

**TRIBUNAL DE CONTAS  
DO ESTADO DE SÃO PAULO**

**PROJETO EXECUTIVO DE REFORMA  
BIBLIOTECA/ MEMORIAL - TCE  
ESTRUTURA**

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	6
2. ELEMENTOS DE REFERÊNCIA.....	6
3. CONSIDERAÇÕES DE CÁLCULO .....	6
4. NORMAS E ESPECIFICAÇÕES .....	7
5. OBJETIVOS .....	7
6. BLOCO DE FUNDAÇÃO DO TOTEM FIXO .....	8
6.1. DIMENSIONAMENTO E ARMAÇÃO.....	8
7. COBERTURA DO PÁTIO.....	9
7.1. PLANTA – ARQUITETURA.....	9
7.2. PLANTA DE ESTRUTURA METÁLICA .....	10
7.3. TESOURA TÍPICA .....	10
7.4. DIMENSIONAMENTO DA TESOURA.....	11
7.5. DIMENSIONAMENTO DA TERÇA .....	13
8. PASSARELA DE ACESSO .....	15
8.1. PLANTA E CORTE – ARQUITETURA .....	15
8.2. PERSPECTIVA 3D – MODELAGEM.....	16
8.3. PROPRIEDADES DO MODELO .....	17
8.4. PERSPECTIVA 3D – RENDERIZADA .....	18
8.5. CARREGAMENTOS .....	19
8.5.1. PESO PRÓPRIO.....	19
8.5.2. ELEMENTOS ADICIONADOS IN LOCO.....	20
8.5.3. SOBRECARGA DE USO E OCUPAÇÃO .....	21
8.6. DIMENSIONAMENTO.....	22
8.6.1. COMBINAÇÕES.....	22
8.6.2. VIGA.....	22
8.6.3. PILAR.....	24
8.6.4. TRAVAMENTO LATERAL DAS VIGAS .....	25
8.6.5. TAXA DE CAPACIDADE.....	26
8.7. REAÇÕES DE APOIO.....	27
8.8. LIGAÇÕES TÍPICAS .....	28
8.8.1. LIGAÇÃO VIGA COM DUPLA TALA DE ALMA.....	28
8.8.2. BASES ENGASTADAS .....	34
8.9. DESLOCAMENTOS.....	40
9. PLATAFORMA ELEVATÓRIA.....	41
9.1. PLANTA E CORTE – ARQUITETURA .....	41
9.2. PERSPECTIVA 3D - MODELAGEM.....	42

9.3.	PROPRIEDADES DO MODELO .....	43
9.4.	PERSPECTIVA 3D – RENDERIZADA .....	43
9.5.	CARREGAMENTOS .....	44
9.5.1.	PESO PRÓPRIO .....	44
9.5.2.	REVESTIMENTO .....	45
9.5.3.	SOBRECARGA DO ELEVADOR.....	46
9.6.	DIMENSIONAMENTO.....	47
9.6.1.	COMBINAÇÕES.....	47
9.6.2.	VIGA PARA GANCHOS.....	47
9.6.3.	PILAR.....	49
9.7.	TAXA DE CAPACIDADE .....	51
9.8.	REAÇÕES DE APOIO.....	52
9.9.	LIGAÇÕES TÍPICAS .....	53
9.9.1.	CHAPA DE BASE .....	53
9.10.	DESLOCAMENTOS.....	55
10.	ÁREA DO MEMORIAL .....	56
10.1.	PLANTA – ARQUITETURA.....	56
10.2.	PERSPECTIVA 3D - MODELAGEM.....	57
10.3.	PROPRIEDADES DO MODELO .....	58
10.4.	PERSPECTIVA 3D – RENDERIZADA .....	58
10.5.	CARREGAMENTOS .....	59
10.5.1.	PESO PRÓPRIO .....	59
10.5.2.	ELEMENTOS ADICIONADOS IN LOCO.....	60
10.5.3.	SOBRECARGA DE USO E OCUPAÇÃO .....	61
10.6.	DIMENSIONAMENTO.....	62
10.6.1.	COMBINAÇÕES.....	62
10.6.2.	VIGAS .....	62
10.6.3.	PILAR.....	64
10.7.	TAXA DE CAPACIDADE .....	65
10.8.	REAÇÕES DE APOIO.....	66
10.9.	LIGAÇÕES TÍPICAS .....	67
10.9.1.	LIGAÇÃO VIGA COM DUPLA TALA DE ALMA.....	67
10.9.2.	BASES ENGASTADAS .....	73
10.10.	DESLOCAMENTOS .....	79
11.	ESCADA DE ACESSO A PASSARELA .....	80
11.1.	PLANTA E CORTE – ARQUITETURA .....	80
11.2.	PERSPECTIVA 3D - MODELAGEM.....	81
11.3.	PROPRIEDADES DO MODELO .....	82
11.4.	PERSPECTIVA 3D – RENDERIZADA .....	83

11.5.	CARREGAMENTOS .....	84
11.5.1.	PESO PRÓPRIO .....	84
11.5.2.	ELEMENTOS ADICIONADOS IN LOCO.....	85
11.5.3.	SOBRECARGA DE USO E OCUPAÇÃO .....	86
11.6.	DIMENSIONAMENTO.....	86
11.6.1.	COMBINAÇÕES.....	86
11.6.2.	VIGA ESCADA.....	87
11.6.3.	PILAR.....	89
11.6.4.	TRAVAMENTO INTERMEDIÁRIO .....	91
11.7.	TAXA DE CAPACIDADE .....	93
11.8.	REAÇÕES DE APOIO.....	94
11.9.	LIGAÇÕES TÍPICAS .....	95
11.9.1.	CHAPA DE BASE .....	95
11.10.	DESLOCAMENTOS .....	97
12.	COBERTURA – ESCADA DE ACESSO AO SUBSOLO.....	98
12.1.	PLANTA E CORTE – ARQUITETURA .....	98
12.2.	PERSPECTIVA 3D - MODELAGEM.....	99
12.3.	PROPRIEDADES DO MODELO .....	100
12.4.	PERSPECTIVA 3D – RENDERIZADA .....	101
12.5.	CARREGAMENTOS .....	102
12.5.1.	PESO PRÓPRIO .....	102
12.5.2.	ELEMENTOS ADICIONADOS IN LOCO.....	103
12.5.3.	SOBRECARGA DE USO E OCUPAÇÃO .....	104
12.6.	DIMENSIONAMENTO.....	105
12.6.1.	COMBINAÇÕES.....	105
12.6.2.	ESFORÇOS SOLICITANTES .....	105
12.6.3.	DIMENSIONAMENTO DA PEÇA .....	106
12.7.	LIGAÇÕES TÍPICAS .....	110
12.7.1.	CHAPA DE BASE .....	110
12.8.	DESLOCAMENTOS.....	112
13.	ESTRUTURA DE REFORÇO DO 1º SUBSOLO .....	113
13.1.	PLANTA – ARQUITETURA.....	113
13.2.	DETERMINAÇÃO DO MOMENTO RESISTENTE.....	114
13.3.	DETERMINAÇÃO DO MOMENTO SOLICITANTE DE DIMENSIONAMENTO... ..	114
13.4.	PEÇA PARA MOMENTO EXCEDENTE.....	115
14.	ARQUIBANCADA.....	117
14.1.	PLANTA – ARQUITETURA.....	117
14.2.	PERSPECTIVA 3D - MODELAGEM.....	118
14.3.	PROPRIEDADES DO MODELO .....	119

14.4.	PERSPECTIVA 3D – RENDERIZADA .....	119
14.5.	CARREGAMENTOS .....	120
14.5.1.	PESO PRÓPRIO .....	120
14.5.2.	ELEMENTOS ADICIONADOS IN LOCO.....	121
14.5.3.	SOBRECARGA DE USO E OCUPAÇÃO .....	121
14.6.	DIMENSIONAMENTO.....	122
14.6.1.	COMBINAÇÕES.....	122
14.6.2.	ESFORÇOS SOLICITANTES .....	122
14.6.3.	DIMENSIONAMENTO DA PEÇA .....	123
14.7.	LIGAÇÕES TÍPICAS .....	126
14.7.1.	CHAPA DE BASE .....	126
14.8.	DESLOCAMENTOS.....	128
15.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	129

## **1. INTRODUÇÃO**

O presente relatório refere-se ao dimensionamento das estruturas: do bloco de fundação para totem fixo, da cobertura do pátio, da passarela, da área do memorial, da plataforma elevatória, da escada de acesso ao passadiço, da cobertura na escada de acesso ao subsolo, do reforço metálico e da arquibancada.

Para o cálculo das estruturas foram seguidas as diretrizes preconizadas pelas normas da ABNT.

## **2. ELEMENTOS DE REFERÊNCIA**

Desenhos de referência fornecidos por CDHU.

## **3. CONSIDERAÇÕES DE CÁLCULO**

O cálculo dos esforços e o dimensionamento nos elementos estruturais metálicos foi desenvolvido com os softwares STRAP (Sistema de Análise Estrutural), com o auxílio dos softwares da STABILE e FTOOL, de acordo com as normas brasileiras atualmente vigentes para estruturas metálicas, a NBR 8800 - Projeto e Execução de estruturas de Aço em Edificações e NBR 14762 - Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio.

A análise dos esforços foi realizada por discretização da estrutura através de elementos de barras, sendo que as mesmas possuem as características dos elementos reais. Sempre que houver discordância entre esta especificação e os desenhos, ou qualquer outro elemento de projeto, prevalecerá o disposto no critério mais conservador.

O cálculo dos esforços e o dimensionamento nos elementos estruturais em concreto armado foi desenvolvido com auxílio de planilha com rotina de

cálculo, de acordo com as normas brasileiras atualmente vigentes para o projeto de estruturas de concreto, a NBR 6118.

#### **4. NORMAS E ESPECIFICAÇÕES**

NBR-8800 - Projeto de Estruturas Metálicas

NBR 6120 - Cargas para o Cálculo de Edificações

NBR 8681 - Ações e Segurança nas Estruturas

NBR 14762 - Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio.

NBR 6118 - Projeto de Estruturas de Concreto.

#### **5. OBJETIVOS**

O objetivo deste relatório é dimensionar a estrutura em questão às necessidades de estabilidade e resistência para o uso destinado.

## 6. BLOCO DE FUNDAÇÃO DO TOTEM FIXO

### 6.1. DIMENSIONAMENTO E ARMAÇÃO

#### Dimensionamento e detalhamento de Blocos rígidos de 4 estacas

Entrada de dados	
Fx (tf)=	0,00
Fy (tf)=	0,00
Fz (tf)=	6,00
Fz + PP (tf)=	15,2 5
Mx (tf.m) =	2,00
My (tf.m) =	0,00
fck (Mpa)=	20,0 0
Quanti Estacas	4
Diâmetro estaca	41
Cob. Estaca. (cm)	45

Dimensões	
A (cm) =	215
a (cm) =	45
B (cm) =	215
b (cm) =	45
lx(cm) =	125
ly(cm) =	125
H (cm) =	80

d' (m) =	0,75
Verific. da Compressão nas bielas	
Junto ao Pilar kg/cm2	14,5 6
Junto a Estaca kg/cm2	6,75

Dimensionamento	
R estaca	3,81
R 1	4,61
R 2	3,01
R 3	3,01
R 4	4,61

#### Armadura Sobre estacas

Tração no aço=	4.45
As Inf calc=	6 kgf 1,01 cm <sup>2</sup>
As Inf min=	10,8 0 cm <sup>2</sup>

As Inferior adotado=	10,8 0 cm <sup>2</sup>
As superior=	4,44 cm <sup>2</sup>

#### Armadura de Suspensão

As=	0,58 cm <sup>2</sup> /Entre estaca
-----	------------------------------------

#### Armadura De pele

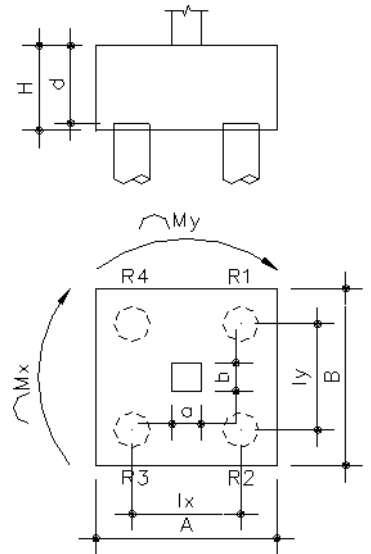
As=	3,28 cm <sup>2</sup> /face
-----	----------------------------

#### Cisalhamento

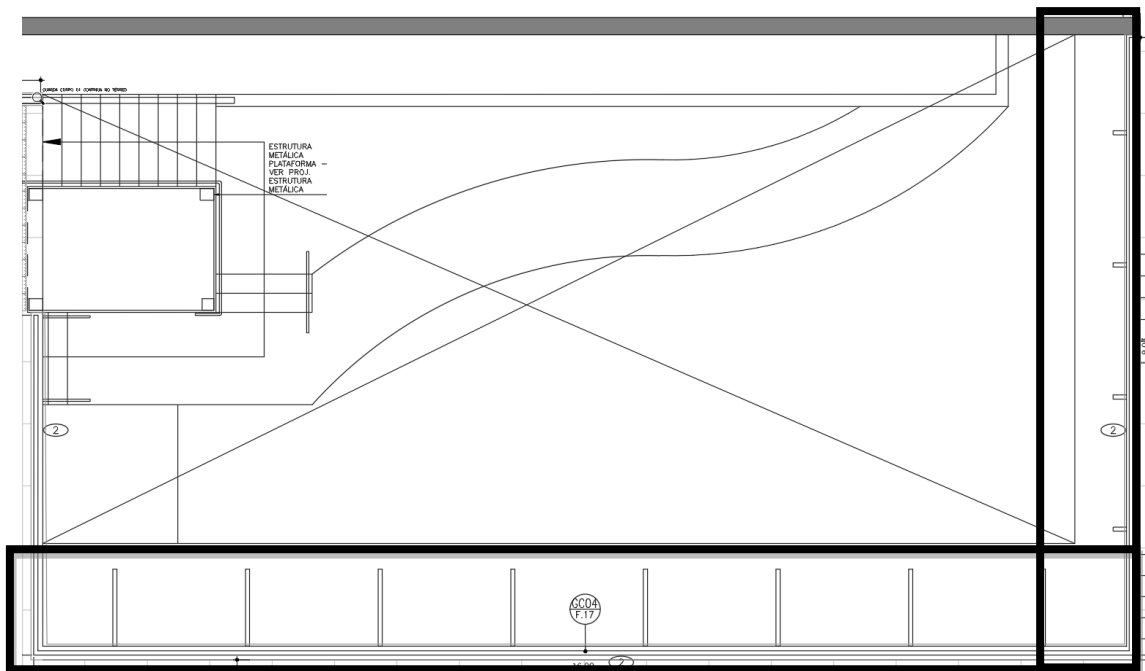
Vcd < Vrd1 = Não precisa armar

Ang. Biela x	45,9 8
Ang. Biela y	45,9 8

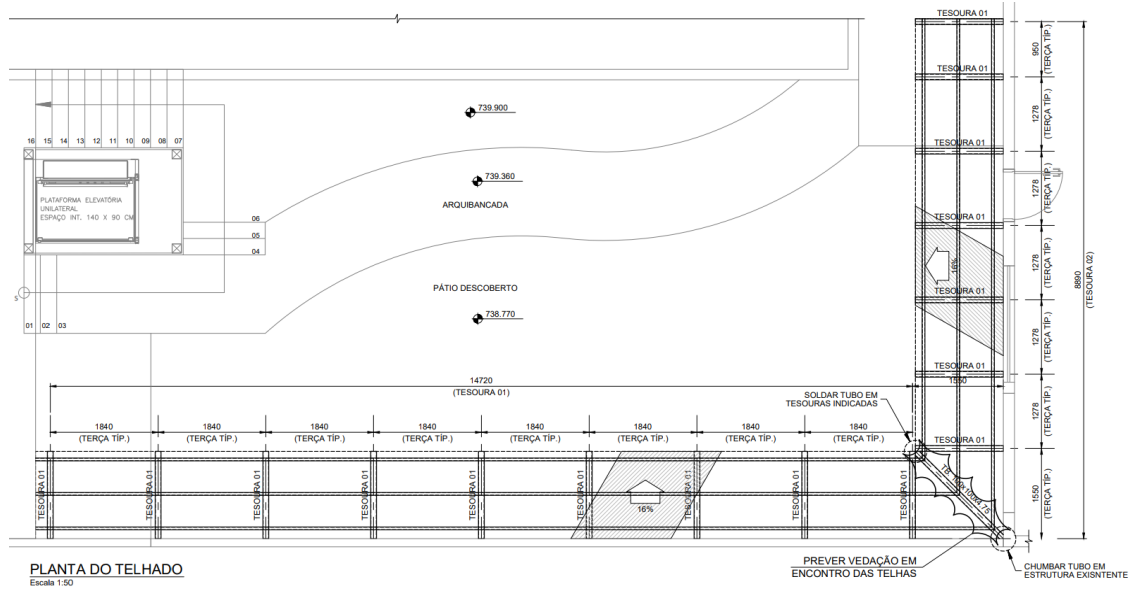
Vol=	3,70 m <sup>3</sup>
PP=	9,25 tf



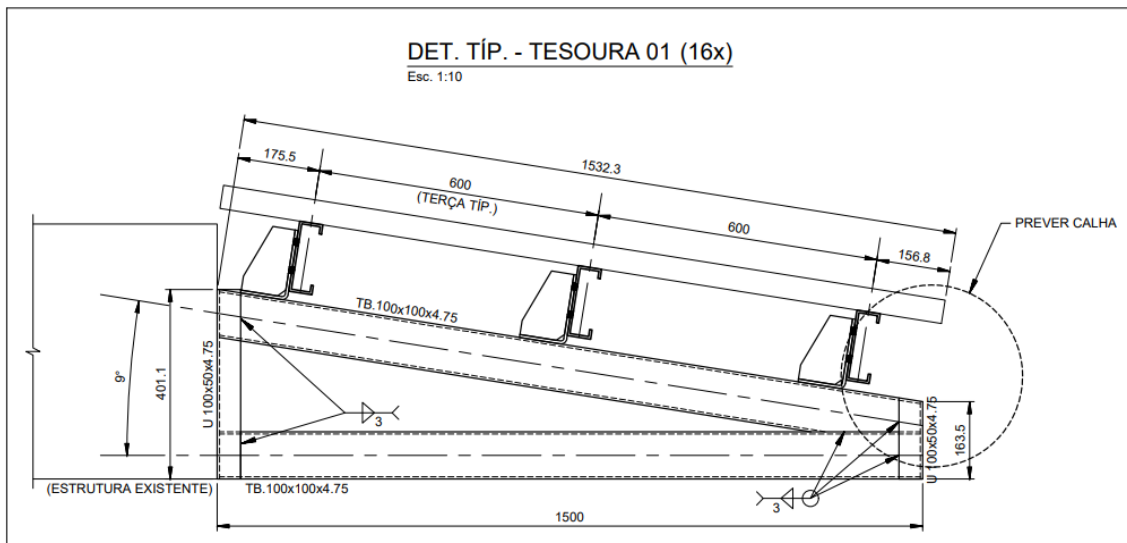
**7. COBERTURA DO PÁTIO**  
**7.1. PLANTA – ARQUITETURA**



## 7.2. PLANTA DE ESTRUTURA METÁLICA



## 7.3. TESOURA TÍPICA



Revestimento: 80 kgf/m<sup>2</sup>  
Vento (sucção): 65 kgf/m<sup>2</sup>

## 7.4. DIMENSIONAMENTO DA TESOURA

### Perfil Box (Formado a frio)

Perfil: BOX 100 x 100 x 4.75  
 Aço: ASTM A36      $f_y = 250 \text{ MPa}$       $f_u = 400 \text{ MPa}$

### COMPRIMENTOS DA BARRA

$K_x L_x = 3 \text{ m}$       $K_t L_t = 3 \text{ m}$   
 $K_y L_y = 3 \text{ m}$       $L_b = 3 \text{ m}$

### Cálculo da Resistência à Flexão - eixo X

#### •Cálculo do momento resistente devido ao início do escoamento efetivo

$$\begin{aligned}
 A_{ef} &= 0,00 \text{ m}^2 && \text{Área efetiva da seção} \\
 I_{xef} &= 0,00 \text{ m}^4 && \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo X} \\
 d &= 0,00 \text{ m} && \text{Rebaixamento total do eixo baricêntrico} \\
 Y_{G \text{ final}} &= Y_G + d = 0,05 \text{ m} && \text{Posição final do eixo baricêntrico} \\
 I_G &= I_{xef} - A_{ef} \cdot d^2 = 0,00 \text{ m}^4 && \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo baricêntrico} \\
 W_{ef} &= \frac{I_G}{Y_{G \text{ final}}} = 0,00 \text{ m}^3 && \text{Módulo elástico efetivo} \\
 M_{Rdx}^{FL} &= \frac{W_{ef} \cdot f_y}{1,10} = 1,15 \text{ tf.m} && \text{Resistência de cálculo à flexão para o início do escoamento}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 M_e &= C_b \cdot \sqrt{N_{ey} \cdot G \cdot I_t} = 41,95 \text{ tf.m} && \text{Momento fletor de flambagem lateral com torção} \\
 W_c &= 0,00 \text{ m}^3 && \text{Módulo de resistência elástico da seção bruta em relação à fibra comprimida} \\
 \lambda_o &= \sqrt{\frac{W_c \cdot f_y}{M_e}} = 0,17 && \lambda_o \leq 0,6 \text{ então } \chi_{FLT} = 1,0
 \end{aligned}$$

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

$$\text{Cálculo de } \frac{W_{cef}}{\text{na tensão}} \quad \sigma = \chi_{FLT} \cdot f_y = 25000,00 \text{ tf/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 A_{ef} &= 0,00 \text{ m}^2 && \text{Área efetiva da seção} \\
 I_{xef} &= 0,00 \text{ m}^4 && \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo X} \\
 d &= 0,00 \text{ m} && \text{Rebaixamento total do eixo baricêntrico} \\
 Y_{G \text{ final}} &= Y_G + d = 0,05 \text{ m} && \text{Posição final do eixo baricêntrico} \\
 I_G &= I_{xef} - A_{ef} \cdot d^2 = 0,00 \text{ m}^4 && \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo baricêntrico} \\
 W_{cef} &= \frac{I_G}{Y_{G \text{ final}}} = 0,00 \text{ m}^3 && \text{Módulo elástico efetivo} \\
 M_{Rdx}^{FLT} &= \frac{\chi_{FLT} \cdot W_{cef} \cdot f_y}{1,10} = 1,15 \text{ tf.m} && \text{Resistência de cálculo à flexão para o estado limite FLT} \\
 M_{Rdx} &= 1,15 \text{ tf.m} && \text{Resistência de cálculo à flexão em relação ao eixo X}
 \end{aligned}$$

$$\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} = 0,88 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

### Cálculo da Resistência ao cortante - eixo Y

$$\lambda = \frac{h}{t} = 17,05 \quad \text{Parâmetro de esbeltez}$$

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

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

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

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

$$V_{Rdy} = 10,49 \text{ tf} \quad \text{Resistência ao esforço cortante em relação ao eixo X}$$

$$\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{V_{ySd}}{V_{yRd}} = 0,10 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

### Equações de Interação

$$\frac{N_{cSd}}{N_{cRd}} + \frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} = 0,88$$

$$\frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} + \frac{N_{tSd}}{N_{tRd}} = 0,88$$

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

## 7.5. DIMENSIONAMENTO DA TERÇA

### Perfil U Enrigecido (Formado a frio)

Perfil: UENR 150 x 50 x 17 x 3  
 Aço: ASTM A36     $f_y = 250 \text{ MPa}$      $f_u = 400 \text{ MPa}$

### COMPRIMENTOS DA BARRA

$K_x L_x = 1,85 \text{ m}$      $K_t L_t = 1,85 \text{ m}$   
 $K_y L_y = 1,85 \text{ m}$      $L_b = 1,85 \text{ m}$

## Cálculo da Resistência à Flexão - eixo X

### •Cálculo do momento resistente devido ao início do escoamento efetivo

$$\begin{aligned}
 A_{ef} &= 0,00 \text{ m}^2 && \text{Área efetiva da seção} \\
 I_{xef} &= 0,00 \text{ m}^4 && \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo X} \\
 d &= 0,00 \text{ m} && \text{Rebaixamento total do eixo baricêntrico} \\
 Y_{G \text{ final}} &= Y_G + d = 0,07 \text{ m} && \text{Posição final do eixo baricêntrico} \\
 I_G &= I_{xef} - A_{ef} \cdot d^2 = 0,00 \text{ m}^4 && \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo baricêntrico} \\
 W_{ef} &= \frac{I_G}{Y_{G \text{ final}}} = 0,00 \text{ m}^3 && \text{Módulo elástico efetivo} \\
 M_{Rdx}^{FL} &= \frac{W_{ef} \cdot f_y}{1,10} = 0,77 \text{ tf.m} && \text{Resistência de cálculo à flexão para o início do escoamento}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 M_e &= C_b \cdot r_o \cdot \sqrt{N_{ey} \cdot N_{et}} = 1,11 \text{ tf.m} && \text{Momento fletor de flambagem lateral com torção} \\
 W_c &= 0,00 \text{ m}^3 && \text{Módulo de resistência elástico da seção bruta em relação à fibra comprimida} \\
 \lambda_o &= \sqrt{\frac{W_c \cdot f_y}{M_e}} = 0,87 && \text{então } \chi_{FLT} = 1,11 \cdot (1 - 0,278 \cdot \lambda_o^2)
 \end{aligned}$$

$$\chi_{FLT} = 0,87 \quad \text{Fator de redução associado à flambagem lateral com torção}$$

$$\text{Cálculo de } W_{cef} \text{ na tensão } \sigma = \chi_{FLT} \cdot f_y = 21868,46 \text{ tf/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 A_{ef} &= 0,00 \text{ m}^2 && \text{Área efetiva da seção} \\
 I_{xef} &= 0,00 \text{ m}^4 && \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo X} \\
 d &= 0,00 \text{ m} && \text{Rebaixamento total do eixo baricêntrico} \\
 Y_{G \text{ final}} &= Y_G + d = 0,07 \text{ m} && \text{Posição final do eixo baricêntrico} \\
 I_G &= I_{xef} - A_{ef} \cdot d^2 = 0,00 \text{ m}^4 && \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo baricêntrico} \\
 W_{cef} &= \frac{I_G}{Y_{G \text{ final}}} = 0,00 \text{ m}^3 && \text{Módulo elástico efetivo} \\
 M_{Rdx}^{FLT} &= \frac{\chi_{FLT} \cdot W_{cef} \cdot f_y}{1,10} = 0,67 \text{ tf.m} && \text{Resistência de cálculo à flexão para o estado limite FLT}
 \end{aligned}$$

$$M_{Rdx} = 0,67 \text{ tf.m} \quad \text{Resistência de cálculo à flexão em relação ao eixo X}$$

$$\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} = 0,12 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

### Cálculo da Resistência ao cortante - eixo Y

$$\lambda = \frac{h}{t} = 46,00 \quad \text{Parâmetro de esbeltez}$$

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

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

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

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

$$V_{Rdy} = 5,65 \text{ tf} \quad \text{Resistência ao esforço cortante em relação ao eixo X}$$

$$\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{V_{ySd}}{V_{yRd}} = 0,03 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

### Equações de Interação

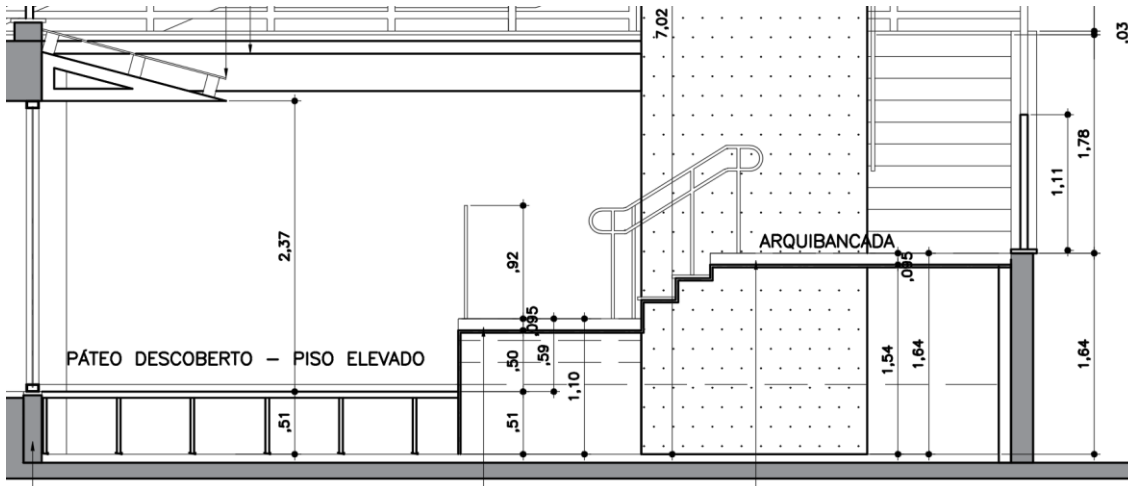
$$\frac{N_{cSd}}{N_{cRd}} + \frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} = 0,12$$

$$\frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} + \frac{N_{tSd}}{N_{tRd}} = 0,12$$

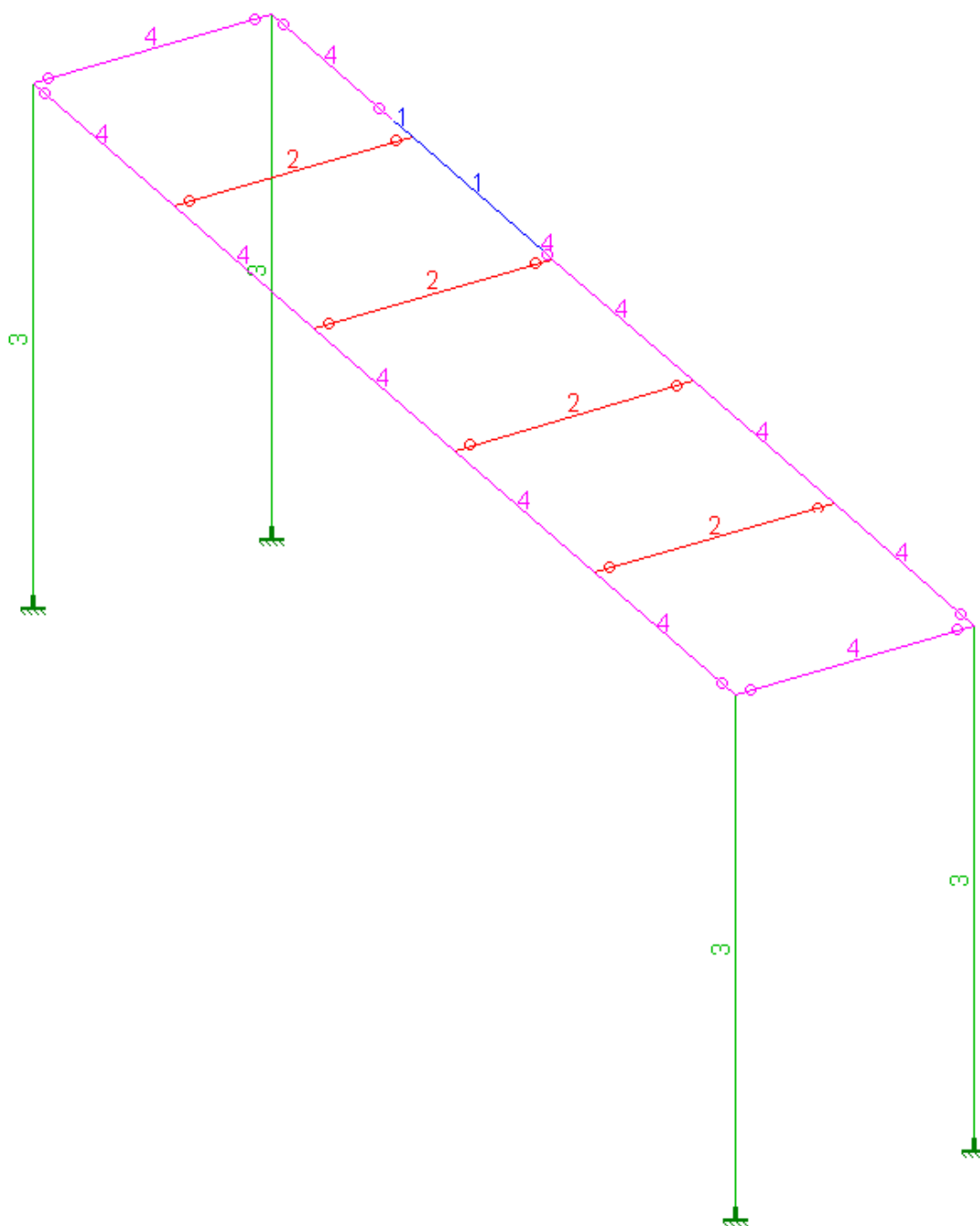
$$\frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} - \frac{N_{tSd}}{N_{tRd}} = 0,12$$

8. PASSARELA DE ACESSO

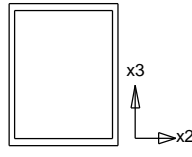
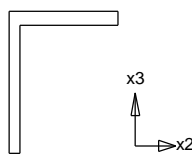
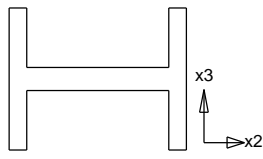
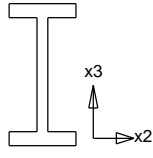
8.1. PLANTA E CORTE – ARQUITETURA



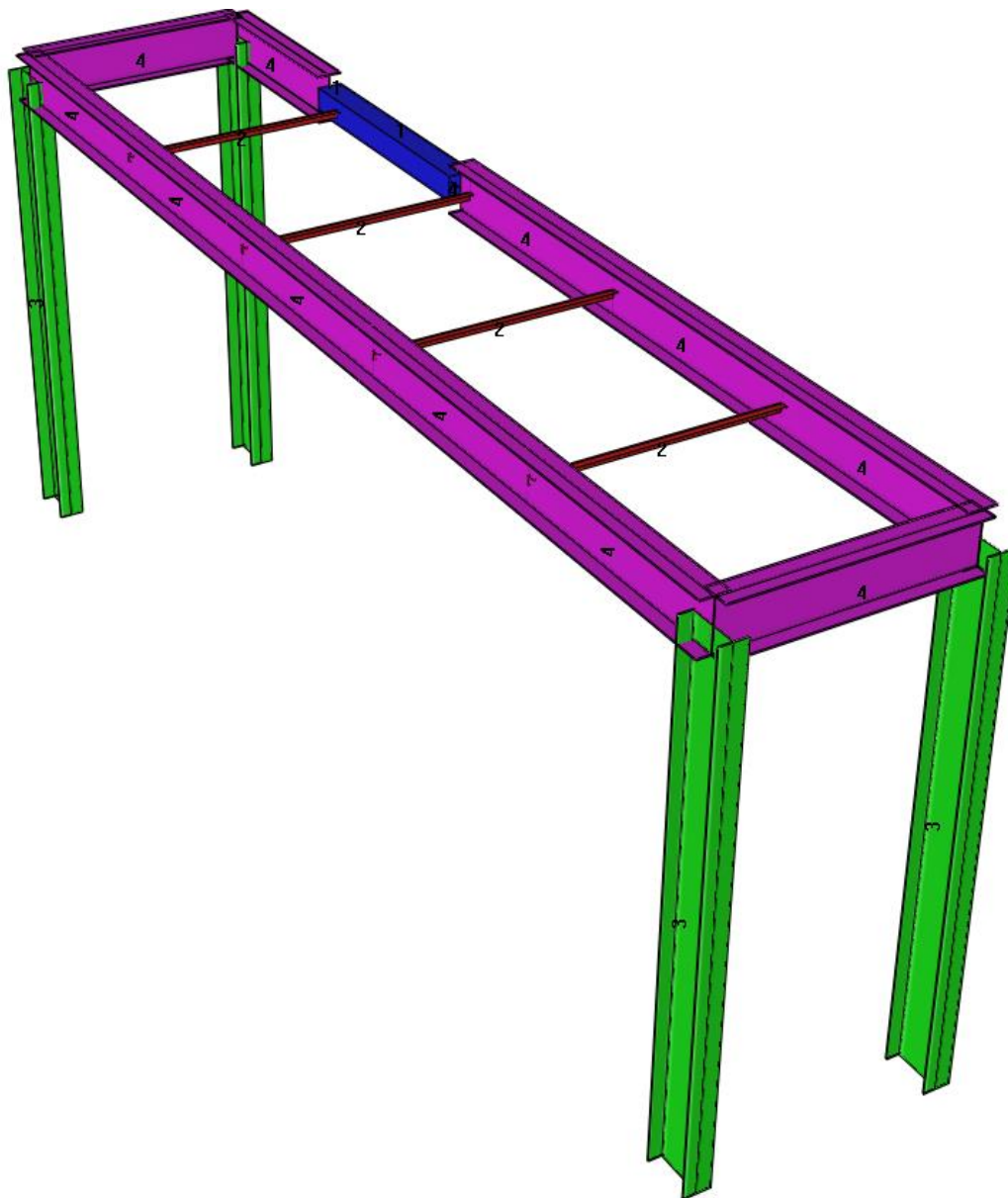
**8.2. PERSPECTIVA 3D – MODELAGEM**

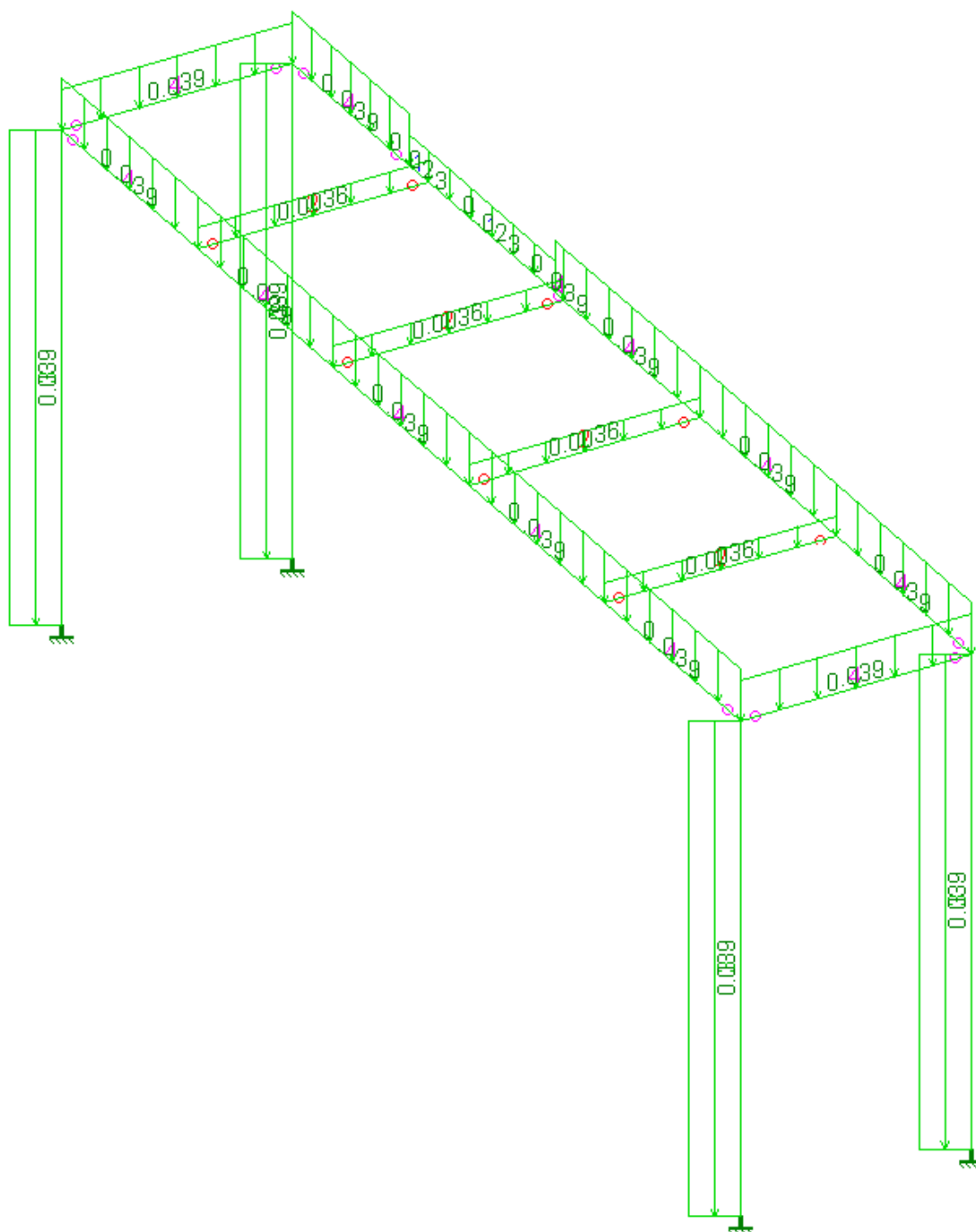


### 8.3. PROPRIEDADES DO MODELO

TABELA DE PROPRIEDADES (unidades - mm.)					
<b>PROPRIEDADE N.1 - []160x160x4.75</b>					
A=0.2950E+04	I2=0.1186E+08	I3=0.1186E+08	J=0.1777E+08	SF2=0.440	SF3=0.440
Material = 1 - STEE	Perímetro=640.00				
h2=160.000	h3=160.000	e2=80.000	e3=80.000		
					
[]160x160x4.75 H =160.0mm      t =4.8mm B =160.0mm					
<b>PROPRIEDADE N.2 - L2"x3/16"</b>					
A=0.4612E+03	I2=0.1134E+06	I3=0.1134E+06	J=0.3343E+04	SF2=0.500	SF3=0.500
Material = 1 - STEE	Perímetro=203.20				
h2=50.800	h3=50.800	e2=36.343	e3=36.343		
					
Laminado      L2"x3/16" h =50.8mm      t =4.8mm b =50.8mm					
<b>PROPRIEDADE N.3 - W310x38.7</b>					
A=0.4970E+04	I2=0.7270E+07	I3=0.8581E+08	J=0.1320E+06	SF2=0.537	SF3=0.348
Material = 1 - STEE	Perímetro=1268.4				
h2=310.000	h3=165.000	e2=155.000	e3=82.500		
					
Laminado      W310x38.7 h =310.0mm      tw=5.8mm bf=165.0mm      tf=9.7mm					
<b>PROPRIEDADE N.4 - W310x38.7</b>					
A=0.4970E+04	I2=0.8581E+08	I3=0.7270E+07	J=0.1320E+06	SF2=0.348	SF3=0.537
Material = 1 - STEE	Perímetro=1268.4				
h2=165.000	h3=310.000	e2=82.500	e3=155.000		
					
Laminado      W310x38.7 h =310.0mm      tw=5.8mm bf=165.0mm      tf=9.7mm					

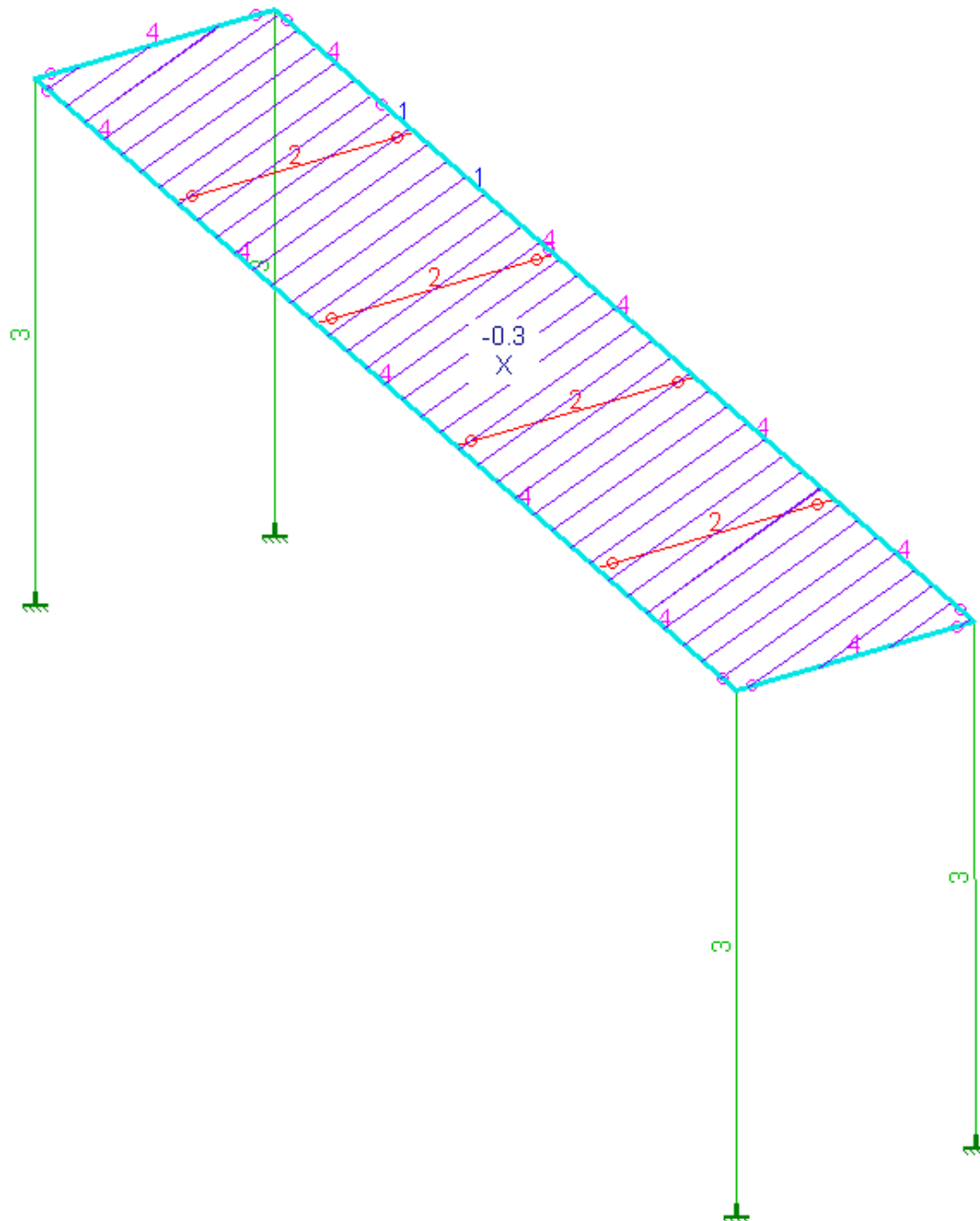
**8.4. PERSPECTIVA 3D – RENDERIZADA**



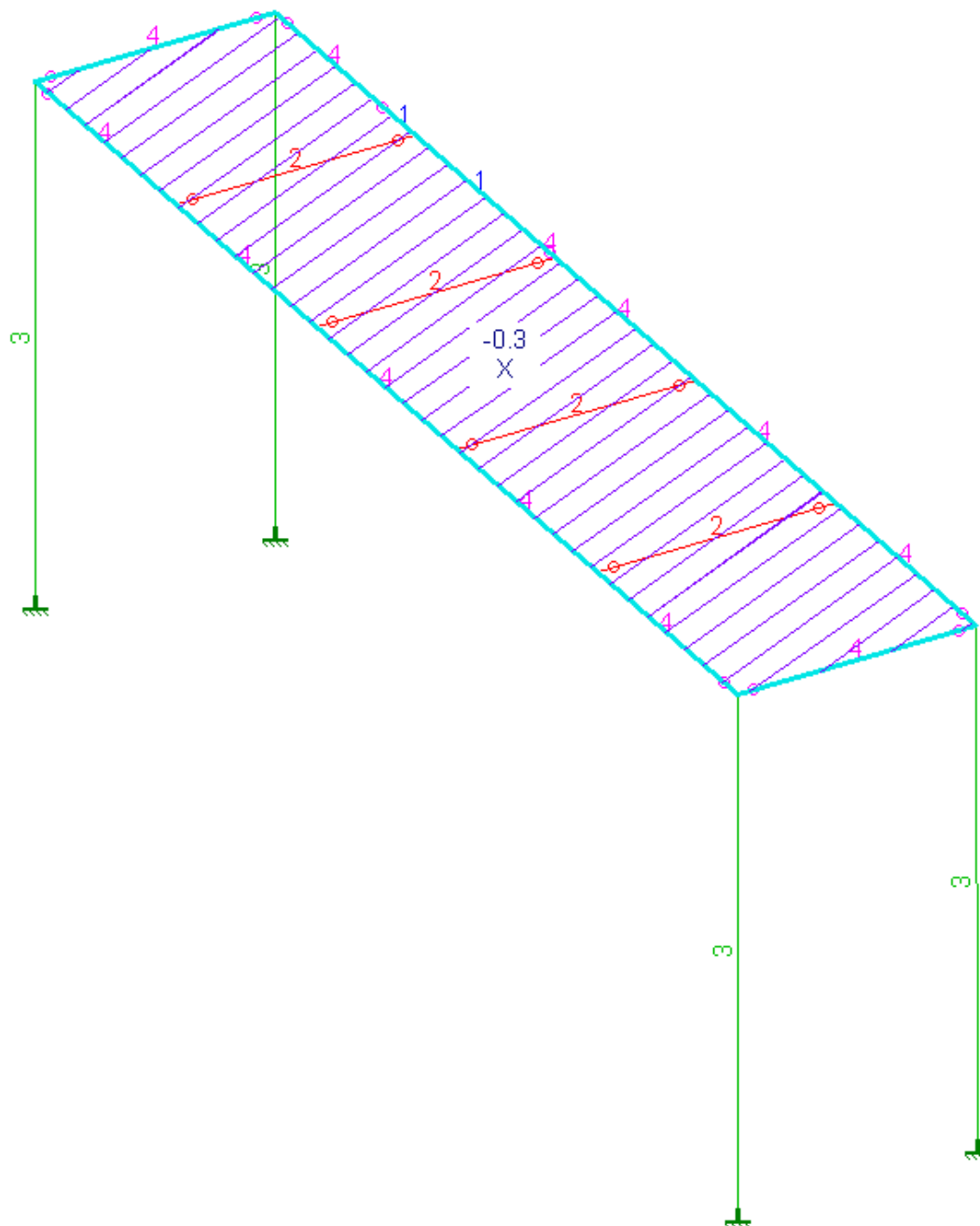
**8.5. CARREGAMENTOS****8.5.1. PESO PRÓPRIO**

Definido pelo programa STRAP.

**8.5.2. ELEMENTOS ADICIONADOS IN LOCO**



Laje h12 + Revestimento = 300kg/m<sup>2</sup>.

**8.5.3. SOBRECARGA DE USO E OCUPAÇÃO**

Escadas e Passarelas com acesso público: 300kgf/m<sup>2</sup>

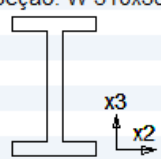
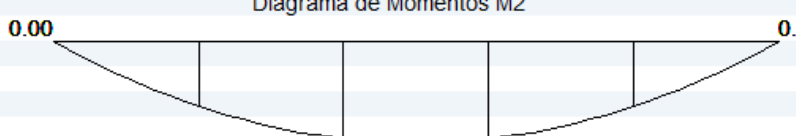
## 8.6. DIMENSIONAMENTO

### 8.6.1. COMBINAÇÕES

Tabela de Combinações			
Comb.			
1	**ELU** 8.5.1 * 1.25	+ 8.5.2 * 1.40	+ 8.5.3 * 1.50
2	**ELS** 8.5.1 * 1.00	+ 8.5.2 * 1.00	+ 8.5.3 * 1.00

### 8.6.2. VIGA

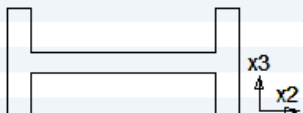
**Momentos:tf\*metro , Forças:tf , Tensões:MPa , Propriedades:cm**

Barra:	32	30		
72, 71, 70, 69, 30	7.56		X2 (Eixo maior)	
<b>Dados da Seção</b>		<b>Parâmetros de Cálculo</b>		
- Seções :	Verificar	- Kx = 1.00	- Ky = 1.00	
- Aço :	MR250	- Esbeltez adm.: 200 (compr.)	240 (tração)	
		- Flecha admissível : 1/300		
		- Fator de Área Tracionada : 1.00		
		- Sistema : Deslocável		
<b>TRAVAMENTOS INTERMEDIARIOS</b>				
L =	1.51	3.02	4.53	
Torção-Lat	+	+	+	
Compressão	Y	Y	Y	
<b>Seção: W 310x38.7</b>				
	h	= 310.0mm	bf	= 165.0mm
	tw	= 5.80mm	tf	= 9.70mm
	Area	= 49.70cm <sup>2</sup>	I2	= 8581cm <sup>4</sup>
	J	= 13.20cm <sup>4</sup>	Z2	= 615.40cm <sup>3</sup>
	Cw	= 0.2dm <sup>6</sup>	e3	= 155.0mm
			I3	= 727.0cm <sup>4</sup>
			Z3	= 134.90cm <sup>3</sup>
			e2	= 82.50mm
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">COMBINAÇÃO de CALCULO= 1</div>				
Diagrama de Momentos M2				
				
<b>Momentos nos travamentos intermediários:</b> 3.18      4.77      4.77      3.19				

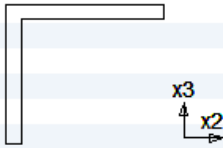
Força Axial Máx. = 0.00 (compr.) Força Cortante Máx. = 2.63																						
CLASSIFICAÇÃO DA SEÇÃO: *** COMPACTA / ESBELTA ***																						
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">Relação Limite:</td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;">Comp.</td> <td style="width: 15%;">Não-Compacta</td> <td style="width: 15%;">Esbelta</td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> <tr> <td>h/t= 46.72</td> <td>&lt;</td> <td>106.3</td> <td>161.2</td> <td>42.1</td> <td>(fy= 250.0 R = 0.000 )</td> </tr> <tr> <td>b/t= 8.51</td> <td>&lt;</td> <td>10.7</td> <td>28.3</td> <td>15.8</td> <td></td> </tr> </table>					Relação Limite:		Comp.	Não-Compacta	Esbelta		h/t= 46.72	<	106.3	161.2	42.1	(fy= 250.0 R = 0.000 )	b/t= 8.51	<	10.7	28.3	15.8	
Relação Limite:		Comp.	Não-Compacta	Esbelta																		
h/t= 46.72	<	106.3	161.2	42.1	(fy= 250.0 R = 0.000 )																	
b/t= 8.51	<	10.7	28.3	15.8																		
CALCULO	EQUAÇÃO	FATORES	VALORES	RESULT																		
Cortante V3 5.4.3.1.1a	$V_{sd}/V_{rk} < 1$ $V_{rd}=0.6*fy*Aw/1.1$	$A_w = 17.98$	$V_{sd} = 2.63$ $V_{rd} = 24.52$	0.11																		
Momento M2 (G.2.1a) sem FLT	$\frac{M_{sd}}{M_{rd}} < 1.00$	$Z = 615.40$	$M_{sd} = 4.97$ $M_{rd} = 13.99$	0.36																		
Deformacao	$\frac{def.}{L / 300} < 1.00$		$def. = 0.01171$	0.46																		
Flambagem Lateral por Torcao	$\frac{M_{sd}}{M_{rd}} < 1.00$	$L_b = 1.51$ $L_p = 1.90$	$M_{sd} = 4.97$ $M_{rd} = 13.99$	0.36																		
	Segmento critico de 3.02 a 4.53 na mesa +z Momentos na extr. do segmento: 4.77 e 4.77																					

### 8.6.3. PILAR

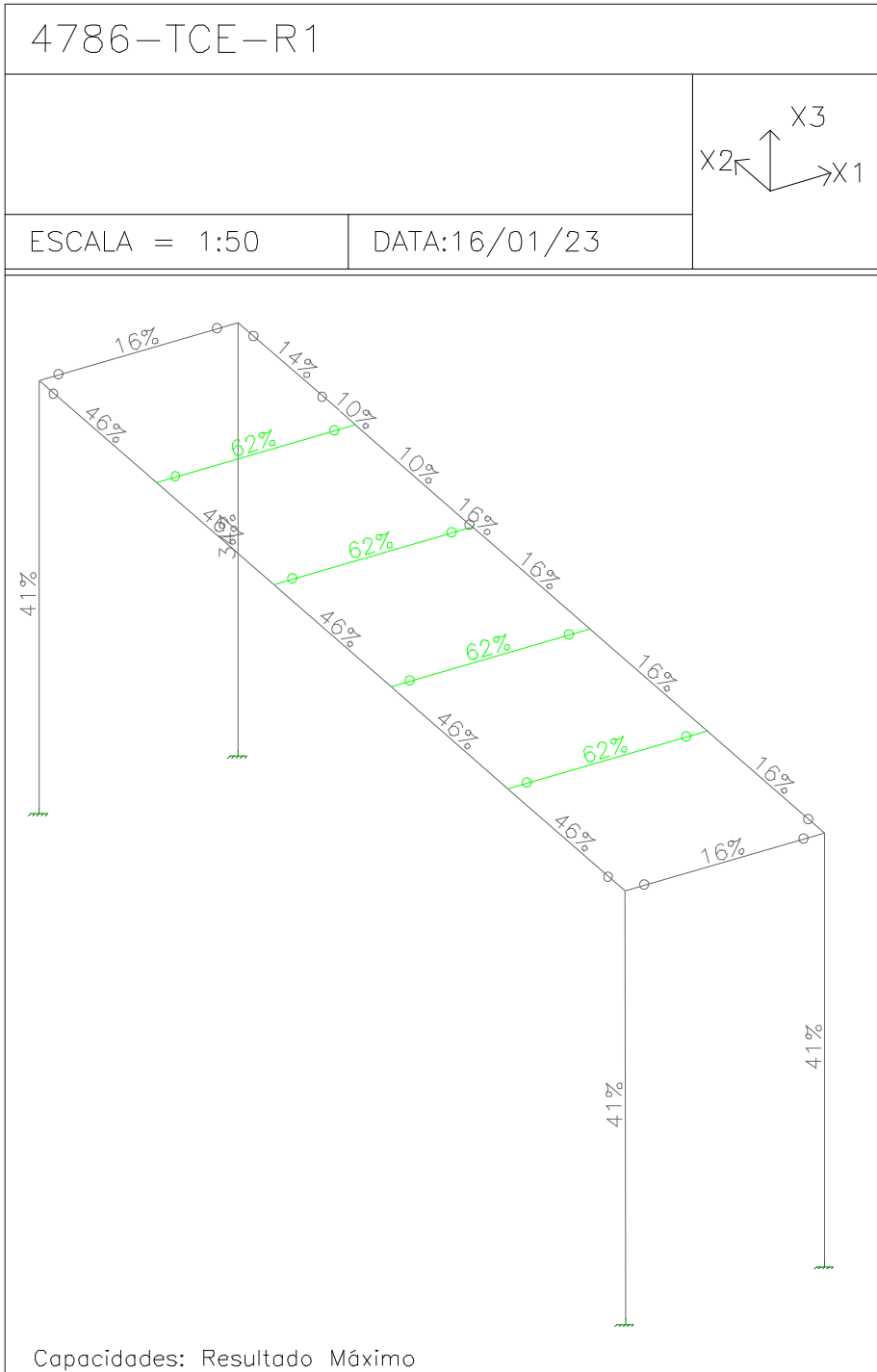
**Momentos:tf\*metro , Forças:tf , Tensões:MPa , Propriedades:cm**

Barra: 28	29	30	—X3 (Eixo maior)			
3.17						
<b>Dados da Seção</b>		<b>Parâmetros de Cálculo</b>				
- Seções :	Verificar	- Kx = 1.00	- Ky = 1.00			
- Aço :	MR250	- Esbeltez adm.: 200 (compr.)	240 (tração)			
		- Flecha admissível :	1/300			
		- Fator de Área Tracionada :	1.00			
		- Sistema :	Deslocável			
Seção: W 310x38.7						
	h	= 310.0mm	bf	= 165.0mm		
	tw	= 5.80mm	tf	= 9.70mm		
	Area	= 49.70cm <sup>2</sup>	I2	= 727.0cm <sup>4</sup>	I3	= 8581cm <sup>4</sup>
	J	= 13.20cm <sup>4</sup>	Z2	= 134.90cm <sup>3</sup>	Z3	= 615.40cm <sup>3</sup>
	Cw	= 0.2dm <sup>6</sup>	e3	= 82.50mm	e2	= 155.0mm
	COMBINAÇÃO de CALCULO= 1					
Força Axial Máx. = -2.82 (compr.) Força Cortante Máx. = 0.00						
CLASSIFICAÇÃO DA SEÇÃO: *** COMPACTA / ESBELTA ***						
Relação Limite:	Comp.	Não-Compacta	Esbelta			
h/t= 46.72	< 106.3	161.2	42.1 (fy= 250.0 R = 0.023 )			
b/t= 8.51	< 10.7	28.3	15.8			
<b>CALCULO</b>	<b>EQUAÇÃO</b>	<b>FATORES</b>	<b>VALORES</b>	<b>RESULT</b>		
Força Axial 5.3.2	Nsd	(kL/r)x =24	Nsd = 2.82	0.04		
	< 1.00		Ag = 49.70			
Nrd	(kL/r)y =83	Nrd = 77.29				
		Nrd=X*Q*Agfy/1.1	fy = 250.00			
		X = 0.70	Q = 0.98			

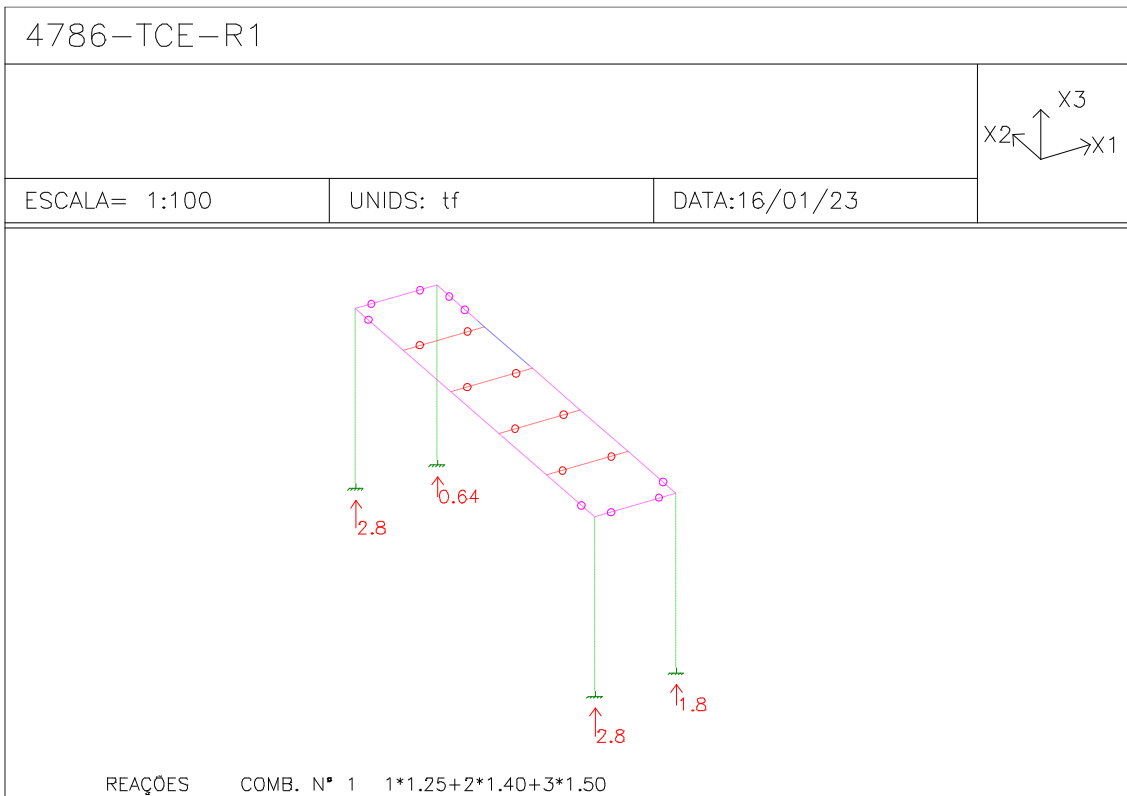
### 8.6.4. TRAVAMENTO LATERAL DAS VIGAS

<b>Momentos:tf*metro , Forças:tf , Tensões:MPa , Propriedades:cm</b>				
Barra:	39	40	X2 (Eixo maior)	
36	1.48		c.c. em -x2,+x3	
<b>Dados da Seção</b>		<b>Parâmetros de Cálculo</b>		
- Seções :	Verificar	- Kx = 1.00	- Ky = 1.00	
- Aço :	MR250	- Esbeltez adm.: 200 (compr.) 240 (tração)		
		- Flecha admissível : 1/300		
		- Fator de Área Tracionada : 1.00		
		- Sistema : Deslocável		
Seção: L 2"x3/16"				
	h	= 50.80mm	b	= 50.80mm
	t	= 4.76mm		
	Area	= 4.61cm <sup>2</sup>	Iu	= 18.6cm <sup>4</sup>
	J	= 0.3cm <sup>4</sup>	Wu	= 5.3cm <sup>3</sup>
	Iv	= 4.61cm <sup>4</sup>	Wv	= 2.26cm <sup>3</sup>
	Cw	= 0.7cm <sup>6</sup>	ju	= 35.92mm
	Iy	= 11.34cm <sup>4</sup>	e0u	= -17.12mm
			e0v	= 0.0mm
			ju	= 33.95mm
			jv	= 0.0mm
<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 5px 20px;">COMBINAÇÃO de CALCULO= 1</div>				
Força Axial Máx. = 0.00 (compr.) Força Cortante Máx. = 0.00				
CLASSIFICAÇÃO DA SEÇÃO: *** COMPACTA ***				
Relação Limite:	Comp.	Não-Compacta	Esbelta	
h/t= 10.67	< 15.3		12.7	(fy= 250.0)
b/t= 10.67	< 15.3	28.3	12.7	
<b>CALCULO</b>	<b>EQUAÇÃO</b>	<b>FATORES</b>	<b>VALORES</b>	<b>RESULT</b>
Momento M3 (G.2.1a) sem FLT	Msd ----- < 1.00 Mrd	Z = 2.26	Msd = 0.00 Mrd = 0.08	0.01
Momento M2 (G.2.1a) sem FLT	Msd ----- < 1.00 Mrd	Z = 5.03	Msd = 0.00 Mrd = 0.17	0.01
Flambagem Lateral por Torcao (F10-2,3)	Msd ----- < 1.00 Mrd (AISC-2016) Segmento critico de 0.00 a 1.48 em: Lado curto Momentos na extr. do segmento: 0.00 e 0.00	Lb = 1.48  Cb = 1.00	Msd = 0.00 Mrd = 0.14 My = 0.13 Mob = 0.33	0.01
<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 5px 20px;">COMBINAÇÃO = 2</div>				
<b>CALCULO</b>	<b>EQUAÇÃO</b>	<b>FATORES</b>	<b>VALORES</b>	<b>RESULT</b>
Deformacao	def. ----- < 1.00 L / 300		def. = 0.00018	0.04

### 8.6.5. TAXA DE CAPACIDADE



### 8.7. REAÇÕES DE APOIO



## 8.8. LIGAÇÕES TÍPICAS

### 8.8.1. LIGAÇÃO VIGA COM DUPLA TALA DE ALMA

#### DADOS DE ENTRADA

Solicitações de cálculo	
Esforço normal atuante na viga(Nsd)	4.5 tf
Esforço cortante atuante na viga(Vsd)	4.5 tf

Parafusos	
Tipo	ASTM A325
Tensão de escoamento do parafuso(fy)	635 MPa
Tensão de ruptura dos parafusos(fu)	825 MPa
Diâmetro	12.5 mm
Número de parafusos em cada aba da cantoneira(n)	3
Rosca inclusa no plano de corte	SIM

Espaçamento	
Distância horizontal entre a borda da cantoneira e o centro do primeiro furo(e1)	22.8 mm
Distância vertical entre a borda da cantoneira e o centro do primeiro furo(e2)	18.75 mm
Espaçamento vertical entre furos(s)	37.5 mm

Viga	
Perfil	W 310 38.7
Aço	ASTM A572 GR 50
Tensão de escoamento(fy)	345 MPa
Tensão de ruptura(fu)	450 MPa

Cantoneira	
Perfil	LLM 50.8 x 4.76
Aço	ASTM A36
Tensão de escoamento(fy)	250 MPa
Tensão de ruptura(fu)	400 MPa

Viga de apoio	
Perfil	W 310 38.7
Aço	ASTM A572 GR 50
Tensão de escoamento(fy)	345 MPa
Tensão de ruptura(fu)	450a

## Verificação da altura das cantoneiras

$h_{máx} = 0.251 \text{ m}$     Altura máxima  
 $h_c = 0.112 \text{ m}$     Altura da cantoneira

$$h_c \leq h_{máx} \quad \text{OK!}$$

## Verificação dos Parafusos no apoio

$F_{dc} = 1.192 \text{ tf}$     Força de cisalhamento máximo  
 $F_{dn} = 3.71 \text{ tf}$     Força de tração total nos parafusos

### •Verificação do cisalhamento ( ligação por contato )

Parafusos da alma com dois planos de corte

$$\frac{R_{Rkv}}{\gamma} = \frac{0,4 \cdot A_b \cdot f_{ub}}{1,35}$$

$$\frac{R_{Rkv}}{\gamma} = 3 \text{ tf}$$

$$\frac{R_{Rkv}}{\gamma} \geq F_{dc} \quad \text{OK!}$$

$$\frac{\text{Solicitação}}{\text{Resistência}} = \frac{F_{dc}}{R_{Rkv}/\gamma} = 0.397 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

### •Verificação da tração

$$A_{be} = 0,75 \cdot \left( \frac{\pi \cdot d_b^2}{4} \right) = 0 \text{ m}^2$$

$$\frac{R_{Rkt}}{\gamma} = \frac{A_{be} \cdot f_{ub}}{1,35} = 5.622 \text{ tf}$$

$$\frac{R_{Rkt}}{\gamma} \geq F_{dn} \quad \text{OK!}$$

$$\frac{\text{Solicitação}}{\text{Resistência}} = \frac{F_{dn}}{R_{Rkt}/\gamma} = 0.66 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

**•Verificação da interação Tração + Cisalhamento**

$$F_{Sdt} = 3.71 \text{ tf}$$

$$F_{Sdv} = 1.192 \text{ tf}$$

$$\frac{f_{ub} \cdot A_b}{1,35} - 1,90 \cdot F_{Sdv} = 5.234 \text{ tf}$$

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

**Verificação da pressão de contato na chapa**

**•Verificação do rasgamento entre furos consecutivos**

$$F_{dc} = 1.192 \text{ tf} \quad \text{Força de cisalhamento máximo}$$

$$l_c = (s - d) = 0.023 \text{ m} \quad \text{Distância livre entre a borda do furo e a borda do furo adjacente.}$$

$$\frac{R_{Rkc}}{\gamma} = \frac{1,5 \cdot l_c \cdot t_c \cdot f_u}{1,35} \leq \frac{3,0 \cdot d_b \cdot t_c \cdot f_u}{1,35} = 4.972 \text{ tf}$$

$$\frac{R_{Rkc}}{\gamma} \geq F_{dc} \quad \text{OK!}$$

$$\frac{\text{Solicitação}}{\text{Resistência}} = \frac{F_{dc}}{R_{Rkc}/\gamma} = 0.24 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

**•Verificação do rasgamento entre furo e borda**

$$F_{dc} = 1.192 \text{ tf} \quad \text{Força de cisalhamento máximo}$$

$$l_c = (e_2 - \frac{d}{2}) = 0.012 \text{ m} \quad \text{Distância livre entre a borda do furo e a borda do furo adjacente.}$$

$$\frac{R_{Rkc}}{\gamma} = \frac{1,5 \cdot l_c \cdot t_c \cdot f_u}{1,35} \leq \frac{3,0 \cdot d_b \cdot t_c \cdot f_u}{1,35} = 2.486 \text{ tf}$$

$$\frac{R_{Rkc}}{\gamma} \geq F_{dc} \quad \text{OK!}$$

$$\frac{\text{Solicitação}}{\text{Resistência}} = \frac{F_{dc}}{R_{Rkc}/\gamma} = 0.48 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

**Verificação das cantoneiras**

**•Verificação da tensão provocada pela força cortante na seção bruta**

$$f_{vd} = 4201.681 \text{ tf/m}^2 \quad \text{Tensão provocada pelo esforço cortante.}$$

$$\frac{R_{Rkn}}{\gamma} = \frac{0,6 \cdot f_y}{1,10} = 13636.363 \text{ tf/m}^2$$

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

$$\frac{\text{Solicitação}}{\text{Resistência}} = \frac{f_{vd}}{R_{Rkn}/\gamma} = 0.308 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

•Verificação da tensão provocada pelo momento fletor na seção bruta

$f_{bd} = 11126.05 \text{ tf/m}^2$  Tensão de cálculo

$$\frac{R_{Rkn}}{\gamma} = \frac{f_y}{1,10} = 22727.273 \text{ tf/m}^2$$

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

$$\frac{\text{Solicitação}}{\text{Resistência}} = \frac{f_{bd}}{R_{Rkn}/\gamma} = 0.49 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

•Verificação da tensão provocada pela força cortante

$f_{vd} = 6704.81 \text{ tf/m}^2$  Tensão de cálculo

$$\frac{R_{Rkn}}{\gamma} = \frac{0,6 \cdot f_u}{1,35} = 17777.777 \text{ tf/m}^2$$

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

$$\frac{\text{Solicitação}}{\text{Resistência}} = \frac{f_{vd}}{R_{Rkn}/\gamma} = 0.377 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

•Verificação da tensão provocada pelo momento fletor na seção líquida

$f_{bd} = 17158.793 \text{ tf/m}^2$  Tensão de cálculo

$$\frac{R_{Rkn}}{\gamma} = \frac{f_u}{1,35} = 29629.629 \text{ tf/m}^2$$

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

$$\frac{\text{Solicitação}}{\text{Resistência}} = \frac{f_{bd}}{R_{Rkn}/\gamma} = 0.579 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

Verificação do colapso por rasgamento nas cantoneiras

$V_c = 2.25 \text{ tf}$  Esforço cortante atuante na cantoneira

$$f_u \cdot A_{nt} < 0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv}$$

$$\frac{R_{Rk}}{\gamma} = \frac{0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv} + f_y \cdot A_{gt}}{1,35} \leq \frac{0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv} + f_u \cdot A_{nt}}{1,35} = 8.166 \text{ tf}$$

$$\frac{R_{Rk}}{\gamma} \geq V_c \quad \text{OK!}$$

$$\frac{\text{Solicitação}}{\text{Resistência}} = \frac{V_c}{R_{Rk}/\gamma} = 0.276 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

### Verificação dos parafusos na ligação entre a alma da viga e as cantoneiras

#### •Verificação do cisalhamento

$$\frac{R_{Rkv}}{\gamma} = 2 \cdot \frac{0,4 \cdot A_b \cdot f_{ub}}{1,35} = 3 \text{ tf}$$

Com a rosca inclusa no plano de corte

$$\frac{R_{Rkv}}{\gamma} \geq F_{dc} \quad \text{OK!}$$

$$\frac{R_{Rkv}}{\gamma} < F_{dc} = 0.199 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

### Verificação da pressão de contato na chapa (alma da viga)

#### •Verificação do rasgamento entre furos consecutivos

$F_{dc} = 1.192 \text{ tf}$  Força de cisalhamento máximo

$l_c = (s - d) = 0.023 \text{ m}$  Distância livre entre a borda do furo e a borda do furo adjacente.

$$\frac{R_{Rkc}}{\gamma} = \frac{1,5 \cdot l_c \cdot t_c \cdot f_u}{1,35} \leq \frac{3,0 \cdot d_b \cdot t_c \cdot f_u}{1,35} = 5.593 \text{ tf}$$

$$\frac{R_{Rkc}}{\gamma} \geq F_{dc} \quad \text{OK!}$$

$$\frac{\text{Solicitação}}{\text{Resistência}} = \frac{F_{dc}}{R_{Rkc}/\gamma} = 0.213 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

#### •Verificação do rasgamento entre furo e borda ( direção vertical )

$l_c = (e_2 - \frac{d}{2}) = 0.012 \text{ m}$  Distância livre entre a borda do furo e a borda da parte ligada.

$$\frac{R_{Rkc}}{\gamma} = \frac{1,5 \cdot l_c \cdot t_c \cdot f_u}{1,35} \leq \frac{3,0 \cdot d_b \cdot t_c \cdot f_u}{1,35} = 2.796 \text{ tf}$$

$$\frac{R_{Rkc}}{\gamma} \geq F_{dc} \quad \text{OK!}$$

$$\frac{\text{Solicitação}}{\text{Re sistência}} = \frac{F_{dc}}{R_{Rkc}/\gamma} = 0.426 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

•Verificação do rasgamento entre furo e borda ( direção horizontal )

$$l_c = (L_c - (e_1 + \frac{d}{2})) = 0.021 \text{ m} \quad \text{Distância livre entre a borda do furo e a borda da parte ligada.}$$

$$\frac{R_{Rkc}}{\gamma} = \frac{1,5 \cdot l_c \cdot t_c \cdot f_u}{1,35} \leq \frac{3,0 \cdot d_b \cdot t_c \cdot f_u}{1,35} = 4.998 \text{ tf}$$

$$\frac{R_{Rkc}}{\gamma} \geq F_{dc} \quad \text{OK!}$$

$$\frac{\text{Solicitação}}{\text{Re sistência}} = \frac{F_{dc}}{R_{Rkc}/\gamma} = 0.239 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

Verificação do colapso por rasgamento da alma da viga de apoio

Cts = 1,00  
Ant = 0 m2      Área líquida sujeita à tração  
Agv = 0 m2      Área bruta sujeita ao cisalhamento  
Anv = 0 m2      Área líquida sujeita ao cisalhamento

$$F_{Rd,r} = \frac{0,60 \cdot f_u \cdot A_{nv} + C_{ts} \cdot f_u \cdot A_{nt}}{1,35} = 12.18 \text{ tf}$$

$$F_{Rd,r} = \frac{0,60 \cdot f_y \cdot A_{gv} + C_{ts} \cdot f_u \cdot A_{nt}}{1,35} = 12.721 \text{ tf}$$

$$FRdr = 12.18 \text{ tf}$$

$$F_{Rd,r} \geq V_{Sd} \quad \text{OK!}$$

$$\frac{\text{Solicitação}}{\text{Re sistência}} = \frac{V_{Sd}}{F_{Rd,r}} = 0.369 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

## 8.8.2. BASES ENGASTADAS

### DADOS DE ENTRADA

Solicitações de calculo	
Esforço normal de cálculo de compressão(Nsd)	10.5 tf
Esforço cortante de cálculo(Vsd)	4.5 tf
Momento fletor de cálculo(Msd)	1 tf.m

Recorte	
Recorte na alma da coluna(R)	15 mm

Tipo de borda	
Borda	Cortada com serra ou tesoura.

Tipo de apoio	
Apoio	Apoio Com força normal de compressão

Concreto	
Resistência característica do concreto(fck)	20 MPa
Altura da base de concreto(Hc)	585 mm
Largura da base de concreto(Bc)	265 mm

Placa de base	
Altura da placa de base(H)	385 mm
Largura da placa de base(B)	265 mm
Espessura da placa de base(tp)	10 mm
Aço	ASTM A36
Tensão de escoamento(fy)	250 MPa
Tensão de ruptura(fu)	400 MPa

Espaçamentos	
Entre o chumbador e a borda da placa de base na horizontal(a)	18.75 mm
Entre a face da mesa da coluna e o chumbador(b)	18.75 mm
Entre o chumbador e a borda da placa de base na vertical(c)	18.75 mm
Entre furos na horizontal(g)	347.5 mm
Entre furos na vertical(s)	227.5 mm

Solda	
Eletrodo	7 ou E 70XX
Tensão de ruptura da solda(fw)	485 MPa
Espessura da perna da solda na placa de base-mesa do pilar(bw)	4.75 mm
Espessura da perna da solda na placa de base-alma do pilar(bw)	10 mm

Pilar	
Perfil	W 310 38.7
Aço	ASTM A36
Tensão de escoamento(fy)	250 MPa
Tensão de ruptura(fu)	400 MPa

### Resistência do concreto

$A_1 = 0.102 \text{ m}^2$  É a área carregada sob a placa de apoio.  
 $A_2 = 0.155 \text{ m}^2$  É a área da superfície de concreto.

$$\frac{R_{Rknc}}{\gamma} = \frac{0,70 \cdot f_{ck} \sqrt{\frac{A_2}{A_1}}}{1,40} \leq 1,40 \cdot f_{ck} = 1232.672 \text{ tf/m}^2$$

### Verificação das dimensões da placa de base

$$f_c = \frac{N_{Sd}}{H \cdot B} = 102.916 \text{ tf/m}^2 \quad \text{Pressão na placa de base.}$$

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

$$\frac{\text{Solicitação}}{\text{Resistência}} = \frac{f_c}{\frac{R_{Rknc}}{\gamma}} = 0.083 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

### Avaliação da solicitação na placa de base

$$\eta = \frac{E}{E_c} = 9.292 \quad \text{Fator de homogeneização.}$$

$$m = H - a = 0.366 \text{ m} \quad \text{Parâmetro geométrico utilizado no cálculo da posição da linha neutra.}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot \left[ \frac{M_d}{N_d} - \frac{H}{2} \right] = -0.266 \quad \text{Parâmetro utilizado no cálculo da posição da linha neutra}$$

$\rho > -\frac{1}{3}$  a placa de base está parcialmente comprimida.

### Determinação da posição da linha neutra

$A_s = 0 \text{ m}^2$  Área dos chumbadores na região tracionada

$$\mu = \frac{A_s}{B \cdot m} = 0.003 \quad \text{Parâmetro geométrico utilizado no cálculo da posição da linha}$$

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

$$K = 0.824$$

$LN = k \cdot m = 0.302 \text{ m}$  Posição da linha neutra.

### Verificação da tensão no concreto

$f_{c1} = 265.882 \text{ tf/m}^2$  Tensão máxima no concreto.

$$\frac{R_{Rknc}}{\gamma} = \frac{0,7 \cdot f_{ck} \cdot \sqrt{2}}{1,35} \leq 0,7 \cdot (1,4 \cdot f_{ck}) = 1466.592 \text{ tf/m}^2 \quad \text{Resistência de cálculo do concreto}$$

$$\frac{R_{Rknc}}{\gamma} \geq f_{c1} \quad \text{OK!}$$

$$\frac{\text{Solicitação}}{\text{Resistência}} = \frac{f_{c1}}{R_{Rknc}/\gamma} = 0.181 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

### Verificação da placa de base

$t_p = 0.01 \text{ m}$  Espessura da placa de base.

$$t_{pmin1} = \sqrt{\frac{16 \cdot M_o}{3 \cdot f_y}} = 0.007 \text{ m} \quad \text{Espessura mínima em função da flexão na placa.}$$

$$t_{pmin2} = \sqrt{\frac{16 \cdot M_p}{3 \cdot L \cdot f_y}} = 0.003 \text{ m} \quad \text{Espessura mínima em função da tração máxima no chumbador.}$$

$t_{pmin} = 0.007 \text{ m}$  Espessura mínima da placa de base.

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

## Verificação dos componentes do perfil

### •Verificação da mesa tracionada

$P_t = 1.92 \text{ tf}$  Força normal de tração nas mesas.  
 $f_{mt} = 1199.623 \text{ tf/m}^2$  Tensão na mesa tracionada.

$$\frac{R_{Rkn}}{\gamma} = \frac{f_y}{1,10} = 22727.273 \text{ tf/m}^2$$

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

$$\frac{\text{Solicitação}}{\text{Resistência}} = \frac{f_{mt}}{R_{Rkn}/\gamma} = 0.053 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

### •Verificação da mesa comprimida

$P_c = 8.58 \text{ tf}$  Força na mesa comprimida.  
 $f_{mc} = 5360.827 \text{ tf/m}^2$  Tensão atuante na mesa comprimida.

$$\frac{R_{Rkn}}{\gamma} = \frac{f_y}{1,10} = 22727.273 \text{ tf/m}^2 \quad \text{OK!}$$

$$\frac{\text{Solicitação}}{\text{Resistência}} = \frac{f_{mc}}{R_{Rkn}/\gamma} = 0.236 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

### •Verificação da alma do pilar

$f_{dw} = 2977.214 \text{ tf/m}^2$  Tensão de cisalhamento.  
 $f_{ndw} = 4652.12 \text{ tf/m}^2$  Tensão normal máxima.

### •Resistência de cálculo a tensão normal

$$\frac{R_{Rkn}}{\gamma} = \frac{f_y}{1,10} = 22727.273 \text{ tf/m}^2$$

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

$$\frac{\text{Solicitação}}{\text{Resistência}} = \frac{f_{ndw}}{R_{Rkn}/\gamma} = 0.131 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

### •Resistência de cálculo da alma ao cisalhamento

$\lambda = 50.103$  Parâmetro de esbeltez.

$\lambda_p = 71.466$  Parâmetro de esbeltez correspondente a plastificação.

$\lambda_r = 92.642$  Parâmetro de esbeltez correspondente ao início do escoamento.

$$R_{Rk_{nv}} = 0,6 \cdot f_y$$

$\lambda \leq \lambda_p$  então:

$$\frac{R_{Rk_{nv}}}{\gamma} = \frac{0,6 \cdot f_y}{1,10}$$

$$\frac{R_{Rk_{nv}}}{\gamma} \geq f_{v_{dw}} \quad \text{OK!}$$

$$\frac{\text{Solicitação}}{\text{Resistência}} = \frac{f_{v_{dw}}}{R_{Rk_{nv}}/\gamma} = 0.218 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

### Verificação das soldas do perfil com a placa de base

#### •Verificação das soldas das mesas com a placa de base

$f_{sm} = 7740.961 \text{ tf/m}^2$  Tensão nos filetes de solda.

$$\frac{R_{Rk_{rs1}}}{\gamma} = \frac{0,6 \cdot f_y \cdot \sqrt{2}}{1,10} = 19284.73 \text{ tf/m}^2$$

$$\frac{R_{Rk_{rs2}}}{\gamma} = \frac{0,6 \cdot f_w}{1,35} = 21555.557 \text{ tf/m}^2$$

$$\frac{R_{Rk_{rs}}}{\gamma} = 19284.73 \text{ tf/m}^2$$

$$\frac{R_{Rk_{rs}}}{\gamma} \geq f_{sm} \quad \text{OK!}$$

$$\frac{\text{Solicitação}}{\text{Resistência}} = \frac{f_{sm}}{R_{Rk_{rs}}/\gamma} = 0.401 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

#### •Verificação das soldas da Alma ( soldas de filete )

$f_r = 2265.196 \text{ tf/m}^2$  Tensão resultante.

$$\frac{R_{Rk_{rs1}}}{\gamma} = \frac{0,6 \cdot f_y \cdot \sqrt{2}}{1,10} = 19284.73 \text{ tf/m}^2$$

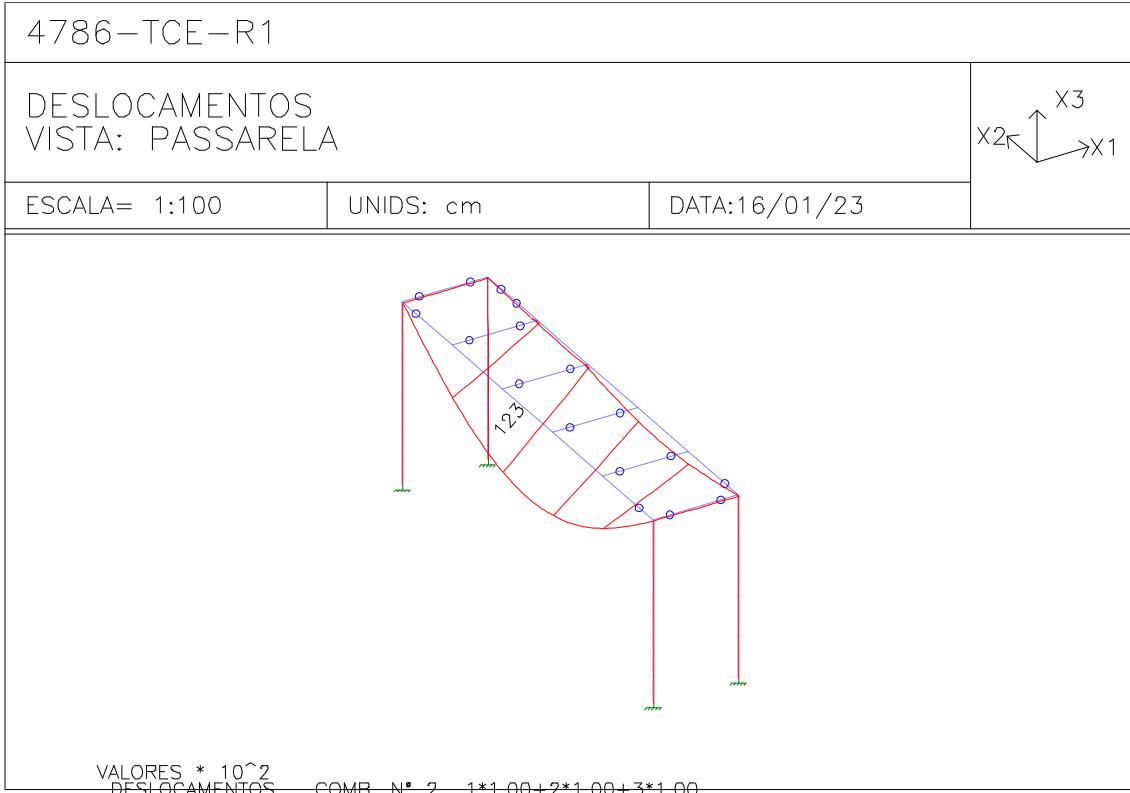
$$\frac{R_{Rkns2}}{\gamma} = \frac{0,6 \cdot f_w}{1,35} = 21555.557 \text{ tf/m}^2$$

$$\frac{R_{Rkns}}{\gamma} = 19284.73 \text{ tf/m}^2$$

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

$$\frac{\text{Solicitação}}{\text{Resistência}} = \frac{f_r}{R_{Rkns}/\gamma} = 0.117 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

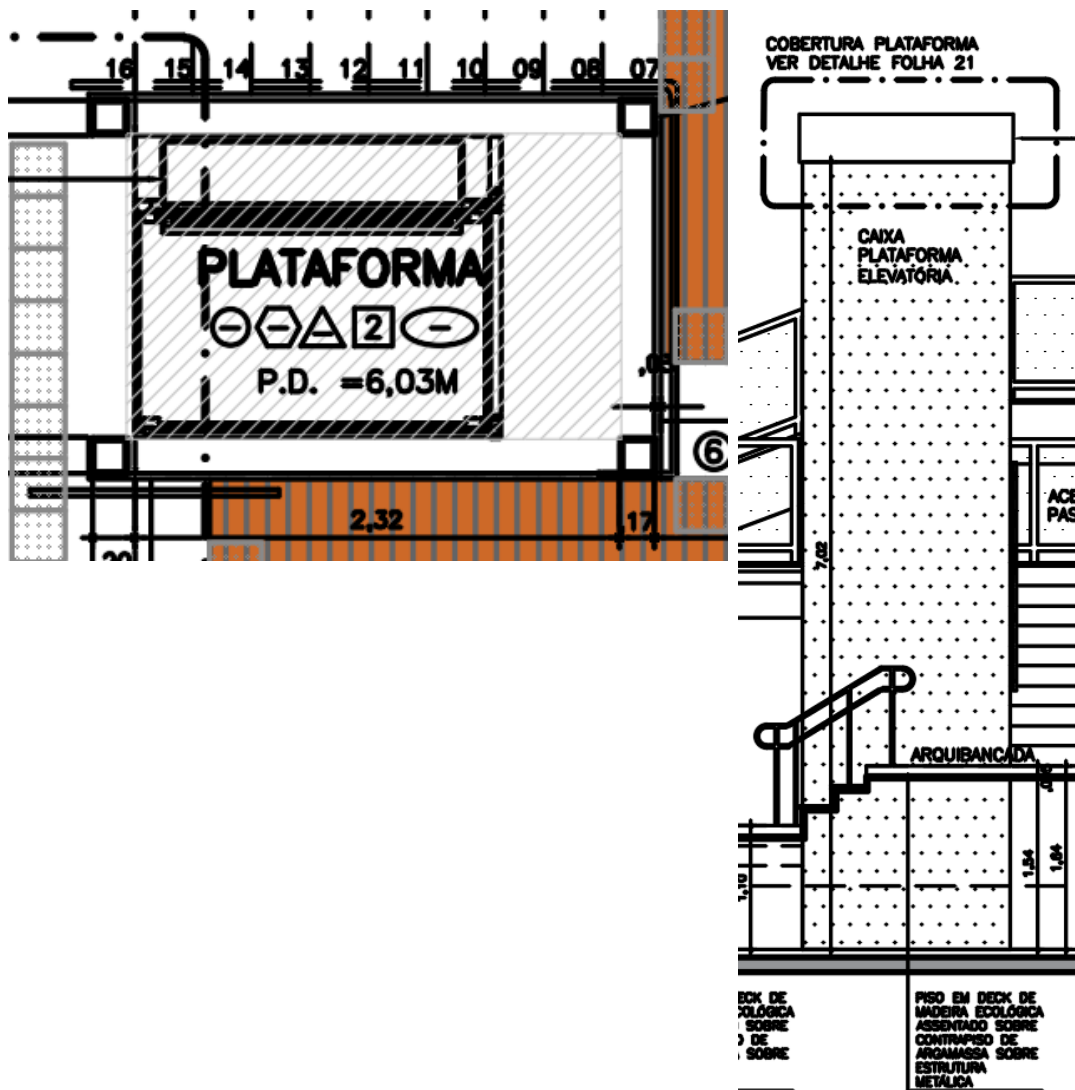
### 8.9. DESLOCAMENTOS



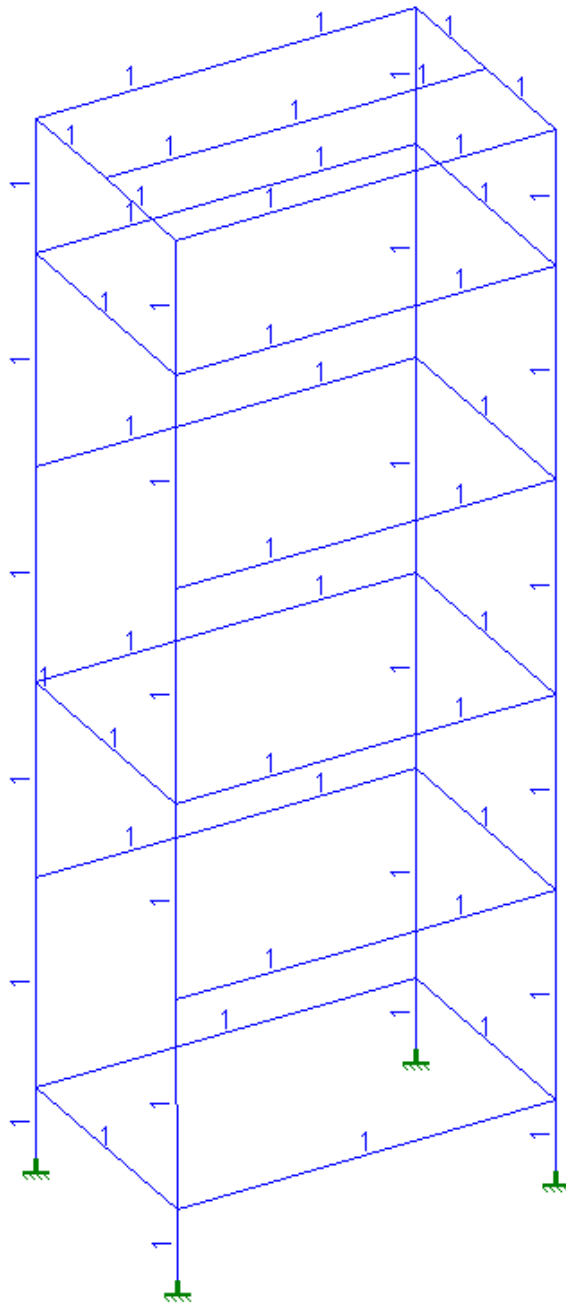
$\Phi_{lim} = 3,10 \text{ cm}; \Phi_{atu} = 1,23 \text{ cm};$

9. PLATAFORMA ELEVATÓRIA

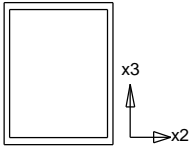
9.1. PLANTA E CORTE – ARQUITETURA



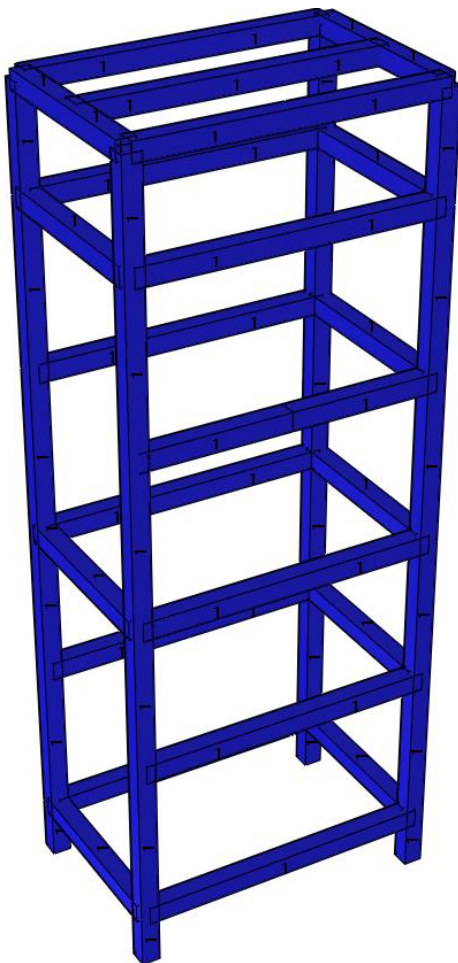
**9.2. PERSPECTIVA 3D - MODELAGEM**



### 9.3. PROPRIEDADES DO MODELO

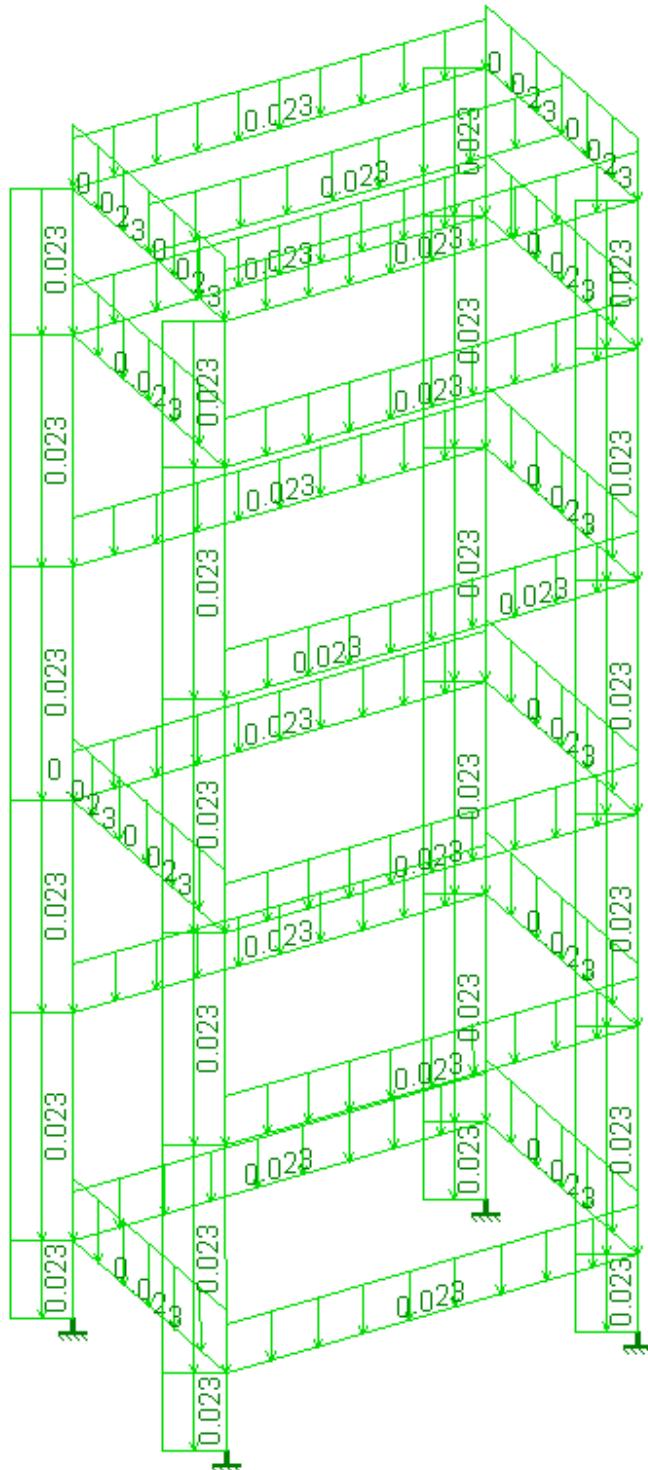
TABELA DE PROPRIEDADES (unidades - mm.)				
PROPRIIDADE N.1 - []160x160x4.75				
A=0.2950E+04	I2=0.1186E+08	I3=0.1186E+08	J=0.1777E+08	SF2=0.440
Material = 1 - STEE	Perímetro=640.00			SF3=0.440
h2=160.000	h3=160.000	e2=80.000	e3=80.000	
				
[]160x160x4.75 H =160.0mm      t =4.8mm B =160.0mm				

### 9.4. PERSPECTIVA 3D – RENDERIZADA



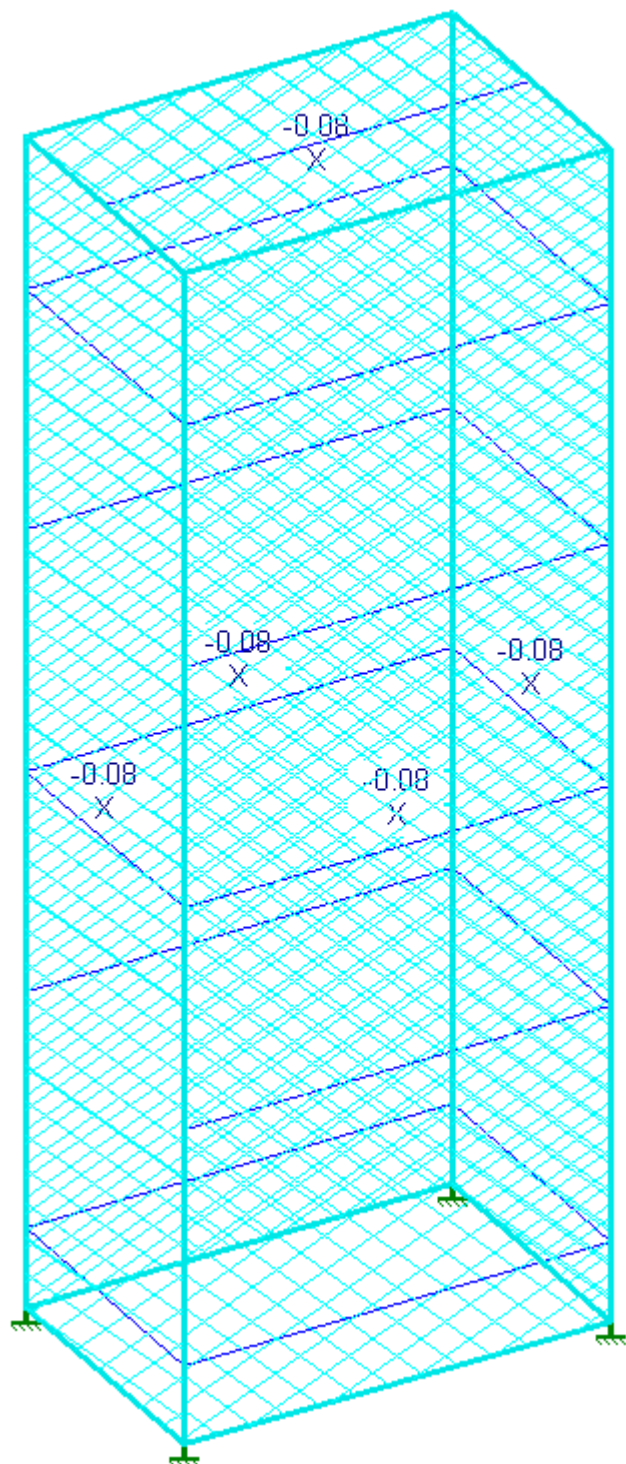
## 9.5. CARREGAMENTOS

### 9.5.1. PESO PRÓPRIO



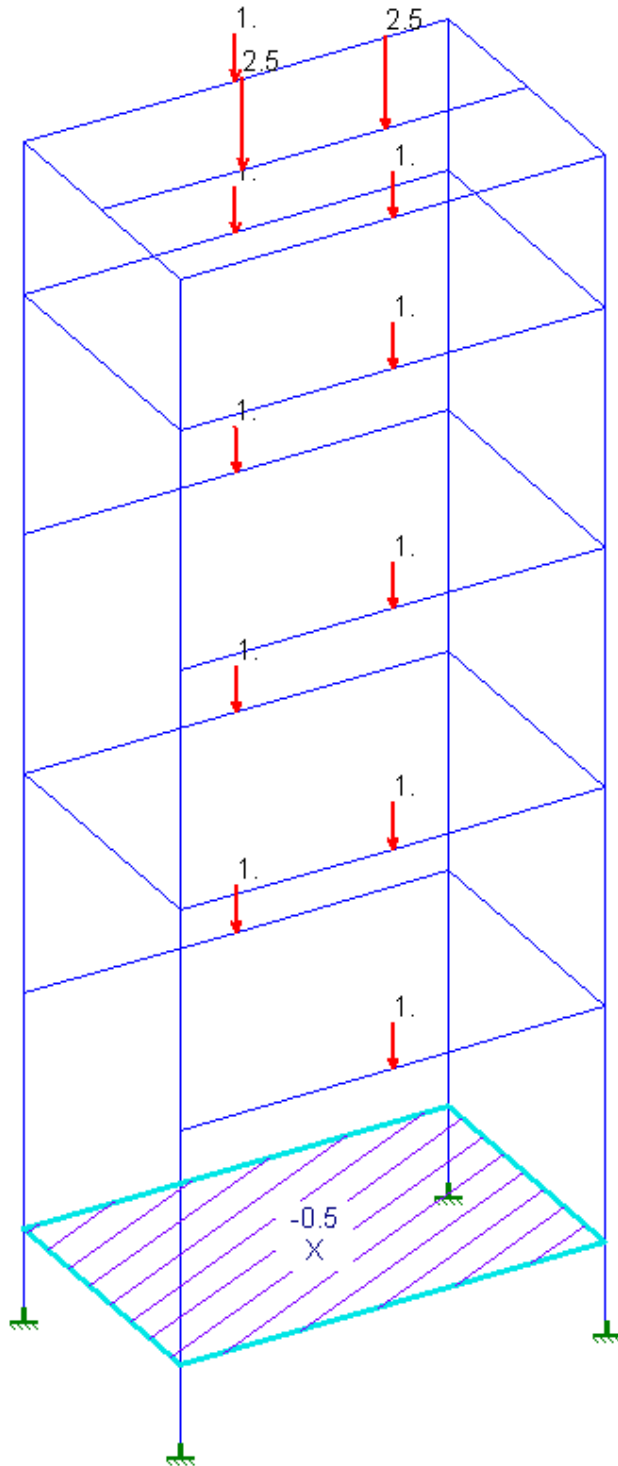
Definido pelo programa STRAP.

9.5.2. REVESTIMENTO



Revestimento: 80kgf/m<sup>2</sup>

### 9.5.3. SOBRECARGA DO ELEVADOR



Ganchos de manutenção: 2500 kgf; Carga acidental nas vigas intermediárias: 1000 kgf; Carga na "laje" de fundo: 500kgf/m².

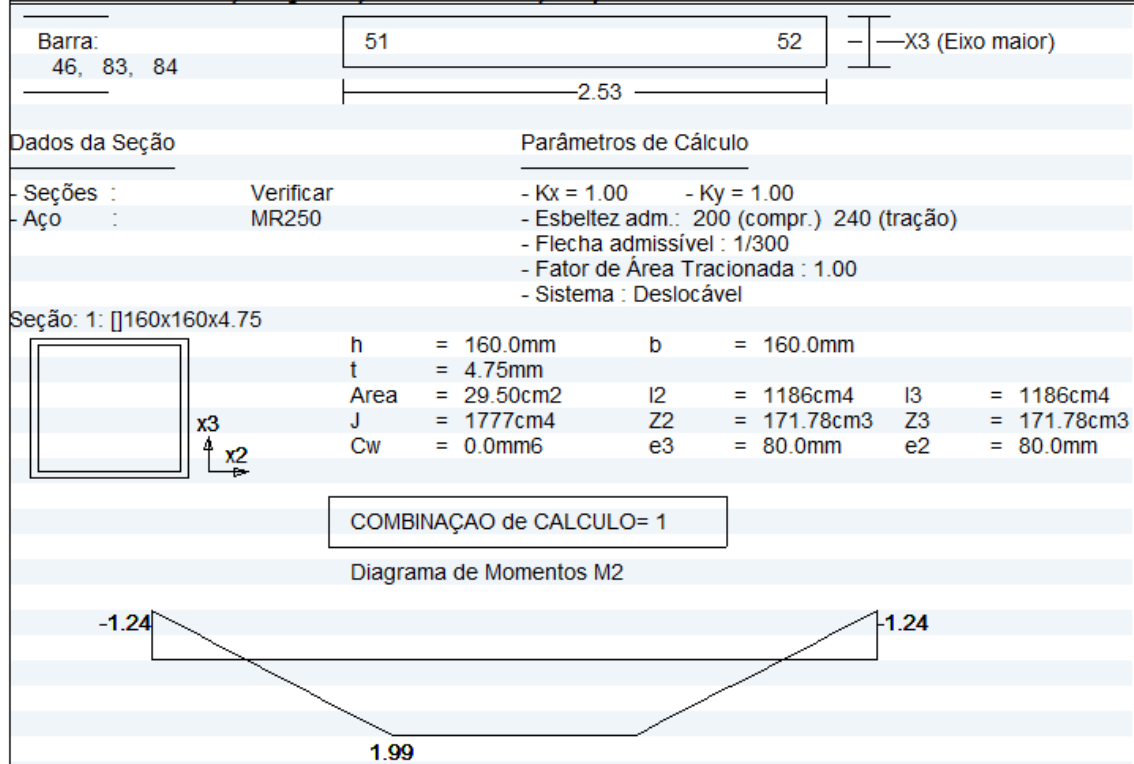
## 9.6. DIMENSIONAMENTO

### 9.6.1. COMBINAÇÕES

Tabela de Combinações			
Comb.			
1	**ELU** 9.5.1 * 1.25	+ 9.5.2 * 1.40	+ 9.5.3 * 1.50
2	**ELS** 9.5.1 * 1.00	+ 9.5.2 * 1.00	+ 9.5.3 * 1.00

### 9.6.2. VIGA PARA GANCHOS

**Momentos:tf\*metro , Forças:tf , Tensões:MPa , Propriedades:cm**



Força Axial Máx. = -0.10 (compr.) Força Cortante Máx. = 3.87

CLASSIFICAÇÃO DA SEÇÃO: \*\*\* COMPACTA \*\*\*

Relação Limite:	Comp.	Não-Compacta	Esbelta
h/t= 30.68	< 68.4	161.2	39.6 (fy= 250.0 R = 0.001 )
b/t= 30.68	< 31.7	39.6	39.6

CALCULO	EQUAÇÃO	FATORES	VALORES	RESULT
Cortante V3 5.4.3.1.1a	$V_{sd}/V_{rk} < 1$ $V_{rd}=0.6*fy*Aw/1.1$	$A_w = 14.75$	$V_{sd} = 3.87$ $V_{rd} = 20.11$	0.19
Momento M2 (G.2.1a) sem FLT	$\frac{M_{sd}}{M_{rd}} < 1.00$	$Z = 171.78$	$M_{sd} = 1.99$ $M_{rd} = 3.90$	0.51
Força Axial 5.3.2	$\frac{N_{sd}}{N_{rd}} < 1.00$	(kL/r)x =40 (kL/r)y =40 $N_{rd}=X*Q*Agfy/1.1$ $X = 0.92$	$N_{sd} = 0.10$ $Ag = 29.50$ $N_{rd} = 61.59$ $fy = 250.00$	0.00
Forças Combinadas (compress.) 5.5.1.2b	$\frac{N_{sd}}{2N_{rd}} + \frac{M_{sdx}}{M_{rdx}} + \frac{M_{suy}}{M_{rdy}} < 1.00$	$C_{mx} = 1.00$ $C_{my} = 1.00$ $N_{ex} = 363.91$ $N_{ey} = 363.91$	$M_{sdx} = 0.00$ $M_{sdy} = 1.99$ $B1x = 1.00$ $B1y = 1.00$	0.51

COMBINAÇÃO = 2

CALCULO	EQUAÇÃO	FATORES	VALORES	RESULT
Deformacao	$\frac{def.}{L / 300} < 1.00$		$def. = 0.00360$	0.43

### 9.6.3. PILAR

**Momentos:tf\*metro , Forças:tf , Tensões:MPa , Propriedades:cm**

Barra:	7	8	—X3 (Eixo maior)
4, 59, 60, 61, 92, 62	6.92		

Dados da Seção		Parâmetros de Cálculo	
- Seções :	Verificar	- Kx = 1.00	- Ky = 1.00
- Aço :	MR250	- Esbeltez adm.: 200 (compr.)	240 (tração)
		- Flecha admissível :	1/300
		- Fator de Área Tracionada :	1.00
		- Sistema :	Deslocável

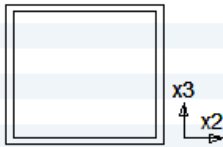
**TRAVAMENTOS INTERMEDIARIOS**

L =	0.47	1.87	3.18	4.60	6.03
Torção-Lat					
Compressão	X Y	X Y	X Y	X Y	X Y

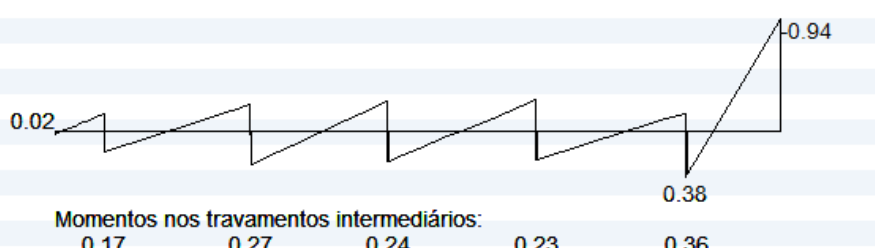
Seção: 1: []160x160x4.75

	h = 160.0mm	b = 160.0mm		
	t = 4.75mm			
	Area = 29.50cm <sup>2</sup>	I2 = 1186cm <sup>4</sup>	I3 = 1186cm <sup>4</sup>	
	J = 1777cm <sup>4</sup>	Z2 = 171.78cm <sup>3</sup>	Z3 = 171.78cm <sup>3</sup>	
	Cw = 0.0mm <sup>6</sup>	e3 = 80.0mm	e2 = 80.0mm	



COMBINAÇÃO de CALCULO= 1

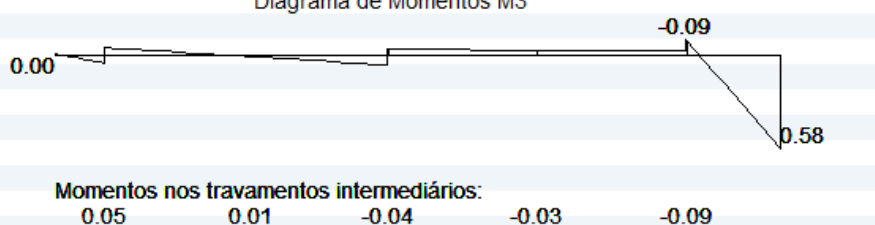
Diagrama de Momentos M2



Momentos nos travamentos intermediários:  
0.17    0.27    0.24    0.23    0.36

Força Axial Máx. = -10.73 (compr.)    Força Cortante Máx. = 1.47

Diagrama de Momentos M3



Momentos nos travamentos intermediários:  
0.05    0.01    -0.04    -0.03    -0.09

Força Axial Máx. = -10.73 (compr.) Força Cortante Máx. = 0.74

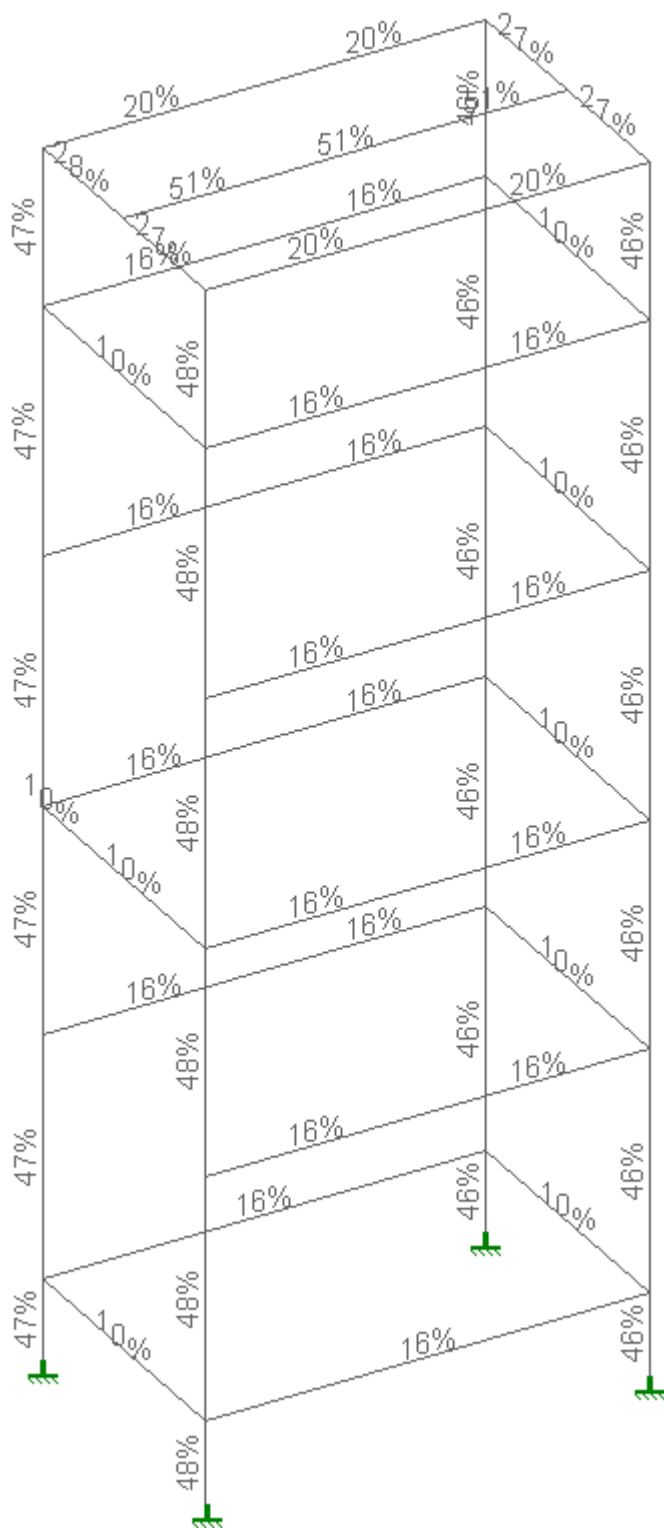
CLASSIFICAÇÃO DA SEÇÃO: \*\*\* COMPACTA \*\*\*

Relação Limite:	Comp.	Não-Compacta	Esbelta	
h/t= 30.68	< 68.4	161.2	39.6	(fy= 250.0 R= 0.146)
b/t= 30.68	< 31.7	39.6	39.6	

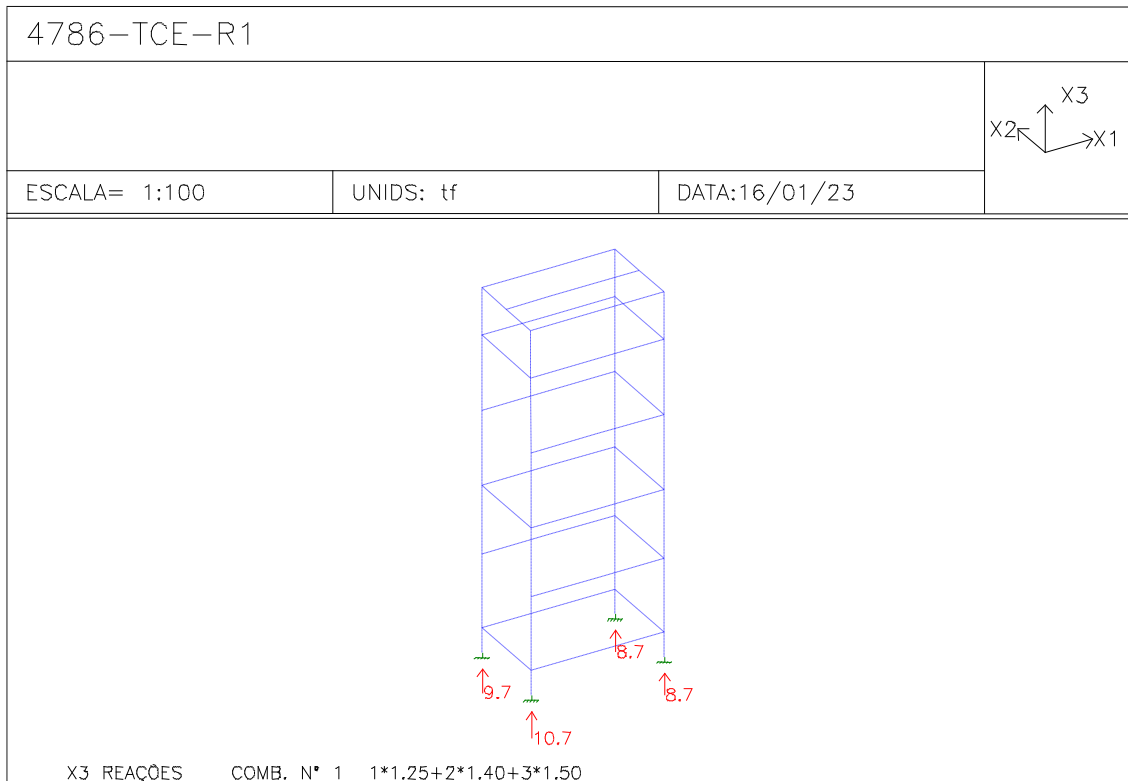
  

CALCULO	EQUAÇÃO	FATORES	VALORES	RESULT
Cortante V2 5.4.3.1.1a	$V_{sd}/V_{rd} < 1$ $V_{rd}=0.6 \cdot f_y \cdot A_w / 1.1$	$A_w = 14.75$	$V_{sd} = 0.74$ $V_{rd} = 20.11$	0.04
Momento M3 (G.2.1a) sem FLT	$\frac{M_{sd}}{M_{rd}} < 1.00$	$Z = 171.78$	$M_{sd} = 0.58$ $M_{rd} = 3.90$	0.15
Cortante V3 5.4.3.1.1a	$V_{sd}/V_{rk} < 1$ $V_{rd}=0.6 \cdot f_y \cdot A_w / 1.1$	$A_w = 14.75$	$V_{sd} = 1.47$ $V_{rd} = 20.11$	0.07
Momento M2 (G.2.1a) sem FLT	$\frac{M_{sd}}{M_{rd}} < 1.00$	$Z = 171.78$	$M_{sd} = 0.94$ $M_{rd} = 3.90$	0.24
Força Axial 5.3.2	$\frac{N_{sd}}{N_{rd}} < 1.00$	$(kL/r)_x = 23$ $(kL/r)_y = 23$ $N_{rd} = X \cdot Q \cdot A_g \cdot f_y / 1.1$ $X = 0.97$	$N_{sd} = 10.73$ $A_g = 29.50$ $N_{rd} = 65.19$ $f_y = 250.00$	0.16
Flambagem Lateral por Torção	$\frac{M_{sd}}{M_{rd}} < 1.00$	$L_b = 6.92$ $L_p = 8.79$	$M_{sd} = 0.58$ $M_{rd} = 3.90$	0.15
Segmento crítico de 0.00 a 6.92 na mesa +z Momentos na extr. do segmento: 0.00 e 0.58				
Forças Combinadas (compress.) 5.5.1.2b	$\frac{N_{sd}}{2N_{rd}} + \frac{M_{sdx}}{M_{rdx}} + \frac{M_{suy}}{M_{rddy}} < 1.00$	$C_{mx} = 1.00$ $C_{my} = 1.00$ $N_{ex} = 1100.67$ $N_{ey} = 1100.67$	$M_{sdx} = 0.58$ $M_{sdy} = 0.95$ $B1x = 1.01$ $B1y = 1.01$	0.48

### 9.7. TAXA DE CAPACIDADE



### 9.8. REAÇÕES DE APOIO



## 9.9. LIGAÇÕES TÍPICAS

### 9.9.1. CHAPA DE BASE

#### DADOS DE ENTRADA

Solicitações de calculo	
Esforço normal de cálculo de compressão(Nsd)	10.7 tf
Esforço cortante de cálculo(Vsd)	0.14 tf
Momento fletor de cálculo(Msd)	0.1 tf.m

Recorte	
Recorte na alma da coluna(R)	15 mm

Tipo de borda	
Borda	Cortada com serra ou tesoura.

Tipo de apoio	
Apoio	Apoio Com força normal de compressão

Concreto	
Resistência característica do concreto(fck)	20 MPa
Altura da base de concreto(Hc)	500 mm
Largura da base de concreto(Bc)	300 mm

Placa de base	
Altura da placa de base(H)	300 mm
Largura da placa de base(B)	300 mm
Espessura da placa de base(tp)	20 mm
Aço	ASTM A36
Tensão de escoamento(fy)	250 MPa
Tensão de ruptura(fu)	400 MPa

Espaçamentos	
Entre o chumbador e a borda da placa de base na horizontal(a)	24 mm
Entre a face da mesa da coluna e o chumbador(b)	24 mm
Entre o chumbador e a borda da placa de base na vertical(c)	24 mm
Entre furos na horizontal(g)	252 mm
Entre furos na vertical(s)	252 mm

Solda	
Eletrodo	7 ou E 70XX
Tensão de ruptura da solda(fw)	485 MPa
Espessura da perna da solda na placa de base-alma do pilar(bw)	20 mm

Pilar	
Perfil	BOX 160 x 160 x 4.75
Aço	ASTM A36
Tensão de escoamento(fy)	250 MPa
Tensão de ruptura(fu)	400 MPa

### 3. Resistência do concreto

$A_1 = 0.09 \text{ m}^2$     É a área carregada sob a placa de apoio.  
 $A_2 = 0.15 \text{ m}^2$     É a área da superfície de concreto.

$$\frac{R_{Rknc}}{\gamma} = \frac{0,70 \cdot f_{ck} \sqrt{\frac{A_2}{A_1}}}{1,40} \leq 1,40 \cdot f_{ck} = 1290.994 \text{ tf/m}^2$$

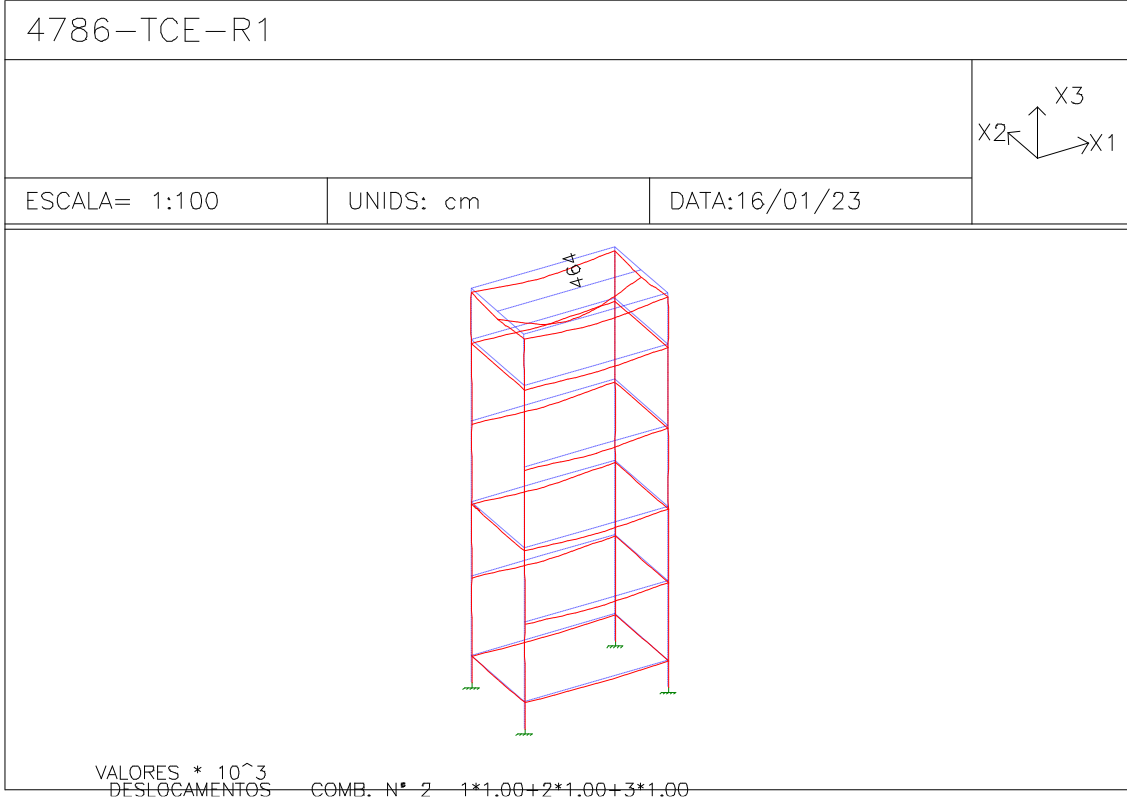
### 4. Verificação das dimensões da placa de base

$$f_c = \frac{N_{sd}}{H \cdot B} = 118.889 \text{ tf/m}^2 \quad \text{Pressão na placa de base.}$$

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

$$\frac{\text{Solicitação}}{\text{Resistência}} = \frac{f_c}{\frac{R_{Rknc}}{\gamma}} = 0.092 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

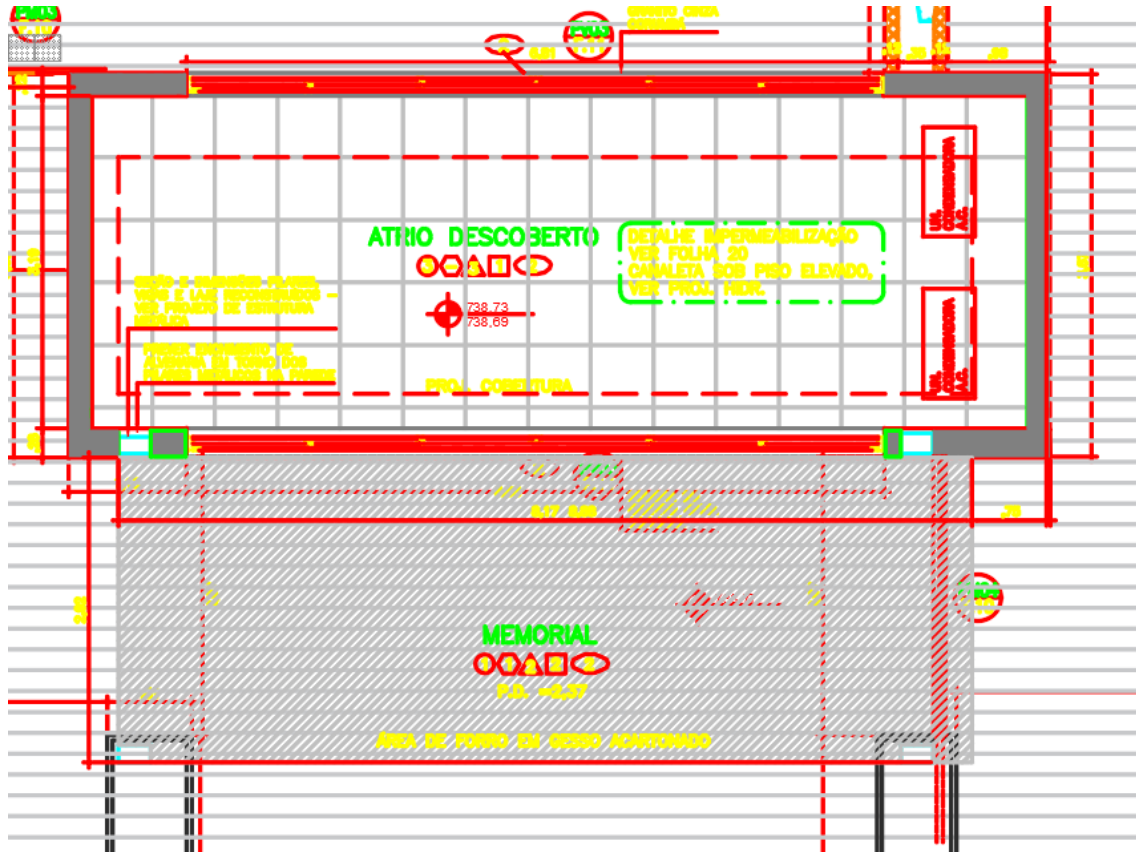
### 9.10. DESLOCAMENTOS



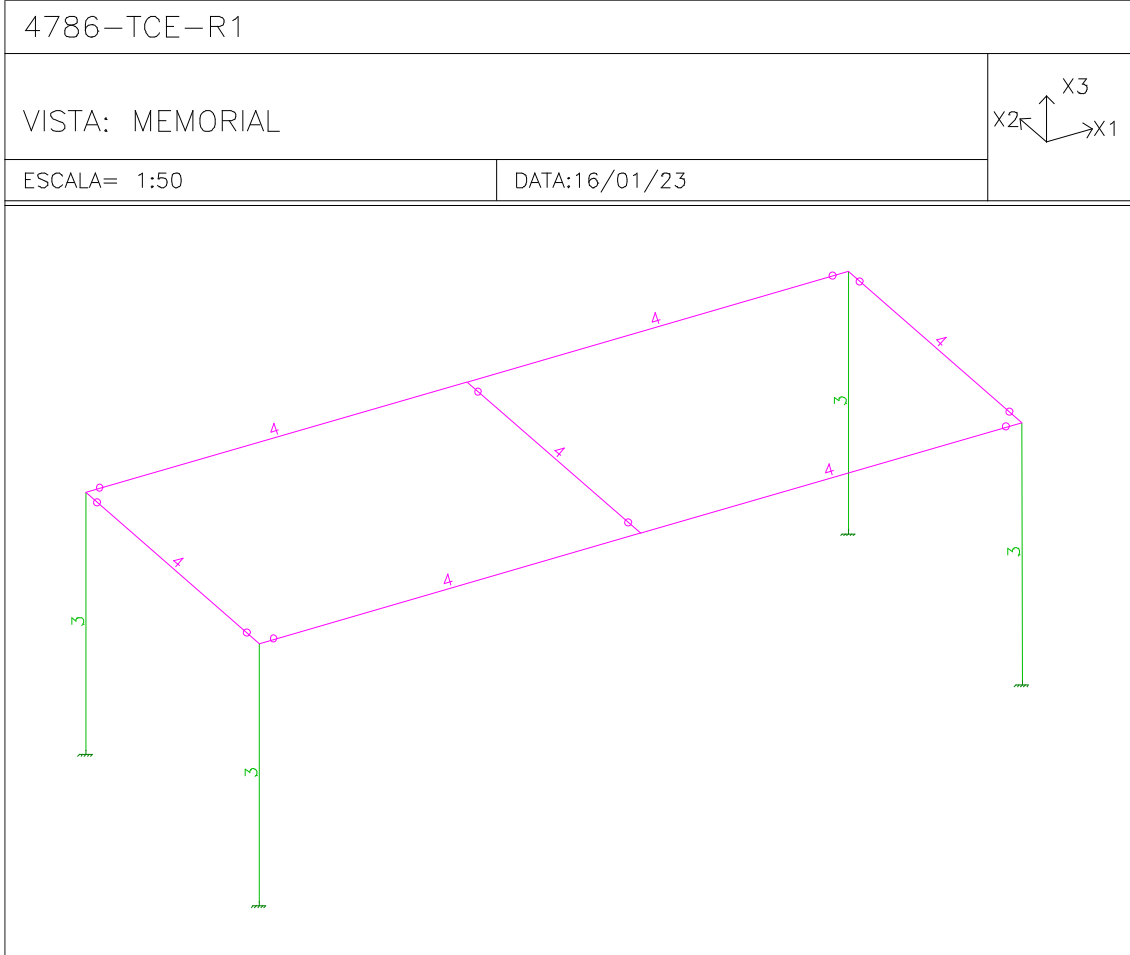
$\Phi_{lim} = 0,84 \text{ cm}$ ;  $\Phi_{atu} = 0,46 \text{ cm}$

10. ÁREA DO MEMORIAL

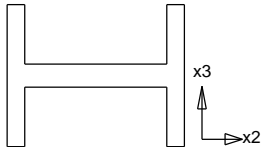
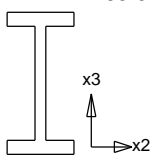
10.1. PLANTA – ARQUITETURA



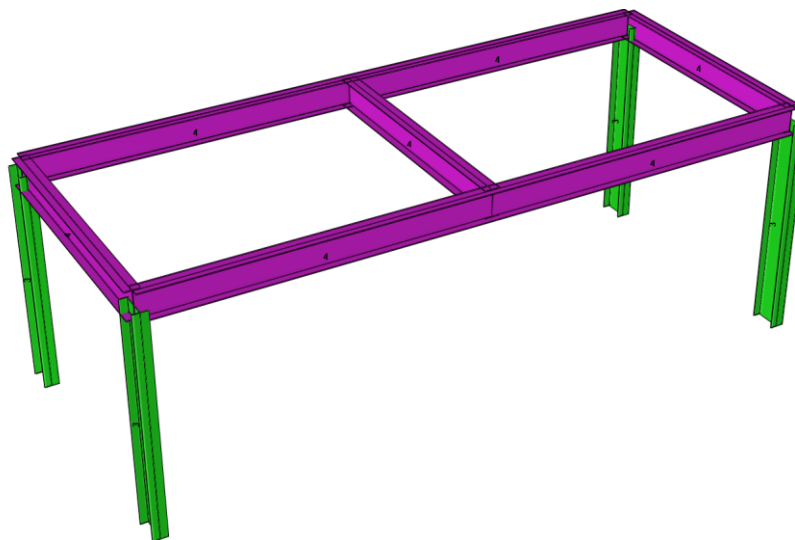
### 10.2. PERSPECTIVA 3D - MODELAGEM

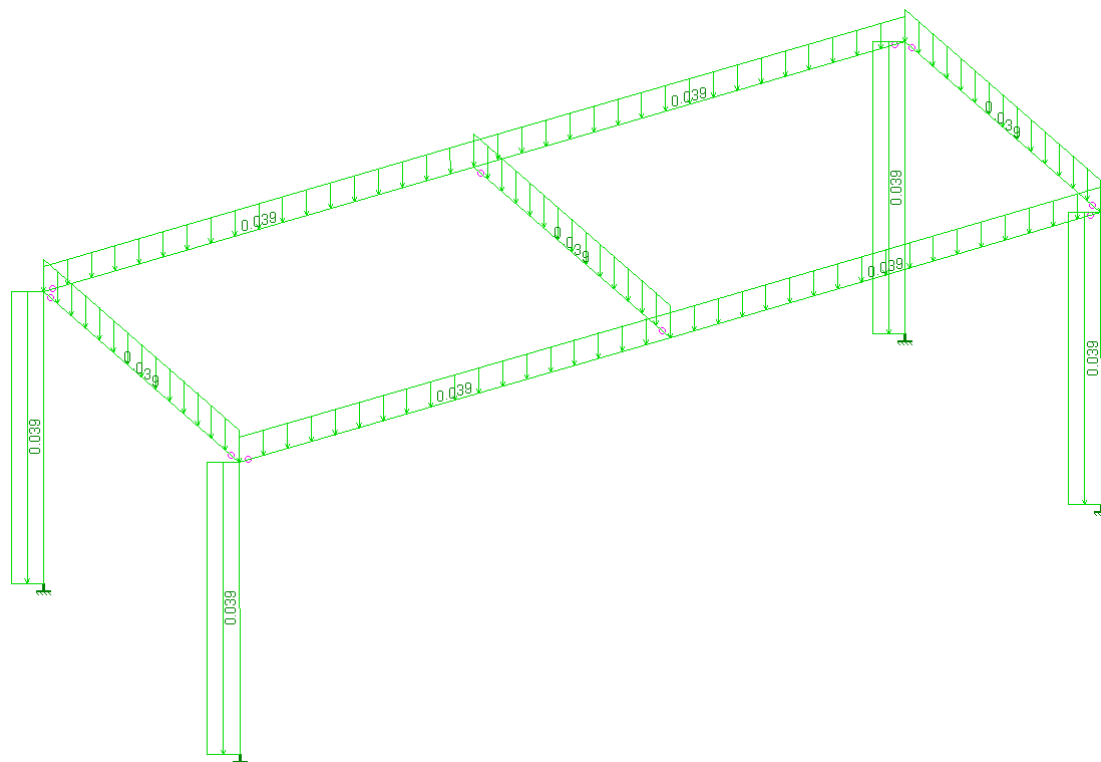


### 10.3. PROPRIEDADES DO MODELO

TABELA DE PROPRIEDADES (unidades - mm.)					
PROPRIEDADE N.3 - W310x38.7					
A=0.4970E+04	I2=0.7270E+07	I3=0.8581E+08	J=0.1320E+06	SF2=0.537	
Material = 1 - STEE	Perímetro=1268.4			SF3=0.348	
h2=310.000	h3=165.000	e2=155.000	e3=82.500		
	Laminado		W310x38.7		
	h =310.0mm	tw=5.8mm			
	bf=165.0mm	tf=9.7mm			
PROPRIEDADE N.4 - W310x38.7					
A=0.4970E+04	I2=0.8581E+08	I3=0.7270E+07	J=0.1320E+06	SF2=0.348	
Material = 1 - STEE	Perímetro=1268.4			SF3=0.537	
h2=165.000	h3=310.000	e2=82.500	e3=155.000		
	Laminado		W310x38.7		
	h =310.0mm	tw=5.8mm			
	bf=165.0mm	tf=9.7mm			

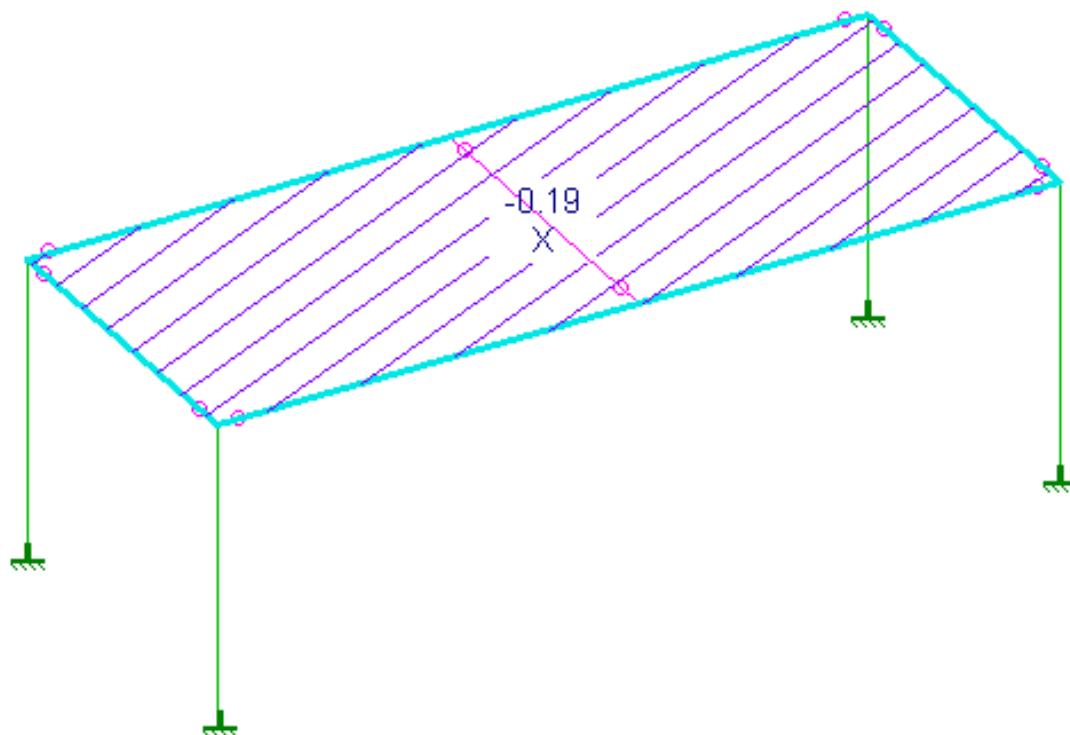
### 10.4. PERSPECTIVA 3D – RENDERIZADA

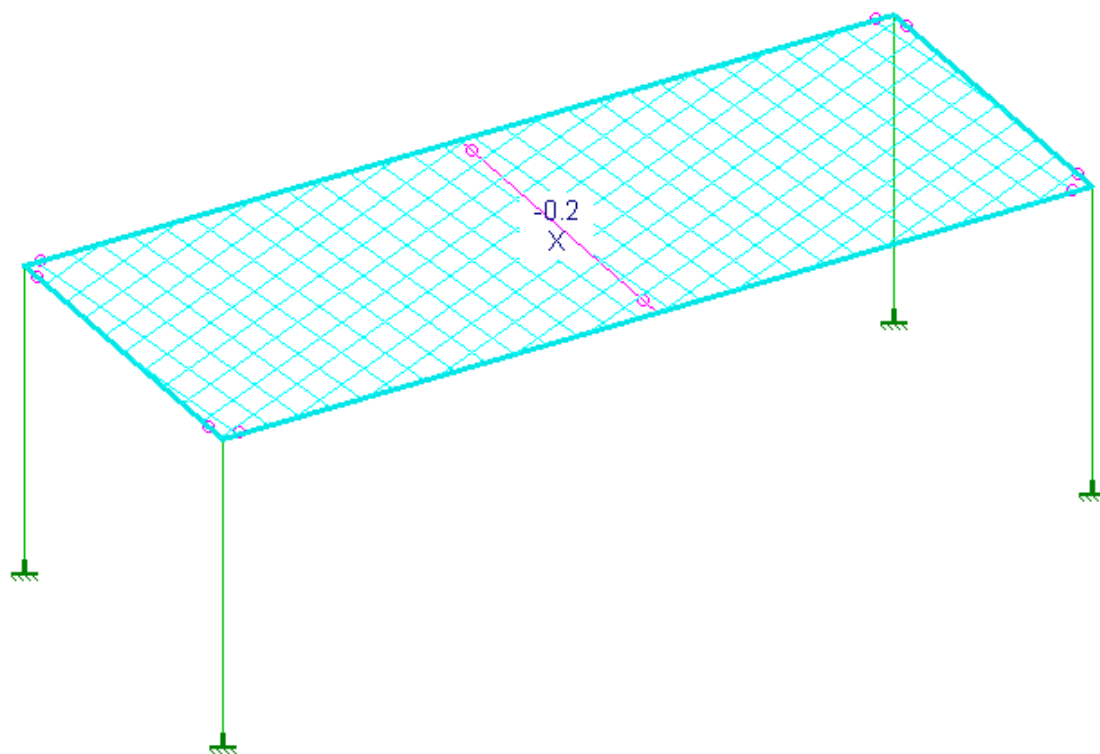


**10.5. CARREGAMENTOS****10.5.1. PESO PRÓPRIO**

Definido pelo STRAP.

**10.5.2.ELEMENTOS ADICIONADOS IN LOCO**



**10.5.3.SOBRECARGA DE USO E OCUPAÇÃO**

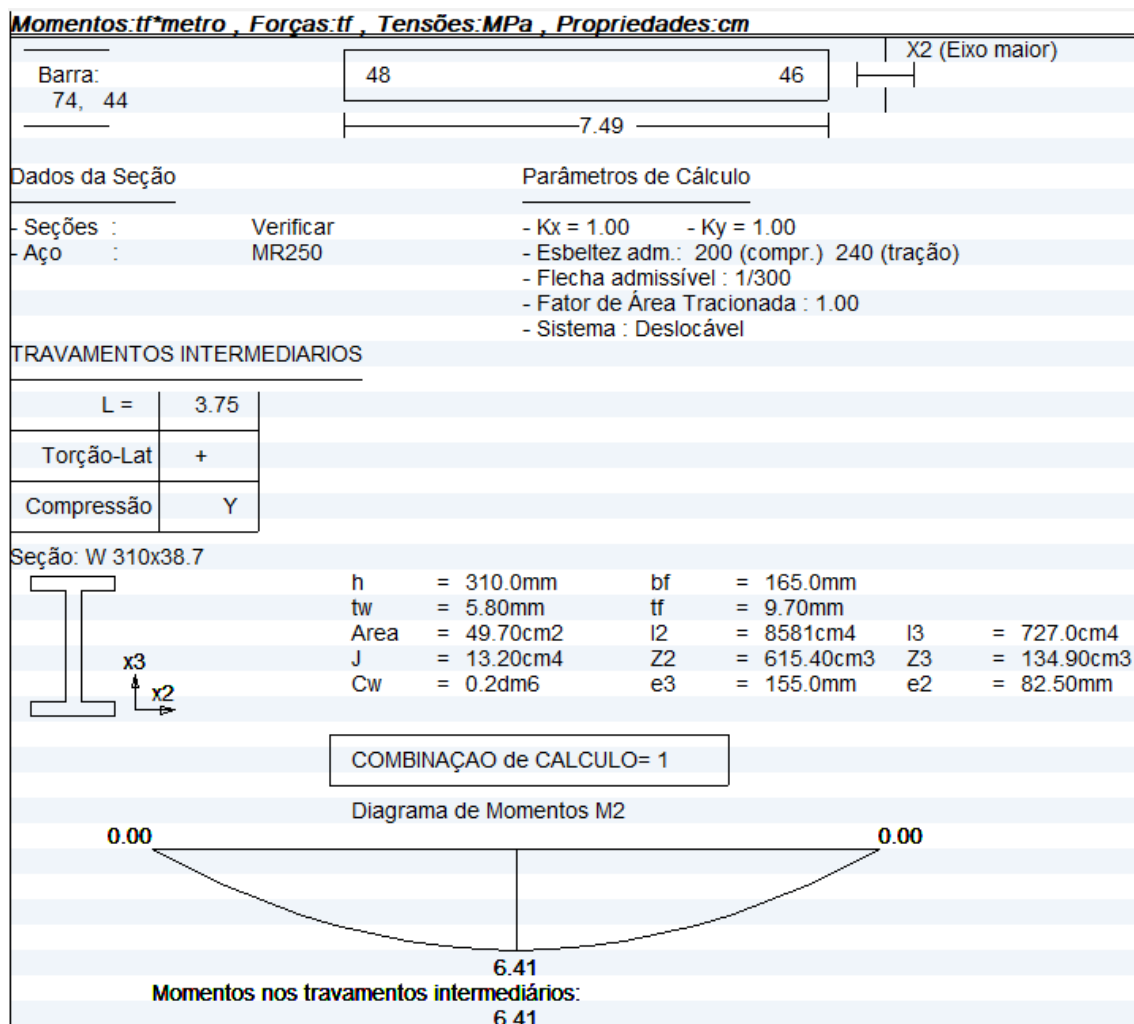
Sobrecarga de Uso e Ocupação: 200kgf/m<sup>2</sup>.

## 10.6. DIMENSIONAMENTO

### 10.6.1.COMBINAÇÕES

Tabela de Combinações	
Comb.	
1	**ELU** 10.5.1 * 1.25+ 10.5.2 * 1.40+ 10.5.3 * 1.50
2	**ELS** 10.5.1 * 1.00+ 10.5.2 * 1.00+ 10.5.3 * 1.00

### 10.6.2.VIGAS



Força Axial Máx. = 0.00 (tração) Força Cortante Máx. = 3.39

CLASSIFICAÇÃO DA SEÇÃO: \*\*\* COMPACTA / ESBELTA \*\*\*

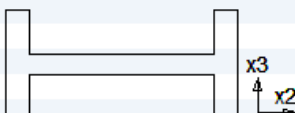
Relação Limite:	Comp.	Não-Compacta	Esbelta	
h/t= 46.72	< 106.3	161.2	42.1	(fy= 250.0 R = 0.000 )
b/t= 8.51	< 10.7	28.3	15.8	

CALCULO	EQUAÇÃO	FATORES	VALORES	RESULT
Cortante V3 5.4.3.1.1a	$V_{sd}/V_{rk} < 1$ $V_{rd}=0.6*fy*Aw/1.1$	$A_w = 17.98$	$V_{sd} = 3.39$ $V_{rd} = 24.52$	0.14
Momento M2 (G.2.1a) sem FLT	$M_{sd} < 1.00$ Mrd	$Z = 615.40$	$M_{sd} = 6.41$ $M_{rd} = 13.99$	0.46
Flambagem Lateral por Torcao G.2.1b	$M_{sd} < 1.00$ Mrd	$L_b = 3.75$ $L_p = 1.90$ $L_r = 5.60$ $C_b = 1.31$	$M_{sd} = 6.41$ $M_{rd} = 13.99$ $M_r = 9.69$ $M_p = 15.39$	0.46
Segmento critico de 0.00 a 3.75 na mesa +z Momentos na extr. do segmento: 0.00 e 6.41				

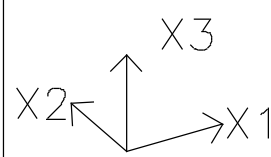
COMBINAÇÃO = 2

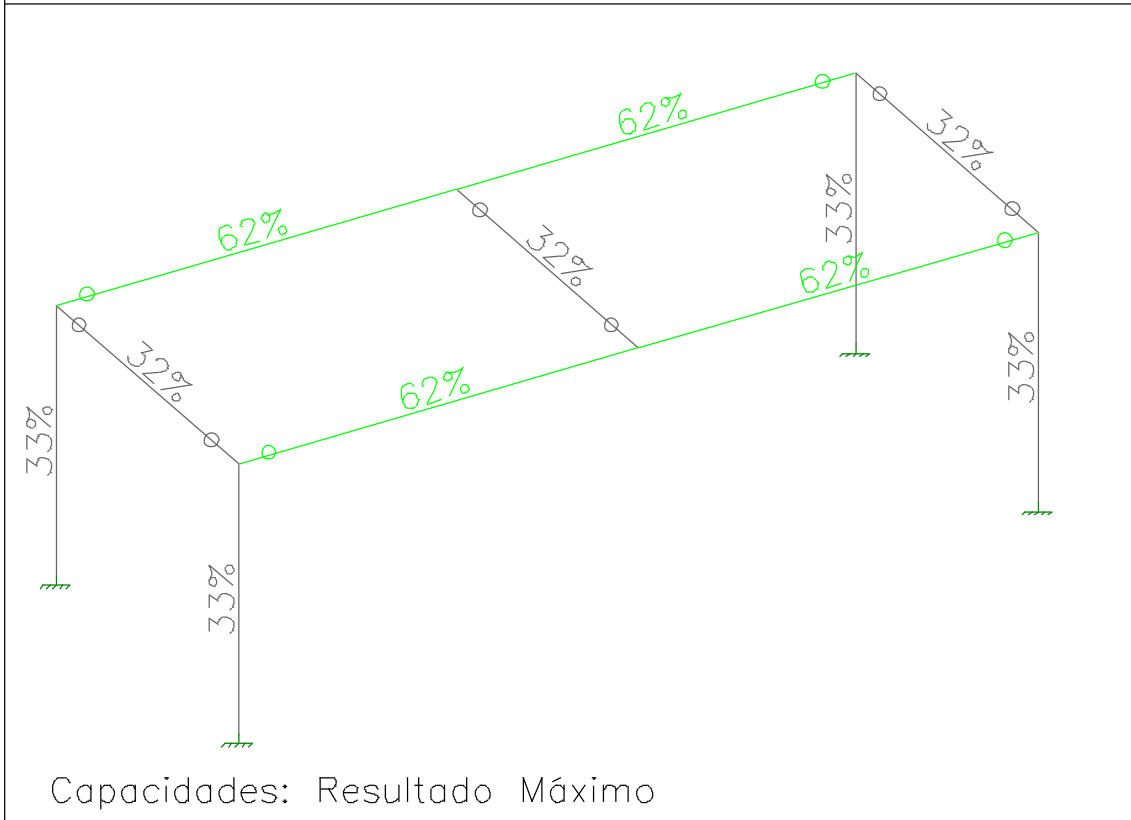
CALCULO	EQUAÇÃO	FATORES	VALORES	RESULT
Deformacao	$def. < 1.00$ $L / 300$		$def. = 0.01558$	0.62

### 10.6.3.PILAR

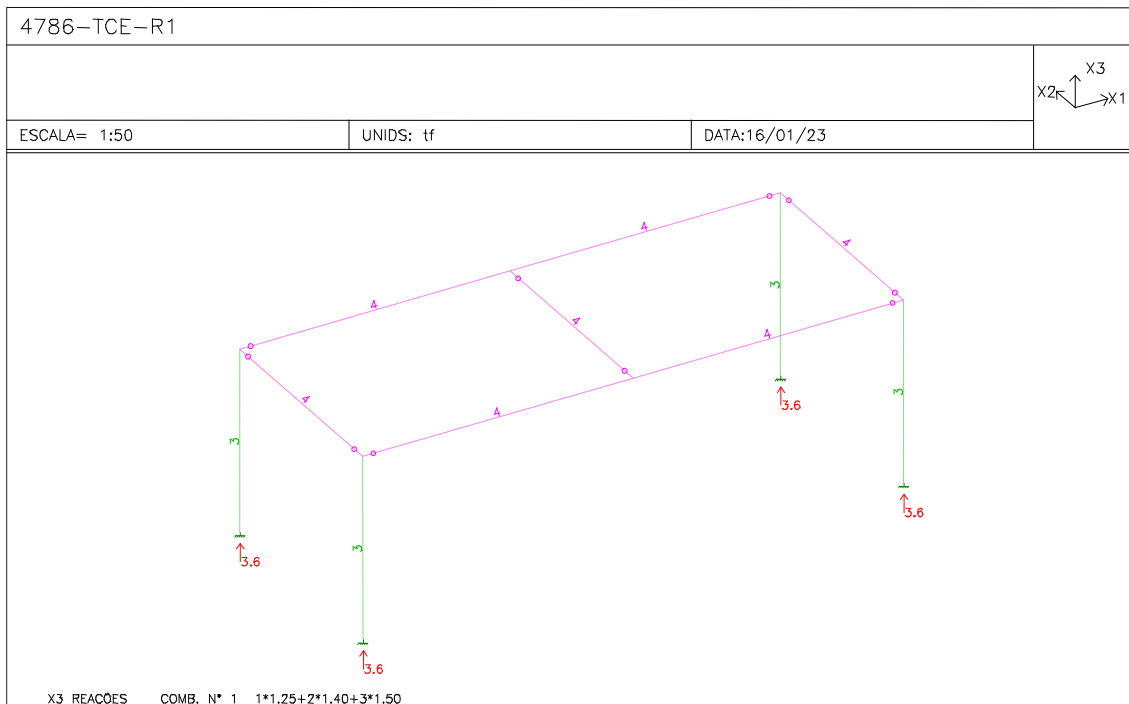
Momentos:tf*metro , Forças:tf , Tensões:MPa , Propriedades:cm				
Barra: 40	47	48		—X3 (Eixo maior)
2.53				
<b>Dados da Seção</b>		<b>Parâmetros de Cálculo</b>		
- Seções :	Verificar	- Kx = 1.00	- Ky = 1.00	
- Aço :	MR250	- Esbeltez adm.: 200 (compr.) 240 (tração)		
		- Flecha admissível : 1/300		
		- Fator de Área Tracionada : 1.00		
		- Sistema : Deslocável		
Seção: W 310x38.7				
	h = 310.0mm	bf = 165.0mm		
	tw = 5.80mm	tf = 9.70mm		
	Area = 49.70cm <sup>2</sup>	I2 = 727.0cm <sup>4</sup>	I3 = 8581cm <sup>4</sup>	
	J = 13.20cm <sup>4</sup>	Z2 = 134.90cm <sup>3</sup>	Z3 = 615.40cm <sup>3</sup>	
	Cw = 0.2dm <sup>6</sup>	e3 = 82.50mm	e2 = 155.0mm	
COMBINAÇÃO de CALCULO= 1				
Força Axial Máx. = -3.58 (compr.) Força Cortante Máx. = 0.00				
CLASSIFICAÇÃO DA SEÇÃO: *** COMPACTA / ESBELTA ***				
Relação Limite:	Comp.	Não-Compacta	Esbelta	
h/t= 46.72	< 106.3	161.2	42.1 (fy= 250.0 R = 0.029 )	
b/t= 8.51	< 10.7	28.3		
<b>CALCULO</b>	<b>EQUAÇÃO</b>	<b>FATORES</b>	<b>VALORES</b>	<b>RESULT</b>
Força Axial	Nsd	(kL/r)x =19	Nsd = 3.58	
5.3.2	< 1.00	(kL/r)y =66	Ag = 49.70	
	Nrd	Nrd=X*Q*Agfy/1.1	Nrd = 88.14	0.04
		X = 0.80	fy = 250.00	
			Q = 0.98	

10.7. TAXA DE CAPACIDADE

4786-TCE-R1	
	
ESCALA = 1:100	DATA:16/01/23



### 10.8. REAÇÕES DE APOIO



## 10.9. LIGAÇÕES TÍPICAS

### 10.9.1. LIGAÇÃO VIGA COM DUPLA TALA DE ALMA

#### DADOS DE ENTRADA

Solicitações de cálculo	
Esforço normal atuante na viga(Nsd)	4.5 tf
Esforço cortante atuante na viga(Vsd)	4.5 tf

Parafusos	
Tipo	ASTM A325
Tensão de escoamento do parafuso(fy)	635 MPa
Tensão de ruptura dos parafusos(fu)	825 MPa
Diâmetro	12.5 mm
Número de parafusos em cada aba da cantoneira(n)	3
Rosca inclusa no plano de corte	SIM

Espaçamento	
Distância horizontal entre a borda da cantoneira e o centro do primeiro furo(e1)	22.8 mm
Distância vertical entre a borda da cantoneira e o centro do primeiro furo(e2)	18.75 mm
Espaçamento vertical entre furos(s)	37.5 mm

Viga	
Perfil	W 310 38.7
Aço	ASTM A572 GR 50
Tensão de escoamento(fy)	345 MPa
Tensão de ruptura(fu)	450 MPa

Cantoneira	
Perfil	LLM 50.8 x 4.76
Aço	ASTM A36
Tensão de escoamento(fy)	250 MPa
Tensão de ruptura(fu)	400 MPa

Viga de apoio	
Perfil	W 310 38.7
Aço	ASTM A572 GR 50
Tensão de escoamento(fy)	345 MPa
Tensão de ruptura(fu)	451a

### Verificação da altura das cantoneiras

$h_{máx} = 0.251 \text{ m}$     Altura máxima  
 $h_c = 0.112 \text{ m}$     Altura da cantoneira

$$h_c \leq h_{máx} \quad \text{OK!}$$

### Verificação dos Parafusos no apoio

$F_{dc} = 1.192 \text{ tf}$     Força de cisalhamento máximo  
 $F_{dn} = 3.71 \text{ tf}$     Força de tração total nos parafusos

#### •Verificação do cisalhamento ( ligação por contato )

Parafusos da alma com dois planos de corte

$$\frac{R_{Rkv}}{\gamma} = \frac{0,4 \cdot A_b \cdot f_{ub}}{1,35}$$

$$\frac{R_{Rkv}}{\gamma} = 3 \text{ tf}$$

$$\frac{R_{Rkv}}{\gamma} \geq F_{dc} \quad \text{OK!}$$

$$\frac{\text{Solicitação}}{\text{Resistência}} = \frac{F_{dc}}{R_{Rkv}/\gamma} = 0.397 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

#### •Verificação da tração

$$A_{be} = 0,75 \cdot \left( \frac{\pi \cdot d_b^2}{4} \right) = 0 \text{ m}^2$$

$$\frac{R_{Rkt}}{\gamma} = \frac{A_{be} \cdot f_{ub}}{1,35} = 5.622 \text{ tf}$$

$$\frac{R_{Rkt}}{\gamma} \geq F_{dn} \quad \text{OK!}$$

$$\frac{\text{Solicitação}}{\text{Resistência}} = \frac{F_{dn}}{R_{Rkt}/\gamma} = 0.66 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

**•Verificação da interação Tração + Cisalhamento**

$$F_{Sdt} = 3.71 \text{ tf}$$

$$F_{Sdv} = 1.192 \text{ tf}$$

$$\frac{f_{ub} \cdot A_b}{1,35} - 1,90 \cdot F_{Sdv} = 5.234 \text{ tf}$$

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

**Verificação da pressão de contato na chapa**

**•Verificação do rasgamento entre furos consecutivos**

$$F_{dc} = 1.192 \text{ tf} \quad \text{Força de cisalhamento máximo}$$

$$l_c = (s - d) = 0.023 \text{ m} \quad \text{Distância livre entre a borda do furo e a borda do furo adjacente.}$$

$$\frac{R_{Rkc}}{\gamma} = \frac{1,5 \cdot l_c \cdot t_c \cdot f_u}{1,35} \leq \frac{3,0 \cdot d_b \cdot t_c \cdot f_u}{1,35} = 4.972 \text{ tf}$$

$$\frac{R_{Rkc}}{\gamma} \geq F_{dc} \quad \text{OK!}$$

$$\frac{\text{Solicitação}}{\text{Resistência}} = \frac{F_{dc}}{R_{Rkc}/\gamma} = 0.24 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

**•Verificação do rasgamento entre furo e borda**

$$F_{dc} = 1.192 \text{ tf} \quad \text{Força de cisalhamento máximo}$$

$$l_c = (e_2 - \frac{d}{2}) = 0.012 \text{ m} \quad \text{Distância livre entre a borda do furo e a borda do furo adjacente.}$$

$$\frac{R_{Rkc}}{\gamma} = \frac{1,5 \cdot l_c \cdot t_c \cdot f_u}{1,35} \leq \frac{3,0 \cdot d_b \cdot t_c \cdot f_u}{1,35} = 2.486 \text{ tf}$$

$$\frac{R_{Rkc}}{\gamma} \geq F_{dc} \quad \text{OK!}$$

$$\frac{\text{Solicitação}}{\text{Resistência}} = \frac{F_{dc}}{R_{Rkc}/\gamma} = 0.48 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

**Verificação das cantoneiras**

**•Verificação da tensão provocada pela força cortante na seção bruta**

$$f_{vd} = 4201.681 \text{ tf/m}^2 \quad \text{Tensão provocada pelo esforço cortante.}$$

$$\frac{R_{Rkn}}{\gamma} = \frac{0,6 \cdot f_y}{1,10} = 13636.363 \text{ tf/m}^2$$

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

$$\frac{\text{Solicitação}}{\text{Resistência}} = \frac{f_{vd}}{R_{Rkn}/\gamma} = 0.308 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

•Verificação da tensão provocada pelo momento fletor na seção bruta

$$f_{bd} = 11126.05 \text{ tf/m}^2 \quad \text{Tensão de cálculo}$$

$$\frac{R_{Rkn}}{\gamma} = \frac{f_y}{1,10} = 22727.273 \text{ tf/m}^2$$

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

$$\frac{\text{Solicitação}}{\text{Resistência}} = \frac{f_{bd}}{R_{Rkn}/\gamma} = 0.49 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

•Verificação da tensão provocada pela força cortante

$$f_{vd} = 6704.81 \text{ tf/m}^2 \quad \text{Tensão de cálculo}$$

$$\frac{R_{Rkn}}{\gamma} = \frac{0,6 \cdot f_u}{1,35} = 17777.777 \text{ tf/m}^2$$

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

$$\frac{\text{Solicitação}}{\text{Resistência}} = \frac{f_{vd}}{R_{Rkn}/\gamma} = 0.377 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

•Verificação da tensão provocada pelo momento fletor na seção líquida

$$f_{bd} = 17158.793 \text{ tf/m}^2 \quad \text{Tensão de cálculo}$$

$$\frac{R_{Rkn}}{\gamma} = \frac{f_u}{1,35} = 29629.629 \text{ tf/m}^2$$

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

$$\frac{\text{Solicitação}}{\text{Resistência}} = \frac{f_{bd}}{R_{Rkn}/\gamma} = 0.579 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

### Verificação do colapso por rasgamento nas cantoneiras

$V_c = 2.25 \text{ tf}$  Esforço cortante atuante na cantoneira

$$f_u \cdot A_{nt} < 0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv}$$

$$\frac{R_{Rk}}{\gamma} = \frac{0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv} + f_y \cdot A_{gt}}{1,35} \leq \frac{0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv} + f_u \cdot A_{nt}}{1,35} = 8.166 \text{ tf}$$

$$\frac{R_{Rk}}{\gamma} \geq V_c \quad \text{OK!}$$

$$\frac{\text{Solicitação}}{\text{Resistência}} = \frac{V_c}{R_{Rk}/\gamma} = 0.276 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

### Verificação dos parafusos na ligação entre a alma da viga e as cantoneiras

#### •Verificação do cisalhamento

$$\frac{R_{Rkv}}{\gamma} = 2 \cdot \frac{0,4 \cdot A_b \cdot f_{ub}}{1,35} = 3 \text{ tf}$$

Com a rosca inclusa no plano de corte

$$\frac{R_{Rkv}}{\gamma} \geq F_{dc} \quad \text{OK!}$$

$$\frac{R_{Rkv}}{\gamma} < F_{dc} = 0.199 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

### Verificação da pressão de contato na chapa (alma da viga)

#### •Verificação do rasgamento entre furos consecutivos

$F_{dc} = 1.192 \text{ tf}$  Força de cisalhamento máximo

$l_c = (s - d) = 0.023 \text{ m}$  Distância livre entre a borda do furo e a borda do furo adjacente.

$$\frac{R_{Rkc}}{\gamma} = \frac{1,5 \cdot l_c \cdot t_c \cdot f_u}{1,35} \leq \frac{3,0 \cdot d_b \cdot t_c \cdot f_u}{1,35} = 5.593 \text{ tf}$$

$$\frac{R_{Rkc}}{\gamma} \geq F_{dc} \quad \text{OK!}$$

$$\frac{\text{Solicitação}}{\text{Resistência}} = \frac{F_{dc}}{R_{Rkc}/\gamma} = 0.213 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

•Verificação do rasgamento entre furo e borda ( direção vertical )

$l_c = (e_2 - \frac{d}{2}) = 0.012 \text{ m}$  Distância livre entre a borda do furo e a borda da parte ligada.

$$\frac{R_{Rkc}}{\gamma} = \frac{1,5 \cdot l_c \cdot t_c \cdot f_u}{1,35} \leq \frac{3,0 \cdot d_b \cdot t_c \cdot f_u}{1,35} = 2.796 \text{ tf}$$

$$\frac{R_{Rkc}}{\gamma} \geq F_{dc} \quad \text{OK!}$$

$$\frac{\text{Solicitação}}{\text{Resistência}} = \frac{F_{dc}}{R_{Rkc}/\gamma} = 0.426 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

•Verificação do rasgamento entre furo e borda ( direção horizontal )

$l_c = (L_c - (e_1 + \frac{d}{2})) = 0.021 \text{ m}$  Distância livre entre a borda do furo e a borda da parte ligada.

$$\frac{R_{Rkc}}{\gamma} = \frac{1,5 \cdot l_c \cdot t_c \cdot f_u}{1,35} \leq \frac{3,0 \cdot d_b \cdot t_c \cdot f_u}{1,35} = 4.998 \text{ tf}$$

$$\frac{R_{Rkc}}{\gamma} \geq F_{dc} \quad \text{OK!}$$

$$\frac{\text{Solicitação}}{\text{Resistência}} = \frac{F_{dc}}{R_{Rkc}/\gamma} = 0.239 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

### Verificação do colapso por rasgamento da alma da viga de apoio

Cts = 1,00  
Ant = 0 m2      Área líquida sujeita à tração  
Agv = 0 m2      Área bruta sujeita ao cisalhamento  
Anv = 0 m2      Área líquida sujeita ao cisalhamento

$$F_{Rd,r} = \frac{0,60 \cdot f_u \cdot A_{nv} + C_{ts} \cdot f_u \cdot A_{nt}}{1,35} = 12.18 \text{ tf}$$

$$F_{Rd,r} = \frac{0,60 \cdot f_y \cdot A_{gv} + C_{ts} \cdot f_u \cdot A_{nt}}{1,35} = 12.721 \text{ tf}$$

FRdr = 12.18 tf

$$F_{Rd,r} \geq V_{Sd} \quad \text{OK!}$$

$$\frac{\text{Solicitação}}{\text{Resistência}} = \frac{V_{Sd}}{F_{Rd,r}} = 0.369 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

## 10.9.2.BASES ENGASTADAS

### DADOS DE ENTRADA

Solicitações de calculo	
Esforço normal de cálculo de compressão(Nsd)	10.5 tf
Esforço cortante de calculo(Vsd)	4.5 tf
Momento fletor de cálculo(Msd)	1 tf.m

Recorte	
Recorte na alma da coluna(R)	15 mm

Tipo de borda	
Borda	Cortada com serra ou tesoura.

Tipo de apoio	
Apoio	Apoio Com força normal de compressão

Concreto	
Resistência característica do concreto(fck)	20 MPa
Altura da base de concreto(Hc)	585 mm
Largura da base de concreto(Bc)	265 mm

Placa de base	
Altura da placa de base(H)	385 mm
Largura da placa de base(B)	265 mm
Espessura da placa de base(tp)	10 mm
Aço	ASTM A36
Tensão de escoamento(fy)	250 MPa
Tensão de ruptura(fu)	400 MPa

Espaçamentos	
Entre o chumbador e a borda da placa de base na horizontal(a)	18.75 mm
Entre a face da mesa da coluna e o chumbador(b)	18.75 mm
Entre o chumbador e a borda da placa de base na vertical(c)	18.75 mm
Entre furos na horizontal(g)	347.5 mm
Entre furos na vertical(s)	227.5 mm

Solda	
Eletrodo	7 ou E 70XX
Tensão de ruptura da solda(fw)	485 MPa
Espessura da perna da solda na placa de base-mesa do pilar(bw)	4.75 mm
Espessura da perna da solda na placa de base-alma do pilar(bw)	10 mm

Pilar	
Perfil	W 310 38.7
Aço	ASTM A36
Tensão de escoamento(fy)	250 MPa
Tensão de ruptura(fu)	400 MPa

### Resistência do concreto

$A_1 = 0.102 \text{ m}^2$  É a área carregada sob a placa de apoio.  
 $A_2 = 0.155 \text{ m}^2$  É a área da superfície de concreto.

$$\frac{R_{Rknc}}{\gamma} = \frac{0,70 \cdot f_{ck} \sqrt{\frac{A_2}{A_1}}}{1,40} \leq 1,40 \cdot f_{ck} = 1232.672 \text{ tf/m}^2$$

### Verificação das dimensões da placa de base

$$f_c = \frac{N_{Sd}}{H \cdot B} = 102.916 \text{ tf/m}^2 \quad \text{Pressão na placa de base.}$$

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

$$\frac{\text{Solicitação}}{\text{Resistência}} = \frac{f_c}{\frac{R_{Rknc}}{\gamma}} = 0.083 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

### Avaliação da solicitação na placa de base

$$\eta = \frac{E}{E_c} = 9.292 \quad \text{Fator de homogeneização.}$$

$m = H - a = 0.366 \text{ m}$  Parâmetro geométrico utilizado no cálculo da posição da linha neutra.

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot \left[ \frac{M_d}{N_d} - \frac{H}{2} \right] = -0.266 \quad \text{Parâmetro utilizado no cálculo da posição da linha neutra}$$

$\rho > -\frac{1}{3}$  a placa de base está parcialmente comprimida.

### Determinação da posição da linha neutra

$A_s = 0 \text{ m}^2$  Área dos chumbadores na região tracionada

$$\mu = \frac{A_s}{B \cdot m} = 0.003 \quad \text{Parâmetro geométrico utilizado no cálculo da posição da linha}$$

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

$K = 0.824$

$LN = k \cdot m = 0.302 \text{ m}$  Posição da linha neutra.

### Verificação da tensão no concreto

$f_{c1} = 265.882 \text{ tf/m}^2$  Tensão máxima no concreto.

$$\frac{R_{Rknc}}{\gamma} = \frac{0,7 \cdot f_{ck} \cdot \sqrt{2}}{1,35} \leq 0,7 \cdot (1,4 \cdot f_{ck}) = 1466.592 \text{ tf/m}^2 \quad \text{Resistência de cálculo do concreto}$$

$$\frac{R_{Rknc}}{\gamma} \geq f_{c1} \quad \text{OK!}$$

$$\frac{\text{Solicitação}}{\text{Resistência}} = \frac{f_{c1}}{R_{Rknc}/\gamma} = 0.181 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

### Verificação da placa de base

$t_p = 0.01 \text{ m}$  Espessura da placa de base.

$$t_{pmin1} = \sqrt{\frac{16 \cdot M_o}{3 \cdot f_y}} = 0.007 \text{ m} \quad \text{Espessura mínima em função da flexão na placa.}$$

$$t_{pmin2} = \sqrt{\frac{16 \cdot M_p}{3 \cdot L \cdot f_y}} = 0.003 \text{ m} \quad \text{Espessura mínima em função da tração máxima no chumbador.}$$

$t_{pmin} = 0.007 \text{ m}$  Espessura mínima da placa de base.

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

## Verificação dos componentes do perfil

### •Verificação da mesa tracionada

$P_t = 1.92 \text{ tf}$  Força normal de tração nas mesas.  
 $f_{mt} = 1199.623 \text{ tf/m}^2$  Tensão na mesa tracionada.

$$\frac{R_{Rkn}}{\gamma} = \frac{f_y}{1,10} = 22727.273 \text{ tf/m}^2$$

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

$$\frac{\text{Solicitação}}{\text{Resistência}} = \frac{f_{mt}}{R_{Rkn}/\gamma} = 0.053 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

### •Verificação da mesa comprimida

$P_c = 8.58 \text{ tf}$  Força na mesa comprimida.  
 $f_{mc} = 5360.827 \text{ tf/m}^2$  Tensão atuante na mesa comprimida.

$$\frac{R_{Rkn}}{\gamma} = \frac{f_y}{1,10} = 22727.273 \text{ tf/m}^2 \quad \text{OK!}$$

$$\frac{\text{Solicitação}}{\text{Resistência}} = \frac{f_{mc}}{R_{Rkn}/\gamma} = 0.236 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

### •Verificação da alma do pilar

$f_{dw} = 2977.214 \text{ tf/m}^2$  Tensão de cisalhamento.  
 $f_{ndw} = 4652.12 \text{ tf/m}^2$  Tensão normal máxima.

### •Resistência de cálculo a tensão normal

$$\frac{R_{Rkn}}{\gamma} = \frac{f_y}{1,10} = 22727.273 \text{ tf/m}^2$$

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

$$\frac{\text{Solicitação}}{\text{Resistência}} = \frac{f_{ndw}}{R_{Rkn}/\gamma} = 0.131 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

•Resistência de cálculo da alma ao cisalhamento

$\lambda = 50.103$  Parâmetro de esbeltez.

$\lambda_p = 71.466$  Parâmetro de esbeltez correspondente a plastificação.

$\lambda_r = 92.642$  Parâmetro de esbeltez correspondente ao início do escoamento.

$$R_{Rk_{nv}} = 0,6 \cdot f_y$$

$\lambda \leq \lambda_p$  então:

$$\frac{R_{Rk_{nv}}}{\gamma} = \frac{0,6 \cdot f_y}{1,10}$$

$$\frac{R_{Rk_{nv}}}{\gamma} \geq f_{vdw} \quad \text{OK!}$$

$$\frac{\text{Solicitação}}{\text{Resistência}} = \frac{f_{vdw}}{R_{Rk_{nv}}/\gamma} = 0.218 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

### Verificação das soldas do perfil com a placa de base

•Verificação das soldas das mesas com a placa de base

$f_{sm} = 7740.961 \text{ tf/m}^2$  Tensão nos filetes de solda.

$$\frac{R_{Rk_{rs1}}}{\gamma} = \frac{0,6 \cdot f_y \cdot \sqrt{2}}{1,10} = 19284.73 \text{ tf/m}^2$$

$$\frac{R_{Rk_{rs2}}}{\gamma} = \frac{0,6 \cdot f_w}{1,35} = 21555.557 \text{ tf/m}^2$$

$$\frac{R_{Rk_{rs}}}{\gamma} = 19284.73 \text{ tf/m}^2$$

$$\frac{R_{Rk_{rs}}}{\gamma} \geq f_{sm} \quad \text{OK!}$$

$$\frac{\text{Solicitação}}{\text{Resistência}} = \frac{f_{sm}}{R_{Rk_{rs}}/\gamma} = 0.401 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

•Verificação das soldas da Alma ( soldas de filete )

$f_r = 2265.196 \text{ tf/m}^2$  Tensão resultante.

$$\frac{R_{Rkrs1}}{\gamma} = \frac{0,6 \cdot f_y \cdot \sqrt{2}}{1,10} = 19284.73 \text{ tf/m}^2$$

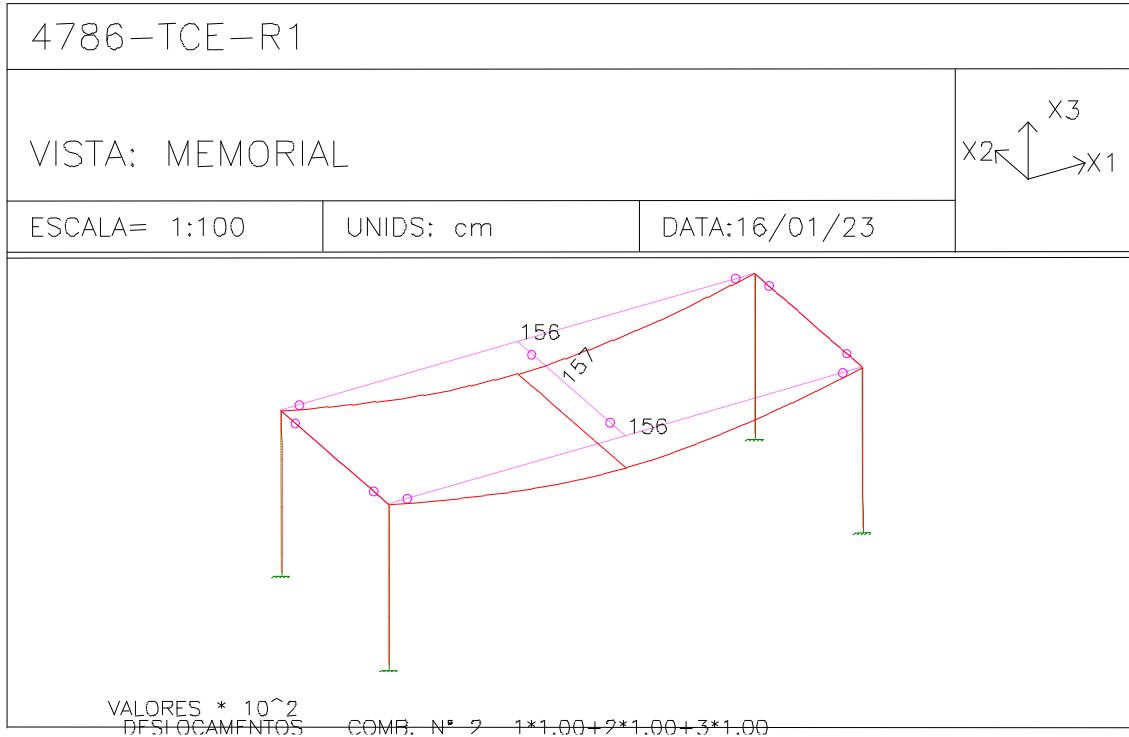
$$\frac{R_{Rkrs2}}{\gamma} = \frac{0,6 \cdot f_w}{1,35} = 21555.557 \text{ tf/m}^2$$

$$\frac{R_{Rkrs}}{\gamma} = 19284.73 \text{ tf/m}^2$$

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

$$\frac{\text{Solicitação}}{\text{Resistência}} = \frac{f_r}{R_{Rkrs} / \gamma} = 0.117 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

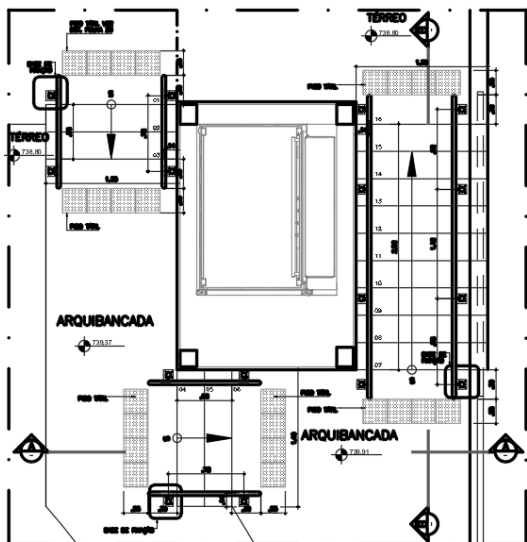
### 10.10. DESLOCAMENTOS



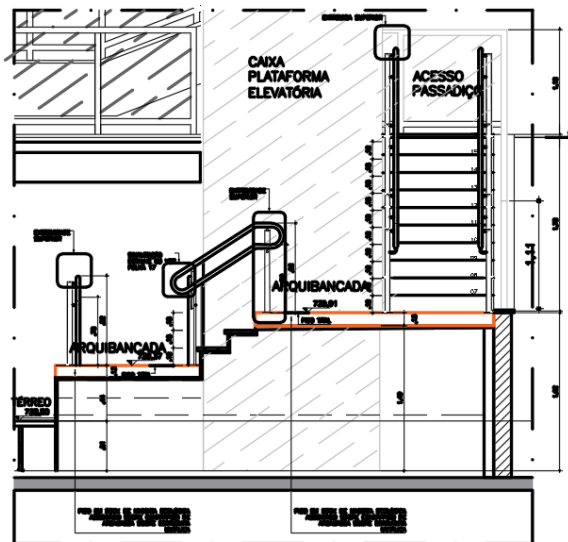
$\Phi_{lim} = 2,49 \text{ cm}$ ;  $\Phi_{atu} = 1,57 \text{ cm}$

## 11. ESCADA DE ACESSO A PASSARELA

### 11.1. PLANTA E CORTE – ARQUITETURA

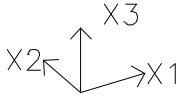


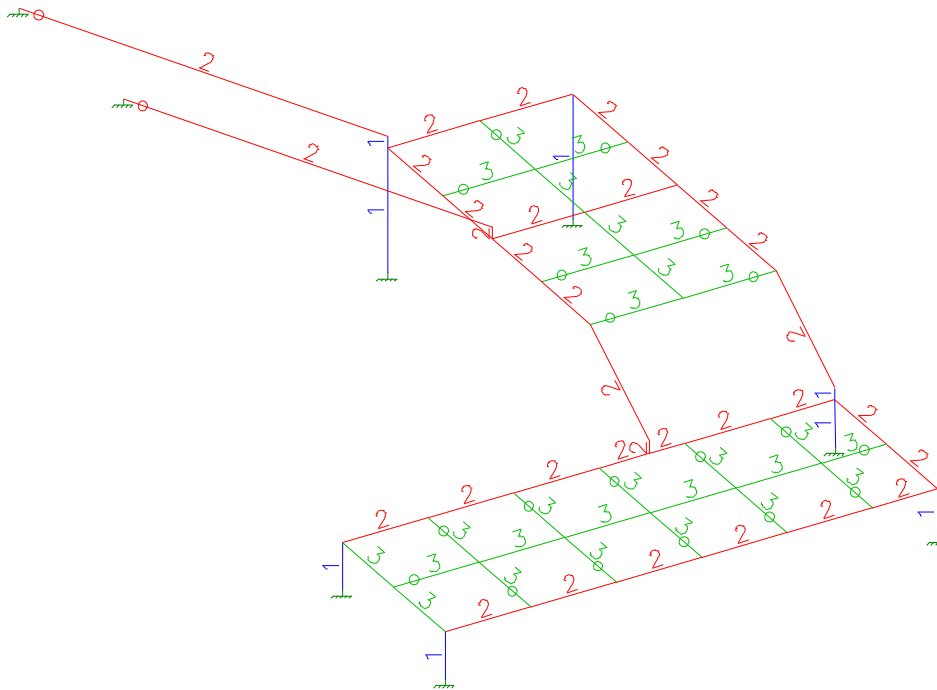
DETALHE ESCADA 01 / 02  
PLANTA  
ESC 1:25



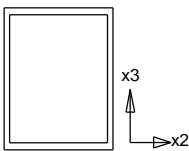
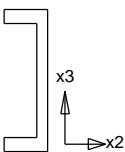
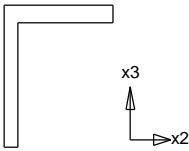
DETALHE ESCADA 01 / 02  
CORTE A-A  
ESC 1:25

**11.2. PERSPECTIVA 3D - MODELAGEM**

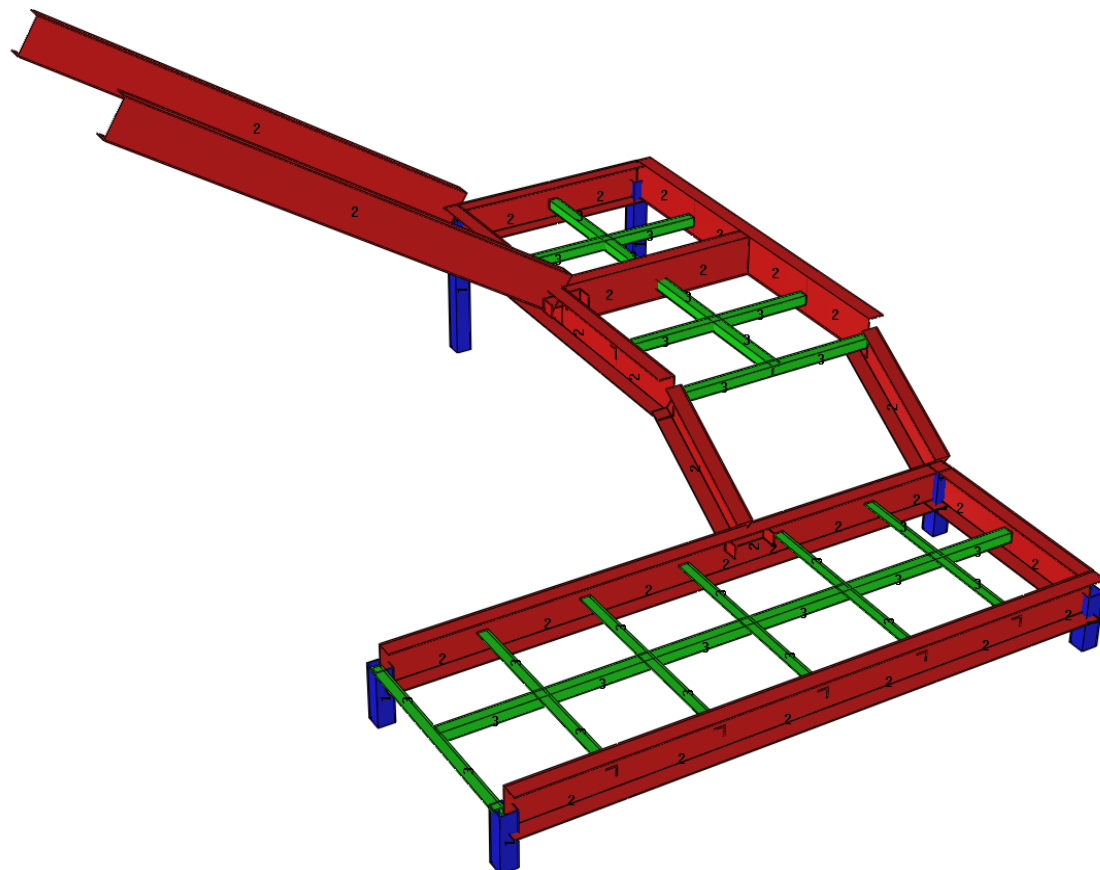
4786-TCE-R0 - ESCADA		
ESCALA= 1:50	DATA:17/01/23	

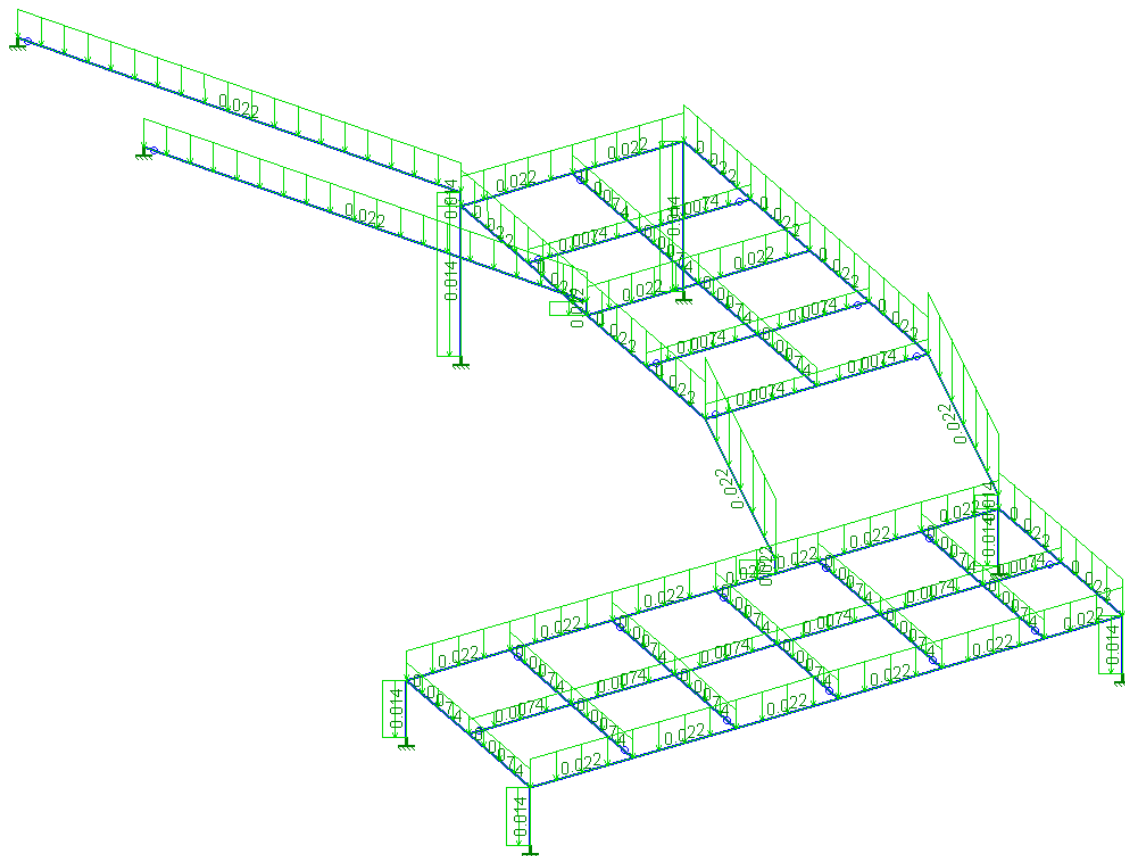


### 11.3. PROPRIEDADES DO MODELO

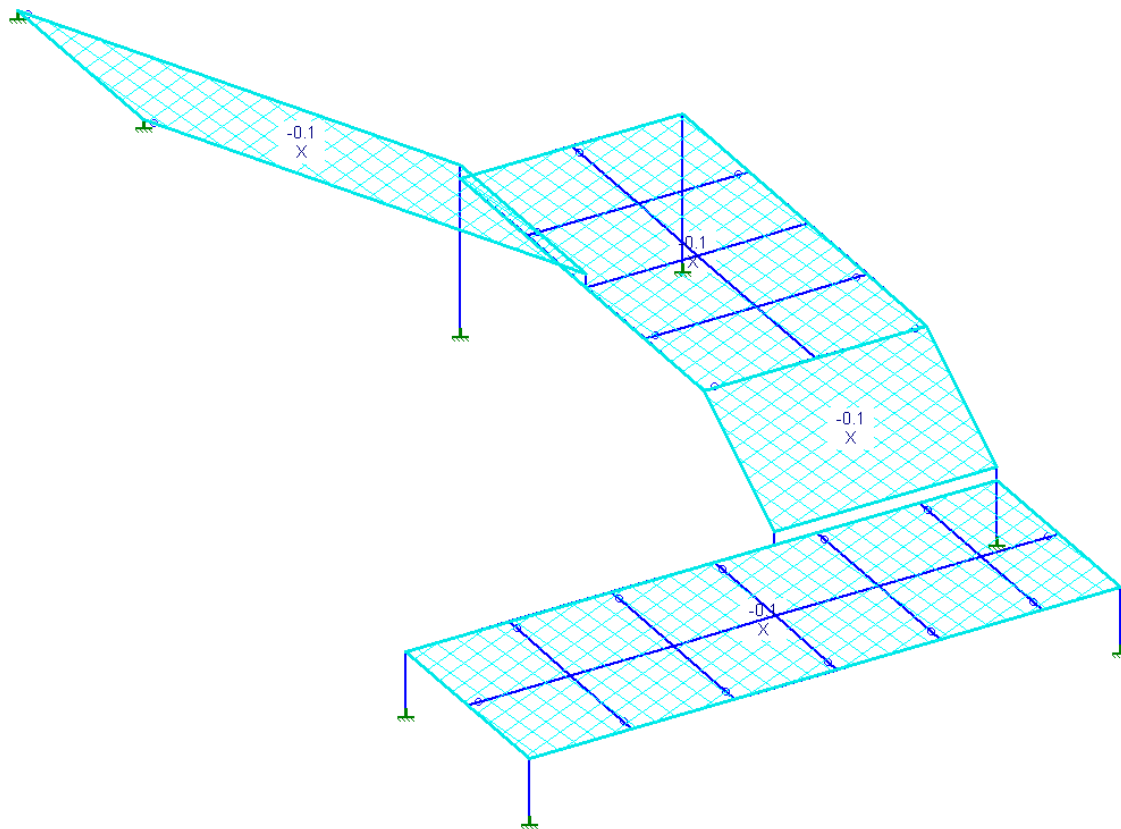
TABELA DE PROPRIEDADES (unidades - cm.)					
<b>PROPRIEDADE N.1 - [10x10x0.47</b>					
A=0.1810E+02	I2=0.2743E+03	I3=0.2743E+03	J=0.4105E+03	SF2=0.440	
Material = 1 - STEE		Perímetro=40.000		SF3=0.440	
h2=10.000	h3=10.000	e2=5.000	e3=5.000		
		[10x10x0.47 H =10.0cm t =0.47cm B =10.0cm			
<b>PROPRIEDADE N.2 - [6.35x250+100x6.35</b>					
A=0.2777E+02	I2=0.2592E+04	I3=0.2574E+03	J=0.3675E+01	SF2=0.500	
Material = 1 - STEE		Perímetro=88.730		SF3=0.500	
h2=10.000	h3=25.000	e2=7.541	e3=12.500		
		[6.35x250+100x6.35 h =250.0mm tw=6.4mm bf=100.0mm tf=6.4mm			
<b>PROPRIEDADE N.3 - L2.5"x5/16"</b>					
A=0.9451E+01	I2=0.3532E+02	I3=0.3532E+02	J=0.1873E+01	SF2=0.500	
Material = 1 - STEE		Perímetro=25.400		SF3=0.500	
h2=6.350	h3=6.350	e2=4.471	e3=4.471		
		Laminado L2.5"x5/16" h =63.5mm t =7.9mm b =63.5mm			

**11.4. PERSPECTIVA 3D – RENDERIZADA**



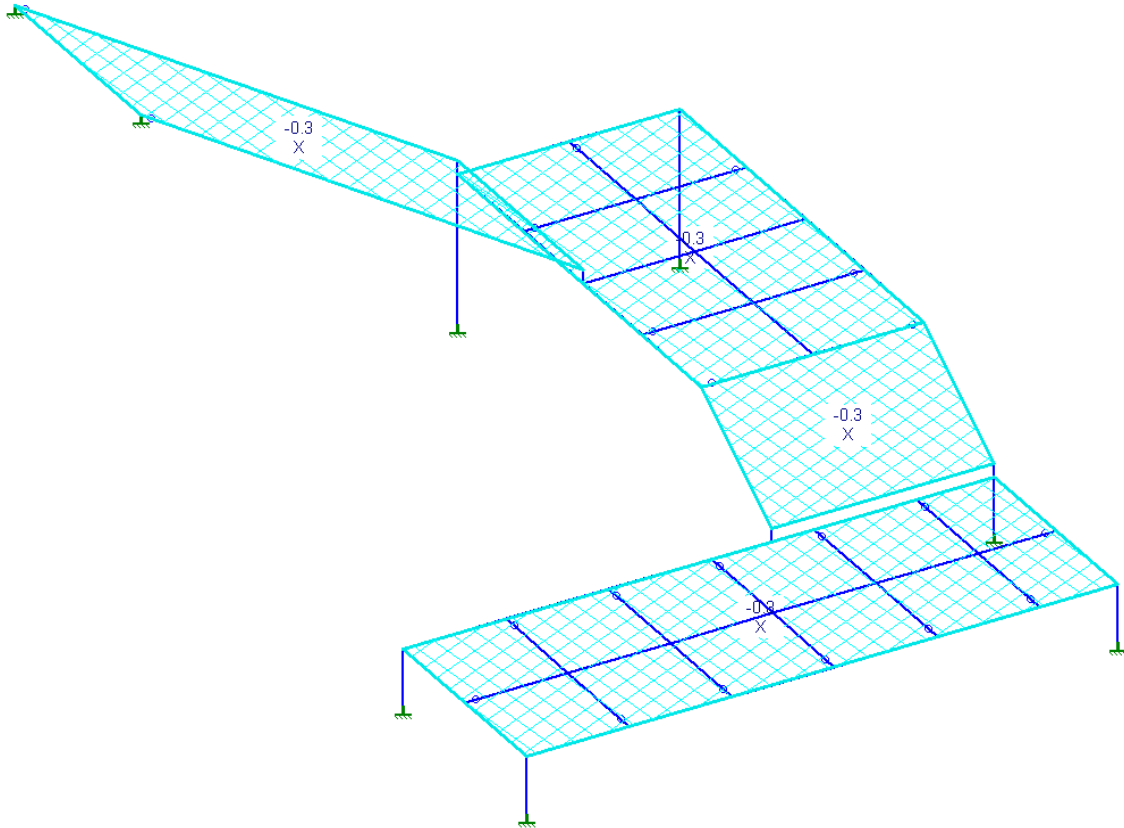
**11.5. CARREGAMENTOS****11.5.1. PESO PRÓPRIO**

Definido pelo STRAP.

**11.5.2.ELEMENTOS ADICIONADOS IN LOCO**

Revestimento: 100kgf/m<sup>2</sup>.

### 11.5.3.SOBRECARGA DE USO E OCUPAÇÃO



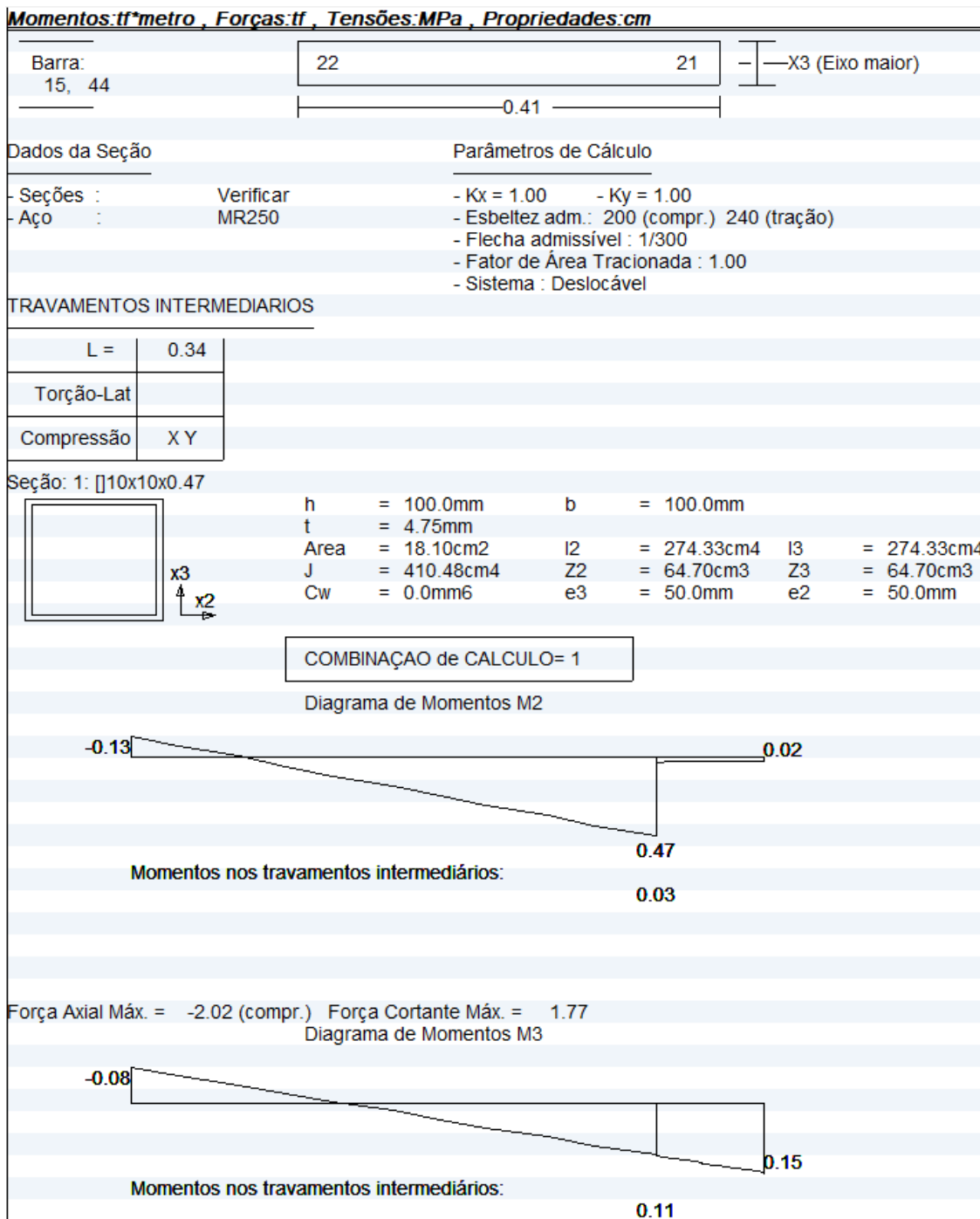
Sobrecarga de Uso e Ocupação: 300kgf/m².

## 11.6. DIMENSIONAMENTO

### 11.6.1.COMBINAÇÕES

Tabela de Combinações	
Comb.	
	<b>**ELU**</b>
1	11.5.1 * 1.25+ 11.5.2 * 1.40+ 11.5.3 * 1.50
	<b>**ELS**</b>
2	11.5.1 * 1.00+ 11.5.2 * 1.00+ 11.5.3 * 1.00

### 11.6.2.VIGA ESCADA



Força Axial Máx. = -2.02 (compr.) Força Cortante Máx. = 0.56

CLASSIFICAÇÃO DA SEÇÃO: \*\*\* COMPACTA \*\*\*

Relação Limite:	Comp.	Não-Compacta	Esbelta	
h/t= 18.05	< 68.4	161.2	39.6	(fy= 250.0 R = 0.045 )
b/t= 18.05	< 31.7	39.6	39.6	

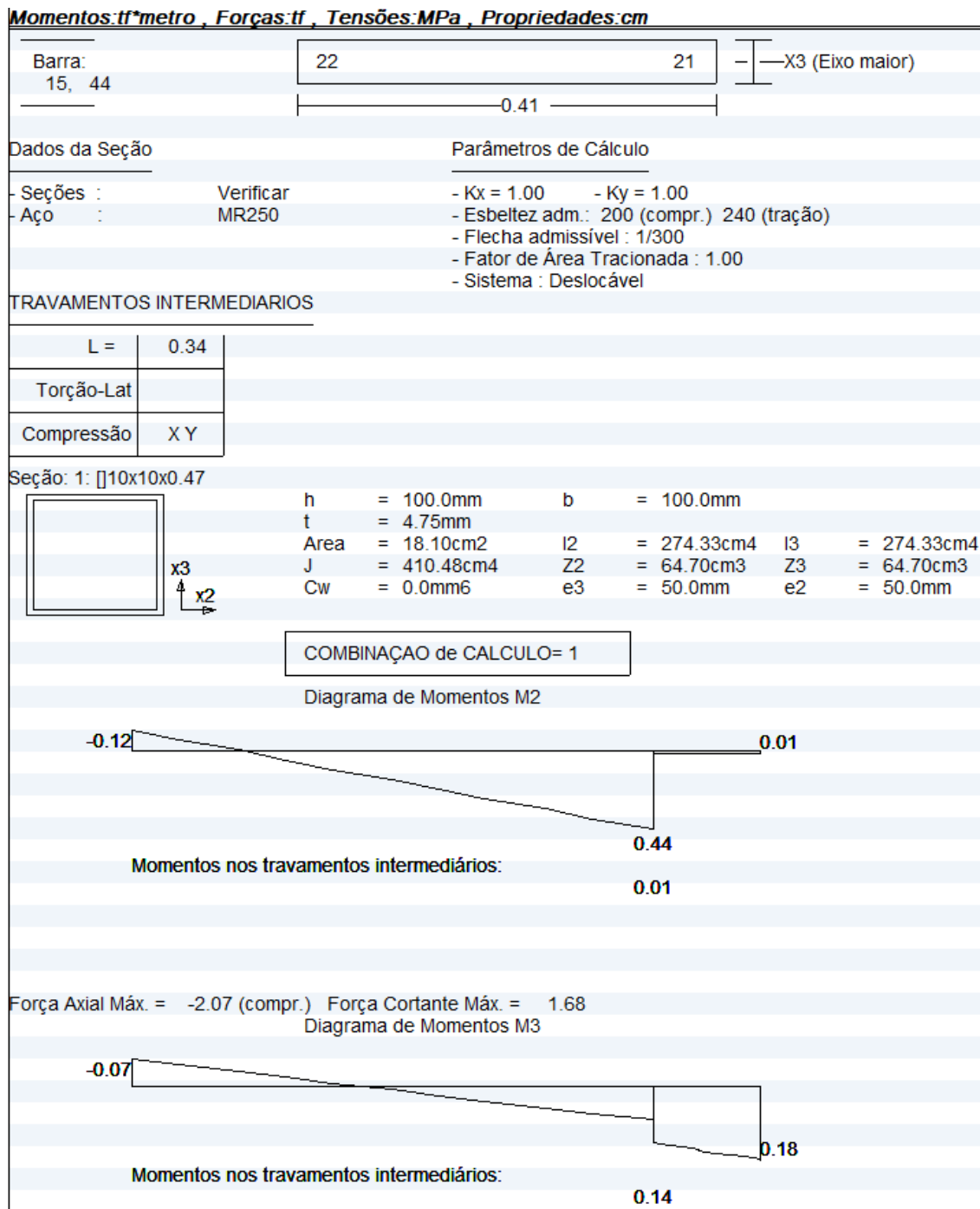
CALCULO	EQUAÇÃO	FATORES	VALORES	RESULT
Cortante V2 5.4.3.1.1a	$Vsd/Vrd < 1$ $Vrd=0.6*fy*Aw/1.1$	Aw = 9.05	Vsd = 0.56 Vrd = 12.34	0.05
Momento M3 (G.2.1a) sem FLT	$\frac{Msd}{Mrd} < 1.00$	Z = 64.70	Msd = 0.15 Mrd = 1.47	0.10
Cortante V3 5.4.3.1.1a	$Vsd/Vrk < 1$ $Vrd=0.6*fy*Aw/1.1$	Aw = 9.05	Vsd = 1.77 Vrd = 12.34	0.14
Momento M2 (G.2.1a) sem FLT	$\frac{Msd}{Mrd} < 1.00$	Z = 64.70	Msd = 0.47 Mrd = 1.47	0.32
Força Axial 5.3.2	$\frac{Nsd}{Nrd} < 1.00$	(kL/r)x=9 (kL/r)y=9 Nrd=X*Q*Agfy/1.1 X = 1.00	Nsd = 2.02 Ag = 18.10 Nrd = 40.95 fy = 250.00	0.05
Flambagem Lateral por Torcao	$\frac{Msd}{Mrd} < 1.00$	Lb = 0.41 Lp = 5.39	Msd = 0.15 Mrd = 1.47	0.10
Segmento critico de 0.00 a 0.41 na mesa +z Momentos na extr. do segmento: -0.08 e 0.15				
Forças Combinadas (compress.) 5.5.1.2b	$\frac{Nsd}{2Nrd} + \frac{Msd_x}{Mrdx} + \frac{Muy}{Mrdy} < 1.00$	Cmx = 1.00 Cmy = 1.00 Nex = 4410.24 Ney = 4410.24	Msd_x = 0.15 Msd_y = 0.47 B1x = 1.00 B1y = 1.00	0.45

COMBINAÇÃO = 2

CALCULO	EQUAÇÃO	FATORES	VALORES	RESULT
Deformacao	$\frac{def.}{L / 300} < 1.00$		def. = 0.00006	0.04

### 11.6.3.PILAR



Força Axial Máx. = -2.07 (compr.) Força Cortante Máx. = 0.62

CLASSIFICAÇÃO DA SEÇÃO: \*\*\* COMPACTA \*\*\*

Relação Limite:	Comp.	Não-Compacta	Esbelta	
h/t= 18.05	< 68.4	161.2	39.6	(fy= 250.0 R = 0.046 )
b/t= 18.05	< 31.7	39.6	39.6	

CALCULO	EQUAÇÃO	FATORES	VALORES	RESULT
Cortante V2 5.4.3.1.1a	$V_{sd}/V_{rd} < 1$ $V_{rd}=0.6*fy*Aw/1.1$	Aw = 9.05	Vsd = 0.62 Vrd = 12.34	0.05
Momento M3 (G.2.1a) sem FLT	$\frac{M_{sd}}{M_{rd}} < 1.00$	Z = 64.70	Msd = 0.18 Mrd = 1.47	0.13
Cortante V3 5.4.3.1.1a	$V_{sd}/V_{rk} < 1$ $V_{rd}=0.6*fy*Aw/1.1$	Aw = 9.05	Vsd = 1.68 Vrd = 12.34	0.14
Momento M2 (G.2.1a) sem FLT	$\frac{M_{sd}}{M_{rd}} < 1.00$	Z = 64.70	Msd = 0.44 Mrd = 1.47	0.30
Força Axial 5.3.2	$\frac{N_{sd}}{N_{rd}} < 1.00$	(kL/r)x =9 (kL/r)y =9 Nrd=X*Q*Agfy/1.1 X = 1.00	Nsd = 2.07 Ag = 18.10 Nrd = 40.95 fy = 250.00	0.05
Flambagem Lateral por Torcao	$\frac{M_{sd}}{M_{rd}} < 1.00$	Lb = 0.41 Lp = 5.39	Msd = 0.18 Mrd = 1.47	0.13
Segmento critico de 0.00 a 0.41 na mesa +z Momentos na extr. do segmento: -0.07 e 0.18				
Forças Combinadas (compress.) 5.5.1.2b	$\frac{N_{sd}}{2N_{rd}} + \frac{M_{sdx}}{M_{rdx}} + \frac{M_{suy}}{M_{rdy}} < 1.00$	Cmx = 1.00 Cmy = 1.00 Nex = 4410.24 Ney = 4410.24	Msdx = 0.18 Msdy = 0.44 B1x = 1.00 B1y = 1.00	0.45

COMBINAÇÃO = 2

CALCULO	EQUAÇÃO	FATORES	VALORES	RESULT
Deformacao	$\frac{def.}{L / 300} < 1.00$		def. = 0.00005	0.04

### 11.6.4. TRAVAMENTO INTERMEDIÁRIO

**Momentos: tf\*metro , Forças: tf , Tensões: MPa , Propriedades: cm**

Barra:	12	13	X2 (Eixo maior)
8, 58	1.25		c.c. em -x2,+x3

Dados da Seção		Parâmetros de Cálculo	
- Seções :	Verificar	- Kx = 1.00	- Ky = 1.00
- Aço :	MR250	- Esbeltez adm.: 200 (compr.)	240 (tração)
		- Flecha admissível :	1/300
		- Fator de Área Tracionada :	1.00
		- Sistema :	Deslocável

**TRAVAMENTOS INTERMEDIARIOS**

L =	0.63
Torção-Lat	+ -
Compressão	Y

Seção: L 2.5"x5/16"

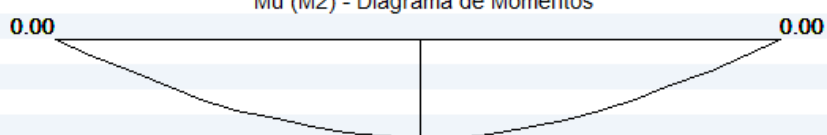
	h = 63.50mm	b = 63.50mm	
	t = 7.94mm		
	Area = 9.45cm <sup>2</sup>	Iu = 56.7cm <sup>4</sup>	Iv = 14.57cm <sup>4</sup>
	J = 1.9cm <sup>4</sup>	Wu = 12.49cm <sup>3</sup>	Wv = 5.49cm <sup>3</sup>
	Cw = 10.0cm <sup>6</sup>	jv = 44.90mm	jv = 26.57mm
	Iy = 35.32cm <sup>4</sup>	e0u = -21.5mm	e0v = 0.0mm
		ju = 41.45mm	jv = 0.0mm

COMBINAÇÃO de CALCULO= 1

Mu (M2) - Diagrama de Momentos

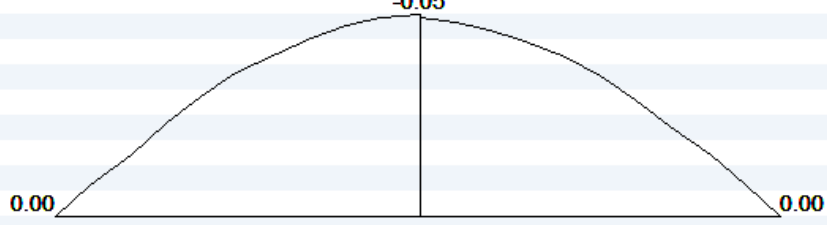


Momentos nos travamentos intermediários:  
0.05

Força Axial Máx. = -0.04 (compr.) Força Cortante Máx. = 0.18

Mv (M3) - Diagrama de Momentos



Momentos nos travamentos intermediários:  
-0.05

Força Axial Máx. = -0.04 (compr.) Força Cortante Máx. = 0.00

CLASSIFICAÇÃO DA SEÇÃO: \*\*\* COMPACTA \*\*\*

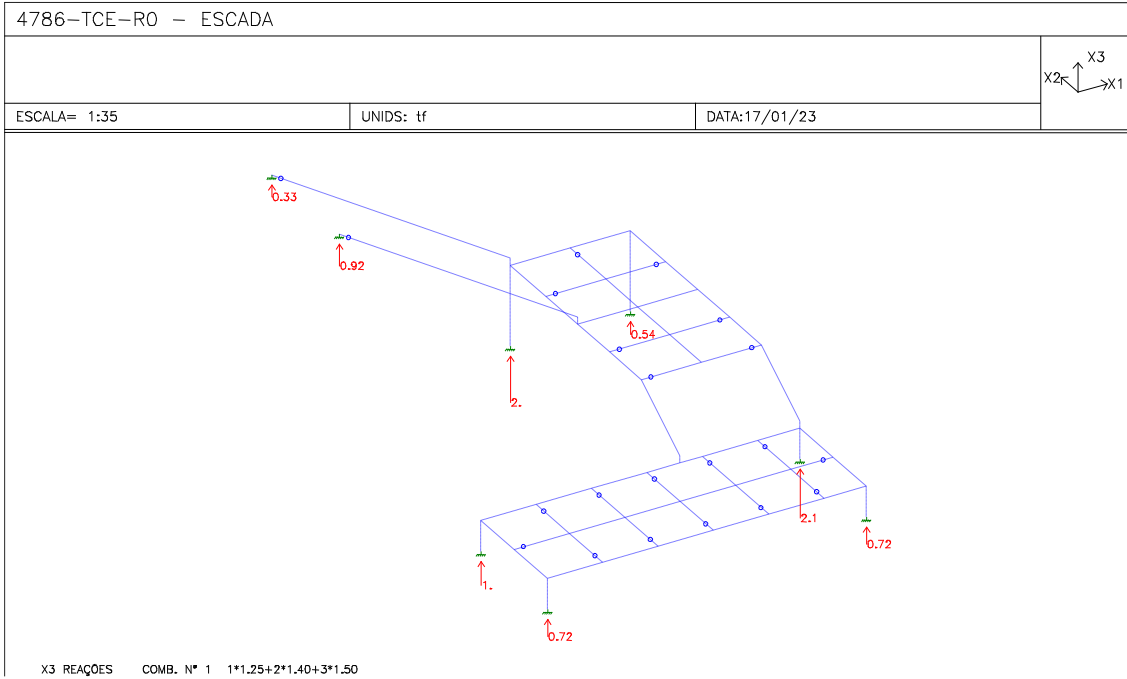
Relação Limite:				
	Comp.	Não-Compacta	Esbelta	
h/t= 8.00	< 15.3		12.7	(fy= 250.0 )
b/t= 8.00	< 15.3	28.3	12.7	

CALCULO	EQUAÇÃO	FATORES	VALORES	RESULT
Momento M3 (G.2.1a) sem FLT	$\frac{Msd}{Mrd} < 1.00$	Z = 5.49	Msd = 0.05 Mrd = 0.19	0.28
Cortante V3 5.4.3.1.1a	Vsd/Vrk < 1 Vrd=0.6*fy*Aw/1.1	Aw = 4.54	Vsd = 0.18 Vrd = 6.19	0.03
Momento M2 (G.2.1a) sem FLT	$\frac{Msd}{Mrd} < 1.00$	Z = 12.49	Msd = 0.05 Mrd = 0.43	0.12
Força Axial 5.3.2	$\frac{Nsd}{Nrd} < 1.00$	(KL/r)x =65 (KL/r)y =101 Nrd=X*Q*Agfy/1.1 X = 0.58	Nsd = 0.04 Ag = 9.45 Nrd = 12.51 fy = 250.00	0.00
Flambagem Lateral por Torção (F10-2.3)	$\frac{Msd}{Mrd} < 1.00$ (AISC-2016) Segmento crítico de 0.00 a 0.63 em: Lado curto Momentos na extr. do segmento: 0.00 e 0.05	Lb = 0.63 Cb = 1.37	Msd = 0.05 Mrd = 0.42 My = 0.31 Mob = 4.52	0.12
Forças Combinadas (compress.) 5.5.1.2b	$\frac{Nsd}{2Nrd} + \frac{Msd_x}{Mrdx} + \frac{Muy}{Mrdy} < 1.00$	Cmx = 1.00 Cmy = 1.00 Nex = 44.15 Ney = 18.29 Mrdx = 0.42 ( 0.00 + -0.12 + -0.26 )	Msd_x = 0.05 Msd_y = 0.05 B1x = 1.00 B1y = 1.00 Mrdy = 0.21	0.38
COMBINAÇÃO = 2				
CALCULO	EQUAÇÃO	FATORES	VALORES	RESULT
Deformação	$\frac{def.}{L / 300} < 1.00$		def. = 0.00200	0.48



### 11.8. REAÇÕES DE APOIO



## 11.9. LIGAÇÕES TÍPICAS

### 11.9.1. CHAPA DE BASE

#### DADOS DE ENTRADA

Solicitações de calculo	
Esforço normal de cálculo de compressão(Nsd)	2.1 tf
Esforço cortante de cálculo(Vsd)	1.7 tf
Momento fletor de cálculo(Msd)	0.16 tf.m

Recorte	
Recorte na alma da coluna(R)	15 mm

Tipo de borda	
Borda	Cortada com serra ou tesoura.

Tipo de apoio	
Apoio	Apoio Com força normal de compressão

Concreto	
Resistência característica do concreto(fck)	20 MPa
Altura da base de concreto(Hc)	420 mm
Largura da base de concreto(Bc)	220 mm

Placa de base	
Altura da placa de base(H)	220 mm
Largura da placa de base(B)	220 mm
Espessura da placa de base(tp)	20 mm
Aço	ASTM A36
Tensão de escoamento(fy)	250 MPa
Tensão de ruptura(fu)	400 MPa

Espaçamentos	
Entre o chumbador e a borda da placa de base na horizontal(a)	24 mm
Entre a face da mesa da coluna e o chumbador(b)	24 mm
Entre o chumbador e a borda da placa de base na vertical(c)	24 mm
Entre furos na horizontal(g)	172 mm
Entre furos na vertical(s)	172 mm

Solda	
Eletrodo	7 ou E 70XX
Tensão de ruptura da solda(fw)	485 MPa
Espessura da perna da solda na placa de base-alma do pilar(bw)	20 mm

Pilar	
Perfil	BOX 100 x 100 x 4.75
Aço	ASTM A36
Tensão de escoamento(fy)	250 MPa
Tensão de ruptura(fu)	400 MPa

### Resistência do concreto

A1 = 0.048 m<sup>2</sup>    É a área carregada sob a placa de apoio.  
A2 = 0.092 m<sup>2</sup>    É a área da superfície de concreto.

$$\frac{R_{Rknc}}{\gamma} = \frac{0,70 \cdot f_{dk} \sqrt{\frac{A_2}{A_1}}}{1,40} \leq 1,40 \cdot f_{ck} = 1381.699 \text{ tf/m}^2$$

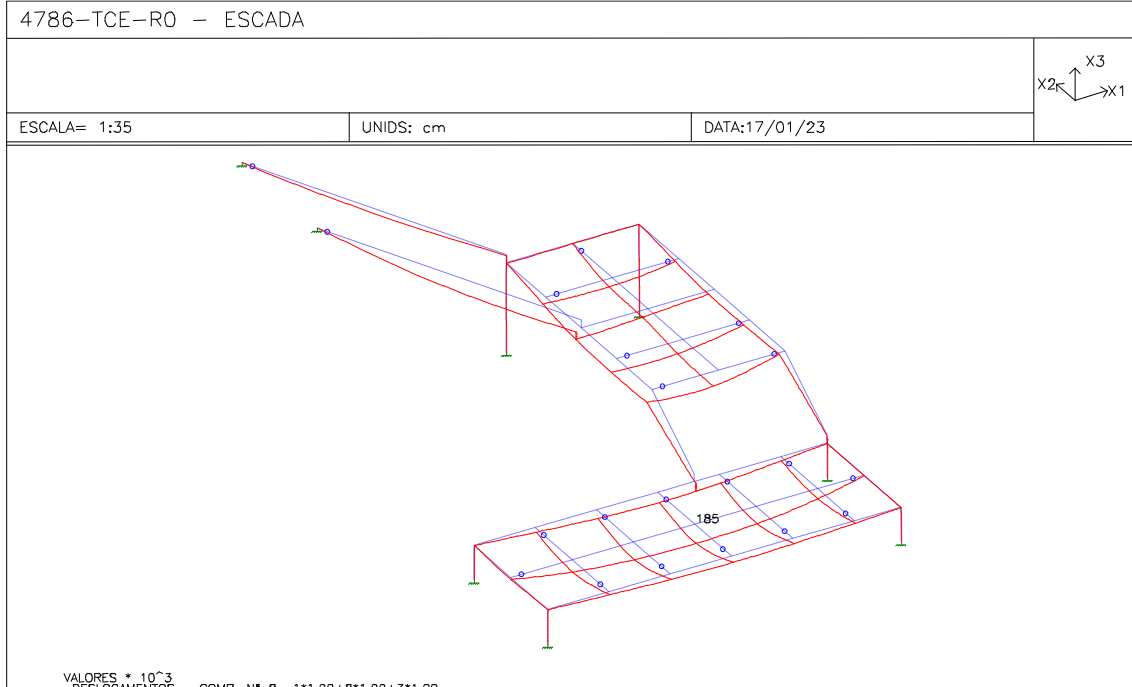
### Verificação das dimensões da placa de base

$$f_c = \frac{N_{sd}}{H \cdot B} = 43.388 \text{ tf/m}^2 \quad \text{Pressão na placa de base.}$$

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

$$\frac{\text{Solicitação}}{\text{Resistência}} = \frac{f_c}{\frac{R_{Rknc}}{\gamma}} = 0.031 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

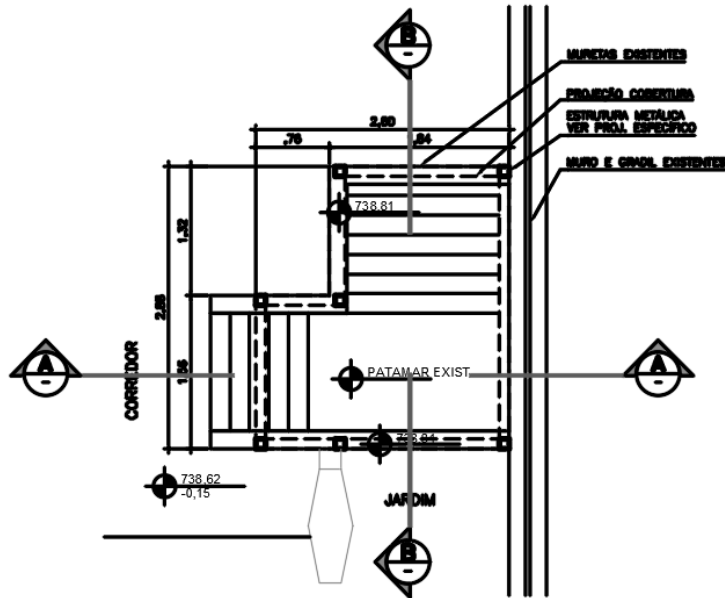
### 11.10. DESLOCAMENTOS



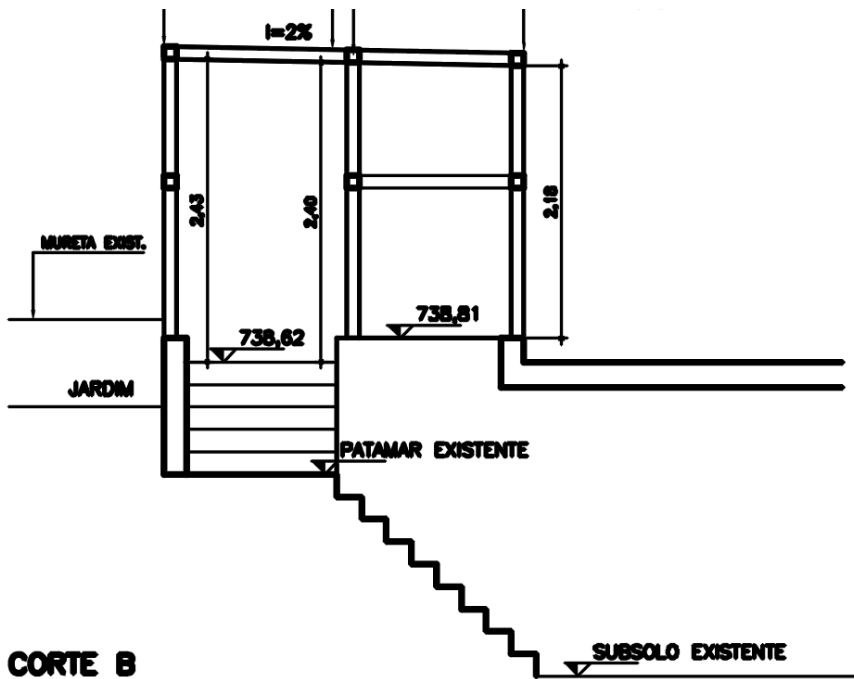
$\Phi_{lim} = 1,16 \text{ cm}$ ;  $\Phi_{atu} = 0,18 \text{ cm}$

12. COBERTURA – ESCADA DE ACESSO AO SUBSOLO

12.1. PLANTA E CORTE – ARQUITETURA

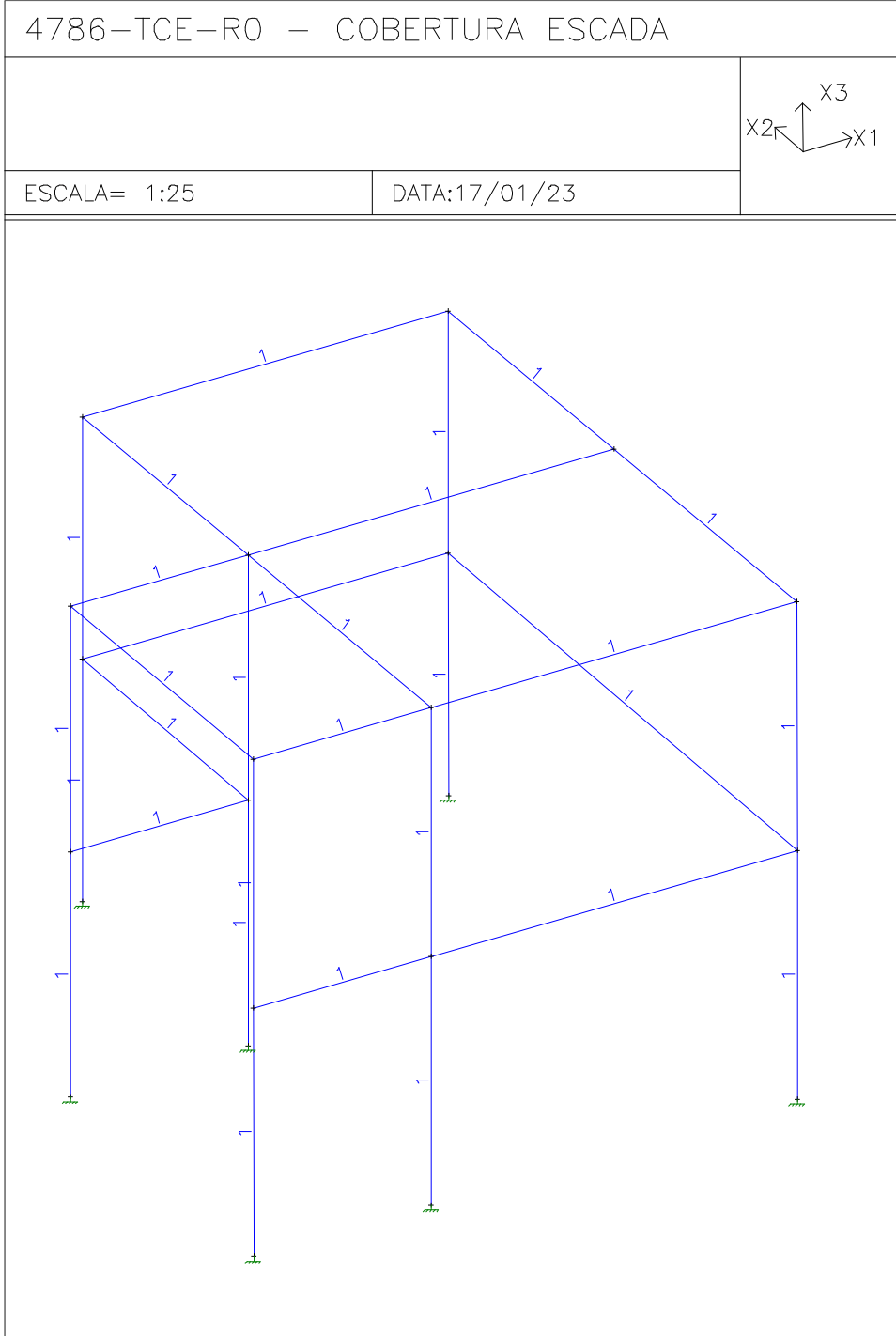


**PLANTA**  
ESCALA 1:50

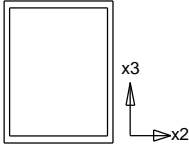


**CORTE B**  
ESCALA 1:50

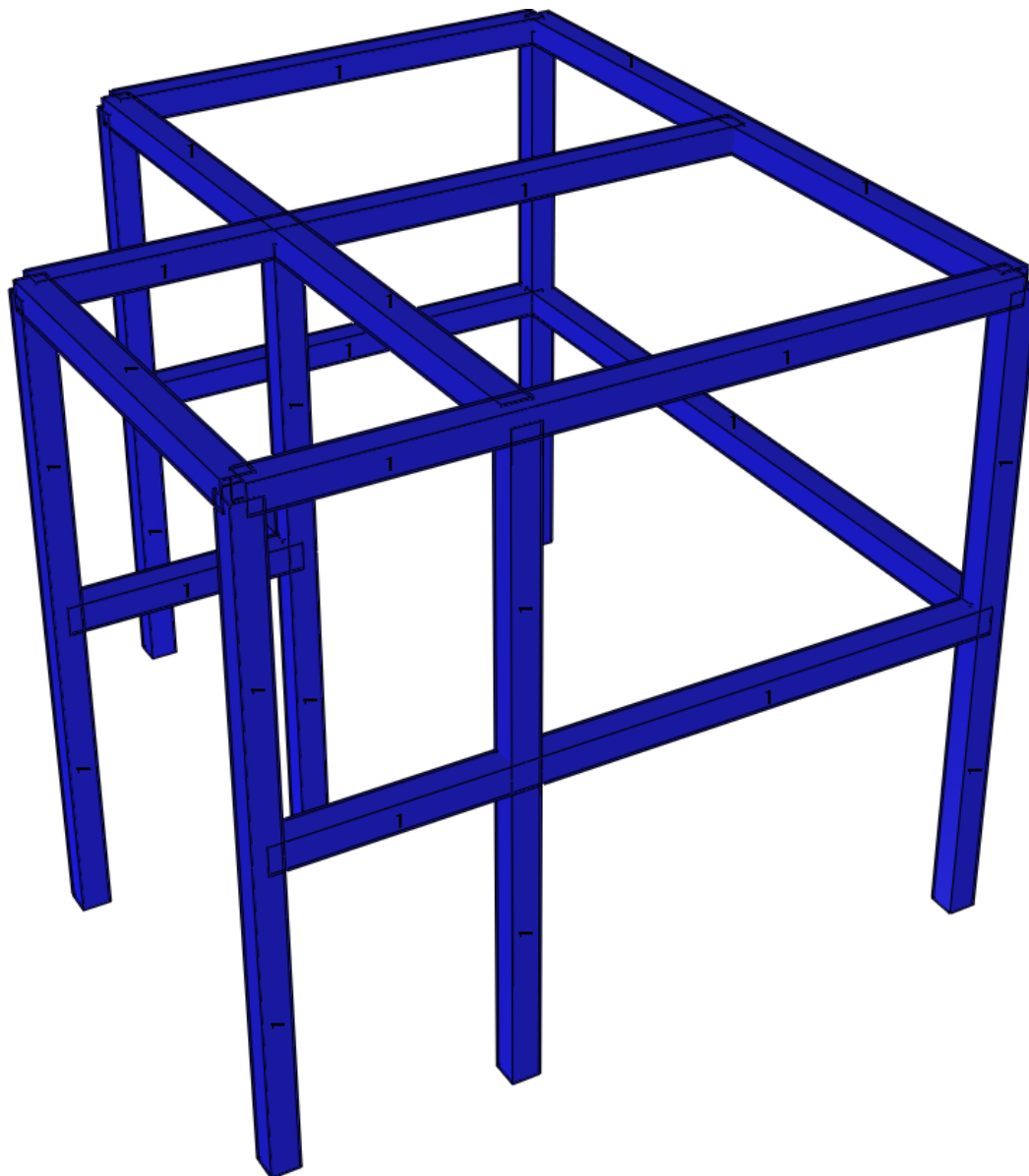
### 12.2. PERSPECTIVA 3D - MODELAGEM

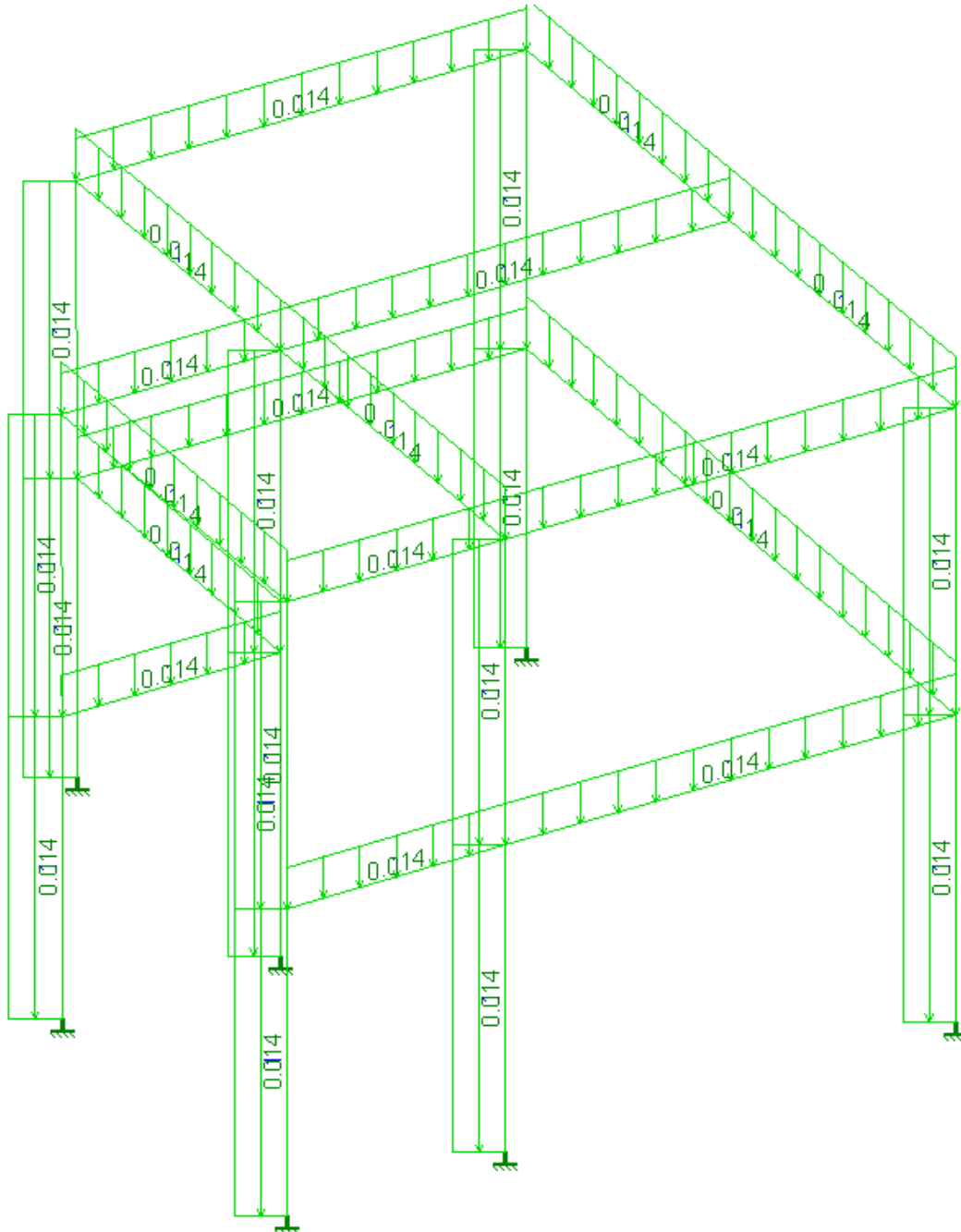


### 12.3. PROPRIEDADES DO MODELO

TABELA DE PROPRIEDADES (unidades - cm.)				
PROPRIIDADE N.1 - []100x100x4.75				
A=0.1810E+02	I2=0.2743E+03	I3=0.2743E+03	J=0.4105E+03	SF2=0.000
Material = 1 - STEE		Perímetro=40.000		SF3=0.000
h2=10.000	h3=10.000	e2=5.000	e3=5.000	
		[]100x100x4.75 H = 10.0cm      t = 0.47cm B = 10.0cm		

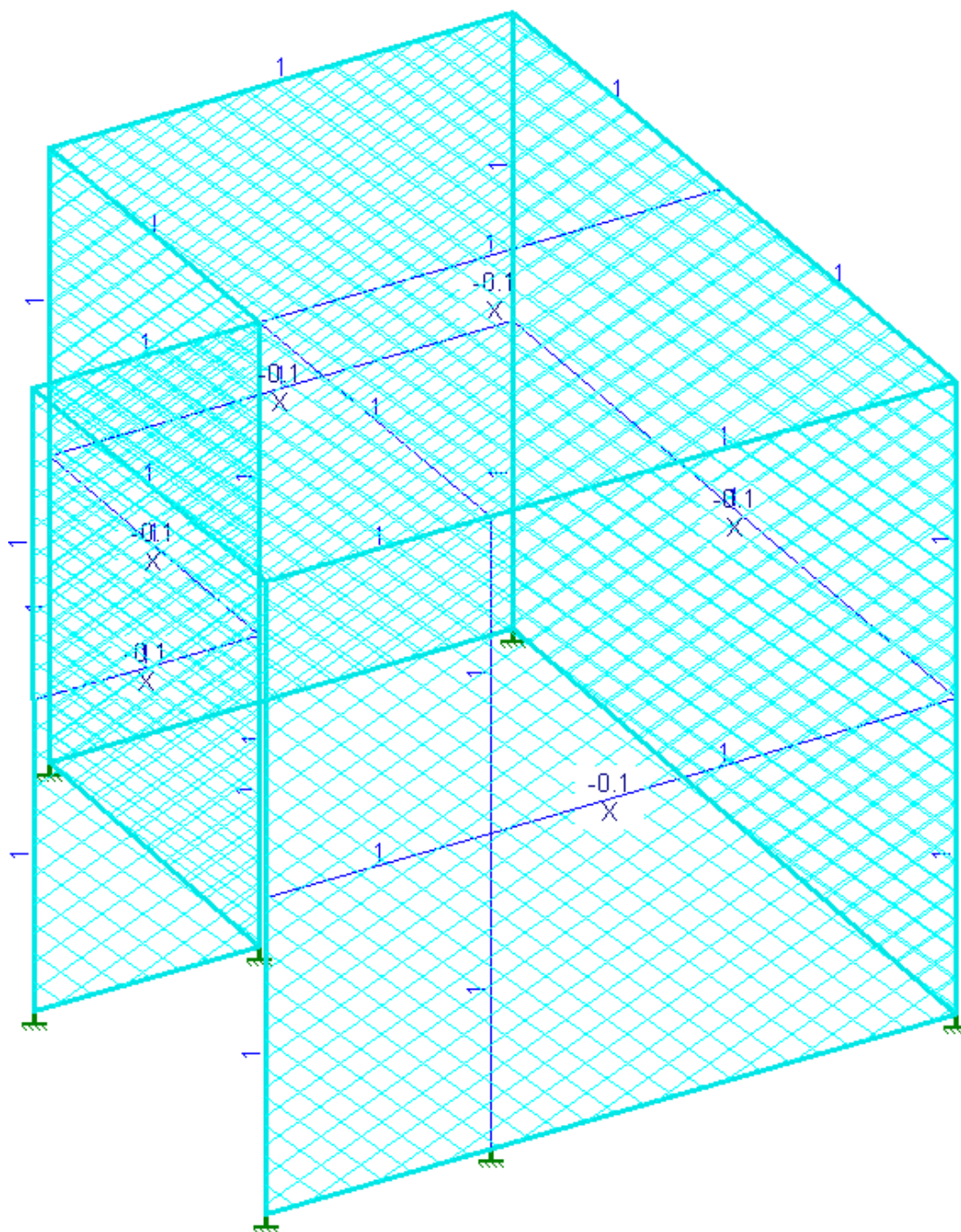
**12.4. PERSPECTIVA 3D – RENDERIZADA**



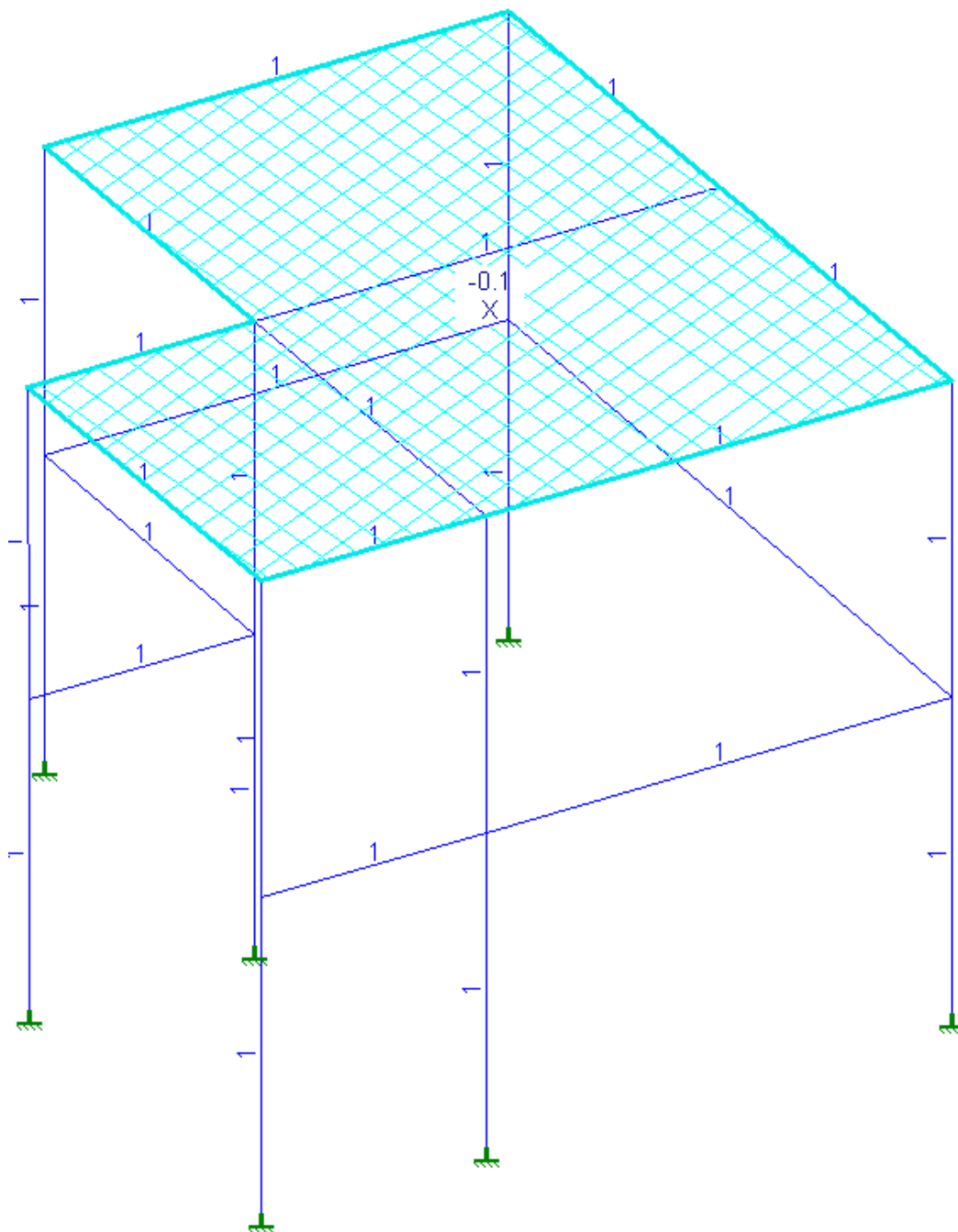
**12.5. CARREGAMENTOS****12.5.1. PESO PRÓPRIO**

Definido pelo STRAP.

**12.5.2.ELEMENTOS ADICIONADOS IN LOCO**



Revestimento: 100kgf/m².

**12.5.3.SOBRECARGA DE USO E OCUPAÇÃO**

Sobrecarga de Uso e Ocupação: 100kgf/m<sup>2</sup>.

## 12.6. DIMENSIONAMENTO

### 12.6.1.COMBINAÇÕES

Tabela de Combinações	
Comb.	
1	<b>**ELU**</b> $12.5.1 * 1.25 + 12.5.2 * 1.40 + 12.5.3 * 1.50$
2	<b>**ELS**</b> $12.5.1 * 1.00 + 12.5.2 * 1.00 + 12.5.3 * 1.00$

### 12.6.2.ESFORÇOS SOLICITANTES

Solicitações de Cálculo (tf e m)

$N_{c,sd}$	<input type="text" value="1.1"/>	$V_{x,sd}$	<input type="text" value="0.2"/>	$M_{x,sd}$	<input type="text" value="0.15"/>
$N_{t,sd}$	<input type="text" value="0.15"/>	$V_{y,sd}$	<input type="text" value="0.31"/>	$M_{y,sd}$	<input type="text" value="0.14"/>

Esforços obtidos pelo software STRAP em barras distintas e utilizados concomitantemente para dimensionamento de um único tipo de perfil em toda a estrutura.

### 12.6.3.DIMENSIONAMENTO DA PEÇA

#### Perfil Box (Formado a frio)

Perfil: BOX 100 x 100 x 4.75  
Aço: ASTM A36  $f_y = 250$  MPa  $f_u = 400$  MPa

#### COMPRIMENTOS DA BARRA

$K_x L_x = 2,28$  m  $K_t L_t = 1,14$  m  
 $K_y L_y = 1,14$  m  $L_b = 1,14$  m

### Cálculo da Tração

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

$$N_{tRd1} = \frac{A \cdot f_y}{1,10} = 39,08 \text{ tf} \quad \text{Resistência de escoamento}$$

$$N_{tRd2} = \frac{C_T \cdot A_n \cdot f_u}{1,65} = 41,68 \text{ tf} \quad \text{Resistência à ruptura}$$

$$N_{tRd} = 39,08 \text{ tf} \quad \text{Resistência à tração}$$

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

### Cálculo da Compressão

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_x}{(K_x \cdot L_x)^2} = 96,39 \text{ tf}$$

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{(K_y \cdot L_y)^2} = 385,56 \text{ tf}$$

$$N_e = 96,39 \text{ tf}$$

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_e}} = 0,67$$

$$\lambda_0 \leq 1,5 \text{ então } \chi = 0,658 (\lambda_0)^2 = 0,83$$

a) Cálculo da resistência à compressão devido à flambagem global

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

$$N_{cRd} = \frac{\chi \cdot A_{ef} \cdot f_y}{1,20} = 29,72 \text{ tf} \quad \text{Resistência à compressão devido à flambagem global}$$

b) Cálculo da resistência à compressão devido à flambagem local

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

$$N_{cRd}^{FL} = \frac{A_{ef}^{FL} \cdot f_y}{1,20} = 35,82 \text{ tf} \quad \text{Resistência à compressão devido à flambagem local}$$

$$N_{cRd} = 29,72 \text{ tf} \quad \text{Força normal resistente de cálculo à compressão}$$

$$\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{N_{cSd}}{N_{cRd}} = 0,04 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

## Cálculo da Resistência à Flexão - eixo X

### •Cálculo do momento resistente devido ao início do escoamento efetivo

$$\begin{aligned} A_{ef} &= 0,00 \text{ m}^2 && \text{Área efetiva da seção} \\ I_{xef} &= 0,00 \text{ m}^4 && \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo X} \\ d &= 0,00 \text{ m} && \text{Rebaixamento total do eixo baricêntrico} \\ Y_{G \text{ final}} &= Y_G + d = 0,05 \text{ m} && \text{Posição final do eixo baricêntrico} \\ I_G &= I_{xef} - A_{ef} \cdot d^2 = 0,00 \text{ m}^4 && \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo baricêntrico} \\ W_{ef} &= \frac{I_G}{Y_{G \text{ final}}} = 0,00 \text{ m}^3 && \text{Módulo elástico efetivo} \\ M_{Rdx}^{FL} &= \frac{W_{ef} \cdot f_y}{1,10} = 1,15 \text{ tf.m} && \text{Resistência de cálculo à flexão para o início do escoamento} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} M_e &= C_b \cdot \sqrt{N_{ey} \cdot G \cdot I_t} = 110,39 \text{ tf.m} && \text{Momento fletor de flambagem lateral com torção} \\ W_c &= 0,00 \text{ m}^3 && \text{Módulo de resistência elástico da seção bruta em relação à fibra comprimida} \\ \lambda_o &= \sqrt{\frac{W_c \cdot f_y}{M_e}} = 0,11 && \lambda_o \leq 0,6 \quad \text{então} \quad \chi_{FLT} = 1,0 \end{aligned}$$

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

$$\text{Cálculo de } W_{cef} \text{ na tensão} \quad \sigma = \chi_{FLT} \cdot f_y = 25000,00 \text{ tf/m}^2$$

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

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

$$M_{Rdx}^{FLT} = \frac{\chi_{FLT} \cdot W_{cef} \cdot f_y}{1,10} = 1,15 \text{ tf.m} \quad \text{Resistência de cálculo à flexão para o estado limite FLT}$$

$$M_{Rdx} = 1,15 \text{ tf.m} \quad \text{Resistência de cálculo à flexão em relação ao eixo X}$$

$$\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} = 0,13 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

### Cálculo da Resistência à Flexão - eixo Y

$A_{ef} = 0,00 \text{ m}^2$  Área efetiva da seção  
 $I_{yef} = 0,00 \text{ m}^4$  Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo Y  
 $d = 0,00 \text{ m}$  Rebaixamento total do eixo baricêntrico  
 $X_{G \text{ final}} = X_G + d = 0,05 \text{ m}$  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  
 $M_{Rdy} = \frac{W_{ef} \cdot f_y}{1,10} = 1,15 \text{ tf.m}$  Resistência de cálculo à flexão em relação ao eixo Y  
 $\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} = 0,12 < 1,00 \quad \text{OK!}$

### Cálculo da Resistência ao cortante - eixo X

$\lambda = \frac{h}{t} = 17,05$  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  
 $V_{Rd} = \frac{0,6 \cdot h \cdot t \cdot f_y}{1,10}$

$V_{Rdx} = 10,49 \text{ tf}$  Resistência ao esforço cortante em relação ao eixo X  
 $\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{V_{xSd}}{V_{xRd}} = 0,02 < 1,00 \quad \text{OK!}$

### Cálculo da Resistência ao cortante - eixo Y

$$\lambda = \frac{h}{t} = 17,05 \quad \text{Parâmetro de esbeltez}$$

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

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

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

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

$$V_{Rdy} = 10,49 \text{ tf} \quad \text{Resistência ao esforço cortante em relação ao eixo X}$$

$$\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{V_{ySd}}{V_{yRd}} = 0,03 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

### Equações de Interação

$$\frac{N_{cSd}}{N_{cRd}} + \frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} = 0,29$$

$$\frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} + \frac{N_{tSd}}{N_{tRd}} = 0,26$$

$$\frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} - \frac{N_{tSd}}{N_{tRd}} = 0,25$$

## 12.7. LIGAÇÕES TÍPICAS

### 12.7.1. CHAPA DE BASE

#### DADOS DE ENTRADA

Solicitações de cálculo	
Esforço normal de cálculo de compressão(Nsd)	2.1 tf
Esforço cortante de cálculo(Vsd)	1.7 tf
Momento fletor de cálculo(Msd)	0.16 tf.m

Recorte	
Recorte na alma da coluna(R)	15 mm

Tipo de borda	
Borda	Cortada com serra ou tesoura.

Tipo de apoio	
Apoio	Apoio Com força normal de compressão

Concreto	
Resistência característica do concreto(fck)	20 MPa
Altura da base de concreto(Hc)	420 mm
Largura da base de concreto(Bc)	220 mm

Placa de base	
Altura da placa de base(H)	220 mm
Largura da placa de base(B)	220 mm
Espessura da placa de base(tp)	20 mm
Aço	ASTM A36
Tensão de escoamento(fy)	250 MPa
Tensão de ruptura(fu)	400 MPa

Espaçamentos	
Entre o chumbador e a borda da placa de base na horizontal(a)	24 mm
Entre a face da mesa da coluna e o chumbador(b)	24 mm
Entre o chumbador e a borda da placa de base na vertical(c)	24 mm
Entre furos na horizontal(g)	172 mm
Entre furos na vertical(s)	172 mm

Solda	
Eletrodo	7 ou E 70XX
Tensão de ruptura da solda(fw)	485 MPa
Espessura da perna da solda na placa de base-alma do pilar(bw)	20 mm

Pilar	
Perfil	BOX 100 x 100 x 4.75
Aço	ASTM A36
Tensão de escoamento(fy)	250 MPa
Tensão de ruptura(fu)	400 MPa

### Resistência do concreto

A1 = 0.048 m<sup>2</sup>    É a área carregada sob a placa de apoio.  
A2 = 0.092 m<sup>2</sup>    É a área da superfície de concreto.

$$\frac{R_{Rknc}}{\gamma} = \frac{0,70 \cdot f_{ck} \sqrt{\frac{A_2}{A_1}}}{1,40} \leq 1,40 \cdot f_{ck} = 1381.699 \text{ tf/m}^2$$

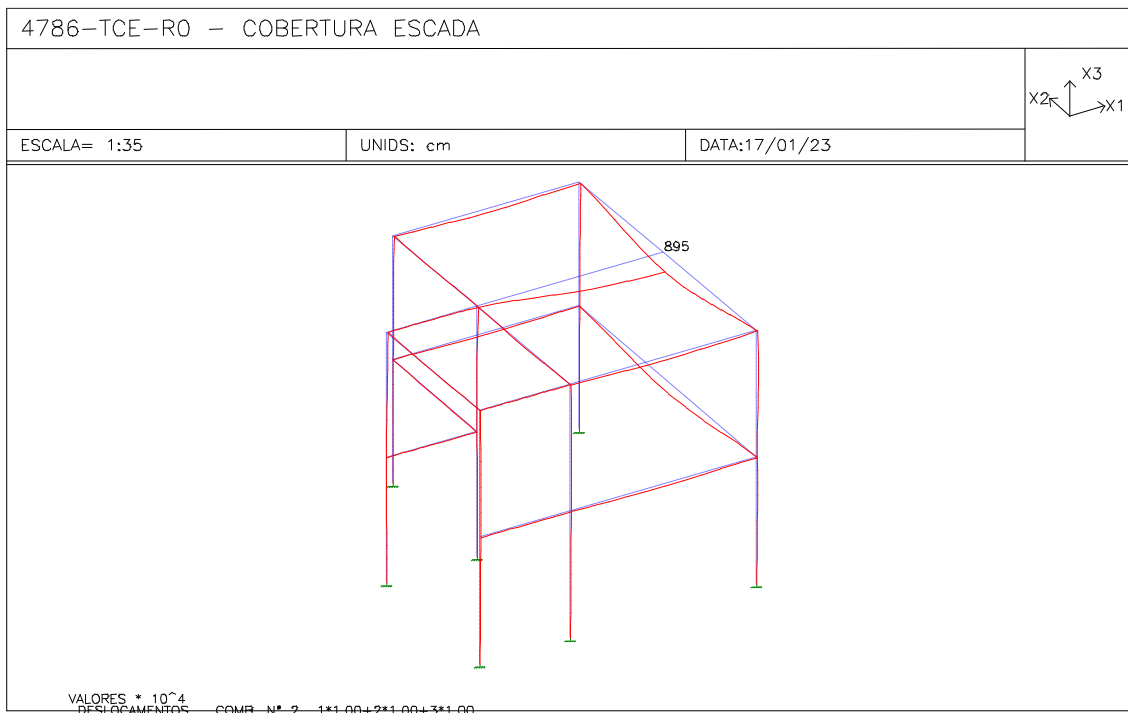
### Verificação das dimensões da placa de base

$$f_c = \frac{N_{sd}}{H \cdot B} = 43.388 \text{ tf/m}^2 \quad \text{Pressão na placa de base.}$$

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

$$\frac{\text{Solicitação}}{\text{Resistência}} = \frac{f_c}{\frac{R_{Rknc}}{\gamma}} = 0.031 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

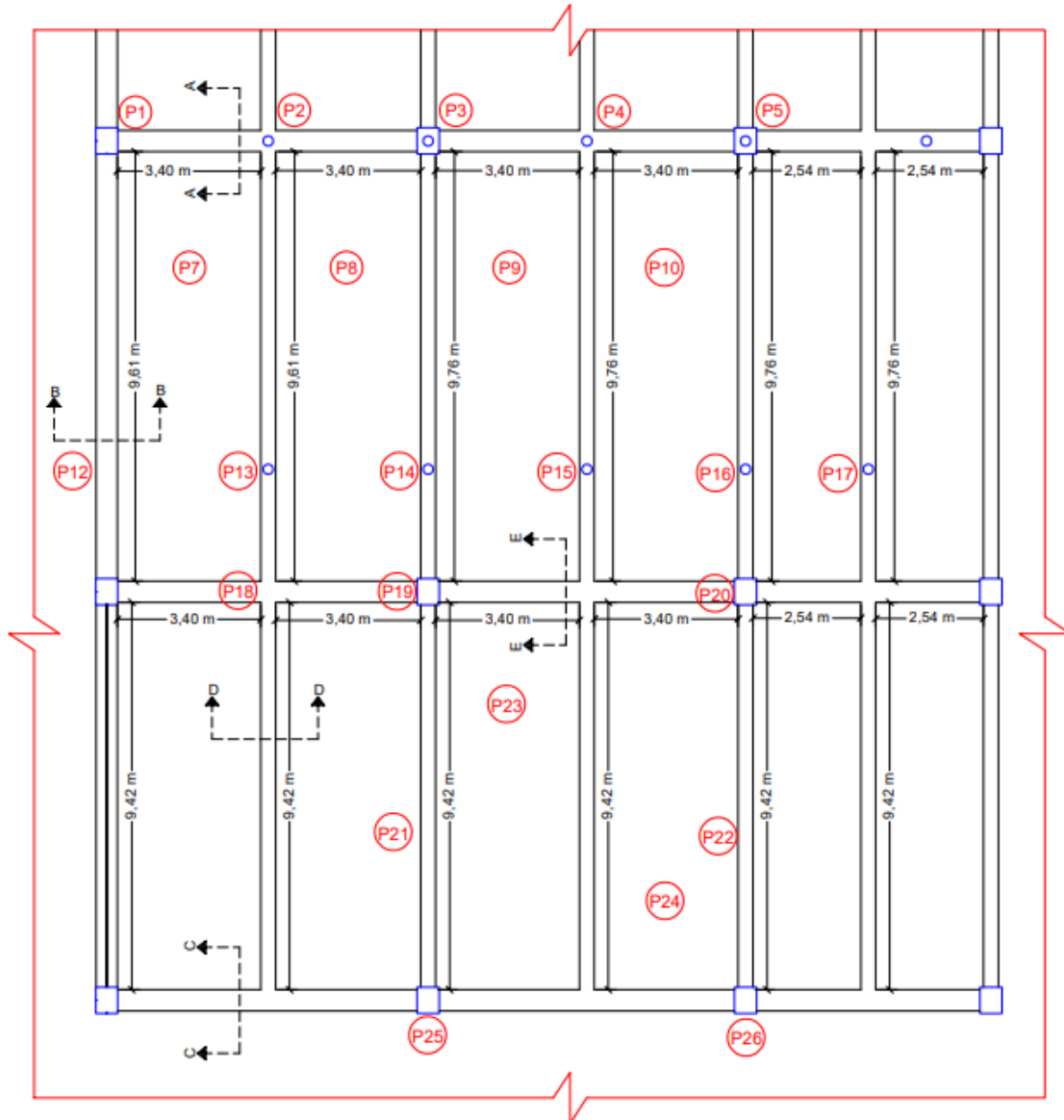
## 12.8. DESLOCAMENTOS



$\Phi_{lim} = 0,92 \text{ cm}$ ;  $\Phi_{atu} = 0,09 \text{ cm}$

### 13. ESTRUTURA DE REFORÇO DO 1º SUBSOLO

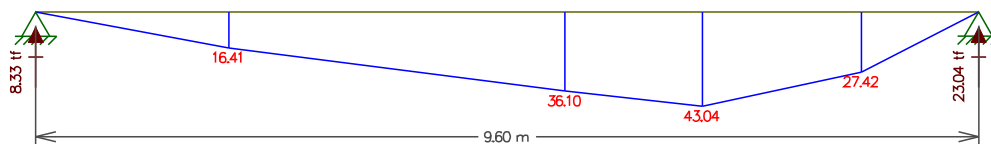
#### 13.1. PLANTA – ARQUITETURA



### 13.2. DETERMINAÇÃO DO MOMENTO RESISTENTE

<b>h</b>	68 cm	<b>X lim para Encurtamento</b>		<b>Máximo Momento Resistido</b>	
<b>b</b>	36 cm	<b>E's = 2,07‰</b>		<b>Para Hipóteses 1 e 2 Verdadeiras</b>	
<b>d</b>	61,2 cm	Domínio 3	x(E's)	10,2774 cm	$Kx \leq 0,45 \cdot X(\text{lim})$
<b>d'</b>	4,2 cm				18,28 cm
<b>cob</b>	3 cm	<b>Hipótese 1</b>	$\sigma_{sd}$	43,5 kN/cm <sup>2</sup>	Mcd
<b>fck</b>	20 MPa	<b>Hipótese 2</b>	$\sigma'_{sd}$	43,5 kN/cm <sup>2</sup>	M'st
<b>CA</b>	50 kN/cm <sup>2</sup>				Md
<b>E (aço)</b>	21 *10 <sup>3</sup> kN/cm <sup>2</sup>	Domínio 3	x	18,28 cm	<b>Md 369,39 kN.m</b>
<b>As</b>	15,71 cm <sup>2</sup>		<b>Kx</b>	0,30	
<b>A's</b>	1,01 cm <sup>2</sup>	<b>Deformações das Hipóteses 1 e 2</b>		<b>Deformações para X(lim)</b>	
<b>x2,3</b>	15,85 cm		Ec	3,5 ‰	Ec
<b>x3,4</b>	38,43 cm		Es	8,22 ‰	Es
			E's	2,70 ‰	E's
		<b>Hipótese 2 Verdadeira</b>			
<b>Aço Comprimido</b>					
<b>Ø</b>	8 mm				
<b>A's</b>	1,01 cm <sup>2</sup>				
<b>Nº Ba.</b>	2				
<b>Aço Tensionado</b>					
<b>Ø</b>	20 mm				
<b>As</b>	15,71 cm <sup>2</sup>				
<b>Nº Ba.</b>	5				
<b>Armadura com ev?</b>					
	Sim				
<b>Estribo</b>					
<b>Ø</b>	8 mm				

### 13.3. DETERMINAÇÃO DO MOMENTO SOLICITANTE DE DIMENSIONAMENTO



(tf.m)

Conclui-se que o momento excedente é de  $M_d = 6,10 \text{ tf}$ .

### 13.4. PEÇA PARA MOMENTO EXCEDENTE

#### Perfil U laminado

Perfil: ULAM 254 29.8  
Aço: ASTM A36  $f_y = 250 \text{ MPa}$   $f_u = 400 \text{ MPa}$

#### COMPRIMENTOS DA BARRA

$K_x L_x = 9,8 \text{ m}$   $K_t L_t = 0,6 \text{ m}$   
 $K_y L_y = 0,6 \text{ m}$   $L_b = 0,6 \text{ m}$

### Cálculo da Resistência à Flexão - eixo X

$\sigma_r = 7500,00 \text{ tf/m}^2$  Tensão residual  
 $W = 0,00 \text{ m}^3$  Módulo resistente elástico  
 $Z = 0,00 \text{ m}^3$  Módulo resistente plástico  
 $M_{pl} = Z \cdot f_y = 7,45 \text{ tf.m}$  Momento fletor de plastificação da seção

#### •FLT - Flambagem Lateral com Torção

$$\lambda = \frac{L_b}{r_y} = \frac{0,6}{0,0177} = 34,15 \quad \text{Parâmetro de esbeltez}$$

$$\lambda_p = 1,76 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \cdot \sqrt{\frac{21000}{250}} = 49,78 \quad \text{Parâmetro de esbeltez correspondente à plastificação}$$

$$\beta_1 = 0,02$$

$$\lambda_r = \frac{1,38 \cdot \sqrt{I_y \cdot I_t}}{r_y \cdot I_t \cdot \beta_1} \cdot \sqrt{1 + \sqrt{1 + \frac{27 \cdot C_w \cdot \beta_1^2}{I_y}}} = \frac{1,38 \cdot \sqrt{0,0001 \cdot 0,0001}}{0,0177 \cdot 0,0001 \cdot 0,02} \cdot \sqrt{1 + \sqrt{1 + \frac{27 \cdot 0,0001 \cdot 0,02^2}{0,0001}}} = 210,34 \quad \text{Parâmetro de esbeltez correspondente ao início do escoamento}$$

$$M_r = (f_y - \sigma_r) \cdot W = (250 - 7,5) \cdot 0,00 = 4,53 \text{ tf.m} \quad \text{Momento fletor correspondente ao início do escoamento}$$

$$C_b = 1,00 \quad \text{Fator de modificação para diagrama de momento fletor não-uniforme}$$

$$M_{cr} = \frac{C_b \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_b^2} \cdot \sqrt{\frac{C_w}{I_y} \cdot \left(1 + 0,039 \cdot \frac{I_t \cdot L_b^2}{C_w}\right)} \leq M_{pl} = \frac{1,00 \cdot \pi^2 \cdot 21000 \cdot 0,0001}{0,6^2} \cdot \sqrt{\frac{0,0001}{0,0001} \cdot \left(1 + 0,039 \cdot \frac{0,0001 \cdot 0,6^2}{0,0001}\right)} \leq 7,45 \text{ tf.m} \quad \text{Momento fletor de flambagem elástica}$$

$$\lambda \leq \lambda_p \text{ então } M_{Rk} = M_{pl}$$

$$M_{Rk}^{FLT} = 7,45 \text{ tf.m} \quad \text{Momento fletor resistente característico para o estado limite FLT}$$

#### •FLM - Flambagem Local da Mesa

$$\lambda = \frac{b}{t} = \frac{10,75}{1,65} = 6,27 \quad \text{Parâmetro de esbeltez}$$

$$\lambda_p = 0,38 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \cdot \sqrt{\frac{21000}{250}} = 10,75 \quad \text{Parâmetro de esbeltez correspondente à plastificação}$$

$$\lambda_r = 0,83 \cdot \sqrt{\frac{E}{(f_y - \sigma_r)}} = 0,83 \cdot \sqrt{\frac{21000}{(250 - 7,5)}} = 28,06 \quad \text{Parâmetro de esbeltez correspondente ao início do escoamento}$$

$$M_{cr} = \frac{0,69 \cdot E}{\lambda^2} \cdot W_c = 45,46 \text{ tf.m} \quad \text{Momento fletor de flambagem elástica}$$

$$\lambda \leq \lambda_p \text{ então } M_{Rk} = M_{pl}$$

$$M_{Rk}^{FLM} = 7,45 \text{ tf.m} \quad \text{Momento fletor resistente característico para o estado limite FLM}$$

**•FLA - Flambagem Local da Alma**

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = 24,07 \quad \text{Parâmetro de esbeltez}$$

$$\lambda_p = 3,76 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 106,35 \quad \text{Parâmetro de esbeltez correspondente à plastificação}$$

$$\lambda_r = 5,70 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 161,22 \quad \text{Parâmetro de esbeltez correspondente ao início do escoamento}$$

$$M_r = W \cdot f_y = 6,48 \text{ tf.m} \quad \text{Momento fletor correspondente ao início do escoamento}$$

$$\lambda \leq \lambda_p \text{ então } M_{Rk} = M_{pl}$$

$$M_{Rk}^{FLA} = 7,45 \text{ tf.m} \quad \text{Momento fletor resistente característico para o estado limite FLA}$$

$$M_{Rk} = 7,45 \text{ tf.m} \quad \text{Momento fletor resistente característico}$$

$$M_{xRd} = \frac{M_{Rk}}{1,10} = 6,77 \text{ tf.m} \quad \text{Momento fletor resistente de cálculo}$$

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

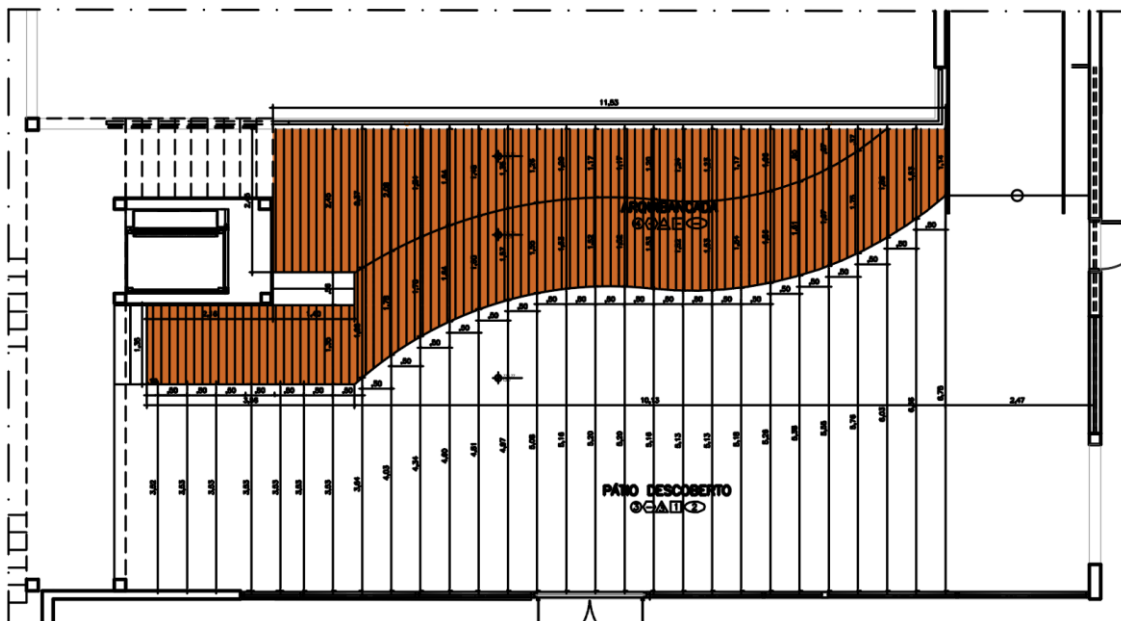
### Equações de Interação

$$\frac{N_{cSd}}{2 \cdot N_{cRd}} + \left( \frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} \right) = 0,90$$

$$\frac{N_{cSd}}{2 \cdot N_{cRd}} + \left( \frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} \right) = 0,90$$

14. ARQUIBANCADA

14.1. PLANTA – ARQUITETURA

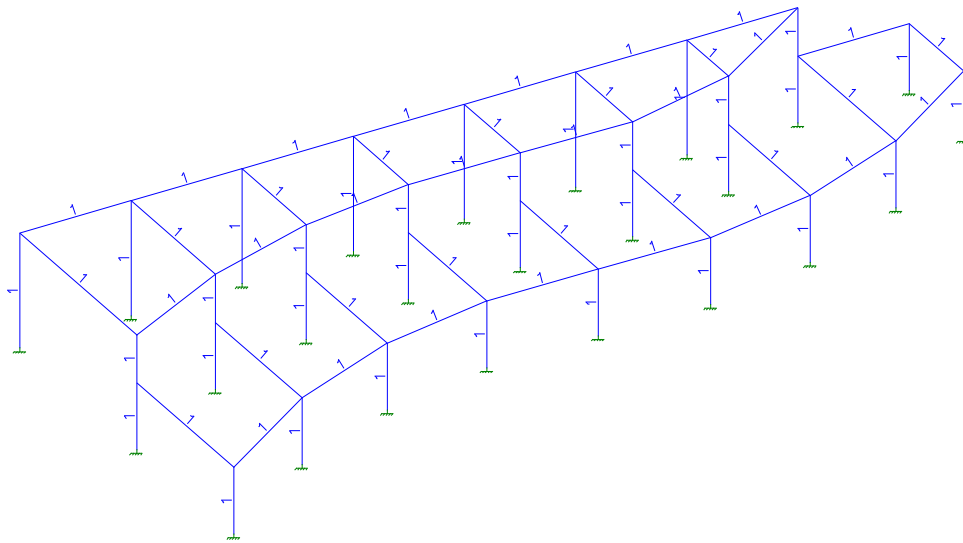
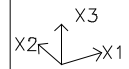


## 14.2. PERSPECTIVA 3D - MODELAGEM

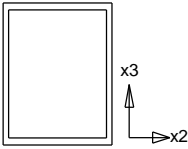
4786-TCE-R0 - ARQUIBANCADA

ESCALA= 1:50

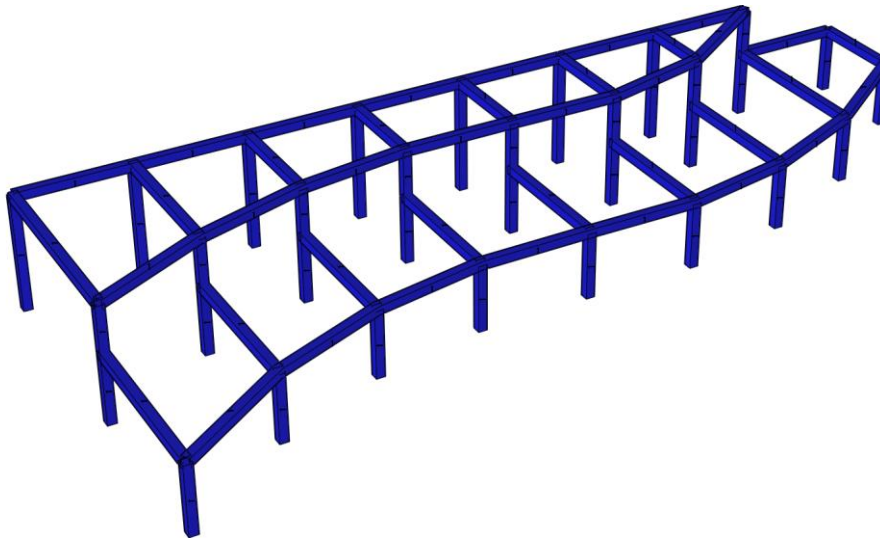
DATA:17/01/23

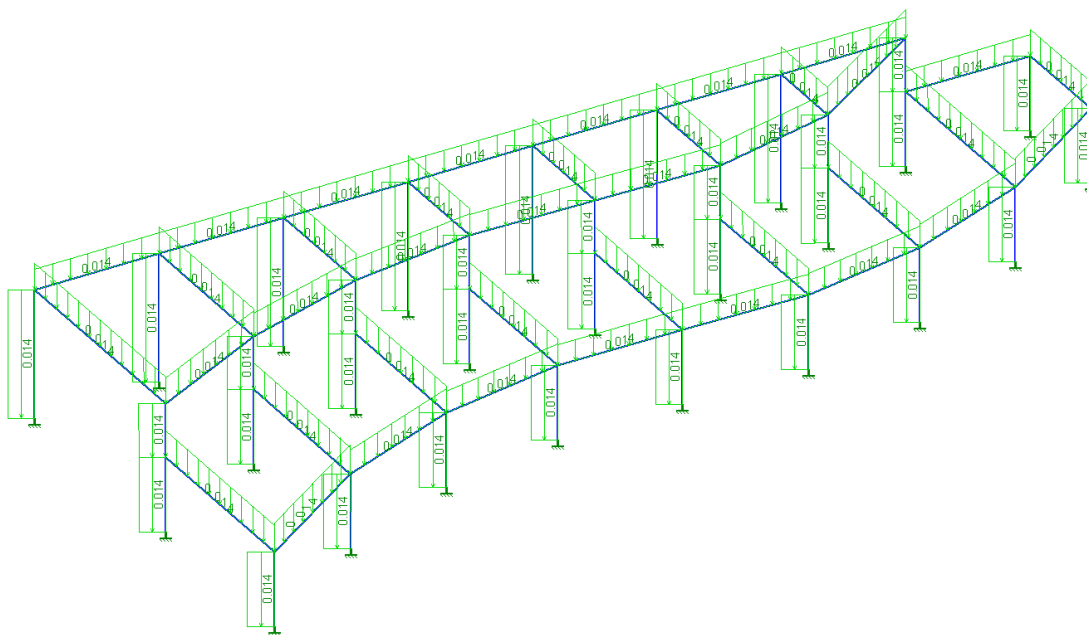


### 14.3. PROPRIEDADES DO MODELO

TABELA DE PROPRIEDADES (unidades - cm.)					
PROPRIEDADE N.1 - []100x100x4.75					
A=0.1810E+02	I2=0.2743E+03	I3=0.2743E+03	J=0.4105E+03	SF2=0.000	
Material = 1 - STEE		Perímetro=40.000		SF3=0.000	
h2=10.000	h3=10.000	e2=5.000	e3=5.000		
		[]100x100x4.75 H =10.0cm B =10.0cm t =0.47cm			

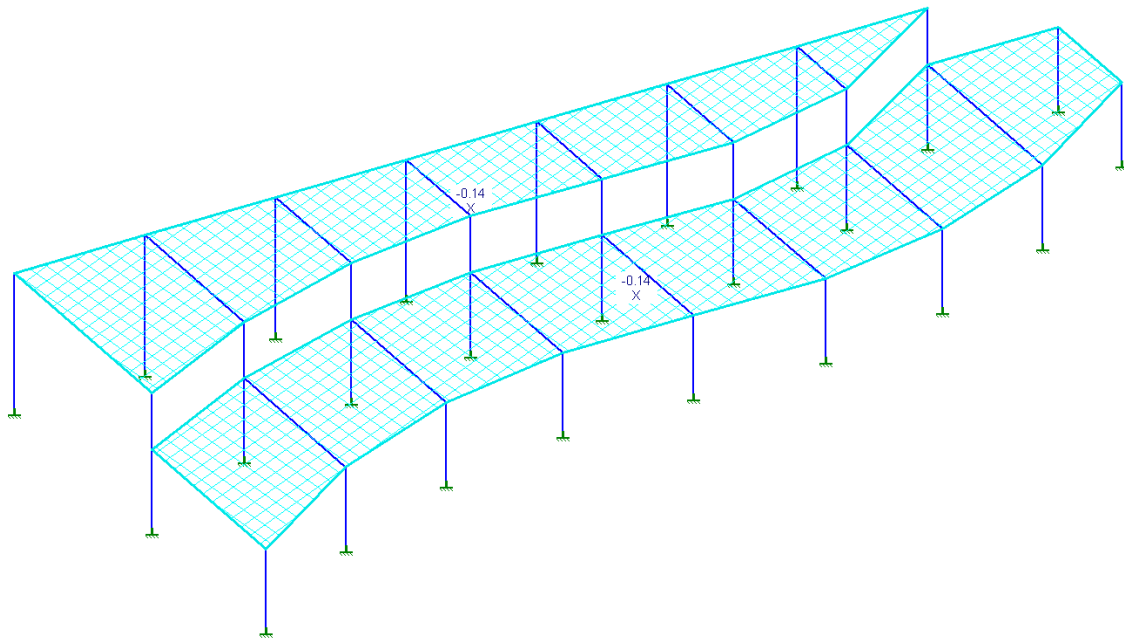
### 14.4. PERSPECTIVA 3D – RENDERIZADA



**14.5. CARREGAMENTOS****14.5.1. PESO PRÓPRIO**

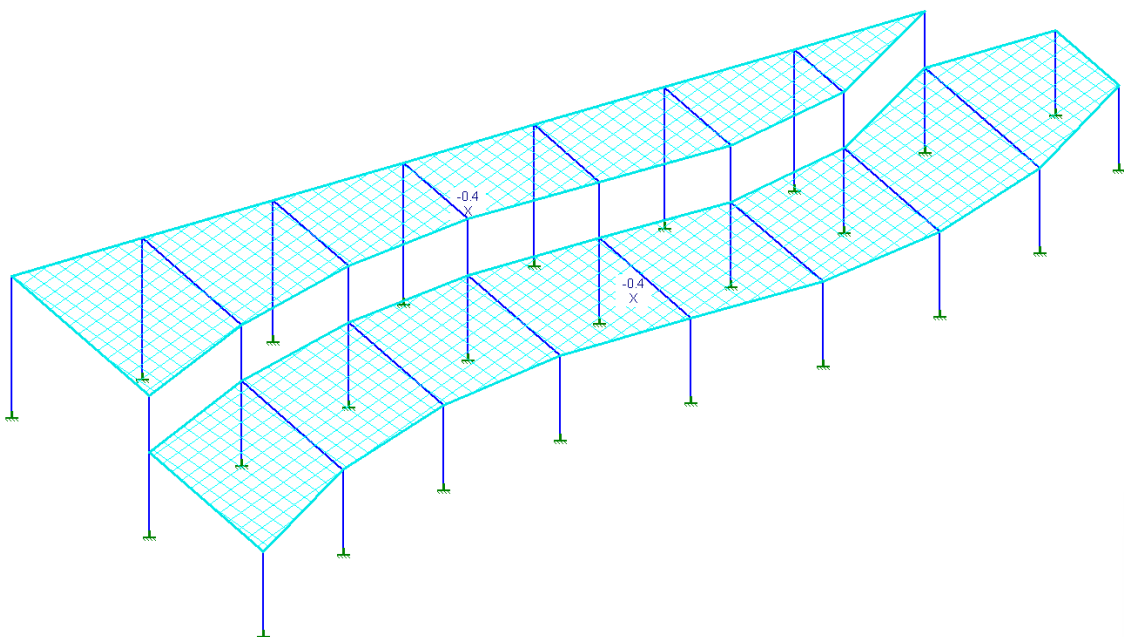
Definido pelo STRAP.

### 14.5.2.ELEMENTOS ADICIONADOS IN LOCO



Revestimento: 100kgf/m<sup>2</sup>; Painei Wall: 40 kgf/m<sup>2</sup>.

### 14.5.3.SOBRECARGA DE USO E OCUPAÇÃO



Sobrecarga de Uso e Ocupação: 400kgf/m<sup>2</sup>.

## 14.6. DIMENSIONAMENTO

### 14.6.1.COMBINAÇÕES

Tabela de Combinações	
Comb.	
1	<b>**ELU**</b> $14.5.1 * 1.25 + 14.5.2 * 1.40 + 14.5.3 * 1.50$
2	<b>**ELS**</b> $14.5.1 * 1.00 + 14.5.2 * 1.00 + 14.5.3 * 1.00$

### 14.6.2.ESFORÇOS SOLICITANTES

Solicitações de Cálculo (tf e m)					
$N_{c,sd}$	<input type="text" value="1.8"/>	$V_{x,sd}$	<input type="text"/>	$M_{x,sd}$	<input type="text" value="0.27"/>
$N_{t,sd}$	<input type="text"/>	$V_{y,sd}$	<input type="text" value="0.9"/>	$M_{y,sd}$	<input type="text"/>

Esforços obtidos pelo software STRAP em barras distintas e utilizados concomitantemente para dimensionamento de um único tipo de perfil em toda a estrutura.

### 14.6.3.DIMENSIONAMENTO DA PEÇA

#### Perfil Box (Formado a frio)

Perfil: BOX 100 x 100 x 4.75  
Aço: ASTM A36  $f_y = 250 \text{ MPa}$   $f_u = 400 \text{ MPa}$

#### COMPRIMENTOS DA BARRA

$K_x L_x = 2,3 \text{ m}$   $K_t L_t = 2,3 \text{ m}$   
 $K_y L_y = 2,3 \text{ m}$   $L_b = 2,3 \text{ m}$

### Cálculo da Compressão

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_x}{(K_x \cdot L_x)^2} = 94,72 \text{ tf}$$

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{(K_y \cdot L_y)^2} = 94,72 \text{ tf}$$

$$N_e = 94,72 \text{ tf}$$

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_e}} = 0,67$$

$$\lambda_0 \leq 1,5 \text{ então } \chi = 0,658 (\lambda_0)^2 = 0,83$$

a) Cálculo da resistência à compressão devido à flambagem global

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

$$N_{cRd} = \frac{\chi \cdot A_{ef} \cdot f_y}{1,20} = 29,63 \text{ tf} \quad \text{Resistência à compressão devido à flambagem global}$$

b) Cálculo da resistência à compressão devido à flambagem local

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

$$N_{cRd}^{FL} = \frac{A_{ef}^{FL} \cdot f_y}{1,20} = 35,82 \text{ tf} \quad \text{Resistência à compressão devido à flambagem local}$$

$$N_{cRd} = 29,63 \text{ tf} \quad \text{Força normal resistente de cálculo à compressão}$$

$$\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{N_{cSd}}{N_{cRd}} = 0,06 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

## Cálculo da Resistência à Flexão - eixo X

### •Cálculo do momento resistente devido ao início do escoamento efetivo

$$\begin{aligned}
 A_{ef} &= 0,00 \text{ m}^2 && \text{Área efetiva da seção} \\
 I_{xef} &= 0,00 \text{ m}^4 && \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo X} \\
 d &= 0,00 \text{ m} && \text{Rebaixamento total do eixo baricêntrico} \\
 Y_{G \text{ final}} &= Y_G + d = 0,05 \text{ m} && \text{Posição final do eixo baricêntrico} \\
 I_G &= I_{xef} - A_{ef} \cdot d^2 = 0,00 \text{ m}^4 && \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo baricêntrico} \\
 W_{ef} &= \frac{I_G}{Y_{G \text{ final}}} = 0,00 \text{ m}^3 && \text{Módulo elástico efetivo} \\
 M_{Rdx}^{FL} &= \frac{W_{ef} \cdot f_y}{1,10} = 1,15 \text{ tf.m} && \text{Resistência de cálculo à flexão para o início do escoamento}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 M_e &= C_b \cdot \sqrt{N_{ey} \cdot G \cdot I_t} = 54,72 \text{ tf.m} && \text{Momento fletor de flambagem lateral com torção} \\
 W_c &= 0,00 \text{ m}^3 && \text{Módulo de resistência elástico da seção bruta em relação à fibra comprimida} \\
 \lambda_o &= \sqrt{\frac{W_c \cdot f_y}{M_e}} = 0,15 && \lambda_o \leq 0,6 \text{ então } \chi_{FLT} = 1,0
 \end{aligned}$$

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

$$\text{Cálculo de } W_{cef} \text{ na tensão } \sigma = \chi_{FLT} \cdot f_y = 25000,00 \text{ tf/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 A_{ef} &= 0,00 \text{ m}^2 && \text{Área efetiva da seção} \\
 I_{xef} &= 0,00 \text{ m}^4 && \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo X} \\
 d &= 0,00 \text{ m} && \text{Rebaixamento total do eixo baricêntrico} \\
 Y_{G \text{ final}} &= Y_G + d = 0,05 \text{ m} && \text{Posição final do eixo baricêntrico} \\
 I_G &= I_{xef} - A_{ef} \cdot d^2 = 0,00 \text{ m}^4 && \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo baricêntrico} \\
 W_{cef} &= \frac{I_G}{Y_{G \text{ final}}} = 0,00 \text{ m}^3 && \text{Módulo elástico efetivo} \\
 M_{Rdx}^{FLT} &= \frac{\chi_{FLT} \cdot W_{cef} \cdot f_y}{1,10} = 1,15 \text{ tf.m} && \text{Resistência de cálculo à flexão para o estado limite FLT}
 \end{aligned}$$

$$M_{Rdx} = 1,15 \text{ tf.m} \quad \text{Resistência de cálculo à flexão em relação ao eixo X}$$

$$\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} = 0,23 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

### Cálculo da Resistência ao cortante - eixo Y

$$\lambda = \frac{h}{t} = 17,05 \quad \text{Parâmetro de esbeltez}$$

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

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

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

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

$$V_{Rdy} = 10,49 \text{ tf} \quad \text{Resistência ao esforço cortante em relação ao eixo X}$$

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

### 7. Equações de Interação

$$\frac{N_{cSd}}{N_{cRd}} + \frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} = 0,29$$

$$\frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} + \frac{N_{tSd}}{N_{tRd}} = 0,23$$

$$\frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} - \frac{N_{tSd}}{N_{tRd}} = 0,23$$

## 14.7. LIGAÇÕES TÍPICAS

### 14.7.1. CHAPA DE BASE

#### DADOS DE ENTRADA

Solicitações de calculo	
Esforço normal de cálculo de compressão(Nsd)	2.1 tf
Esforço cortante de cálculo(Vsd)	1.7 tf
Momento fletor de cálculo(Msd)	0.16 tf.m

Recorte	
Recorte na alma da coluna(R)	15 mm

Tipo de borda	
Borda	Cortada com serra ou tesoura.

Tipo de apoio	
Apoio	Apoio Com força normal de compressão

Concreto	
Resistência característica do concreto(fck)	20 MPa
Altura da base de concreto(Hc)	420 mm
Largura da base de concreto(Bc)	220 mm

Placa de base	
Altura da placa de base(H)	220 mm
Largura da placa de base(B)	220 mm
Espessura da placa de base(tp)	20 mm
Aço	ASTM A36
Tensão de escoamento(fy)	250 MPa
Tensão de ruptura(fu)	400 MPa

Espaçamentos	
Entre o chumbador e a borda da placa de base na horizontal(a)	24 mm
Entre a face da mesa da coluna e o chumbador(b)	24 mm
Entre o chumbador e a borda da placa de base na vertical(c)	24 mm
Entre furos na horizontal(g)	172 mm
Entre furos na vertical(s)	172 mm

Solda	
Eletrodo	7 ou E 70XX
Tensão de ruptura da solda(fw)	485 MPa
Espessura da perna da solda na placa de base-alma do pilar(bw)	20 mm

Pilar	
Perfil	BOX 100 x 100 x 4.75
Aço	ASTM A36
Tensão de escoamento(fy)	250 MPa
Tensão de ruptura(fu)	400 MPa

### Resistência do concreto

A1 = 0.048 m<sup>2</sup>    É a área carregada sob a placa de apoio.  
A2 = 0.092 m<sup>2</sup>    É a área da superfície de concreto.

$$\frac{R_{Rknc}}{\gamma} = \frac{0,70 \cdot f_{ck} \sqrt{\frac{A_2}{A_1}}}{1,40} \leq 1,40 \cdot f_{ck} = 1381.699 \text{ tf/m}^2$$

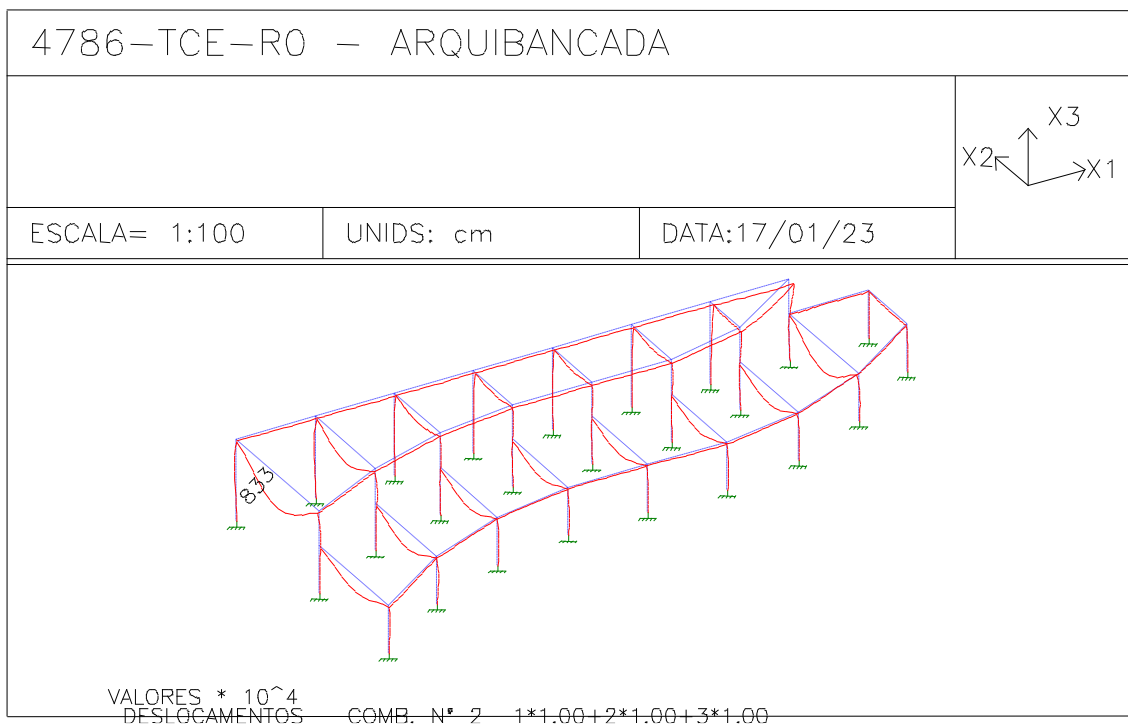
### Verificação das dimensões da placa de base

$$f_c = \frac{N_{sd}}{H \cdot B} = 43.388 \text{ tf/m}^2 \quad \text{Pressão na placa de base.}$$

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

$$\frac{\text{Solicitação}}{\text{Resistência}} = \frac{f_c}{\frac{R_{Rknc}}{\gamma}} = 0.031 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

### 14.8. DESLOCAMENTOS



$\Phi_{lim} = 0,76 \text{ cm}$ ;  $\Phi_{atu} = 0,09 \text{ cm}$

## 15. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Após análise das estruturas com as peças propostas admite-se a estabilidade estrutural, visto que são atendidos os ESTADO LIMITE ÚLTIMO e ESTADO LIMITE DE SERVIÇO.

Devem-se respeitar estritamente: vãos, travamentos e ligações indicadas no memorial e no projeto, caso haja pequenas divergências deve-se adotar a com maior fator de segurança.

Engenheiro Robson Ribeiro da Costa  
Projetista