

# ST\_Terças

## Memória de cálculo

### X Y Z Engenharia de Estruturas

<b>Cliente:</b>	Site da ST_
<b>Obra:</b>	Apresentacao
<b>Trabalho:</b>	Terça de Cobertura
<b>Responsável:</b>	P.R.

### 1. DADOS GEOMÉTRICOS

<b>Aplicação:</b>	Cobertura, tipo 1 água
<b>Perfil:</b>	Tipo Z de abas inclinadas
<b>Sistema:</b>	Terça com transpasse
<b>Características:</b>	Largura: 18.00m; Comprimento: 49.00m; Pé direito: 6.00m; Inclinação do Telhado: 3.00%; 3 linhas de correntes;
<b>Modulação:</b>	7 módulos(700.00;700.00;700.00;700.00;700.00;700.00;700.00)
<b>Água:</b>	10 interterças(1.80;1.80;1.80;1.80;1.80;1.80;1.80;1.80;1.80;1.80)

### 2. CARREGAMENTO

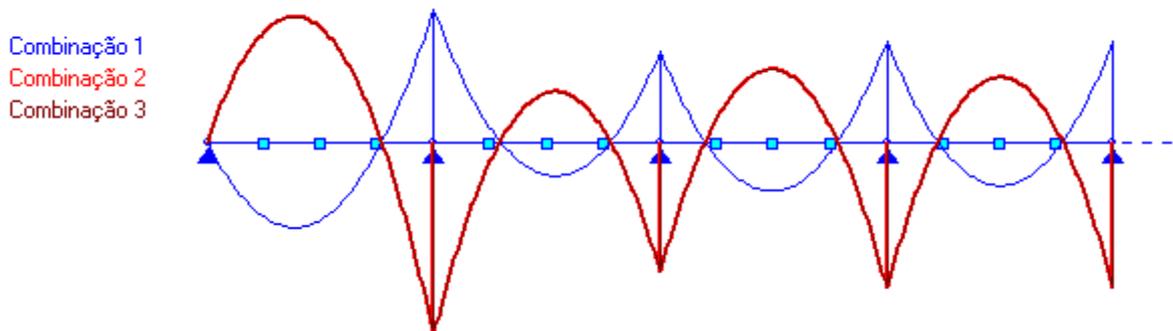
<b>Aplicação:</b>	Telha: peso próprio de 5.00 kgf/m2
<b>Sobrecarga:</b>	25.00 kgf/m2
<b>Pressão Dinâmica:</b>	42.00 kgf/m2
<b>Ações Lineares:</b>	Interterça adotado: 180.00 cm
	Ação Perm.: -0.13 kgf/cm
	Utilidades: 0 kgf/cm
	Sobrecarga: -0.45 kgf/cm
	Vento 90°: 0.76 kgf/cm
	Vento 0°: 0.76 kgf/cm
	PI/90°: 0.23 kgf/cm
	PI/0°: 0.23 kgf/cm
<b>Coef. aerodinâmicos:</b>	Vento 90° - Coef. forma externo: 0.30 - Coef. pressão interna: 0.30
	Vento 0° - Coef. forma externo: 0.40 - Coef. pressão interna: 0.30

### 3. ANÁLISE

<b>Combinações de Ações:</b>	Combinação 1: $1.35 \cdot \text{Ação Perm.} + 1.35 \cdot \text{Utilidades} + 1.50 \cdot \text{Sobrecarga} = -0.85 \text{ kgf/cm}$
	Combinação 2: $1.00 \cdot \text{Ação Perm.} + 1.40 \cdot \text{Vento } 90^\circ + 1.40 \cdot \text{PI}/90^\circ = 1.24 \text{ kgf/cm}$
	Combinação 3: $1.00 \cdot \text{Ação Perm.} + 1.40 \cdot \text{Vento } 0^\circ + 1.40 \cdot \text{PI}/0^\circ = 1.24 \text{ kgf/cm}$

### 4. RESULTADOS DA ANÁLISE

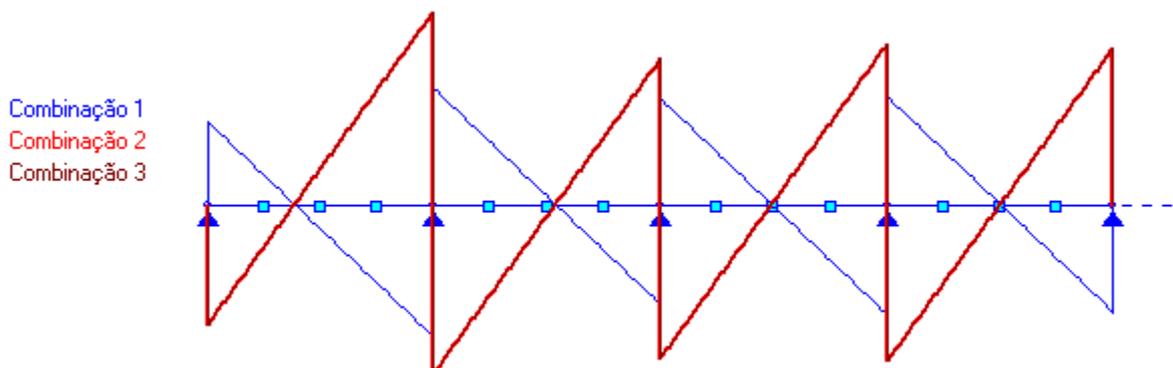
**Diagrama de Momentos Fletores na terça**



**Valores máximos:**

<b>Tramo 1</b>	69744.42 kgf.cm	<b>Apoio 1</b>	1.3E-2 kgf.cm
<b>Tramo 2</b>	69744.41 kgf.cm	<b>Apoio 2</b>	24919.44 kgf.cm
<b>Tramo 3</b>	52929.53 kgf.cm	<b>Apoio 3</b>	27831.60 kgf.cm
<b>Tramo 4</b>	52929.55 kgf.cm	<b>Apoio 4</b>	38494.37 kgf.cm
<b>Tramo 5</b>	52929.53 kgf.cm	<b>Apoio 5</b>	1.5E-2 kgf.cm
<b>Tramo 6</b>	69744.41 kgf.cm		
<b>Tramo 7</b>	69744.42 kgf.cm		

**Diagrama de Esforços Cortantes na terça**

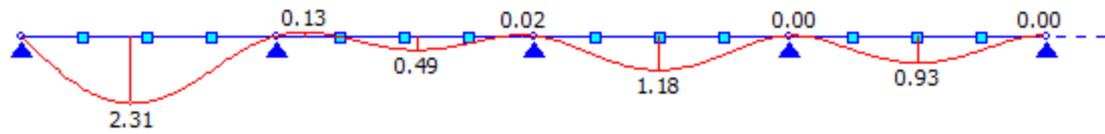


**Valores máximos:**

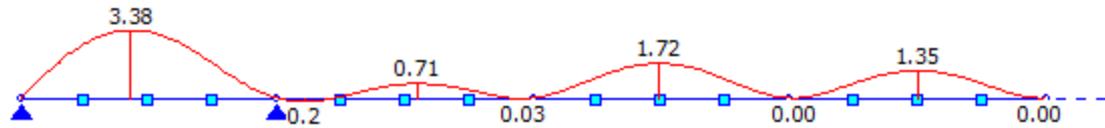
		<b>Apoio 1 Direita</b>	-335.53 kgf
<b>Apoio 2 Esquerda</b>	534.80 kgf	<b>Apoio 2 Direita</b>	-467.32 kgf
<b>Apoio 3 Esquerda</b>	403.00 kgf	<b>Apoio 3 Direita</b>	-427.02 kgf
<b>Apoio 4 Esquerda</b>	443.30 kgf	<b>Apoio 4 Direita</b>	-435.16 kgf
<b>Apoio 5 Esquerda</b>	435.16 kgf	<b>Apoio 5 Direita</b>	-443.30 kgf
<b>Apoio 6 Esquerda</b>	427.02 kgf	<b>Apoio 6 Direita</b>	-403.00 kgf
<b>Apoio 7 Esquerda</b>	467.32 kgf	<b>Apoio 7 Direita</b>	-534.80 kgf
<b>Apoio 8 Esquerda</b>	335.53 kgf		

**Diagrama de Deformada**

Combinação 1



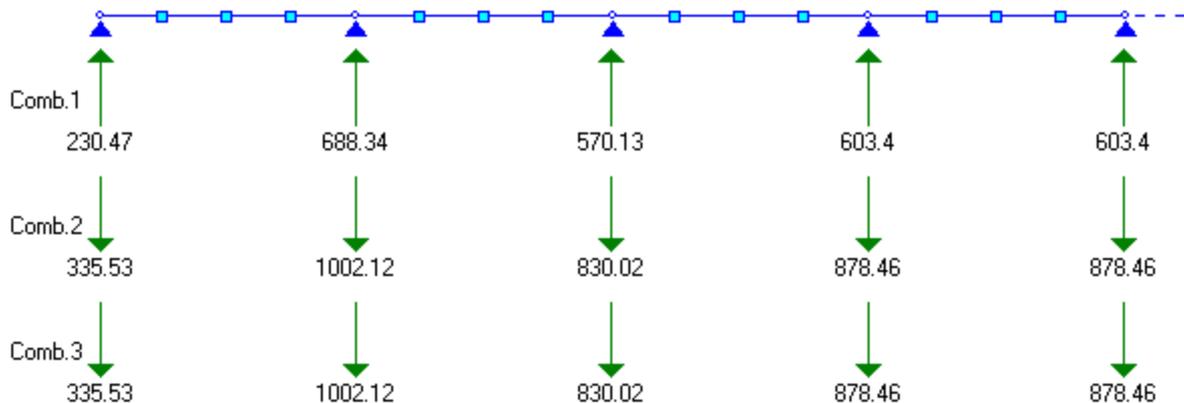
Combinação 2



Combinação 3



**Reações de apoio**



Valores máximos:

## 5.DIMENSIONAMENTO

<b>Perfis Adotados:</b>	Tramos externos:ZSI 150 x 50 x 22 x 2 Flexão: Sd/Rd=0.96; Corte: Sd/Rd=0.09;
	Tramos internos:ZSI 150 x 45 x 17 x 2 Flexão: Sd/Rd=0.79; Corte: Sd/Rd=0.31;

## 6.LISTA DE PERFIS

Quantidade	Descrição	Perfil	Comp. Unitário(mm)
11	Terça1	ZSI 150 x 50 x 22 x 2	7840
11	Terça2	ZSI 150 x 45 x 17 x 2	7840
11	Terça3	ZSI 150 x 45 x 17 x 2	7560
11	Terça4	ZSI 150 x 45 x 17 x 2	7560
11	Terça5	ZSI 150 x 45 x 17 x 2	7560
11	Terça6	ZSI 150 x 45 x 17 x 2	7840
11	Terça7	ZSI 150 x 50 x 22 x 2	7840

## 7.RELAÇÃO DE MATERIAL

<b>Aço empregado:</b>	ASTM A36, $f_y = 250.00$ MPa
<b>ZSI 150 x 50 x 22 x 2</b>	172.48 m, 734.81 kgf
<b>ZSI 150 x 45 x 17 x 2</b>	421.96 m, 1665.16 kgf
<b>Peso total:</b>	2399.97 kgf
<b>Peso unitário:</b>	2.72 kgf/m <sup>2</sup>

### MEMÓRIA DE CÁLCULO: Tramo externo

Conforme NBR 8800:2008 e NBR 14762:2010

#### Perfil Z de abas iguais 45°

Perfil: ZSI 150 x 50 x 22 x 2  
Aço: ASTM A36  $f_y = 250$  MPa  $f_u = 400$  MPa

#### COMPRIMENTOS DA BARRA

$K_x L_x = 700$  cm  $K_t L_t = 175$  cm  
 $K_y L_y = 175$  cm  $L_b = 175$  cm

#### 8.1. Cálculo da Tração

$C_T = 1.00$  Coeficiente de redução da área líquida

$$N_{tRd1} = \frac{A \cdot f_y}{1,10} = 12334.26 \text{ kgf} \quad \text{Resistência de escoamento}$$

$$N_{tRd2} = \frac{C_T \cdot A_n \cdot f_u}{1,65} = 13156.55 \text{ kgf} \quad \text{Resistência à ruptura}$$

$$N_{tRd} = 12334.26 \text{ kgf} \quad \text{Resistência à tração}$$

$$\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{N_{tSd}}{N_{tRd}} = 0.00 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

## 8.2. Cálculo da Resistência à Flexão - eixo X

### 8.2.1. Cálculo do momento resistente devido ao início do escoamento efetivo

$$\begin{aligned} A_{ef} &= 5.43 \text{ cm}^2 && \text{Área efetiva da seção} \\ I_{xef} &= 182.80 \text{ cm}^4 && \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo X} \\ d &= 0.00 \text{ cm} && \text{Rebaixamento total do eixo baricêntrico} \\ y_{G \text{ final}} &= y_G + d = 7.40 \text{ cm} && \text{Posição final do eixo baricêntrico} \\ I_G &= I_{xef} - A_{ef} \cdot d^2 = 182.80 \text{ cm}^4 && \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo baricêntrico} \\ W_{ef} &= \frac{I_G}{y_{G \text{ final}}} = 24.70 \text{ cm}^3 && \text{Módulo elástico efetivo} \\ M_{Rdx}^{FL} &= \frac{W_{ef} \cdot f_y}{1,10} = 56142.90 \text{ kgf.cm} && \text{Resistência de cálculo à flexão para o início do escoamento} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} M_e &= \frac{C_b \cdot r_o \cdot \sqrt{N_{ey} \cdot N_{et}}}{2} = 70194.51 \text{ kgf.cm} && \text{Momento fletor de flambagem lateral com torção} \\ W_c &= 24.70 \text{ cm}^3 && \text{Módulo de resistência elástico da seção bruta em relação à fibra comprimida} \\ \lambda_o &= \sqrt{\frac{W_c \cdot f_y}{M_e}} = 0.94 && 0,6 < \lambda_o < 1,336 \quad \text{então} \quad \chi_{FLT} = 1,11 \cdot (1 - 0,278 \cdot \lambda_o^2) \end{aligned}$$

$$\chi_{FLT} = 0.84 \quad \text{Fator de redução associado à flambagem lateral com torção}$$

$$\text{Cálculo de } W_{cef} \text{ na tensão } \sigma = \chi_{FLT} \cdot f_y = 2096.28 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\begin{aligned} A_{ef} &= 5.43 \text{ cm}^2 && \text{Área efetiva da seção} \\ I_{xef} &= 182.80 \text{ cm}^4 && \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo X} \\ d &= 0.00 \text{ cm} && \text{Rebaixamento total do eixo baricêntrico} \\ y_{G \text{ final}} &= y_G + d = 7.40 \text{ cm} && \text{Posição final do eixo baricêntrico} \\ I_G &= I_{xef} - A_{ef} \cdot d^2 = 182.80 \text{ cm}^4 && \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo baricêntrico} \\ W_{cef} &= \frac{I_G}{y_{G \text{ final}}} = 24.70 \text{ cm}^3 && \text{Módulo elástico efetivo} \\ M_{Rdx}^{FLT} &= \frac{\chi_{FLT} \cdot W_{cef} \cdot f_y}{1,10} = 47076.44 \text{ kgf.cm} && \text{Resistência de cálculo à flexão para o estado limite FLT} \end{aligned}$$

$$M_{Rdx} = 47076.44 \text{ kgf.cm} \quad \text{Resistência de cálculo à flexão em relação ao eixo X}$$

$$\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} = 0.96 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

## 8.3. Cálculo da Resistência ao cortante - eixo Y

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{h}{t} = 25.00 && \text{Parâmetro de esbeltez} \\ k_v &= 5.00 && \text{Coeficiente de flambagem local por cisalhamento} \\ \lambda_p &= 1,08 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}} = 68.31 && \text{Parâmetro de esbeltez limite para plastificação} \end{aligned}$$

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

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

$$V_{Rdy} = 1363,64 \text{ kgf} \quad \text{Resistência ao esforço cortante em relação ao eixo Y}$$

$$\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{V_{ySd}}{V_{yRd}} = 0,09 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

## MEMÓRIA DE CÁLCULO: Tramo interno

Conforme NBR 8800:2008 e NBR 14762:2010

### Perfil Z de abas iguais 45°

Perfil: ZSI 150 x 45 x 17 x 2  
 Aço: ASTM A36  $f_y = 250 \text{ MPa}$   $f_u = 400 \text{ MPa}$

### COMPRIMENTOS DA BARRA

$K_x L_x = 700 \text{ cm}$   $K_t L_t = 175 \text{ cm}$   
 $K_y L_y = 175 \text{ cm}$   $L_b = 175 \text{ cm}$

#### 9.1. Cálculo da Tração

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

$$N_{tRd1} = \frac{A \cdot f_y}{1,10} = 11425,17 \text{ kgf} \quad \text{Resistência de escoamento}$$

$$N_{tRd2} = \frac{C_T \cdot A_n \cdot f_u}{1,65} = 12186,85 \text{ kgf} \quad \text{Resistência à ruptura}$$

$$N_{tRd} = 11425,17 \text{ kgf} \quad \text{Resistência à tração}$$

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

#### 9.2. Cálculo da Resistência à Flexão - eixo X

##### 9.2.1. Cálculo do momento resistente devido ao início do escoamento efetivo

$A_{ef} = 5,03 \text{ cm}^2$  Área efetiva da seção

$I_{xef} = 163,93 \text{ cm}^4$  Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo X

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

$Y_{G \text{ final}} = Y_G + d = 7,40 \text{ cm}$  Posição final do eixo baricêntrico

$I_G = I_{xef} - A_{ef} \cdot d^2 = 163,93 \text{ cm}^4$  Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo baricêntrico

$W_{ef} = \frac{I_G}{Y_{G \text{ final}}} = 22,15 \text{ cm}^3$  Módulo elástico efetivo

$M_{Rdx}^{PL} = \frac{W_{ef} \cdot f_y}{1,10} = 50348,36 \text{ kgf.cm}$  Resistência de cálculo à flexão para o início do escoamento

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

$$M_e = \frac{C_b \cdot r_o \sqrt{N_{ey} \cdot N_{et}}}{2} = 88305.81 \text{ kgf.cm} \quad \text{Momento fletor de flambagem lateral com torção}$$

$$W_c = 22.15 \text{ cm}^3 \quad \text{Módulo de resistência elástico da seção bruta em relação à fibra comprimida}$$

$$\lambda_o = \sqrt{\frac{W_c \cdot f_y}{M_e}} = 0.79 \quad 0,6 < \lambda_o < 1,336 \quad \text{então} \quad \chi_{FLT} = 1,11 \cdot (1 - 0,278 \cdot \lambda_o^2)$$

$$\chi_{FLT} = 0.92 \quad \text{Fator de redução associado à flambagem lateral com torção}$$

$$\text{Cálculo de } \frac{W_{cef}}{\text{na tensão}} \quad \sigma = \chi_{FLT} \cdot f_y = 2291.17 \text{ kgf/cm}^2$$

$$A_{ef} = 5.03 \text{ cm}^2 \quad \text{Área efetiva da seção}$$

$$I_{xef} = 163.93 \text{ cm}^4 \quad \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo X}$$

$$d = 0.00 \text{ cm} \quad \text{Rebaixamento total do eixo baricêntrico}$$

$$y_{G \text{ final}} = y_G + d = 7.40 \text{ cm} \quad \text{Posição final do eixo baricêntrico}$$

$$I_G = I_{xef} - A_{ef} \cdot d^2 = 163.93 \text{ cm}^4 \quad \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo baricêntrico}$$

$$W_{cef} = \frac{I_G}{y_{G \text{ final}}} = 22.15 \text{ cm}^3 \quad \text{Módulo elástico efetivo}$$

$$M_{Rdx}^{FLT} = \frac{\chi_{FLT} \cdot W_{cef} \cdot f_y}{1,10} = 46142.58 \text{ kgf.cm} \quad \text{Resistência de cálculo à flexão para o estado limite FLT}$$

$$M_{Rdx} = 46142.58 \text{ kgf.cm} \quad \text{Resistência de cálculo à flexão em relação ao eixo X}$$

$$\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} = 0.79 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

### 9.3. Cálculo da Resistência ao cortante - eixo Y

$$\lambda = \frac{h}{t} = 22.50 \quad \text{Parâmetro de esbeltez}$$

$$k_v = 5.00 \quad \text{Coeficiente de flambagem local por cisalhamento}$$

$$\lambda_p = 1,08 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}} = 68.31 \quad \text{Parâmetro de esbeltez limite para plastificação}$$

$$\lambda_r = 1,40 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}} = 88.54 \quad \text{Parâmetro de esbeltez limite para para início de escoamento} \quad \lambda \leq \lambda_p \quad \text{então}$$

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

$$V_{Rdy} = 1227.27 \text{ kgf} \quad \text{Resistência ao esforço cortante em relação ao eixo Y}$$

$$\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{V_{ySd}}{V_{yRd}} = 0.30 < 1,00 \quad \text{OK!}$$