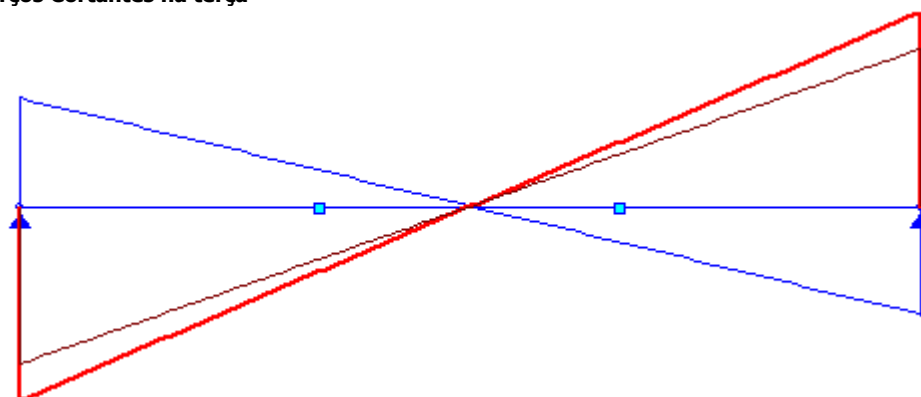


Valores máximos:

Tramo 1	-605.07 kgf.m	Apoio 1	-1.5E-4 kgf.m
		Apoio 2	-1.3E-4 kgf.m

Diagrama de Esforços Cortantes na terça

Combinação 1
Combinação 2
Combinação 3



Valores máximos:

		Apoio 1 Direita	-461.00 kgf
Apoio 2 Esquerda	461.00 kgf		

Diagrama de Deformada

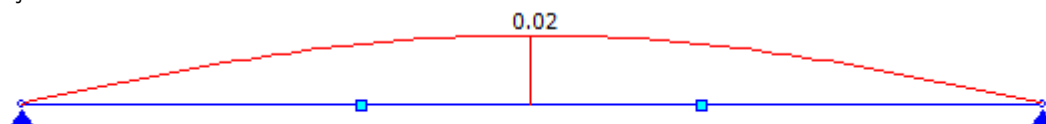
Combinação 1



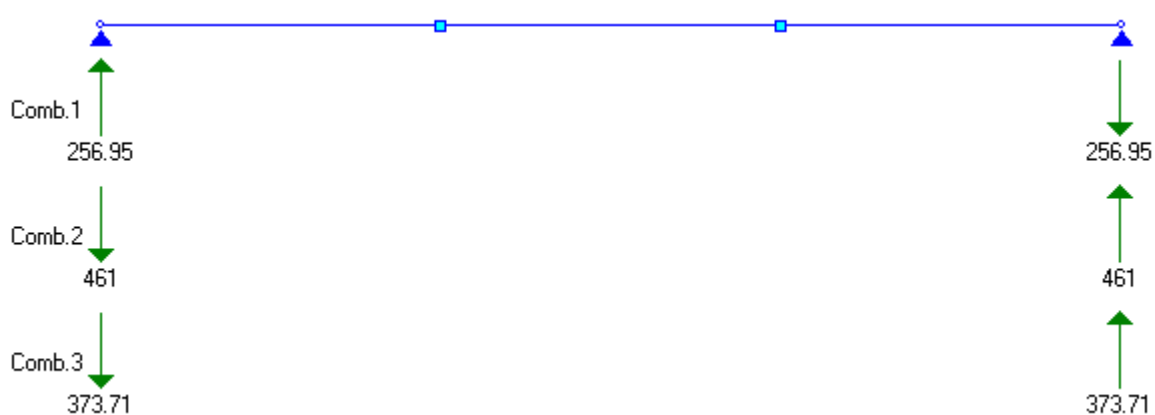
Combinação 2



Combinação 3



Reações de apoio



Valores máximos:

5.DIMENSIONAMENTO

Perfis Adotados:	UENR 150 x 60 x 20 x 2 Flexão: $S_d/R_d=1.02$; Corte: $S_d/R_d=0.05$;
-------------------------	--

4.7.3 – Terça Fechamento/ Oitão

1. DADOS GEOMÉTRICOS

Aplicação:	Fechamento Lateral, tipo 2 água
Perfil:	Tipo U Enrigecido
Sistema:	Terça biapoiada
Características:	Largura: 19.90m; Comprimento: 36.77m; Posição da Cumeeira: 9.95m; Pé direito: 7.20m; Inclinação do Telhado: 12.56%; 1 linhas de correntes; Mesa superior da terça lateralmente contida;
Modulação:	7 módulos(5.25)
Água Esquerda:	3 interterças(1.10;1.10;1.10)
	3 interterças(1.10;1.10;1.10)

2. CARREGAMENTO

Aplicação:	Telha: peso próprio de 6.00 kgf/m ²
Sobrecarga:	25.00 kgf/m ²
Pressão Dinâmica:	51.38 kgf/m ²

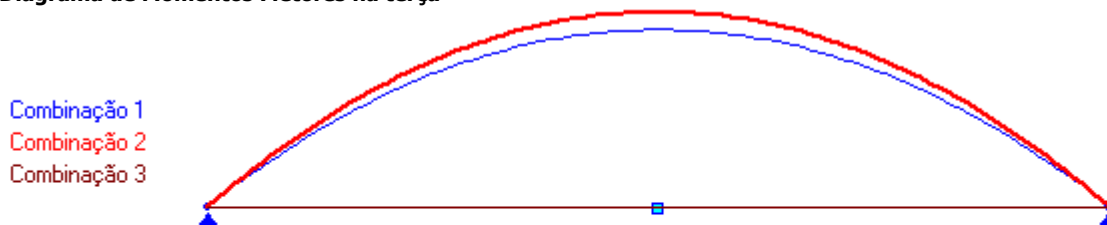
Ações Lineares:	Interterça adotado: 1.10 m
	Ação Perm.: -10.42 kgf/m
	Vento 90°: 39.56 kgf/m
	Vento 0°: 45.21 kgf/m, 0 kgf
	PI/90°: 16.96 kgf/m
	PI/0°: 16.96 kgf/m

3. ANÁLISE

Combinações de Ações:	Combinação 1: $1.35 \cdot \text{Ação Perm.} + 1.40 \cdot \text{Vento } 90^\circ + 1.40 \cdot \text{PI}/90^\circ = 65.06 \text{ kgf/m}$
	Combinação 2: $1.35 \cdot \text{Ação Perm.} + 1.40 \cdot \text{Vento } 0^\circ + 1.40 \cdot \text{PI}/0^\circ = 72.98 \text{ kgf/m}$ $P = 1.40 \cdot \text{Vento } 0^\circ = 0 \text{ kgf}$
	Combinação 3: $1.35 \cdot \text{Ação Perm.} = -14.06 \text{ kgf/m}$

4. RESULTADOS DA ANÁLISE

Diagrama de Momentos Fletores na terça

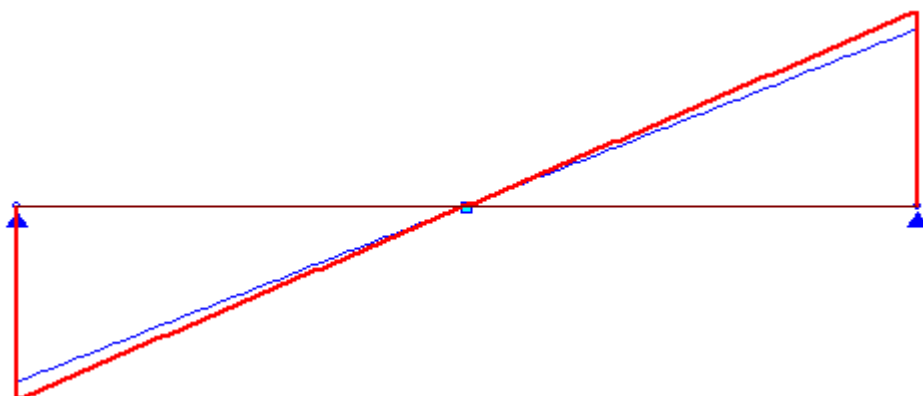


Valores máximos:

Tramo 1	-299.87 kgf.m	Apoio 1	-3.6E-5 kgf.m
		Apoio 2	-5.6E-5 kgf.m

Diagrama de Esforços Cortantes na terça

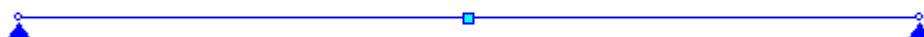
Combinação 1
Combinação 2
Combinação 3



Valores máximos:

		Apoio 1 Direita	-228.47 kgf
Apoio 2 Esquerda	228.47 kgf		

Diagrama de Esforços Normais na terça



Valores máximos:

Primeiro tramo	0 kgf
-----------------------	-------

Diagrama de Deformada

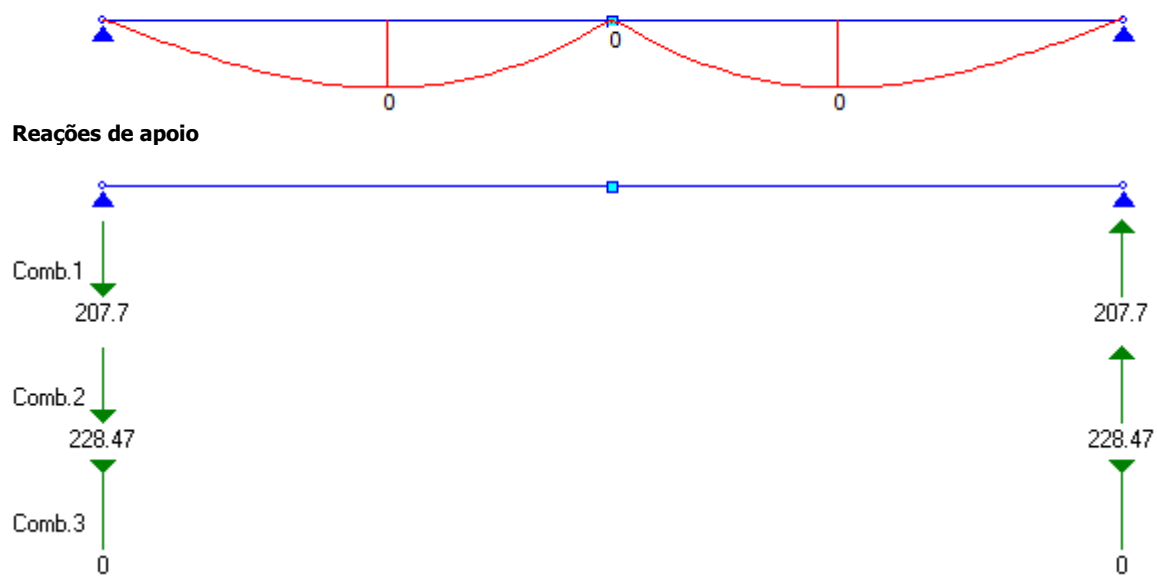
Combinação 1



Combinação 2



Combinação 3



Valores máximos:

5.DIMENSIONAMENTO

Perfis Adotados:

UENR 125 x 50 x 17 x 2
 Flexão: $S_d/R_d=0.93$; Corte: $S_d/R_d=0.08$;

4.8 – Resumo Dimensionamento

- Dimensionamento Banzo Superior (Mais Solicitado):
CARTOLA 110x75x25 #3.00mm
- Dimensionamento Banzo Inferior (Mais Solicitado)
CARTOLA 110x75x25 #3.00mm
- Dimensionamento Diagonais e Montantes (Mais solicitado)
U SIMP 100x50 #2.00mm
- Dimensionamento Tirantes
FERRO REDONDO Ø1/2"
- Dimensionamento Pilar
CX. U ENR 360x100x25 #3.35mm (AÇO CIVIL 300/ SAC300 – $f_y=300$ MPA)
- Dimensionamento Placa de Base
CHAPA CORTADA 550x400 #1"
- Terça Cobertura
U ENR 150x60x20 #2.00mm
Nº. de correntes: 2 Linhas
- Terça Fechamento
U ENR 127x50x17 #2.0mm
Nº. de correntes: 1 Linha
- Terça Oitão
U ENR 127x50x17 #2.0mm
Nº. de correntes: 1 Linha

5.0 - Combinações e Reações Nodais

Unidades:	kgf	m	rad*1000
-----------	-----	---	----------

REAÇÕES NODAIS - Eixos Globais(não ponderadas)

Combinação 1: A.P.+Sobrecarga+pp						
Nó	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
1	1	6	456	-3	11	0
2	33	-6	2128	7	239	0
3	35	0	2217	0	255	0
4	35	0	2217	0	255	0
5	35	0	2217	0	255	0
6	35	0	2217	0	255	0
7	33	6	2128	-7	239	0
8	1	-6	456	3	11	0
9	0	0	713	0	2	0
10	0	0	713	0	2	0
11	0	0	699	0	1	0
12	0	0	699	0	1	0
13	0	0	699	0	-1	0
14	0	0	699	0	-1	0
15	0	0	716	0	-2	0
16	0	0	716	0	-2	0
17	-1	6	466	-3	-11	0
18	-33	-6	2151	7	-239	0
19	-35	0	2240	0	-255	0
20	-35	0	2240	0	-255	0
21	-35	0	2240	0	-255	0
22	-35	0	2240	0	-255	0
23	-33	6	2151	-7	-239	0
24	-1	-6	466	3	-11	0

Combinação 2: A.P.+V 90+pp						
Nó	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
1	655	256	463	-180	2565	0
2	1004	212	-1304	-57	2929	0
3	1234	0	-1060	0	4589	0
4	1234	0	-1060	0	4589	0
5	1234	0	-1060	0	4589	0
6	1234	0	-1060	0	4589	0
7	1004	-212	-1304	57	2928	0

8	655	-256	463	180	2565	0
9	105	904	121	-3255	755	0
10	105	-904	121	3255	755	0
11	105	904	45	-3255	756	0
12	105	-904	45	3255	756	0
13	105	1674	-294	-6025	757	0
14	105	-1674	-294	6025	757	0
15	105	1674	-416	-6025	759	0
16	105	-902	-416	3248	759	0
17	840	472	487	-332	2847	0
18	1431	394	-2522	-106	3902	0
19	1665	0	-2116	0	5591	0
20	1665	0	-2116	0	5591	0
21	1665	0	-2116	0	5591	0
22	1665	0	-2116	0	5591	0
23	1431	-394	-2522	106	3901	0
24	840	-472	487	332	2848	0

Combinação 3: A.P.+V 270+pp						
Nó	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
1	-840	472	477	-332	-2847	0
2	-1431	394	-2545	-106	-3902	0
3	-1665	0	-2139	0	-5591	0
4	-1665	0	-2139	0	-5591	0
5	-1665	0	-2139	0	-5591	0
6	-1665	0	-2139	0	-5591	0
7	-1431	-394	-2545	106	-3901	0
8	-840	-472	477	332	-2848	0
9	-105	1674	-419	-6025	-759	0
10	-105	-1674	-419	6025	-759	0
11	-105	1674	-293	-6025	-757	0
12	-105	-1674	-293	6025	-757	0
13	-105	904	45	-3255	-756	0
14	-105	-904	45	3255	-756	0
15	-105	904	123	-3255	-755	0
16	-105	-1670	123	6012	-755	0
17	-655	256	473	-180	-2565	0
18	-1004	212	-1281	-57	-2929	0
19	-1234	0	-1037	0	-4589	0
20	-1234	0	-1037	0	-4589	0
21	-1234	0	-1037	0	-4589	0
22	-1234	0	-1037	0	-4589	0
23	-1004	-212	-1281	57	-2928	0
24	-655	-256	473	180	-2565	0

Combinação 4: A.P.+V 0+pp						
Nó	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz

1	655	-389	-431	270	1056	0
2	1206	-308	-1431	74	1373	0
3	810	0	-1082	0	1055	0
4	667	0	-810	0	873	0
5	380	0	68	0	541	0
6	380	0	68	0	541	0
7	414	-147	-84	38	784	0
8	172	-182	399	127	140	0
9	7	-1347	-163	4848	52	0
10	-7	-635	224	2285	-50	0
11	7	-1347	-148	4848	51	0
12	-7	-635	233	2285	-50	0
13	7	-1347	-151	4848	49	0
14	-7	-635	234	2285	-50	0
15	7	-1347	-164	4848	48	0
16	-7	-635	229	2285	-50	0
17	-617	-388	-430	270	-788	0
18	-1272	-308	-1397	74	-1841	0
19	-810	0	-1059	0	-1055	0
20	-667	0	-787	0	-873	0
21	-380	0	91	0	-541	0
22	-380	0	91	0	-541	0
23	-348	-147	-72	37	-314	0
24	-209	-182	418	127	-410	0

Combinação 5: A.P.+V 180+pp						
Nó	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
1	172	182	398	-127	141	0
2	414	147	-83	-38	783	0
3	380	0	68	0	541	0
4	380	0	68	0	541	0
5	693	0	664	0	1061	0
6	810	0	-1082	0	1055	0
7	1206	308	-1430	-74	1372	0
8	655	389	-431	-270	1057	0
9	-7	635	223	-2285	-50	0
10	7	1347	-164	-4848	52	0
11	-7	635	232	-2285	-50	0
12	7	1347	-149	-4848	51	0
13	-7	635	235	-2285	-50	0
14	7	1347	-151	-4848	49	0
15	-7	635	229	-2285	-50	0
16	7	1347	-164	-4848	48	0
17	-209	182	417	-127	-409	0
18	-348	147	-71	-37	-315	0
19	-380	0	91	0	-541	0
20	-380	0	91	0	-541	0
21	-693	0	687	0	-1061	0

22	-810	0	-1059	0	-1055	0
23	-1272	308	-1396	-74	-1843	0
24	-617	388	-431	-270	-787	0

Combinação 6: A.P.+V 90+PI V 90+pp						
Nó	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
1	417	94	410	-66	2222	0
2	543	75	-112	-20	2354	0
3	774	0	-7	0	4022	0
4	774	0	-7	0	4022	0
5	774	0	-7	0	4022	0
6	774	0	-7	0	4022	0
7	543	-75	-112	20	2354	0
8	417	-94	410	66	2222	0
9	105	327	343	-1177	755	0
10	105	-327	343	1177	755	0
11	105	327	264	-1177	756	0
12	105	-327	264	1177	756	0
13	105	1097	-75	-3947	757	0
14	105	-1097	-75	3947	757	0
15	105	1097	-194	-3947	759	0
16	105	-325	-194	1170	759	0
17	1078	310	433	-218	3190	0
18	1891	257	-1330	-69	4476	0
19	2125	0	-1063	0	6158	0
20	2125	0	-1063	0	6158	0
21	2125	0	-1063	0	6158	0
22	2125	0	-1063	0	6158	0
23	1891	-257	-1330	69	4476	0
24	1078	-310	434	218	3191	0

Combinação 7: A.P.+V 270+PI V 270+pp						
Nó	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
1	-1078	310	423	-218	-3190	0
2	-1891	257	-1353	-69	-4476	0
3	-2125	0	-1086	0	-6158	0
4	-2125	0	-1086	0	-6158	0
5	-2125	0	-1086	0	-6158	0
6	-2125	0	-1086	0	-6158	0
7	-1891	-257	-1353	69	-4476	0
8	-1078	-310	423	218	-3191	0
9	-105	1097	-197	-3947	-759	0
10	-105	-1097	-197	3947	-759	0
11	-105	1097	-74	-3947	-757	0
12	-105	-1097	-74	3947	-757	0
13	-105	327	264	-1177	-756	0
14	-105	-327	264	1177	-756	0

15	-105	327	345	-1177	-755	0
16	-105	-1093	345	3934	-755	0
17	-417	94	420	-66	-2222	0
18	-543	75	-89	-19	-2354	0
19	-774	0	16	0	-4022	0
20	-774	0	16	0	-4022	0
21	-774	0	16	0	-4022	0
22	-774	0	16	0	-4022	0
23	-543	-75	-89	19	-2354	0
24	-417	-94	420	66	-2222	0

Combinação 8: A.P.+V 0+PI V 0+pp						
Nó	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
1	417	-550	-485	384	713	0
2	746	-445	-239	112	798	0
3	350	0	-29	0	488	0
4	208	0	243	0	306	0
5	-80	0	1121	0	-26	0
6	-80	0	1121	0	-26	0
7	-47	-10	1108	0	209	0
8	-66	-20	345	13	-203	0
9	7	-1924	59	6925	52	0
10	-7	-58	446	208	-50	0
11	7	-1924	71	6925	51	0
12	-7	-58	452	208	-50	0
13	7	-1924	68	6925	49	0
14	-7	-58	454	208	-50	0
15	7	-1924	58	6925	48	0
16	-7	-58	451	208	-50	0
17	-379	-550	-484	384	-445	0
18	-811	-445	-205	112	-1267	0
19	-350	0	-6	0	-488	0
20	-208	0	266	0	-306	0
21	80	0	1144	0	26	0
22	80	0	1144	0	26	0
23	112	-10	1120	0	261	0
24	29	-20	365	13	-67	0

Combinação 9: A.P.+V 180+PI V 180+pp						
Nó	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
1	-66	20	344	-13	-202	0
2	-47	10	1109	0	208	0
3	-80	0	1121	0	-26	0
4	-80	0	1121	0	-26	0
5	234	0	1717	0	494	0
6	350	0	-29	0	488	0
7	746	445	-238	-112	797	0

8	417	550	-485	-384	714	0
9	-7	58	445	-208	-50	0
10	7	1924	58	-6925	52	0
11	-7	58	452	-208	-50	0
12	7	1924	70	-6925	51	0
13	-7	58	454	-208	-50	0
14	7	1924	69	-6925	49	0
15	-7	58	451	-208	-50	0
16	7	1924	58	-6925	48	0
17	29	20	364	-13	-66	0
18	112	10	1121	0	260	0
19	80	0	1144	0	26	0
20	80	0	1144	0	26	0
21	-234	0	1740	0	-494	0
22	-350	0	-6	0	-488	0
23	-811	445	-204	-112	-1268	0
24	-379	550	-485	-384	-444	0

Combinação 10: A.P.+V 90+pp						
Nó	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
1	655	256	463	-180	2565	0
2	1004	212	-1304	-57	2929	0
3	1234	0	-1060	0	4589	0
4	1234	0	-1060	0	4589	0
5	1234	0	-1060	0	4589	0
6	1234	0	-1060	0	4589	0
7	1004	-212	-1304	57	2928	0
8	655	-256	463	180	2565	0
9	105	904	121	-3255	755	0
10	105	-904	121	3255	755	0
11	105	904	45	-3255	756	0
12	105	-904	45	3255	756	0
13	105	1674	-294	-6025	757	0
14	105	-1674	-294	6025	757	0
15	105	1674	-416	-6025	759	0
16	105	-902	-416	3248	759	0
17	840	472	487	-332	2847	0
18	1431	394	-2522	-106	3902	0
19	1665	0	-2116	0	5591	0
20	1665	0	-2116	0	5591	0
21	1665	0	-2116	0	5591	0
22	1665	0	-2116	0	5591	0
23	1431	-394	-2522	106	3901	0
24	840	-472	487	332	2848	0

Combinação 11: A.P.+V 270+pp						
Nó	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz

1	-840	472	477	-332	-2847	0
2	-1431	394	-2545	-106	-3902	0
3	-1665	0	-2139	0	-5591	0
4	-1665	0	-2139	0	-5591	0
5	-1665	0	-2139	0	-5591	0
6	-1665	0	-2139	0	-5591	0
7	-1431	-394	-2545	106	-3901	0
8	-840	-472	477	332	-2848	0
9	-105	1674	-419	-6025	-759	0
10	-105	-1674	-419	6025	-759	0
11	-105	1674	-293	-6025	-757	0
12	-105	-1674	-293	6025	-757	0
13	-105	904	45	-3255	-756	0
14	-105	-904	45	3255	-756	0
15	-105	904	123	-3255	-755	0
16	-105	-1670	123	6012	-755	0
17	-655	256	473	-180	-2565	0
18	-1004	212	-1281	-57	-2929	0
19	-1234	0	-1037	0	-4589	0
20	-1234	0	-1037	0	-4589	0
21	-1234	0	-1037	0	-4589	0
22	-1234	0	-1037	0	-4589	0
23	-1004	-212	-1281	57	-2928	0
24	-655	-256	473	180	-2565	0

Combinação 12: A.P.+V 0+pp						
Nó	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
1	655	-389	-431	270	1056	0
2	1206	-308	-1431	74	1373	0
3	810	0	-1082	0	1055	0
4	667	0	-810	0	873	0
5	380	0	68	0	541	0
6	380	0	68	0	541	0
7	414	-147	-84	38	784	0
8	172	-182	399	127	140	0
9	7	-1347	-163	4848	52	0
10	-7	-635	224	2285	-50	0
11	7	-1347	-148	4848	51	0
12	-7	-635	233	2285	-50	0
13	7	-1347	-151	4848	49	0
14	-7	-635	234	2285	-50	0
15	7	-1347	-164	4848	48	0
16	-7	-635	229	2285	-50	0
17	-617	-388	-430	270	-788	0
18	-1272	-308	-1397	74	-1841	0
19	-810	0	-1059	0	-1055	0
20	-667	0	-787	0	-873	0
21	-380	0	91	0	-541	0

22	-380	0	91	0	-541	0
23	-348	-147	-72	37	-314	0
24	-209	-182	418	127	-410	0

Combinação 13: A.P.+V 180+pp						
Nó	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
1	172	182	398	-127	141	0
2	414	147	-83	-38	783	0
3	380	0	68	0	541	0
4	380	0	68	0	541	0
5	693	0	664	0	1061	0
6	810	0	-1082	0	1055	0
7	1206	308	-1430	-74	1372	0
8	655	389	-431	-270	1057	0
9	-7	635	223	-2285	-50	0
10	7	1347	-164	-4848	52	0
11	-7	635	232	-2285	-50	0
12	7	1347	-149	-4848	51	0
13	-7	635	235	-2285	-50	0
14	7	1347	-151	-4848	49	0
15	-7	635	229	-2285	-50	0
16	7	1347	-164	-4848	48	0
17	-209	182	417	-127	-409	0
18	-348	147	-71	-37	-315	0
19	-380	0	91	0	-541	0
20	-380	0	91	0	-541	0
21	-693	0	687	0	-1061	0
22	-810	0	-1059	0	-1055	0
23	-1272	308	-1396	-74	-1843	0
24	-617	388	-431	-270	-787	0

Combinação 14: A.P.+V 90+PI V 90+pp						
Nó	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
1	417	94	410	-66	2222	0
2	543	75	-112	-20	2354	0
3	774	0	-7	0	4022	0
4	774	0	-7	0	4022	0
5	774	0	-7	0	4022	0
6	774	0	-7	0	4022	0
7	543	-75	-112	20	2354	0
8	417	-94	410	66	2222	0
9	105	327	343	-1177	755	0
10	105	-327	343	1177	755	0
11	105	327	264	-1177	756	0
12	105	-327	264	1177	756	0
13	105	1097	-75	-3947	757	0
14	105	-1097	-75	3947	757	0

15	105	1097	-194	-3947	759	0
16	105	-325	-194	1170	759	0
17	1078	310	433	-218	3190	0
18	1891	257	-1330	-69	4476	0
19	2125	0	-1063	0	6158	0
20	2125	0	-1063	0	6158	0
21	2125	0	-1063	0	6158	0
22	2125	0	-1063	0	6158	0
23	1891	-257	-1330	69	4476	0
24	1078	-310	434	218	3191	0

Combinação 15: A.P.+V 270+PI V 270+pp						
Nó	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
1	-1078	310	423	-218	-3190	0
2	-1891	257	-1353	-69	-4476	0
3	-2125	0	-1086	0	-6158	0
4	-2125	0	-1086	0	-6158	0
5	-2125	0	-1086	0	-6158	0
6	-2125	0	-1086	0	-6158	0
7	-1891	-257	-1353	69	-4476	0
8	-1078	-310	423	218	-3191	0
9	-105	1097	-197	-3947	-759	0
10	-105	-1097	-197	3947	-759	0
11	-105	1097	-74	-3947	-757	0
12	-105	-1097	-74	3947	-757	0
13	-105	327	264	-1177	-756	0
14	-105	-327	264	1177	-756	0
15	-105	327	345	-1177	-755	0
16	-105	-1093	345	3934	-755	0
17	-417	94	420	-66	-2222	0
18	-543	75	-89	-19	-2354	0
19	-774	0	16	0	-4022	0
20	-774	0	16	0	-4022	0
21	-774	0	16	0	-4022	0
22	-774	0	16	0	-4022	0
23	-543	-75	-89	19	-2354	0
24	-417	-94	420	66	-2222	0

Combinação 16: A.P.+V 0+PI V 0+pp						
Nó	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
1	417	-550	-485	384	713	0
2	746	-445	-239	112	798	0
3	350	0	-29	0	488	0
4	208	0	243	0	306	0
5	-80	0	1121	0	-26	0
6	-80	0	1121	0	-26	0
7	-47	-10	1108	0	209	0

8	-66	-20	345	13	-203	0
9	7	-1924	59	6925	52	0
10	-7	-58	446	208	-50	0
11	7	-1924	71	6925	51	0
12	-7	-58	452	208	-50	0
13	7	-1924	68	6925	49	0
14	-7	-58	454	208	-50	0
15	7	-1924	58	6925	48	0
16	-7	-58	451	208	-50	0
17	-379	-550	-484	384	-445	0
18	-811	-445	-205	112	-1267	0
19	-350	0	-6	0	-488	0
20	-208	0	266	0	-306	0
21	80	0	1144	0	26	0
22	80	0	1144	0	26	0
23	112	-10	1120	0	261	0
24	29	-20	365	13	-67	0

Combinação 17: A.P.+V 180+PI V 180+pp						
Nó	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
1	-66	20	344	-13	-202	0
2	-47	10	1109	0	208	0
3	-80	0	1121	0	-26	0
4	-80	0	1121	0	-26	0
5	234	0	1717	0	494	0
6	350	0	-29	0	488	0
7	746	445	-238	-112	797	0
8	417	550	-485	-384	714	0
9	-7	58	445	-208	-50	0
10	7	1924	58	-6925	52	0
11	-7	58	452	-208	-50	0
12	7	1924	70	-6925	51	0
13	-7	58	454	-208	-50	0
14	7	1924	69	-6925	49	0
15	-7	58	451	-208	-50	0
16	7	1924	58	-6925	48	0
17	29	20	364	-13	-66	0
18	112	10	1121	0	260	0
19	80	0	1144	0	26	0
20	80	0	1144	0	26	0
21	-234	0	1740	0	-494	0
22	-350	0	-6	0	-488	0
23	-811	445	-204	-112	-1268	0
24	-379	550	-485	-384	-444	0

Combinação 18: A.P.+Sobrecarga+V 90+pp						
Nó	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz

1	656	259	601	-181	2572	0
2	1025	209	-56	-53	3086	0
3	1257	0	247	0	4756	0
4	1257	0	247	0	4756	0
5	1257	0	247	0	4756	0
6	1257	0	247	0	4756	0
7	1025	-209	-56	53	3086	0
8	656	-259	601	181	2572	0
9	105	904	415	-3255	756	0
10	105	-904	415	3255	757	0
11	105	904	324	-3255	756	0
12	105	-904	324	3255	757	0
13	105	1674	-14	-6025	757	0
14	105	-1674	-14	6025	757	0
15	105	1674	-122	-6025	758	0
16	105	-902	-122	3248	758	0
17	839	475	625	-334	2841	0
18	1409	391	-1274	-102	3744	0
19	1642	0	-809	0	5424	0
20	1642	0	-809	0	5424	0
21	1642	0	-809	0	5424	0
22	1642	0	-809	0	5424	0
23	1409	-391	-1274	102	3744	0
24	839	-475	625	334	2841	0

Combinação 19: A.P.+Sobrecarga+V 270+pp						
Nó	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
1	-839	475	615	-334	-2841	0
2	-1409	391	-1297	-102	-3744	0
3	-1642	0	-832	0	-5424	0
4	-1642	0	-832	0	-5424	0
5	-1642	0	-832	0	-5424	0
6	-1642	0	-832	0	-5424	0
7	-1409	-391	-1297	102	-3744	0
8	-839	-475	615	334	-2841	0
9	-105	1674	-124	-6025	-758	0
10	-105	-1674	-124	6025	-758	0
11	-105	1674	-14	-6025	-757	0
12	-105	-1674	-14	6025	-757	0
13	-105	904	324	-3255	-756	0
14	-105	-904	324	3255	-757	0
15	-105	904	418	-3255	-756	0
16	-105	-1670	418	6012	-757	0
17	-656	259	611	-181	-2572	0
18	-1025	209	-33	-53	-3086	0
19	-1257	0	270	0	-4756	0
20	-1257	0	270	0	-4756	0
21	-1257	0	270	0	-4756	0

22	-1257	0	270	0	-4756	0
23	-1025	-209	-33	53	-3086	0
24	-656	-259	611	181	-2572	0

Combinação 20: A.P.+Sobrecarga+V 0+pp

Nó	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
1	656	-385	-293	269	1063	0
2	1228	-312	-183	78	1530	0
3	833	0	225	0	1222	0
4	691	0	497	0	1041	0
5	403	0	1374	0	709	0
6	403	0	1374	0	709	0
7	435	-143	1165	34	941	0
8	173	-185	537	128	147	0
9	7	-1347	131	4848	53	0
10	-7	-635	518	2285	-49	0
11	7	-1347	131	4848	51	0
12	-7	-635	512	2285	-50	0
13	7	-1347	129	4848	49	0
14	-7	-635	514	2285	-51	0
15	6	-1347	131	4848	46	0
16	-7	-635	523	2285	-52	0
17	-618	-385	-292	269	-795	0
18	-1293	-312	-149	78	-1999	0
19	-833	0	248	0	-1222	0
20	-691	0	520	0	-1041	0
21	-403	0	1398	0	-709	0
22	-403	0	1398	0	-709	0
23	-370	-143	1176	34	-471	0
24	-210	-185	556	128	-417	0

Combinação 21: A.P.+Sobrecarga+V 180+pp

Nó	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
1	173	185	536	-128	148	0
2	435	143	1166	-34	940	0
3	403	0	1374	0	709	0
4	403	0	1374	0	709	0
5	717	0	1971	0	1229	0
6	833	0	225	0	1222	0
7	1228	312	-182	-78	1529	0
8	656	385	-293	-269	1064	0
9	-7	635	518	-2285	-49	0
10	7	1347	131	-4848	54	0
11	-7	635	512	-2285	-50	0
12	7	1347	130	-4848	52	0
13	-7	635	514	-2285	-50	0
14	7	1347	129	-4848	49	0

15	-7	635	523	-2285	-51	0
16	6	1347	131	-4848	47	0
17	-210	185	555	-128	-416	0
18	-370	143	1177	-34	-472	0
19	-403	0	1398	0	-709	0
20	-403	0	1398	0	-709	0
21	-717	0	1994	0	-1229	0
22	-833	0	248	0	-1222	0
23	-1294	312	-147	-78	-2000	0
24	-618	385	-293	-269	-794	0

Combinação 22: A.P.+Sobrecarga+V 90+PI V 90+pp						
Nó	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
1	417	97	548	-67	2229	0
2	565	72	1136	-16	2511	0
3	798	0	1300	0	4189	0
4	798	0	1300	0	4189	0
5	798	0	1300	0	4189	0
6	798	0	1300	0	4189	0
7	565	-72	1136	16	2511	0
8	418	-97	548	67	2229	0
9	105	327	637	-1177	756	0
10	105	-327	637	1177	757	0
11	105	327	543	-1177	756	0
12	105	-327	543	1177	757	0
13	105	1097	205	-3947	757	0
14	105	-1097	205	3947	757	0
15	105	1097	100	-3947	758	0
16	105	-325	100	1170	758	0
17	1077	314	572	-219	3184	0
18	1870	254	-82	-65	4319	0
19	2102	0	244	0	5991	0
20	2102	0	244	0	5991	0
21	2102	0	244	0	5991	0
22	2102	0	244	0	5991	0
23	1870	-254	-82	65	4319	0
24	1077	-314	572	219	3184	0

Combinação 23: A.P.+Sobrecarga+V 270+PI V 270+pp						
Nó	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
1	-1077	314	561	-219	-3184	0
2	-1870	254	-105	-65	-4319	0
3	-2102	0	221	0	-5991	0
4	-2102	0	221	0	-5991	0
5	-2102	0	221	0	-5991	0
6	-2102	0	221	0	-5991	0
7	-1870	-254	-105	65	-4319	0

8	-1077	-314	561	219	-3184	0
9	-105	1097	98	-3947	-758	0
10	-105	-1097	98	3947	-758	0
11	-105	1097	205	-3947	-757	0
12	-105	-1097	205	3947	-757	0
13	-105	327	543	-1177	-756	0
14	-105	-327	543	1177	-757	0
15	-105	327	640	-1177	-756	0
16	-105	-1093	640	3934	-757	0
17	-417	97	558	-67	-2229	0
18	-565	72	1159	-15	-2511	0
19	-798	0	1323	0	-4189	0
20	-798	0	1323	0	-4189	0
21	-798	0	1323	0	-4189	0
22	-798	0	1323	0	-4189	0
23	-565	-72	1159	15	-2511	0
24	-418	-97	558	67	-2229	0

Combinação 24: A.P.+Sobrecarga+V 0+PI V 0+pp						
Nó	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
1	417	-547	-347	383	720	0
2	768	-449	1009	116	956	0
3	374	0	1278	0	655	0
4	231	0	1550	0	474	0
5	-57	0	2427	0	142	0
6	-57	0	2427	0	142	0
7	-25	-7	2357	-4	366	0
8	-65	-23	483	14	-196	0
9	7	-1924	353	6925	54	0
10	-7	-58	740	208	-49	0
11	7	-1924	350	6925	51	0
12	-7	-58	731	208	-50	0
13	7	-1924	348	6925	49	0
14	-7	-58	733	208	-51	0
15	6	-1924	353	6925	46	0
16	-7	-58	745	208	-52	0
17	-380	-547	-346	383	-452	0
18	-833	-449	1043	116	-1424	0
19	-374	0	1301	0	-655	0
20	-231	0	1573	0	-474	0
21	57	0	2450	0	-142	0
22	57	0	2450	0	-142	0
23	91	-7	2368	-4	104	0
24	28	-23	503	14	-74	0

Combinação 25: A.P.+Sobrecarga+V 180+PI V 180+pp						
Nó	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz

1	-65	23	482	-14	-195	0
2	-25	7	2358	4	366	0
3	-57	0	2427	0	142	0
4	-57	0	2427	0	142	0
5	257	0	3024	0	662	0
6	374	0	1278	0	655	0
7	767	449	1010	-116	955	0
8	418	547	-347	-383	721	0
9	-7	58	740	-208	-49	0
10	7	1924	353	-6925	54	0
11	-7	58	731	-208	-50	0
12	7	1924	350	-6925	52	0
13	-7	58	733	-208	-50	0
14	7	1924	348	-6925	49	0
15	-7	58	745	-208	-51	0
16	6	1924	353	-6925	47	0
17	28	23	502	-14	-73	0
18	90	7	2369	4	103	0
19	57	0	2450	0	-142	0
20	57	0	2450	0	-142	0
21	-257	0	3047	0	-662	0
22	-374	0	1301	0	-655	0
23	-833	449	1045	-116	-1425	0
24	-380	547	-347	-383	-451	0

Reações Máximas						
Nó	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
1	656	475	615	384	2572	0
2	1228	394	2358	116	3086	0
3	1257	0	2427	0	4756	0
4	1257	0	2427	0	4756	0
5	1257	0	3024	0	4756	0
6	1257	0	2427	0	4756	0
7	1228	449	2357	106	3086	0
8	656	550	615	334	2572	0
9	105	1674	740	6925	756	0
10	105	1924	740	6025	757	0
11	105	1674	731	6925	756	0
12	105	1924	731	6025	757	0
13	105	1674	733	6925	757	0
14	105	1924	733	6025	757	0
15	105	1674	745	6925	759	0
16	105	1924	745	6012	759	0
17	1078	475	625	384	3190	0
18	1891	394	2369	116	4476	0
19	2125	0	2450	0	6158	0
20	2125	0	2450	0	6158	0
21	2125	0	3047	0	6158	0

22	2125	0	2450	0	6158	0
----	------	---	------	---	------	---

Reações Mínimas						
Nó	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
1	-1078	-550	-485	-334	-3190	0
2	-1891	-449	-2545	-106	-4476	0
3	-2125	0	-2139	0	-6158	0
4	-2125	0	-2139	0	-6158	0
5	-2125	0	-2139	0	-6158	0
6	-2125	0	-2139	0	-6158	0
7	-1891	-394	-2545	-116	-4476	0
8	-1078	-475	-485	-384	-3191	0
9	-105	-1924	-419	-6025	-759	0
10	-105	-1674	-419	-6925	-759	0
11	-105	-1924	-293	-6025	-757	0
12	-105	-1674	-293	-6925	-757	0
13	-105	-1924	-294	-6025	-756	0
14	-105	-1674	-294	-6925	-757	0
15	-105	-1924	-416	-6025	-756	0
16	-105	-1670	-416	-6925	-757	0
17	-656	-550	-484	-334	-2572	0
18	-1293	-449	-2522	-106	-3086	0
19	-1257	0	-2116	0	-4756	0
20	-1257	0	-2116	0	-4756	0
21	-1257	0	-2116	0	-4756	0
22	-1257	0	-2116	0	-4756	0