VOLUME - 05

OBRA:

REFORMA DA ESCOLA MUNICIPAL 25 DE OUTUBRO do município de Arenápolis - MT

ASSUNTO:

PROJETOS DE ARQUITETURA, COMPLEMENTARES E ORÇAMENTO DA OBRA

PROPRIETARIO:

PREFEITURA MUNICIPAL DE ARENÁPOLIS – MT

LOCAL / DATA:

CUIABÁ - MT fevereiro – 2025

R. N. DIAS CONSULTORIA E PROJETOS **CNPJ: 40.600.695/0001-67**
Avenida São Sebastião esquina com a Rua Cursino do Amarante Bairro Quilombo, 498 – CEP: 78.045-305 - Cuiabá/MT
CONTATO: (65) 99972-7834 **E-MAIL:** decoroconsultoria@gmail.com

VOLUME - 05

OBRA:

REFORMA DA ESCOLA MUNICIPAL 25 DE OUTUBRO do município de Arenápolis - MT

ASSUNTO:

PROJETO DE ESTRUTURA METÁLICA - MEMORIAL DESCRITIVO E PEÇAS GRÁFICAS

PROPRIETARIO:

PREFEITURA MUNICIPAL DE ARENÁPOLIS – MT

LOCAL / DATA:

CUIABÁ - MT fevereiro – 2025

R. N. DIAS CONSULTORIA E PROJETOS **CNPJ: 40.600.695/0001-67**
Avenida São Sebastião esquina com a Rua Cursino do Amarante Bairro Quilombo, 498 – CEP: 78.045-305 - Cuiabá/MT
CONTATO: (65) 99972-7834 **E-MAIL:** decoroconsultoria@gmail.com

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O presente memorial descritivo de procedimentos estabelece as condições técnicas mínimas a serem obedecidas na execução das obras e serviços acima citados fixando, portanto, os parâmetros mínimos a serem atendidos para materiais, serviços e equipamentos, seguindo as normas técnicas da **ABNT** e constituirão parte integrante dos contratos de obras e serviços. A planilha orçamentária descreve os quantitativos, como também valores em consonância com os projetos básicos fornecidos.

CRITÉRIO DE SIMILARIDADE

Todos os materiais a serem empregados na execução dos serviços deverão ser comprovadamente de boa qualidade e satisfazer rigorosamente as especificações a seguir. Todos os serviços serão executados em completa obediência aos princípios de boa técnica, devendo ainda satisfazer rigorosamente às Normas Brasileiras.

INTERPRETAÇÃO DE DOCUMENTOS FORNECIDOS À OBRA

No caso de divergências de interpretação entre documentos fornecidos, será obedecida a seguinte ordem de prioridade:

- Em caso de divergências entre esta especificação, a planilha orçamentária e os desenhos/projetos fornecidos.
- Em caso de divergência entre os projetos de datas diferentes, prevalecerão sempre os mais recentes.
- As cotas dos desenhos prevalecem sobre o desenho (escala).

ESTRUTURA METÁLICA

1. ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS UTILIZADOS

Estrutura : **AÇO ASTM-A36**

- Fy= 250Mpa
- Fu= 400Mpa
- ɣ = 7860Kg/m³
- Solda: Eletrodo E-70xx: Fu=485mpa
- (Ligações Secundarias): ASTM A307

2. NORMAS

- NBR8800/08- Projeto e execução de estruturas de aço de edifícios;
- NBR6120/80- Cargas para o cálculo de estruturas de edificações;
- NBR6123/88- Forças devidas ao vento em edificações;

- AWS D1.1/96- American Welding Society.

3. CARREGAMENTOS E DEMAIS INFORMAÇÕES DE DIMENSIONAMENTO

3.1. Peso próprio (PP)

Trata-se de algumas cargas que incidem verticalmente na estrutura, normativamente não atende um padrão, vai de cada calculista, tal projeto foi considerado utilizando tais cargas e suas quantidades respectivamente:

Tabela 1 - Peso próprio da estrutura

PESO PRÓPRIO DA ESTRUTURA	
TIPO	QNT (N/m²)
HASTES DE TRAVAMENTO	180
MONTANTES E TRAVAMENTOS	61
CONTRAVENTAMENTOS+CORRENTES	10
REVESTIMENTO	120
TOTAL	371

3.2. Sobrecarga (SC)

Seguindo a NBR8800, é estabelecido um valor mínimo de sobrecarga de 0,25KN/m², onde pode variar bastante de acordo com a finalidade do projeto, chegando até valores como 10KN/m².

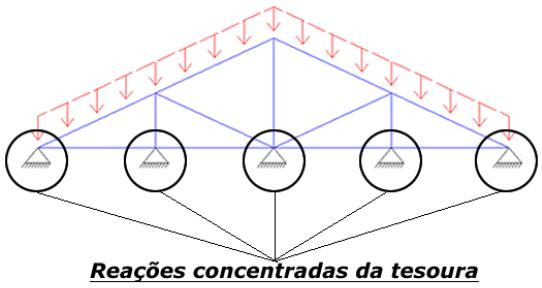


Figura 1 - Demonstração do sentido do carregamento

3.3. Pressão dinâmica do vento (V)

De acordo com a NBR 6123 a pressão dinâmica do vento varia de acordo com a região (Velocidade), fator topográfico (S1), fator equacionado (S2) e fator estático (S3).

V: (Mapa em Anexo) – UTILIZADO 32m/s

S1: (Tabela NBR 6123)

S2: FATOR DE ACORDO COM AS DIMENSÕES E ALTURA DA OBRA

S3: (Tabela NBR 6123) (Fator estático)

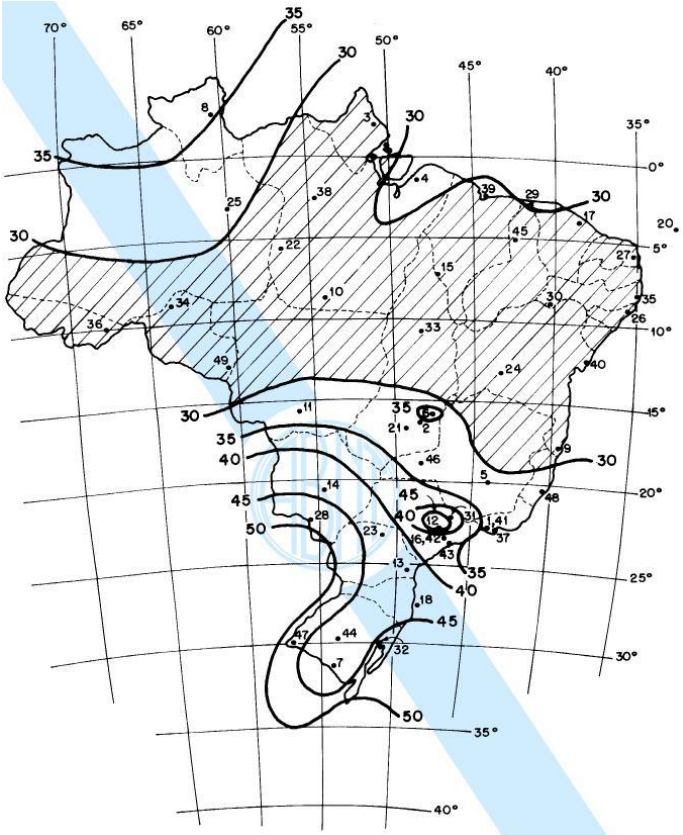


Figura 2 - Velocidade do vento de acordo com regiões (Fonte: NBR 6120)

4. PINTURA

As superfícies a pintar deverão ter tratamento superficial com jato de granalha de granulometria 2.5, devendo ser feito uma com zarcão, com no mínimo 120 mícron de espessura. Para retoques de danos mecânicos ocorridos durante o transporte e montagem, deverá ser providenciado o lixamento das áreas atingidas e efetuar os reparos reconstituindo todo o sistema exigido.

5. MÉTODOS CONSTRUTIVOS

Conforme NBR 8800/2008 a estrutura será executada em aço dobrado e aço laminado (ASTM A-36).

A qualidade dos materiais como concreto, aço e madeira deverá ser inspecionada e acompanhada no seu preparo para uso na obra, por profissional legalmente habilitado junto ao Conselho Regional de Engenharia e Agronomia – CREA-MT.

Calculo de resistência das terças são baseados por inteiro na NBR 8800:2008, onde será devidamente instalada sempre atentar para o excesso de sobrecarga circulando em vãos idênticos da estrutura.

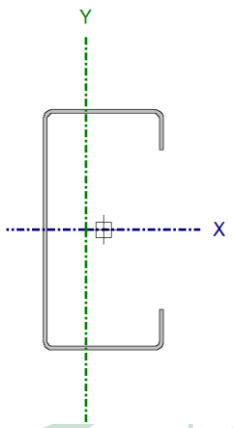
Os perfis devem ser seguidos à risca, de acordo com o projeto estrutural, suas soldas devem ser aplicadas de maneira contínua, ressaltando que de maneira alguma poderá ser aplicada do tipo intermitente, incluindo casos que o acumulo de água é propicio de ocorrer, neste caso a principal estrutura deverá ser feita em um local seco, e posteriormente no seu devido tempo ser instalada sob os pilares.

No caso de junção lateral de perfis, deve-se atentar que na hora de aplicar a solda deve-se observar se houver existência de frestas entre os perfis, se for o caso, é recomendado repetir o processo.

É recomendado montar as tesouras ou apoios principais separadamente e, quando for realizar o lançamento/adensamento de concreto dos vínculos exteriores, prever a existência dos chumbadores já dimensionados no projeto estrutural.

Todas as demais ligações serão do tipo soldáveis, causando a necessidade de soldadores, montadores e demais devidamente qualificada para o feito.

Perfil: C100X50X17X2.00
Material: Aço (A-36)



Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas					
Inicial	Final		Área (cm²)	I_x(1) (cm4)	I_y(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)	x_g(3) (mm)	y_g(3) (mm)
N798	N758	4.000	4.41	70.09	15.75	0.06	-7.18	0.00

Notas:
(1) Inércia em relação ao eixo indicado
(2) Momento de inércia à torção uniforme
(3) Coordenadas do centro de gravidade

	Flambagem		Flambagem lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	4.000	4.000	0.000	0.000
C_m	-	-	1.000	1.000
C_b	-		1.000	

Notação:
β: Coeficiente de flambagem
L_K: Comprimento de flambagem (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_b: Fator de modificação para o momento crítico

<u>Valores máximos da relação comprimento-espessura</u> (ABNT NBR 14762:2010 Artigo 9.1.2 Tabela 4)

Elemento: Alma

Em elementos comprimidos com ambas as bordas vinculadas a elementos AA, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 500.

(b/t) : ***46*** ✓

Sendo:

b: Comprimento do elemento. **b** : *92.00* mm

t: A espessura. **t** : *2.00* mm

Elemento: Mesa

Em elementos comprimidos AA, tendo uma borda vinculada à alma ou mesa e a outra ao enrijecedor de borda simples, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 60.

(b/t) : ***21*** ✓

Sendo:

b: Comprimento do elemento. **b** : *42.00* mm

t: A espessura. **t** : *2.00* mm

Resistência à tração (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.6)

A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração.

Resistência à compressão (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.7)

Deve satisfazer:

η : ***0.002*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações 1.25·PP+1.5·SCU1.

$\mathbf{N_{c,Sd}}$: Força normal de compressão solicitante de cálculo. $\mathbf{N_{c,Sd}}$: *0.03* kN

A resistência de cálculo à compressão $\mathbf{N_{c,Rd}}$ é dada pelo menor dos valores obtidos segundo os seguintes itens: $\mathbf{N_{c,Rd}}$: *14.20* kN

a) Inicio de ruptura da seção efetiva e flambagem global (9.7.2)

$\mathbf{N_{c,Rd}}$: *14.20* kN

Onde:

$\mathbf{A_{ef}}$: Área efetiva da seção transversal da barra. $\mathbf{A_{ef}}$: *4.41* cm²

χ: Fator de redução associado à flambagem, χ_{yy} : *0.15*

χ_{xz} : *0.59*

Sendo:

λ_0: Índice de esbeltez reduzido para barras comprimidas. $\lambda_{0,\,yy}$: *2.38*

$\lambda_{0,\,xz}$: *1.13*

Sendo:

N_e: Força normal de flambagem elástica da barra, conforme 9.7.2.

A: Área bruta da seção transversal da barra. **A** : *4.41* cm²

f_y: Tensão de escoamento. **f_y** : *250.00* MPa

γ: Coeficiente de ponderação das resistências. γ : *1.2*

A força normal de flambagem elástica **N_e** é o menor valor entre os obtidos por a) e b): **N_e** : *19.44* kN

a) Força normal de flambagem elástica por flexão em relação ao eixo Y.

N_{ey} : *19.44* kN

b) Força normal de flambagem elástica por flexo-torção.

N_{exz} : *86.47* kN

Onde:

N_{ex} : *86.47* kN

N_{ez} : ∞

I_x: Momento de inércia da seção bruta em relação ao eixo X. **I_x** : *70.09* cm4

I_y: Momento de inércia da seção bruta em relação ao eixo Y. **I_y** : *15.75* cm4

I_t: Momento de inércia à torção uniforme. **I_t** : *0.06* cm4

C_w: Constante de empenamento da seção. **C_w** : *364.95* cm6

E: Módulo de elasticidade. **E** : *200000* MPa

G: Módulo de elasticidade transversal. **G** : *76923* MPa

K_xL_x: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo X. **K_xL_x** : *4.000* m

K_yL_y: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo Y. **K_yL_y** : *4.000* m

K_zL_z: Comprimento efetivo de flambagem por torção. **K_zL_z** : *0.000* m

r_0: Raio de giração polar da seção bruta em relação ao centro de torção.

r_0 : *6.08* cm

Sendo:

r_x, r_y: Raios de giração da seção bruta em relação aos eixos principais de inércia X e Y, respectivamente.

r_x : *3.98* cm

r_y : *1.89* cm

x_0, y_0: Coordenadas do centro de torção na direção dos eixos principais X e Y, respectivamente, em relação ao centróide da seção.

x_0 : *-41.80* mm

y_0 : *0.00* mm

b) Flambagem por distorção (9.7.3)

Não é necessário, dado que os comprimentos efetivos de flambagem por distorção são nulos.

Resistência à flexão eixo X (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.2)

A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.

Resistência à flexão eixo Y (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.2)

A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.

Resistência ao esforço cortante X (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.3)

Deve satisfazer:

$\eta <$ ***0.001*** ✓

O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável V_{Sd} produz-se no nó N798, para a combinação de hipóteses 1.25·PP.

V_{Sd} : *0.01* kN

A seção é composta por duas almas iguais. Sobre cada uma delas, o esforço de cálculo é $V_{Sd} = 0.5\ V_{Sd}$.

V_{Sd} : *0.01* kN

A força cortante resistente de cálculo da alma V_{Rd} deve ser calculada por:

$^{(1)}V_{Rd}$: *11.45* kN

para $1.08(EK_V/f_y)^{0.5}$: *33.46*

para h/t : *21.00*

para $1.4(EK_V/f_y)^{0.5}$: *43.38*

Onde:

t: Espessura da alma. **t** : *2.00* mm

h: Largura da alma. **h** : *42.00* mm

f_y: Tensão de escoamento.	**f_y** :	*250.00* MPa
E: Módulo de elasticidade.	**E** :	*200000* MPa
γ: Coeficiente de ponderação das resistências.	γ :	*1.1*
K_V: Coeficiente de flambagem local por esforço cortante que, para uma mesa, é dado por:	**K_V** :	*1.20*

Resistência ao esforço cortante Y (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.3)

Deve satisfazer:

η : ***0.003*** ✓

O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável **V_{Sd}** produz-se no nó N758, para a combinação de hipóteses 1.25·PP. **V_{Sd}** : *0.09* kN

A força cortante resistente de cálculo da alma **V_{Rd}** deve ser calculada por: **$^{(1)}V_{Rd}$** : *25.09* kN

para **$1.08(EK_V/f_y)^{0.5}$** : *68.31*

para **h/t** : *46.00*

para **$1.4(EK_V/f_y)^{0.5}$** : *88.54*

Onde:

t: Espessura da alma.	**t** :	*2.00* mm
h: Largura da alma.	**h** :	*92.00* mm
f_y: Tensão de escoamento.	**f_y** :	*250.00* MPa
E: Módulo de elasticidade.	**E** :	*200000* MPa
γ: Coeficiente de ponderação das resistências.	γ :	*1.1*
K_V: Coeficiente de flambagem local por cisalhamento, que para a alma sem enrijecedores transversais é dado por:	**K_V** :	*5.00*

Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.4)

Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.4)

Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência à flexo-compressão (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.9)

Não há interação entre o esforço axial de compressão e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência à flexo-tração (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.9)

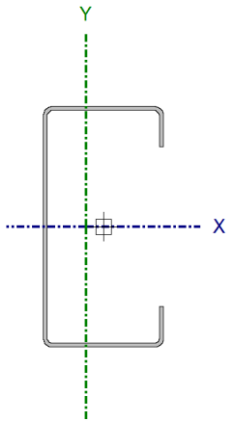
Não há interação entre o esforço axial de tração e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência à torção (Critério da CYPE Ingenieros)

A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.

Barra N562/N798

Perfil: C100X50X17X2.00
Material: Aço (A-36)



Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas					
Inicial	Final		Área (cm²)	I_x(1) (cm4)	I_y(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)	x_g(3) (mm)	y_g(3) (mm)
N562	N798	4.000	4.41	70.09	15.75	0.06	-7.18	0.00

Notas:
(1) Inércia em relação ao eixo indicado
(2) Momento de inércia à torção uniforme
(3) Coordenadas do centro de gravidade

	Flambagem		Flambagem lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	4.000	4.000	0.000	0.000
C_m	-	-	1.000	1.000
C_b	-		1.000	

Notação:
β: Coeficiente de flambagem
L_K: Comprimento de flambagem (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_b: Fator de modificação para o momento crítico

Valores máximos da relação comprimento-espessura (ABNT NBR 14762:2010 Artigo 9.1.2 Tabela 4)

Elemento: Alma

Em elementos comprimidos com ambas as bordas vinculadas a elementos AA, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 500.

(b/t) : ***46*** ✓

Sendo:

b: Comprimento do elemento. **b** : *92.00* mm

t: A espessura. **t** : *2.00* mm

Elemento: Mesa

Em elementos comprimidos AA, tendo uma borda vinculada à alma ou mesa e a outra ao enrijecedor de borda simples, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 60.

(b/t) : ***21*** ✓

Sendo:

b: Comprimento do elemento. **b** : *42.00* mm

t: A espessura. **t** : *2.00* mm

Resistência à tração (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.6)

A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração.

Resistência à compressão (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.7)

Deve satisfazer:

η : ***0.003*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações 1.25·PP+1.5·SCU1.

$N_{c,Sd}$: Força normal de compressão solicitante de cálculo. **$N_{c,Sd}$** : *0.04* kN

A resistência de cálculo à compressão **$N_{c,Rd}$** é dada pelo menor dos valores obtidos segundo os seguintes itens: **$N_{c,Rd}$** : *14.20* kN

a) Inicio de ruptura da seção efetiva e flambagem global (9.7.2)

$N_{c,Rd}$: *14.20* kN

Onde:

A_{ef}: Área efetiva da seção transversal da barra. **A_{ef}** : *4.41* cm²

χ: Fator de redução associado à flambagem, χ_{yy} : *0.15* χ_{xz} : *0.59*

Sendo:

λ_0: Índice de esbeltez reduzido para barras comprimidas. $\lambda_{0,yy}$: *2.38* $\lambda_{0,xz}$: *1.13*

Sendo:

N_e: Força normal de flambagem elástica da barra, conforme 9.7.2.

A: Área bruta da seção transversal da barra. **A** : *4.41* cm²

f_y: Tensão de escoamento. **f_y** : *250.00* MPa

γ: Coeficiente de ponderação das resistências. γ : *1.2*

A força normal de flambagem elástica **N_e** é o menor valor entre os obtidos por a) e b): **N_e** : *19.44* kN

a) Força normal de flambagem elástica por flexão em relação ao eixo Y.

N_{ey} : 19.44 kN

b) Força normal de flambagem elástica por flexo-torção.

N_{exz} : 86.47 kN

Onde:

N_{ex} : 86.47 kN

N_{ez} : ∞

I_x: Momento de inércia da seção bruta em relação ao eixo X.	I_x : 70.09	cm4
I_y: Momento de inércia da seção bruta em relação ao eixo Y.	I_y : 15.75	cm4
I_t: Momento de inércia à torção uniforme.	I_t : 0.06	cm4
C_w: Constante de empenamento da seção.	C_w : 364.95	cm6
E: Módulo de elasticidade.	**E** : 200000	MPa
G: Módulo de elasticidade transversal.	**G** : 76923	MPa
K_xL_x: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo X.	K_xL_x : 4.000	m
K_yL_y: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.	K_yL_y : 4.000	m
K_zL_z: Comprimento efetivo de flambagem por torção.	K_zL_z : 0.000	m
r_0: Raio de giração polar da seção bruta em relação ao centro de torção.	r_0 : 6.08	cm

Sendo:

r_x, r_y: Raios de giração da seção bruta em relação aos eixos principais de inércia X e Y, respectivamente.	r_x : 3.98	cm
	r_y : 1.89	cm
x_0, y_0: Coordenadas do centro de torção na direção dos eixos principais X e Y, respectivamente, em relação ao centróide da seção.	x_0 : -41.80	mm
	y_0 : 0.00	mm

b) Flambagem por distorção (9.7.3)

Não é necessário, dado que os comprimentos efetivos de flambagem por distorção são nulos.

Resistência à flexão eixo X (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.2)

A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.

Resistência à flexão eixo Y (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.2)

A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.

Resistência ao esforço cortante X (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.3)

Deve satisfazer:

$\eta <$ ***0.001*** ✓

O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável $\mathbf{V_{Sd}}$ produz-se no nó N562, para a combinação de hipóteses 1.25·PP. — $\mathbf{V_{Sd}}$: *0.01* kN

A seção é composta por duas almas iguais. Sobre cada uma delas, o esforço de cálculo é $\mathbf{V_{Sd} = 0.5\ V_{Sd}}$. — $\mathbf{V_{Sd}}$: *0.01* kN

A força cortante resistente de cálculo da alma $\mathbf{V_{Rd}}$ deve ser calculada por: — $^{(1)}\mathbf{V_{Rd}}$: *11.45* kN

para — $\mathbf{1.08(EK_V/f_y)^{0.5}}$: *33.46*

para — $\mathbf{h/t}$: *21.00*

para — $\mathbf{1.4(EK_V/f_y)^{0.5}}$: *43.38*

Onde:

t: Espessura da alma.	$\mathbf{t}$:	*2.00*	mm
h: Largura da alma.	$\mathbf{h}$:	*42.00*	mm
$\mathbf{f_y}$: Tensão de escoamento.	$\mathbf{f_y}$:	*250.00*	MPa
E: Módulo de elasticidade.	$\mathbf{E}$:	*200000*	MPa
γ: Coeficiente de ponderação das resistências.	γ :	*1.1*	
$\mathbf{K_V}$: Coeficiente de flambagem local por esforço cortante que, para uma mesa, é dado por:	$\mathbf{K_V}$:	*1.20*	

Resistência ao esforço cortante Y (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.3)

Deve satisfazer:

η : **0.003** ✓

O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável $\mathbf{V_{Sd}}$ produz-se no nó N798, para a combinação de hipóteses 1.25·PP. — $\mathbf{V_{Sd}}$: *0.08* kN

A força cortante resistente de cálculo da alma $\mathbf{V_{Rd}}$ deve ser calculada por: — $^{(1)}\mathbf{V_{Rd}}$: *25.09* kN

para — $\mathbf{1.08(EK_V/f_Y)^{0.5}}$: *68.31*

para — $\mathbf{h/t}$: *46.00*

para — $\mathbf{1.4(EK_V/f_Y)^{0.5}}$: *88.54*

Onde:

t: Espessura da alma.	**t** : *2.00*	mm
h: Largura da alma.	**h** : *92.00*	mm
$\mathbf{f_Y}$: Tensão de escoamento.	$\mathbf{f_Y}$: *250.00*	MPa
E: Módulo de elasticidade.	**E** : *200000*	MPa
γ: Coeficiente de ponderação das resistências.	γ : *1.1*	
$\mathbf{K_V}$: Coeficiente de flambagem local por cisalhamento, que para a alma sem enrijecedores transversais é dado por:	$\mathbf{K_V}$: *5.00*	

DECORO Consultoria e Projetos

Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.4)

Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.4)

Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência à flexo-compressão (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.9)

Não há interação entre o esforço axial de compressão e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência à flexo-tração (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.9)

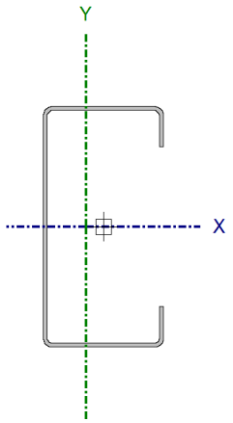
Não há interação entre o esforço axial de tração e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência à torção (Critério da CYPE Ingenieros)

A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.

Barra N1030/N942

Perfil: C100X50X17X2.00
Material: Aço (A-36)



Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas					
Inicial	Final		Área (cm²)	I_x(1) (cm4)	I_y(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)	x_g(3) (mm)	y_g(3) (mm)
N1030	N942	4.000	4.41	70.09	15.75	0.06	-7.18	0.00

Notas:
(1) Inércia em relação ao eixo indicado
(2) Momento de inércia à torção uniforme
(3) Coordenadas do centro de gravidade

	Flambagem		Flambagem lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	4.000	4.000	0.000	0.000
C_m	-	-	1.000	1.000
C_b	-		1.000	

Notação:
β: Coeficiente de flambagem
L_K: Comprimento de flambagem (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_b: Fator de modificação para o momento crítico

Valores máximos da relação comprimento-espessura (ABNT NBR 14762:2010 Artigo 9.1.2 Tabela 4)

Elemento: Alma

Em elementos comprimidos com ambas as bordas vinculadas a elementos AA, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 500.

(b/t) : ***46*** ✓

Sendo:

b: Comprimento do elemento. **b** : *92.00* mm

t: A espessura. **t** : *2.00* mm

Elemento: Mesa

Em elementos comprimidos AA, tendo uma borda vinculada à alma ou mesa e a outra ao enrijecedor de borda simples, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 60.

(b/t) : ***21*** ✓

Sendo:

b: Comprimento do elemento. **b** : *42.00* mm

t: A espessura. **t** : *2.00* mm

Resistência à tração (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.6)

A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração.

Resistência à compressão (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.7)

Deve satisfazer:

η : ***0.002*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações 1.25·PP+1.5·SCU1.

$N_{c,Sd}$: Força normal de compressão solicitante de cálculo. **$N_{c,Sd}$** : *0.03* kN

A resistência de cálculo à compressão **$N_{c,Rd}$** é dada pelo menor dos valores obtidos segundo os seguintes itens: **$N_{c,Rd}$** : *14.20* kN

a) Inicio de ruptura da seção efetiva e flambagem global (9.7.2)

$N_{c,Rd}$: *14.20* kN

Onde:

A_{ef}: Área efetiva da seção transversal da barra. **A_{ef}** : *4.41* cm²

χ: Fator de redução associado à flambagem, χ_{yy} : *0.15* χ_{xz} : *0.59*

Sendo:

λ_0: Índice de esbeltez reduzido para barras comprimidas. $\lambda_{0,yy}$: *2.38* $\lambda_{0,xz}$: *1.13*

Sendo:

N_e: Força normal de flambagem elástica da barra, conforme 9.7.2.

A: Área bruta da seção transversal da barra. **A** : *4.41* cm²

f_y: Tensão de escoamento. **f_y** : *250.00* MPa

γ: Coeficiente de ponderação das resistências. γ : *1.2*

A força normal de flambagem elástica $\mathbf{N_e}$ é o menor valor entre os obtidos por a) e b):

$\mathbf{N_e}$: *19.44* kN

a) Força normal de flambagem elástica por flexão em relação ao eixo Y.

$\mathbf{N_{ey}}$: *19.44* kN

b) Força normal de flambagem elástica por flexo-torção.

$\mathbf{N_{exz}}$: *86.47* kN

Onde:

$\mathbf{N_{ex}}$: *86.47* kN

$\mathbf{N_{ez}}$: ∞

$\mathbf{I_x}$: Momento de inércia da seção bruta em relação ao eixo X.	$\mathbf{I_x}$: *70.09*	cm4
$\mathbf{I_y}$: Momento de inércia da seção bruta em relação ao eixo Y.	$\mathbf{I_y}$: *15.75*	cm4
$\mathbf{I_t}$: Momento de inércia à torção uniforme.	$\mathbf{I_t}$: *0.06*	cm4
$\mathbf{C_w}$: Constante de empenamento da seção.	$\mathbf{C_w}$: *364.95*	cm6
E: Módulo de elasticidade.	**E** : *200000*	MPa
G: Módulo de elasticidade transversal.	**G** : *76923*	MPa
$\mathbf{K_xL_x}$: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo X.	$\mathbf{K_xL_x}$: *4.000*	m
$\mathbf{K_yL_y}$: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.	$\mathbf{K_yL_y}$: *4.000*	m
$\mathbf{K_zL_z}$: Comprimento efetivo de flambagem por torção.	$\mathbf{K_zL_z}$: *0.000*	m
$\mathbf{r_0}$: Raio de giração polar da seção bruta em relação ao centro de torção.	$\mathbf{r_0}$: *6.08*	cm

Sendo:

$\mathbf{r_x}$, $\mathbf{r_y}$: Raios de giração da seção bruta em relação aos eixos principais de inércia X e Y, respectivamente.	$\mathbf{r_x}$: *3.98*	cm
	$\mathbf{r_y}$: *1.89*	cm
$\mathbf{x_0}$, $\mathbf{y_0}$: Coordenadas do centro de torção na direção dos eixos principais X e Y, respectivamente, em relação ao centróide da seção.	$\mathbf{x_0}$: *-41.80*	mm
	$\mathbf{y_0}$: *0.00*	mm

b) Flambagem por distorção (9.7.3)

Não é necessário, dado que os comprimentos efetivos de flambagem por distorção são nulos.

Resistência à flexão eixo X (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.2)

A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.

Resistência à flexão eixo Y (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.2)

A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.

Resistência ao esforço cortante X (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.3)

Deve satisfazer:

η : ***0.001*** ✓

O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável $\mathbf{V_{Sd}}$ produz-se no nó N942, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SCU1. — $\mathbf{V_{Sd}}$: *0.02* kN

A seção é composta por duas almas iguais. Sobre cada uma delas, o esforço de cálculo é $\mathbf{V_{Sd} = 0.5\ V_{Sd}}$. — $\mathbf{V_{Sd}}$: *0.01* kN

A força cortante resistente de cálculo da alma $\mathbf{V_{Rd}}$ deve ser calculada por: — $^{(1)}\mathbf{V_{Rd}}$: *11.45* kN

para — $\mathbf{1.08(EK_V/f_y)^{0.5}}$: *33.46*

para — $\mathbf{h/t}$: *21.00*

para — $\mathbf{1.4(EK_V/f_y)^{0.5}}$: *43.38*

Onde:

t: Espessura da alma.	**t** : *2.00*	mm
h: Largura da alma.	**h** : *42.00*	mm
$\mathbf{f_y}$: Tensão de escoamento.	$\mathbf{f_y}$: *250.00*	MPa
E: Módulo de elasticidade.	**E** : *200000*	MPa
γ: Coeficiente de ponderação das resistências.	γ : *1.1*	
$\mathbf{K_V}$: Coeficiente de flambagem local por esforço cortante que, para uma mesa, é dado por:	$\mathbf{K_V}$: *1.20*	

Resistência ao esforço cortante Y (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.3)

Deve satisfazer:

η : **0.006** ✓

O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável $\mathbf{V_{Sd}}$ produz-se no nó N942, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SCU1.

$\mathbf{V_{Sd}}$: *0.15* kN

A força cortante resistente de cálculo da alma $\mathbf{V_{Rd}}$ deve ser calculada por:

$^{(1)}\mathbf{V_{Rd}}$: *25.09* kN

para $\mathbf{1.08(EK_V/f_Y)^{0.5}}$: *68.31*

para $\mathbf{h/t}$: *46.00*

para $\mathbf{1.4(EK_V/f_Y)^{0.5}}$: *88.54*

Onde:

t: Espessura da alma. **t** : *2.00* mm

h: Largura da alma. **h** : *92.00* mm

$\mathbf{f_Y}$: Tensão de escoamento. $\mathbf{f_Y}$: *250.00* MPa

E: Módulo de elasticidade. **E** : *200000* MPa

γ: Coeficiente de ponderação das resistências. γ : *1.1*

$\mathbf{K_V}$: Coeficiente de flambagem local por cisalhamento, que para a alma sem enrijecedores transversais é dado por: $\mathbf{K_V}$: *5.00*

Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.4)

Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.4)

Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência à flexo-compressão (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.9)

Não há interação entre o esforço axial de compressão e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência à flexo-tração (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.9)

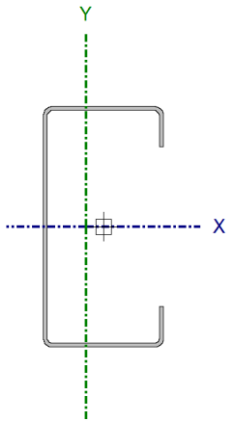
Não há interação entre o esforço axial de tração e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência à torção (Critério da CYPE Ingenieros)

A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.

Barra N703/N1022

Perfil: C100X50X17X2.00
Material: Aço (A-36)



Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas					
Inicial	Final		Área (cm²)	I_x(1) (cm4)	I_y(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)	x_g(3) (mm)	y_g(3) (mm)
N703	N1022	4.000	4.41	70.09	15.75	0.06	-7.18	0.00

Notas:
(1) Inércia em relação ao eixo indicado
(2) Momento de inércia à torção uniforme
(3) Coordenadas do centro de gravidade

	Flambagem		Flambagem lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	4.000	4.000	0.000	0.000
C_m	-	-	1.000	1.000
C_b	-		1.000	

Notação:
β: Coeficiente de flambagem
L_K: Comprimento de flambagem (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_b: Fator de modificação para o momento crítico

Valores máximos da relação comprimento-espessura (ABNT NBR 14762:2010 Artigo 9.1.2 Tabela 4)

Elemento: Alma

Em elementos comprimidos com ambas as bordas vinculadas a elementos AA, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 500.

(b/t) : ***46*** ✓

Sendo:

b: Comprimento do elemento. **b** : *92.00* mm

t: A espessura. **t** : *2.00* mm

Resistência à tração (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.6)

A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração.

Resistência à compressão (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.7)

A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de compressão.

Resistência à flexão eixo X (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.2)

A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.

Resistência à flexão eixo Y (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.2)

A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.

Resistência ao esforço cortante X (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.3)

Deve satisfazer:

$\eta <$ ***0.001*** ✓

O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável $\mathbf{V_{Sd}}$ produz-se no nó N703, para a combinação de hipóteses 1.25·PP. — $\mathbf{V_{Sd}}$: *0.01* kN

A seção é composta por duas almas iguais. Sobre cada uma delas, o esforço de cálculo é $\mathbf{V_{Sd} = 0.5\ V_{Sd}}$. — $\mathbf{V_{Sd}}$: *0.01* kN

A força cortante resistente de cálculo da alma $\mathbf{V_{Rd}}$ deve ser calculada por: — $^{(1)}\mathbf{V_{Rd}}$: *11.45* kN

para — $\mathbf{1.08(EK_V/f_y)^{0.5}}$: *33.46*

para — $\mathbf{h/t}$: *21.00*

para — $\mathbf{1.4(EK_V/f_y)^{0.5}}$: *43.38*

Onde:

t: Espessura da alma.	$\mathbf{t}$:	*2.00*	mm
h: Largura da alma.	$\mathbf{h}$:	*42.00*	mm
$\mathbf{f_y}$: Tensão de escoamento.	$\mathbf{f_y}$:	*250.00*	MPa
E: Módulo de elasticidade.	$\mathbf{E}$:	*200000*	MPa
γ: Coeficiente de ponderação das resistências.	γ :	*1.1*	
$\mathbf{K_V}$: Coeficiente de flambagem local por esforço cortante que, para uma mesa, é dado por:	$\mathbf{K_V}$:	*1.20*	

Resistência ao esforço cortante Y (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.3)

Deve satisfazer:

η : **0.003** ✓

O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável $\mathbf{V_{Sd}}$ produz-se no nó N1022, para a combinação de hipóteses 1.25·PP. — $\mathbf{V_{Sd}}$: *0.08* kN

A força cortante resistente de cálculo da alma $\mathbf{V_{Rd}}$ deve ser calculada por: — $^{(1)}\mathbf{V_{Rd}}$: *25.09* kN

para — $\mathbf{1.08(EK_V/f_Y)^{0.5}}$: *68.31*

para — $\mathbf{h/t}$: *46.00*

para — $\mathbf{1.4(EK_V/f_Y)^{0.5}}$: *88.54*

Onde:

t: Espessura da alma.	**t** : *2.00*	mm
h: Largura da alma.	**h** : *92.00*	mm
$\mathbf{f_Y}$: Tensão de escoamento.	$\mathbf{f_Y}$: *250.00*	MPa
E: Módulo de elasticidade.	**E** : *200000*	MPa
γ: Coeficiente de ponderação das resistências.	γ : *1.1*	
$\mathbf{K_V}$: Coeficiente de flambagem local por cisalhamento, que para a alma sem enrijecedores transversais é dado por:	$\mathbf{K_V}$: *5.00*	

Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.4)

Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.4)

Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência à flexo-compressão (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.9)

Não há interação entre o esforço axial de compressão e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência à flexo-tração (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.9)

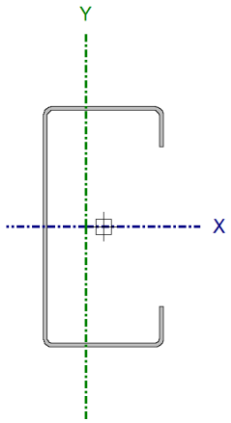
Não há interação entre o esforço axial de tração e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência à torção (Critério da CYPE Ingenieros)

A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.

Barra N942/N902

Perfil: C100X50X17X2.00
Material: Aço (A-36)



Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas					
Inicial	Final		Área (cm²)	I_x(1) (cm4)	I_y(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)	x_g(3) (mm)	y_g(3) (mm)
N942	N902	4.000	4.41	70.09	15.75	0.06	-7.18	0.00

Notas:
(1) Inércia em relação ao eixo indicado
(2) Momento de inércia à torção uniforme
(3) Coordenadas do centro de gravidade

	Flambagem		Flambagem lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	4.000	4.000	0.000	0.000
C_m	-	-	1.000	1.000
C_b	-		1.000	

Notação:
β: Coeficiente de flambagem
L_K: Comprimento de flambagem (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_b: Fator de modificação para o momento crítico

<u>Valores máximos da relação comprimento-espessura</u> (ABNT NBR 14762:2010 Artigo 9.1.2 Tabela 4)

A relação comprimento-espessura desfavorável é obtida no nó N902.

Elemento: Alma

Em elementos comprimidos com ambas as bordas vinculadas a elementos AA, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 500.

(b/t) : ***46*** ✓

Sendo:

b: Comprimento do elemento. **b** : *92.00* mm

t: A espessura. **t** : *2.00* mm

Elemento: Mesa

Em elementos comprimidos AA, tendo uma borda vinculada à alma ou mesa e a outra ao enrijecedor de borda simples, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 60.

(b/t) : ***21*** ✓

Sendo:

b: Comprimento do elemento. **b** : *42.00* mm

t: A espessura. **t** : *2.00* mm

Resistência à tração (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.6)

A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração.

Resistência à compressão (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.7)

A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de compressão.

Resistência à flexão eixo X (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.032*** ✓

O momento fletor desfavorável de cálculo $\mathbf{M_{Sd}}$ é obtido para o nó N902, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SCU1.

$\mathbf{M_{Sd}}$: *0.10* kN·m

O momento fletor resistente de cálculo $\mathbf{M_{Rd}}$ deve ser tomado como o menor valor calculado em a), b) y c):

$\mathbf{M_{Rd}}$: *3.19* kN·m

a) Início de escoamento da la seção efetiva (9.8.2.1)

$\mathbf{M_{Rd}}$: *3.19* kN·m

Onde:

$\mathbf{W_{ef}}$: Módulo de resistência elástico da seção efetiva calculado com base nas larguras efetivas dos elementos, conforme 9.2, com σ calculada para o estado limite último de escoamento da seção. $\mathbf{W_{ef}}$: *14.02* cm³

$\mathbf{f_y}$: Tensão de escoamento. $\mathbf{f_y}$: *250.00* MPa

γ: Coeficiente de ponderação das resistências. γ : *1.1*

b) Flambagem lateral com torção (9.8.2.2)

Não procede, pois o comprimento efetivo de flambagem lateral por torção $\mathbf{K_tL_t}$ e os comprimentos efetivos de flambagem lateral $\mathbf{K_yL_y^{pos}}$ e $\mathbf{K_yL_y^{neg}}$ são nulos.

c) Flambagem por distorção (9.8.2.3)

Não é necessário, dado que os comprimentos efetivos de flambagem por distorção são nulos.

Resistência à flexão eixo Y (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.2)

A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.

Resistência ao esforço cortante X (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.3)

Deve satisfazer:

η : ***0.001*** ✓

O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável $\mathbf{V_{Sd}}$ produz-se no nó N942, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SCU1.

$\mathbf{V_{Sd}}$: *0.02* kN

A seção é composta por duas almas iguais. Sobre cada uma delas, o esforço de cálculo é $\mathbf{V_{Sd} = 0.5\ V_{Sd}}$.

$\mathbf{V_{Sd}}$: *0.01* kN

A força cortante resistente de cálculo da alma $\mathbf{V_{Rd}}$ deve ser calculada por:

$^{(1)}\mathbf{V_{Rd}}$: *11.45* kN

para $\mathbf{1.08(EK_V/f_y)^{0.5}}$: *33.46*

para $\mathbf{h/t}$: *21.00*

para $\mathbf{1.4(EK_V/f_y)^{0.5}}$: *43.38*

Onde:

t: Espessura da alma.	**t** :	*2.00*	mm
h: Largura da alma.	**h** :	*42.00*	mm
$\mathbf{f_y}$: Tensão de escoamento.	$\mathbf{f_y}$:	*250.00*	MPa
E: Módulo de elasticidade.	**E** :	*200000*	MPa
γ: Coeficiente de ponderação das resistências.	γ :	*1.1*	
$\mathbf{K_V}$: Coeficiente de flambagem local por esforço cortante que, para uma mesa, é dado por:	$\mathbf{K_V}$:	*1.20*	

Resistência ao esforço cortante Y (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.3)

Deve satisfazer:

η : **0.006** ✓

O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável $\mathbf{V_{Sd}}$ produz-se no nó N902, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SCU1.

$\mathbf{V_{Sd}}$: 0.15 kN

A força cortante resistente de cálculo da alma $\mathbf{V_{Rd}}$ deve ser calculada por:

$^{(1)}\mathbf{V_{Rd}}$: 25.09 kN

para $\mathbf{1.08(EK_V/f_Y)^{0.5}}$: 68.31

para $\mathbf{h/t}$: 46.00

para $\mathbf{1.4(EK_V/f_Y)^{0.5}}$: 88.54

Onde:

t: Espessura da alma.	**t** :	2.00	mm
h: Largura da alma.	**h** :	92.00	mm
$\mathbf{f_Y}$: Tensão de escoamento.	$\mathbf{f_Y}$:	250.00	MPa
E: Módulo de elasticidade.	**E** :	200000	MPa
γ: Coeficiente de ponderação das resistências.	γ :	1.1	
$\mathbf{K_V}$: Coeficiente de flambagem local por cisalhamento, que para a alma sem enrijecedores transversais é dado por:	$\mathbf{K_V}$:	5.00	

DECORO Consultoria e Projetos

<u>Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados</u> (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.4)

Os esforços de cálculo desfavoráveis $\mathbf{M_{Sd}}$ e $\mathbf{V_{Sd}}$ são obtidos no nó N902, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SCU1.

Para barras sem enrijecedores transversais de alma, o momento fletor solicitante de cálculo e a força cortante solicitante de cálculo devem satisfazer à seguinte expressão de interação:

η : **0.001** ✓

Onde:

$\mathbf{M_{Sd}}$: Momento fletor solicitante de cálculo.	$\mathbf{M_{Sd}}$:	0.10	kN·m
$\mathbf{M_{0,Rd}}$: Momento fletor resistente de cálculo conforme 9.8.2.1.	$\mathbf{M_{0,Rd}}$:	3.19	kN·m
$\mathbf{V_{Sd}}$: Força cortante solicitante de cálculo.	$\mathbf{V_{Sd}}$:	0.15	kN
$\mathbf{V_{Rd}}$: Força cortante resistente de cálculo conforme 9.8.3.	$\mathbf{V_{Rd}}$:	25.09	kN

Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.4)

Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência à flexo-compressão (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.9)

Não há interação entre o esforço axial de compressão e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência à flexo-tração (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.9)

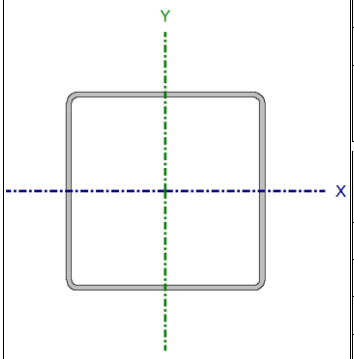
Não há interação entre o esforço axial de tração e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência à torção (Critério da CYPE Ingenieros)

A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.

Barra N1193/N1194

Perfil: TB QUADRO 100X3.00
Material: Aço (A-36 250Mpa)



Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_x(1) (cm4)	I_y(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N1193	N1194	1.128	11.40	176.77	176.77	278.63

Notas:
(1) Inércia em relação ao eixo indicado
(2) Momento de inércia à torção uniforme

	Flambagem		Flambagem lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	1.128	1.128	0.000	0.000
C_b	-		1.000	

Notação:
β: Coeficiente de flambagem
L_K: Comprimento de flambagem (m)
C_b: Fator de modificação para o momento crítico

Limitação do índice de esbeltez (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.4)

O índice de esbeltez das barras comprimidas, tomado como o maior relação entre o comprimento de flambagem e o raio de giração, não deve ser superior a 200.

λ : ***28.7*** ✓

Onde:

λ: Índice de esbeltez.

λ_x : *28.7*
λ_y : *28.7*

Sendo:

$K_x \cdot L_x$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo X. **$K_x \cdot L_x$** : *1.128* m
$K_y \cdot L_y$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo Y. **$K_y \cdot L_y$** : *1.128* m
r_x,r_y: Raios de giração em relação aos eixos principales X, Y, respectivamente. **r_x** : *3.94* cm
r_y : *3.94* cm

Resistência à tração (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.2)

Deve satisfazer:

$\eta <$ ***0.001*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N1194, para a combinação de ações PP+1.4·V1.

$N_{t,Sd}$: Força axial de tração solicitante de cálculo, desfavorável. **$N_{t,Sd}$** : *0.08* kN

A força axial de tração resistente de cálculo, $N_{t,Rd}$, deve ser determinada pela expressão:

$N_{t,Rd}$: 259.15 kN

Onde:

A_g: Área bruta da seção transversal da barra. — A_g : 11.40 cm²

f_y: Resistência ao escoamento do aço. — f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. — γ_{a1} : 1.10

Resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3)

Deve satisfazer:

η : **0.002** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 0.057 m do nó N1193, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·SCU1.

$N_{c,Sd}$: Força axial de compressão solicitante de cálculo, desfavorável. — $N_{c,Sd}$: 0.54 kN

A força axial de compressão resistente de cálculo, $N_{c,Rd}$, deve ser determinada pela expressão:

$N_{c,Rd}$: 248.12 kN

Onde:

χ: Fator de redução total associado à resistência à compressão. — χ : 0.957

Q: Fator de redução total associado à flambagem local. — Q : 1.000

A_g: Área bruta da seção transversal da barra. — A_g : 11.40 cm²

f_y: Resistência ao escoamento do aço. — f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. — γ_{a1} : 1.10

Fator de redução χ: (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.3)

χ : 0.957

Onde:

λ_0: Índice de esbeltez reduzido.

λ_0 : 0.322

Sendo:

Q: Fator de redução total associado à flambagem local. — Q : 1.000

A_g: Área bruta da seção transversal da barra. — A_g : 11.40 cm²

f_y: Resistência ao escoamento do aço. — f_y : 250.00 MPa

N_e: Força axial de flambagem elástica. — N_e : 2741.28 kN

Força axial de flambagem elástica: (ABNT NBR 8800:2008, Anexo E)

A força axial de flambagem elástica, N_e, de uma barra com seção transversal duplamente simétrica ou simétrica em relação a um ponto, é dada pelo menor valor entre os obtidos por (a), (b) e (c):

N_e : 2741.28 kN

(a) Para flambagem por flexão em relação ao eixo principal de inércia X da seção transversal:

N_{ex} : 2741.28 kN

Onde:

$K_x \cdot L_x$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo X. — $K_x \cdot L_x$: 1.128 m

I_x: Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo X. — I_x : 176.77 cm4

E: Módulo de elasticidade do aço. — **E** : 200000 MPa

(b) Para flambagem por flexão em relação ao eixo principal de inércia Y da seção transversal:

N_{ey} : 2741.28 kN

Onde:

$K_y \cdot L_y$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo Y. — $K_y \cdot L_y$: 1.128 m

I_y: Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo Y. — I_y : 176.77 cm4

E: Módulo de elasticidade do aço. — **E** : 200000 MPa

(c) Para flambagem por torção em relação ao eixo longitudinal Z:

N_{ez} : ∞

Onde:

$K_z \cdot L_z$: Comprimento de flambagem por torção. — $K_z \cdot L_z$: 0.000 m

E: Módulo de elasticidade do aço. — **E** : 200000 MPa

C_w: Constante de empenamento da seção transversal. — C_w : 0.00 cm6

G: Módulo de elasticidade transversal do aço. — **G** : 77000 MPa

J: Constante de torção da seção transversal. — **J** : 278.63 cm4

r_0: Raio de giração polar da seção bruta em relação ao centro de cisalhamento.

r_0 : 5.57 cm

Onde:

r_x, r_y: Raios de giração em relação aos eixos principales X, Y, respectivamente. — r_x : 3.94 cm; r_y : 3.94 cm

X_0, Y_0: Coordenadas do centro de cisalhamento na direção dos eixos principales X, Y, respectivamente. — X_0 : 0.00 mm; Y_0 : 0.00 mm

Flambagem local de barras axialmente comprimidas: (ABNT NBR 8800:2008, Anexo F)

Não se aplica nenhuma redução, já que todos os elementos componentes da seção transversal possuem relações entre largura e espessura (b/t) que não superam os valores limite dados na Tabela F.1.

Mesa: Elemento do Grupo 2 da Tabela F.1.

29.33 ≤ **39.60**

Sendo:

(b/t): Relação entre largura e espessura. **(b/t)** : *29.33*

Onde:

b: Largura. **b** : *88.00* mm

t: Espessura. **t** : *3.00* mm

$\mathbf{(b/t)_{lim}}$: Relação limite entre largura e espessura.

$\mathbf{(b/t)_{lim}}$: *39.60*

Onde:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : *200000* MPa

$\mathbf{f_y}$: Resistência ao escoamento do aço. $\mathbf{f_y}$: *250.00* MPa

Alma: Elemento do Grupo 2 da Tabela F.1.

29.33 ≤ **39.60**

Sendo:

(b/t): Relação entre largura e espessura. **(b/t)** : *29.33*

Onde:

b: Largura. **b** : *88.00* mm

t: Espessura. **t** : *3.00* mm

$\mathbf{(b/t)_{lim}}$: Relação limite entre largura e espessura.

$\mathbf{(b/t)_{lim}}$: *39.60*

Onde:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : *200000* MPa

$\mathbf{f_y}$: Resistência ao escoamento do aço. $\mathbf{f_y}$: *250.00* MPa

Resistência à flexão eixo X (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.142*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N1194, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·SCU1.

$\mathbf{M_{Sd}^+}$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. $\mathbf{M_{Sd}^+}$: *1.33* kN·m

Já que '$\lambda \leq \lambda_r$', deve-se considerar viga de alma não-esbelta (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G). **29.33** ≤ **161.22**

Onde:

λ : *29.33*

Sendo:

h: Altura da parte plana das almas. **h** : *88.00* mm

t_w: Espessura da alma. **t_w** : *3.00* mm

λ_r : *161.22*

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : *200000* MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *250.00* MPa

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} de vigas de alma não-esbelta deve ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções: **M_{Rd}** : *9.36* kN·m

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2.2):

M_{Rd} : *12.05* kN·m

Onde:

W_x: Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão. **W_x** : *35.35* cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *250.00* MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : *1.10*

(b) Estado-límite último de flambagem lateral com torção, FLT (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

Não é necessária, já que o eixo de flexão não é o de maior inércia.

(c) Estado-límite último de flambagem local da mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

29.33 ≤ 31.68

M_{Rd} : *9.36* kN·m

Onde:

λ : *29.33*

Sendo:

b_f: Largura da parte plana das mesas. **b_f** : *88.00* mm

t_f: Espessura da mesa comprimida. **t_f** : *3.00* mm

λ_p : *31.68*

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : *200000* MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *250.00* MPa

M_{pl} : *10.29* kN

Onde:

Z_x: Módulo de resistência plástico. **Z_x** : *41.17* cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *250.00* MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : *1.10*

(d) Estado-limite último de flambagem local da alma, FLA (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

29.33 ≤ **68.45**

M_{Rd} : *9.36* kN·m

Onde:

λ : *29.33*

Sendo:

h: Altura da parte plana das almas. **h** : *88.00* mm

t_w: Espessura da alma. t_w : *3.00* mm

λ_p : *68.45*

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : *200000* MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : *250.00* MPa

M_{pl} : *10.29* kN

Onde:

Z_x: Módulo de resistência plástico. Z_x : *41.17* cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : *250.00* MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : *1.10*

Resistência à flexão eixo Y (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.010*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N1194, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·SCU1.

M_{Sd}^-: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. M_{Sd}^- : *0.10* kN·m

Já que '$\lambda \leq \lambda_r$', deve-se considerar viga de alma não-esbelta (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G).

29.33 ≤ **161.22**

Onde:

λ : *29.33*

Sendo:

h: Altura da parte plana das almas. **h** : *88.00* mm

t_w: Espessura da alma. t_w : *3.00* mm

λ_r : 161.22

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

$\mathbf{f_y}$: Resistência ao escoamento do aço. $\mathbf{f_y}$: 250.00 MPa

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} de vigas de alma não-esbelta deve ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções: $\mathbf{M_{Rd}}$: 9.36 kN·m

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2.2):

$\mathbf{M_{Rd}}$: 12.05 kN·m

Onde:

$\mathbf{W_y}$: Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão. $\mathbf{W_y}$: 35.35 cm³

$\mathbf{f_y}$: Resistência ao escoamento do aço. $\mathbf{f_y}$: 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

(b) Estado-límite último de flambagem lateral com torção, FLT (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

Não é necessária, já que o eixo de flexão não é o de maior inércia.

(c) Estado-límite último de flambagem local da mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

29.33 ≤ 31.68

$\mathbf{M_{Rd}}$: 9.36 kN·m

Onde:

λ : 29.33

Sendo:

$\mathbf{b_f}$: Largura da parte plana das mesas. $\mathbf{b_f}$: 88.00 mm

$\mathbf{t_f}$: Espessura da mesa comprimida. $\mathbf{t_f}$: 3.00 mm

λ_p : 31.68

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

$\mathbf{f_y}$: Resistência ao escoamento do aço. $\mathbf{f_y}$: 250.00 MPa

$\mathbf{M_{pl}}$: 10.29 kN

Onde:

$\mathbf{Z_y}$: Módulo de resistência plástico. $\mathbf{Z_y}$: 41.17 cm³

$\mathbf{f_y}$: Resistência ao escoamento do aço. $\mathbf{f_y}$: 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

(d) Estado-limite último de flambagem local da alma, FLA (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

29.33 ≤ 68.45

M_{Rd} : 9.36 kN·m

Onde:

λ : 29.33

Sendo:

h: Altura da parte plana das almas. **h** : 88.00 mm

t_w: Espessura da alma. t_w : 3.00 mm

λ_p : 68.45

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

M_{pl} : 10.29 kN

Onde:

Z_y: Módulo de resistência plástico. Z_y : 41.17 cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

Resistência ao esforço cortante X (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3)

Deve satisfazer:

η : ***0.001*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·SCU1.

V_{Sd}: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável. V_{Sd} : 0.06 kN

A força cortante resistente de cálculo, V_{Rd}, é determinada pela expressão:

29.33 ≤ **69.57**

V_{Rd} : 72.00 kN

Onde:

λ : 29.33

Sendo:

b_f: Largura da parte plana das mesas. b_f : 88.00 mm

t_f: Espessura das mesas. t_f : 3.00 mm

λ_p : 69.57

Sendo:

k_v: Coeficiente de flambagem. k_v : 5.00

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

V_{pl} : 79.20 kN

Sendo:

A_w: Área efetiva ao cisalhamento.

A_w : 5.28 cm²

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

Resistência ao esforço cortante Y (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3)

Deve satisfazer:

η : ***0.039*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 0.057 m do nó N1193, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·SCU1.

V_{Sd}: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável. V_{Sd} : 2.77 kN

A força cortante resistente de cálculo, V_{Rd}, é determinada pela expressão:

29.33 ≤ **69.57**

V_{Rd} : 72.00 kN

Onde:

λ : 29.33

Sendo:

h: Altura da parte plana das almas. **h** : 88.00 mm

t_w: Espessura da alma. t_w : 3.00 mm

λ_p : 69.57

Sendo:

k_v: Coeficiente de flambagem. k_v : 5.00

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

V_{pl} : 79.20 kN

Sendo:

A_w: Área efetiva ao cisalhamento.

A_w : 5.28 cm²

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

Resistência ao esforço axial e flexão combinados (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.1.2)

Deve satisfazer:

η : **0.153** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N1194, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·SCU1.

$N_{c,Sd}$: Força axial de compressão solicitante de cálculo, desfavorável. $N_{c,Sd}$: 0.37 kN

$M_{x,Sd}$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. $M_{x,Sd}^+$: 1.33 kN·m

$M_{y,Sd}$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. $M_{y,Sd}^-$: 0.10 kN·m

0.001 < 0.200

η : 0.153

Onde:

$N_{c,Rd}$: Força axial resistente de cálculo de compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3). $N_{c,Rd}$: 248.12 kN

$M_{x,Rd}$,$M_{y,Rd}$: Momentos fletores resistentes de cálculo, respectivamente em relação aos eixos X e Y da seção transversal (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2). $M_{x,Rd}$: 9.36 kN·m

$M_{y,Rd}$: 9.36 kN·m

Resistência à torção (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.1)

Deve satisfazer:

η : **0.027** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·SCU1.

T_{Sd}: Momento de torção solicitante de cálculo, desfavorável. T_{Sd} : 0.20 kN·m

O momento de torção resistente de cálculo, T_{Rd}, é determinado pela expressão:

T_{Rd} : 7.68 kN·m

Onde:

W_T: Módulo de resistência à torção.

W_T : 56.35 cm³

h: Maior comprimento entre as partes planas dos lados da seção transversal. **h** : 88.00 mm

H: Maior dimensão da seção. **H** : 100.00 mm

B: Menor dimensão da seção. **B** : 100.00 mm

t: Espessura. **t** : 3.00 mm

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

Resistência ao momento de torção, força axial, momento fletor e cortante (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.2)

O efeito da torção pode ser desprezado, já que o momento torsor atuante de cálculo, T_{Sd}, é inferior ou igual ao 20% do momento torsor resistente de cálculo, T_{Rd}.

0.20 ≤ 1.54

T_{Sd}: Momento de torção solicitante de cálculo, desfavorável. T_{Sd} : 0.20 kN·m

T_{Rd}: Momento de torção resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.1). T_{Rd} : 7.68 kN·m

Resistência a interações de esforços e momento de torção (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.3)

Deve satisfazer:

η : **0.186** ✓

η : **0.036** ✓

(Já que a norma não proporciona uma verificação da tensão total para seções submetidas a torção combinada com outros esforços, considera-se que este elemento também deve cumprir os seguintes critérios para a tensão de Von Mises:)

η : **0.165** ✓

O coeficiente de aproveitamento desfavorável produz-se no nó N1194, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·SCU1 no ponto da seção transversal de coordenadas X = -48.50 mm, Y = 50.00 mm em relação ao centro de gravidade.

As tensões normais σ_{Sd} são dadas por:

σ_{Sd} : *-40.48* MPa

Onde:

σ_{NSd} : *-0.32* MPa

Sendo:

$N_{c,Sd}$: Força axial de compressão solicitante de cálculo, desfavorável. — $N_{c,Sd}$: *0.37* kN

Q: Fator de redução total associado à flambagem local (ABNT NBR 8800:2008, Anexo F). — **Q** : *1.000*

A_g: Área bruta da seção transversal da barra. — A_g : *11.40* cm²

$\sigma_{Mx,Sd}$: *-37.52* MPa

Sendo:

$M_{x,Sd}$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. — $M_{x,Sd}^+$: *1.33* kN·m

I_x: Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo X. — I_x : *176.77* cm4

Y: Coordenada, em relação ao eixo Y, do ponto desfavorável da seção transversal em relação ao centro de gravidade da seção bruta. — **Y** : *50.00* mm

$\sigma_{My,Sd}$: *-2.64* MPa

Sendo:

$M_{y,Sd}$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. — $M_{y,Sd}^-$: *0.10* kN·m

I_y: Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo Y. — I_y : *176.77* cm4

X: Coordenada, em relação ao eixo X, do ponto desfavorável da seção transversal em relação ao centro de gravidade da seção bruta. — **X** : *-48.50* mm

As tensões tangenciais τ_{Sd} são dadas por:

τ_{Sd} : *4.62* MPa

Onde:

$\tau_{Vx,Sd}$: Tensão tangencial devida ao esforço cortante na direção do eixo X. — $\tau_{Vx,Sd}$: *-0.09* MPa

Sendo:

$V_{x,Sd}^+$: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável. — $V_{x,Sd}^+$: *0.06* kN

$\tau_{Vy,Sd}$: Tensão tangencial devida ao esforço cortante na direção do eixo Y. — $\tau_{Vy,Sd}$: *1.14* MPa

Sendo:

$V_{y,Sd}^-$: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável. — $V_{y,Sd}^-$: *0.86* kN

τ_{TSd}: Tensão tangencial devida ao momento torsor. — τ_{TSd} : *3.56* MPa

Sendo:

T_{Sd}: Momento de torção solicitante de cálculo, desfavorável. T_{Sd} : 0.20 kN·m

As tensões totais f_{Sd} são dadas por:

f_{Sd} : 41.26 MPa

A tensão resistente de cálculo, σ_{Rd}, é dada pelo menor valor entre os obtidos por a) e b): σ_{Rd} : 217.59 MPa

(a) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de escoamento sob efeito de tensão normal:

σ_{Rd} : 227.27 MPa

Onde:

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

(b) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de instabilidade ou flambagem sob efeito de tensão normal:

σ_{Rd} : 217.59 MPa

Onde:

χ: Fator de redução total associado à resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.3).

χ : 0.957

Sendo:

λ_0 : 0.322

σ_e : 2404.05 MPa

Onde:

N_e: Força axial de flambagem elástica. N_e : 2741.28 kN

Q: Fator de redução total associado à flambagem local (ABNT NBR 8800:2008, Anexo F). Q : 1.000

A_g: Área bruta da seção transversal da barra. A_g : 11.40 cm²

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

A tensão resistente de cálculo, τ_{Rd}, é dada pelo menor valor entre os obtidos por a) e b): τ_{Rd} : 126.81 MPa

(a) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de escoamento sob efeito de tensão de cisalhamento:

τ_{Rd} : 136.36 MPa

Onde:

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

(b) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de instabilidade ou flambagem sob efeito de tensão cisalhamento:

τ_{Rd} : 126.81 MPa

Onde:

χ: Fator de redução total associado à resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.3).

χ : 0.930

Sendo:

λ_0 : 0.417

τ_e : 864.52 MPa

σ_E : 172.90 MPa

Onde:

k_v: Coeficiente de flambagem (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3). k_v : 5.00

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

ν: Coeficiente de Poisson. ν : 0.30

t: Espessura. **t** : 3.00 mm

h: Largura. **h** : 97.00 mm

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

A tensão resistente de cálculo, f_{Rd} é dada por:

f_{Rd} : 250.00 MPa

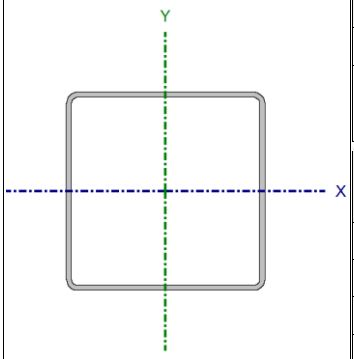
Onde:

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

Barra N1191/N1192

Perfil: TB QUADRO 100X3.00
Material: Aço (A-36 250Mpa)



Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_x(1) (cm4)	I_y(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N1191	N1192	2.830	11.40	176.77	176.77	278.63

Notas:
(1) Inércia em relação ao eixo indicado
(2) Momento de inércia à torção uniforme

	Flambagem		Flambagem lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	2.830	2.830	0.000	0.000
C_b	-		1.000	

Notação:
β: Coeficiente de flambagem
L_K: Comprimento de flambagem (m)
C_b: Fator de modificação para o momento crítico

Limitação do índice de esbeltez (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.4)

O índice de esbeltez das barras comprimidas, tomado como o maior relação entre o comprimento de flambagem e o raio de giração, não deve ser superior a 200.

λ : ***71.9*** ✓

Onde:

λ: Índice de esbeltez.

λ_x : *71.9*
λ_y : *71.9*

Sendo:

$K_x \cdot L_x$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo X. **$K_x \cdot L_x$** : *2.830* m
$K_y \cdot L_y$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo Y. **$K_y \cdot L_y$** : *2.830* m
r_x,r_y: Raios de giração em relação aos eixos principales X, Y, respectivamente. **r_x** : *3.94* cm
r_y : *3.94* cm

Resistência à tração (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.008*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 2.778 m do nó N1191, para a combinação de ações PP+1.4·V1.

$N_{t,Sd}$: Força axial de tração solicitante de cálculo, desfavorável. **$N_{t,Sd}$** : *2.16* kN

A força axial de tração resistente de cálculo, $N_{t,Rd}$, deve ser determinada pela expressão:

$N_{t,Rd}$: *259.15* kN

Onde:

A_g: Área bruta da seção transversal da barra. — A_g : *11.40* cm²

f_y: Resistência ao escoamento do aço. — f_y : *250.00* MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. — γ_{a1} : *1.10*

Resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3)

Deve satisfazer:

η : ***0.016*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N1191, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·SCU1.

$N_{c,Sd}$: Força axial de compressão solicitante de cálculo, desfavorável. — $N_{c,Sd}$: *3.15* kN

A força axial de compressão resistente de cálculo, $N_{c,Rd}$, deve ser determinada pela expressão:

$N_{c,Rd}$: *197.07* kN

Onde:

χ: Fator de redução total associado à resistência à compressão. — χ : *0.760*

Q: Fator de redução total associado à flambagem local. — Q : *1.000*

A_g: Área bruta da seção transversal da barra. — A_g : *11.40* cm²

f_y: Resistência ao escoamento do aço. — f_y : *250.00* MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. — γ_{a1} : *1.10*

Fator de redução χ: (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.3)

χ : *0.760*

Onde:

λ_0: Índice de esbeltez reduzido.

λ_0 : *0.809*

Sendo:

Q: Fator de redução total associado à flambagem local. — Q : *1.000*

A_g: Área bruta da seção transversal da barra. — A_g : *11.40* cm²

f_y: Resistência ao escoamento do aço. — f_y : *250.00* MPa

N_e: Força axial de flambagem elástica. — N_e : *435.68* kN

Força axial de flambagem elástica: (ABNT NBR 8800:2008, Anexo E)

A força axial de flambagem elástica, N_e, de uma barra com seção transversal duplamente simétrica ou simétrica em relação a um ponto, é dada pelo menor valor entre os obtidos por (a), (b) e (c):

N_e : 435.68 kN

(a) Para flambagem por flexão em relação ao eixo principal de inércia X da seção transversal:

N_{ex} : 435.68 kN

Onde:

$K_x \cdot L_x$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo X. — $K_x \cdot L_x$: 2.830 m

I_x: Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo X. — I_x : 176.77 cm4

E: Módulo de elasticidade do aço. — **E** : 200000 MPa

(b) Para flambagem por flexão em relação ao eixo principal de inércia Y da seção transversal:

N_{ey} : 435.68 kN

Onde:

$K_y \cdot L_y$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo Y. — $K_y \cdot L_y$: 2.830 m

I_y: Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo Y. — I_y : 176.77 cm4

E: Módulo de elasticidade do aço. — **E** : 200000 MPa

(c) Para flambagem por torção em relação ao eixo longitudinal Z:

N_{ez} : ∞

Onde:

$K_z \cdot L_z$: Comprimento de flambagem por torção. — $K_z \cdot L_z$: 0.000 m

E: Módulo de elasticidade do aço. — **E** : 200000 MPa

C_w: Constante de empenamento da seção transversal. — C_w : 0.00 cm6

G: Módulo de elasticidade transversal do aço. — **G** : 77000 MPa

J: Constante de torção da seção transversal. — **J** : 278.63 cm4

r_0: Raio de giração polar da seção bruta em relação ao centro de cisalhamento.

r_0 : 5.57 cm

Onde:

r_x, r_y: Raios de giração em relação aos eixos principales X, Y, respectivamente. — r_x : 3.94 cm; r_y : 3.94 cm

X_0, Y_0: Coordenadas do centro de cisalhamento na direção dos eixos principales X, Y, respectivamente. — X_0 : 0.00 mm; Y_0 : 0.00 mm

Flambagem local de barras axialmente comprimidas: (ABNT NBR 8800:2008, Anexo F)

Não se aplica nenhuma redução, já que todos os elementos componentes da seção transversal possuem relações entre largura e espessura (b/t) que não superam os valores limite dados na Tabela F.1.

Mesa: Elemento do Grupo 2 da Tabela F.1.

29.33 ≤ **39.60**

Sendo:

(b/t): Relação entre largura e espessura. **(b/t)** : *29.33*

Onde:

b: Largura. **b** : *88.00* mm

t: Espessura. **t** : *3.00* mm

$(b/t)_{lim}$: Relação limite entre largura e espessura.

$(b/t)_{lim}$: *39.60*

Onde:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : *200000* MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *250.00* MPa

Alma: Elemento do Grupo 2 da Tabela F.1.

29.33 ≤ **39.60**

Sendo:

(b/t): Relação entre largura e espessura. **(b/t)** : *29.33*

Onde:

b: Largura. **b** : *88.00* mm

t: Espessura. **t** : *3.00* mm

$(b/t)_{lim}$: Relação limite entre largura e espessura.

$(b/t)_{lim}$: *39.60*

Onde:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : *200000* MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *250.00* MPa

Resistência à flexão eixo X (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.116*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 2.779 m do nó N1191, para a combinação de ações PP+1.4·V1.

M_{Sd}^+: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. **M_{Sd}^+** : *1.09* kN·m

Já que '$\lambda \leq \lambda_r$', deve-se considerar viga de alma não-esbelta (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G). **29.33** ≤ **161.22**

Onde:

λ : *29.33*

Sendo:

h: Altura da parte plana das almas. **h** : *88.00* mm

t_w: Espessura da alma. **t_w** : *3.00* mm

λ_r : *161.22*

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : *200000* MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *250.00* MPa

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} de vigas de alma não-esbelta deve ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções: **M_{Rd}** : *9.36* kN·m

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2.2):

M_{Rd} : *12.05* kN·m

Onde:

W_x: Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão. **W_x** : *35.35* cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *250.00* MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : *1.10*

(b) Estado-límite último de flambagem lateral com torção, FLT (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

Não é necessária, já que o eixo de flexão não é o de maior inércia.

(c) Estado-límite último de flambagem local da mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

29.33 ≤ 31.68

M_{Rd} : *9.36* kN·m

Onde:

λ : *29.33*

Sendo:

b_f: Largura da parte plana das mesas. **b_f** : *88.00* mm

t_f: Espessura da mesa comprimida. **t_f** : *3.00* mm

λ_p : *31.68*

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : *200000* MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *250.00* MPa

M_{pl} : *10.29* kN

Onde:

Z_x: Módulo de resistência plástico. **Z_x** : *41.17* cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *250.00* MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : *1.10*

(d) Estado-limite último de flambagem local da alma, FLA (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

29.33 ≤ **68.45**

M_{Rd} : *9.36* kN·m

Onde:

λ : *29.33*

Sendo:

h: Altura da parte plana das almas. **h** : *88.00* mm

t_w: Espessura da alma. t_w : *3.00* mm

λ_p : *68.45*

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : *200000* MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : *250.00* MPa

M_{pl} : *10.29* kN

Onde:

Z_x: Módulo de resistência plástico. Z_x : *41.17* cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : *250.00* MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : *1.10*

Resistência à flexão eixo Y (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.017*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 2.779 m do nó N1191, para a combinação de ações 1.5·PP+1.05·SCU1+1.4·V1.

M_{Sd}^+: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. M_{Sd}^+ : *0.16* kN·m

Já que '$\lambda \leq \lambda_r$', deve-se considerar viga de alma não-esbelta (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G).

29.33 ≤ **161.22**

Onde:

λ : *29.33*

Sendo:

h: Altura da parte plana das almas. **h** : *88.00* mm

t_w: Espessura da alma. t_w : *3.00* mm

λ_r : 161.22

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} de vigas de alma não-esbelta deve ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções: M_{Rd} : 9.36 kN·m

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2.2):

M_{Rd} : 12.05 kN·m

Onde:

W_y: Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão. W_y : 35.35 cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

(b) Estado-límite último de flambagem lateral com torção, FLT (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

Não é necessária, já que o eixo de flexão não é o de maior inércia.

(c) Estado-límite último de flambagem local da mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

29.33 ≤ 31.68

M_{Rd} : 9.36 kN·m

Onde:

λ : 29.33

Sendo:

b_f: Largura da parte plana das mesas. b_f : 88.00 mm

t_f: Espessura da mesa comprimida. t_f : 3.00 mm

λ_p : 31.68

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

M_{pl} : 10.29 kN

Onde:

Z_y: Módulo de resistência plástico. Z_y : 41.17 cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

(d) Estado-limite último de flambagem local da alma, FLA (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

29.33 ≤ 68.45

M_{Rd} : 9.36 kN·m

Onde:

λ : 29.33

Sendo:

h: Altura da parte plana das almas. **h** : 88.00 mm

t_w: Espessura da alma. t_w : 3.00 mm

λ_p : 68.45

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

M_{pl} : 10.29 kN

Onde:

Z_y: Módulo de resistência plástico. Z_y : 41.17 cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

Resistência ao esforço cortante X (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3)

Deve satisfazer:

η : ***0.001*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações 1.5·PP+1.05·SCU1+1.4·V1.

V_{Sd}: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável. V_{Sd} : 0.06 kN

A força cortante resistente de cálculo, V_{Rd}, é determinada pela expressão:

29.33 ≤ **69.57**

V_{Rd} : 72.00 kN

Onde:

λ : 29.33

Sendo:

b_f: Largura da parte plana das mesas. b_f : 88.00 mm

t_f: Espessura das mesas. t_f : 3.00 mm

λ_p : 69.57

Sendo:

k_v: Coeficiente de flambagem. k_v : 5.00

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

V_{pl} : 79.20 kN

Sendo:

A_w: Área efetiva ao cisalhamento.

A_w : 5.28 cm²

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

Resistência ao esforço cortante Y (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3)

Deve satisfazer:

η : **0.005** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações PP+1.4·V1.

V_{Sd}: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável. V_{Sd} : 0.39 kN

A força cortante resistente de cálculo, V_{Rd}, é determinada pela expressão:

29.33 ≤ **69.57**

V_{Rd} : 72.00 kN

Onde:

λ : 29.33

Sendo:

h: Altura da parte plana das almas. **h** : 88.00 mm

t_w: Espessura da alma. t_w : 3.00 mm

λ_p : 69.57

Sendo:

k_v: Coeficiente de flambagem. k_v : 5.00

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

V_{pl} : 79.20 kN

Sendo:

A_w: Área efetiva ao cisalhamento.

A_w : *5.28* cm²

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

γ_{a1} : *1.10*

Resistência ao esforço axial e flexão combinados (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.1.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.136*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 2.779 m do nó N1191, para a combinação de ações PP+1.4·V1.

$N_{t,Sd}$: Força axial de tração solicitante de cálculo, desfavorável. $N_{t,Sd}$: *2.16* kN

$M_{x,Sd}$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. $M_{x,Sd}^+$: *1.09* kN·m

$M_{y,Sd}$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. $M_{y,Sd}^+$: *0.15* kN·m

0.008 < **0.200**

η : *0.136*

Onde:

$N_{t,Rd}$: Força axial resistente de cálculo de tração (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.2). $N_{t,Rd}$: *259.15* kN

$M_{x,Rd}$,$M_{y,Rd}$: Momentos fletores resistentes de cálculo, respectivamente em relação aos eixos X e Y da seção transversal (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2). $M_{x,Rd}$: *9.36* kN·m $M_{y,Rd}$: *9.36* kN·m

Resistência à torção (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.1)

A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.

Resistência ao momento de torção, força axial, momento fletor e cortante (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.2)

Não há interação entre a esforço axial, momento fletor, esforço cortante e momento torsor. Portanto, a verificação não é necessária.

Resistência a interações de esforços e momento de torção (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.3)

Deve satisfazer:

η : ***0.006*** ✓

O coeficiente de aproveitamento desfavorável produz-se para a combinação de ações PP+1.4·V1 no ponto da seção transversal de coordenadas X = 48.50 mm, Y = 0.00 mm em relação ao centro de gravidade.

As tensões tangenciais τ_{Sd} são dadas por:

τ_{Sd} : *-0.78* MPa

Onde:

$\tau_{Vx,Sd}$: Tensão tangencial devida ao esforço cortante na direção do eixo X. $\tau_{Vx,Sd}$: *0.00* MPa

Sendo:

$V_{x,Sd}^{-}$: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável. $V_{x,Sd}^{-}$: *0.05* kN

$\tau_{Vy,Sd}$: Tensão tangencial devida ao esforço cortante na direção do eixo Y. $\tau_{Vy,Sd}$: *-0.78* MPa

Sendo:

$V_{y,Sd}^{-}$: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável. $V_{y,Sd}^{-}$: *0.39* kN

τ_{TSd}: Tensão tangencial devida ao momento torsor. τ_{TSd} : *0.00* MPa

Sendo:

T_{Sd}: Momento de torção solicitante de cálculo, desfavorável. T_{Sd} : *0.00* kN·m

A tensão resistente de cálculo, τ_{Rd}, é dada pelo menor valor entre os obtidos por a) e b): τ_{Rd} : *126.81* MPa

(a) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de escoamento sob efeito de tensão de cisalhamento:

τ_{Rd} : *136.36* MPa

Onde:

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : *250.00* MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : *1.10*

(b) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de instabilidade ou flambagem sob efeito de tensão cisalhamento:

τ_{Rd} : *126.81* MPa

Onde:

χ: Fator de redução total associado à resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.3).

χ : *0.930*

Sendo:

λ_0 : *0.417*

τ_e : *864.52* MPa

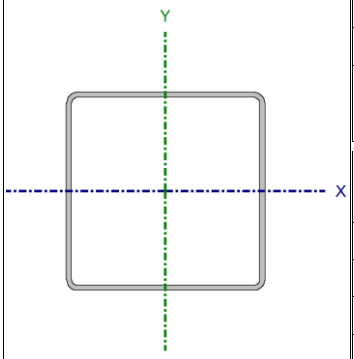
σ_E : *172.90* MPa

Onde:

k_v: Coeficiente de flambagem (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3).	k_v : *5.00*	
E: Módulo de elasticidade do aço.	**E** : *200000*	MPa
ν: Coeficiente de Poisson.	ν : *0.30*	
t: Espessura.	**t** : *3.00*	mm
h: Largura.	**h** : *97.00*	mm
f_y: Resistência ao escoamento do aço.	f_y : *250.00*	MPa
γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.	γ_{a1} : *1.10*	

Barra N1184/N1233

Perfil: TB QUADRO 100X3.00
Material: Aço (A-36 250Mpa)



Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_x(1) (cm4)	I_y(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N1184	N1233	1.106	11.40	176.77	176.77	278.63

Notas:
(1) Inércia em relação ao eixo indicado
(2) Momento de inércia à torção uniforme

	Flambagem		Flambagem lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	1.106	1.106	0.000	0.000
C_b	-		1.000	

Notação:
β: Coeficiente de flambagem
L_K: Comprimento de flambagem (m)
C_b: Fator de modificação para o momento crítico

Limitação do índice de esbeltez (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.4)

O índice de esbeltez das barras comprimidas, tomado como o maior relação entre o comprimento de flambagem e o raio de giração, não deve ser superior a 200.

λ : ***28.1*** ✓

Onde:

λ: Índice de esbeltez.

λ_x : *28.1*
λ_y : *28.1*

Sendo:

$K_x \cdot L_x$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo X. **$K_x \cdot L_x$** : *1.106* m
$K_y \cdot L_y$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo Y. **$K_y \cdot L_y$** : *1.106* m
r_x,r_y: Raios de giração em relação aos eixos principales X, Y, respectivamente. **r_x** : *3.94* cm
r_y : *3.94* cm

Resistência à tração (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.001*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N1233, para a combinação de ações PP+1.4·V1.

$N_{t,Sd}$: Força axial de tração solicitante de cálculo, desfavorável. **$N_{t,Sd}$** : *0.15* kN

A força axial de tração resistente de cálculo, $N_{t,Rd}$, deve ser determinada pela expressão:

$N_{t,Rd}$: 259.15 kN

Onde:

A_g: Área bruta da seção transversal da barra. — A_g : 11.40 cm²

f_y: Resistência ao escoamento do aço. — f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. — γ_{a1} : 1.10

Resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3)

Deve satisfazer:

η : **0.001** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N1184, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·SCU1.

$N_{c,Sd}$: Força axial de compressão solicitante de cálculo, desfavorável. — $N_{c,Sd}$: 0.25 kN

A força axial de compressão resistente de cálculo, $N_{c,Rd}$, deve ser determinada pela expressão:

$N_{c,Rd}$: 248.53 kN

Onde:

χ: Fator de redução total associado à resistência à compressão. — χ : 0.959

Q: Fator de redução total associado à flambagem local. — **Q** : 1.000

A_g: Área bruta da seção transversal da barra. — A_g : 11.40 cm²

f_y: Resistência ao escoamento do aço. — f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. — γ_{a1} : 1.10

Fator de redução χ: (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.3)

χ : 0.959

Onde:

λ_0: Índice de esbeltez reduzido.

λ_0 : 0.316

Sendo:

Q: Fator de redução total associado à flambagem local. — **Q** : 1.000

A_g: Área bruta da seção transversal da barra. — A_g : 11.40 cm²

f_y: Resistência ao escoamento do aço. — f_y : 250.00 MPa

N_e: Força axial de flambagem elástica. — N_e : 2850.01 kN

Força axial de flambagem elástica: (ABNT NBR 8800:2008, Anexo E)

A força axial de flambagem elástica, N_e, de uma barra com seção transversal duplamente simétrica ou simétrica em relação a um ponto, é dada pelo menor valor entre os obtidos por (a), (b) e (c):

N_e : 2850.01 kN

(a) Para flambagem por flexão em relação ao eixo principal de inércia X da seção transversal:

N_{ex} : 2850.01 kN

Onde:

$K_x \cdot L_x$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo X. — $K_x \cdot L_x$: 1.106 m

I_x: Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo X. — I_x : 176.77 cm4

E: Módulo de elasticidade do aço. — E : 200000 MPa

(b) Para flambagem por flexão em relação ao eixo principal de inércia Y da seção transversal:

N_{ey} : 2850.01 kN

Onde:

$K_y \cdot L_y$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo Y. — $K_y \cdot L_y$: 1.106 m

I_y: Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo Y. — I_y : 176.77 cm4

E: Módulo de elasticidade do aço. — E : 200000 MPa

(c) Para flambagem por torção em relação ao eixo longitudinal Z:

N_{ez} : ∞

Onde:

$K_z \cdot L_z$: Comprimento de flambagem por torção. — $K_z \cdot L_z$: 0.000 m

E: Módulo de elasticidade do aço. — E : 200000 MPa

C_w: Constante de empenamento da seção transversal. — C_w : 0.00 cm6

G: Módulo de elasticidade transversal do aço. — G : 77000 MPa

J: Constante de torção da seção transversal. — J : 278.63 cm4

r_0: Raio de giração polar da seção bruta em relação ao centro de cisalhamento.

r_0 : 5.57 cm

Onde:

r_x,r_y: Raios de giração em relação aos eixos principales X, Y, respectivamente. — r_x : 3.94 cm; r_y : 3.94 cm

X_0,Y_0: Coordenadas do centro de cisalhamento na direção dos eixos principales X, Y, respectivamente. — X_0 : 0.00 mm; Y_0 : 0.00 mm

Flambagem local de barras axialmente comprimidas: (ABNT NBR 8800:2008, Anexo F)

Não se aplica nenhuma redução, já que todos os elementos componentes da seção transversal possuem relações entre largura e espessura (b/t) que não superam os valores limite dados na Tabela F.1.

Mesa: Elemento do Grupo 2 da Tabela F.1.

29.33 ≤ **39.60**

Sendo:

(b/t): Relação entre largura e espessura. **(b/t)** : *29.33*

Onde:

b: Largura. **b** : *88.00* mm

t: Espessura. **t** : *3.00* mm

$(b/t)_{lim}$: Relação limite entre largura e espessura.

$(b/t)_{lim}$: *39.60*

Onde:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : *200000* MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *250.00* MPa

Alma: Elemento do Grupo 2 da Tabela F.1.

29.33 ≤ **39.60**

Sendo:

(b/t): Relação entre largura e espessura. **(b/t)** : *29.33*

Onde:

b: Largura. **b** : *88.00* mm

t: Espessura. **t** : *3.00* mm

$(b/t)_{lim}$: Relação limite entre largura e espessura.

$(b/t)_{lim}$: *39.60*

Onde:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : *200000* MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *250.00* MPa

Resistência à flexão eixo X (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.103*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 0.184 m do nó N1184, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·SCU1.

M_{Sd}^+: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. **M_{Sd}^+** : *0.97* kN·m

Já que '$\lambda \leq \lambda_r$', deve-se considerar viga de alma não-esbelta (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G). **29.33** ≤ **161.22**

Onde:

λ : *29.33*

Sendo:

h: Altura da parte plana das almas. **h** : *88.00* mm

t_w: Espessura da alma. **t_w** : *3.00* mm

λ_r : *161.22*

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : *200000* MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *250.00* MPa

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} de vigas de alma não-esbelta deve ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções: **M_{Rd}** : *9.36* kN·m

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2.2):

M_{Rd} : *12.05* kN·m

Onde:

W_x: Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão. **W_x** : *35.35* cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *250.00* MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : *1.10*

(b) Estado-límite último de flambagem lateral com torção, FLT (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

Não é necessária, já que o eixo de flexão não é o de maior inércia.

(c) Estado-límite último de flambagem local da mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

29.33 ≤ 31.68

M_{Rd} : *9.36* kN·m

Onde:

λ : *29.33*

Sendo:

b_f: Largura da parte plana das mesas. **b_f** : *88.00* mm

t_f: Espessura da mesa comprimida. **t_f** : *3.00* mm

λ_p : *31.68*

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : *200000* MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *250.00* MPa

M_{pl} : *10.29* kN

Onde:

Z_x: Módulo de resistência plástico. **Z_x** : *41.17* cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *250.00* MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : *1.10*

(d) Estado-limite último de flambagem local da alma, FLA (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

29.33 ≤ **68.45**

M_{Rd} : *9.36* kN·m

Onde:

λ : *29.33*

Sendo:

h: Altura da parte plana das almas. **h** : *88.00* mm

t_w: Espessura da alma. t_w : *3.00* mm

λ_p : *68.45*

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : *200000* MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : *250.00* MPa

M_{pl} : *10.29* kN

Onde:

Z_x: Módulo de resistência plástico. Z_x : *41.17* cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : *250.00* MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : *1.10*

Resistência à flexão eixo Y (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.003*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N1184, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·SCU1.

M_{Sd}^+: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. M_{Sd}^+ : *0.03* kN·m

Já que '$\lambda \leq \lambda_r$', deve-se considerar viga de alma não-esbelta (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G).

29.33 ≤ **161.22**

Onde:

λ : *29.33*

Sendo:

h: Altura da parte plana das almas. **h** : *88.00* mm

t_w: Espessura da alma. t_w : *3.00* mm

λ_r : 161.22

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

$\mathbf{f_y}$: Resistência ao escoamento do aço. $\mathbf{f_y}$: 250.00 MPa

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} de vigas de alma não-esbelta deve ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções: $\mathbf{M_{Rd}}$: 9.36 kN·m

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2.2):

$\mathbf{M_{Rd}}$: 12.05 kN·m

Onde:

$\mathbf{W_y}$: Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão. $\mathbf{W_y}$: 35.35 cm³

$\mathbf{f_y}$: Resistência ao escoamento do aço. $\mathbf{f_y}$: 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

(b) Estado-límite último de flambagem lateral com torção, FLT (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

Não é necessária, já que o eixo de flexão não é o de maior inércia.

(c) Estado-límite último de flambagem local da mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

29.33 ≤ 31.68

$\mathbf{M_{Rd}}$: 9.36 kN·m

Onde:

λ : 29.33

Sendo:

$\mathbf{b_f}$: Largura da parte plana das mesas. $\mathbf{b_f}$: 88.00 mm

$\mathbf{t_f}$: Espessura da mesa comprimida. $\mathbf{t_f}$: 3.00 mm

λ_p : 31.68

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

$\mathbf{f_y}$: Resistência ao escoamento do aço. $\mathbf{f_y}$: 250.00 MPa

$\mathbf{M_{pl}}$: 10.29 kN

Onde:

$\mathbf{Z_y}$: Módulo de resistência plástico. $\mathbf{Z_y}$: 41.17 cm³

$\mathbf{f_y}$: Resistência ao escoamento do aço. $\mathbf{f_y}$: 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

(d) Estado-limite último de flambagem local da alma, FLA (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

29.33 ≤ 68.45

M_{Rd} : 9.36 kN·m

Onde:

λ : 29.33

Sendo:

h: Altura da parte plana das almas. **h** : 88.00 mm

t_w: Espessura da alma. t_w : 3.00 mm

λ_p : 68.45

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

M_{pl} : 10.29 kN

Onde:

Z_y: Módulo de resistência plástico. Z_y : 41.17 cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

Resistência ao esforço cortante X (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3)

Deve satisfazer:

η < ***0.001*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·SCU1.

V_{Sd}: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável. V_{Sd} : 0.03 kN

A força cortante resistente de cálculo, V_{Rd}, é determinada pela expressão:

29.33 ≤ **69.57**

V_{Rd} : 72.00 kN

Onde:

λ : 29.33

Sendo:

b_f: Largura da parte plana das mesas. b_f : 88.00 mm

t_f: Espessura das mesas. t_f : 3.00 mm

λ_p : 69.57

Sendo:

k_v: Coeficiente de flambagem. k_v : 5.00

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

V_{pl} : 79.20 kN

Sendo:

A_w: Área efetiva ao cisalhamento.

A_w : 5.28 cm²

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

Resistência ao esforço cortante Y (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3)

Deve satisfazer:

η : **0.030** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N1233, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·SCU1.

V_{Sd}: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável. V_{Sd} : 2.19 kN

A força cortante resistente de cálculo, V_{Rd}, é determinada pela expressão:

29.33 ≤ **69.57**

V_{Rd} : 72.00 kN

Onde:

λ : 29.33

Sendo:

h: Altura da parte plana das almas. **h** : 88.00 mm

t_w: Espessura da alma. t_w : 3.00 mm

λ_p : 69.57

Sendo:

k_v: Coeficiente de flambagem. k_v : 5.00

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

V_{pl} : 79.20 kN

Sendo:

A_w: Área efetiva ao cisalhamento.

A_w : *5.28* cm²

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : *1.10*

Resistência ao esforço axial e flexão combinados (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.1.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.106*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N1184, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·SCU1.

$N_{c,Sd}$: Força axial de compressão solicitante de cálculo, desfavorável. $N_{c,Sd}$: *0.25* kN

$M_{x,Sd}$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. $M_{x,Sd}^+$: *0.96* kN·m

$M_{y,Sd}$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. $M_{y,Sd}^+$: *0.03* kN·m

0.001 < **0.200**

η : *0.106*

Onde:

$N_{c,Rd}$: Força axial resistente de cálculo de compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3). $N_{c,Rd}$: *248.53* kN

$M_{x,Rd}$,$M_{y,Rd}$: Momentos fletores resistentes de cálculo, respectivamente em relação aos eixos X e Y da seção transversal (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2). $M_{x,Rd}$: *9.36* kN·m

$M_{y,Rd}$: *9.36* kN·m

Resistência à torção (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.1)

Deve satisfazer:

η : ***0.002*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações PP+1.05·SCU1+1.4·V1.

T_{Sd}: Momento de torção solicitante de cálculo, desfavorável. T_{Sd} : *0.01* kN·m

O momento de torção resistente de cálculo, T_{Rd}, é determinado pela expressão:

T_{Rd} : 7.68 kN·m

Onde:

W_T: Módulo de resistência à torção.

W_T : 56.35 cm³

h: Maior comprimento entre as partes planas dos lados da seção transversal. **h** : 88.00 mm

H: Maior dimensão da seção. **H** : 100.00 mm

B: Menor dimensão da seção. **B** : 100.00 mm

t: Espessura. **t** : 3.00 mm

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

<u>Resistência ao momento de torção, força axial, momento fletor e cortante</u> (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.2)

O efeito da torção pode ser desprezado, já que o momento torsor atuante de cálculo, T_{Sd}, é inferior ou igual ao 20% do momento torsor resistente de cálculo, T_{Rd}.

0.01 ≤ 1.54

T_{Sd}: Momento de torção solicitante de cálculo, desfavorável. T_{Sd} : 0.01 kN·m

T_{Rd}: Momento de torção resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.1). T_{Rd} : 7.68 kN·m

<u>Resistência a interações de esforços e momento de torção</u> (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.3)

Deve satisfazer:

η : ***0.129*** ✓

η : ***0.003*** ✓

(Já que a norma não proporciona uma verificação da tensão total para seções submetidas a torção combinada com outros esforços, considera-se que este elemento também deve cumprir os seguintes critérios para a tensão de Von Mises:)

η : ***0.113*** ✓

O coeficiente de aproveitamento desfavorável produz-se no nó N1184, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·SCU1 no ponto da seção transversal de coordenadas X = 48.50 mm, Y = 50.00 mm em relação ao centro de gravidade.

As tensões normais σ_{Sd} são dadas por:

σ_{Sd} : *-28.19* MPa

Onde:

σ_{NSd} : *-0.22* MPa

Sendo:

$N_{c,Sd}$: Força axial de compressão solicitante de cálculo, desfavorável. — $N_{c,Sd}$: *0.25* kN

Q: Fator de redução total associado à flambagem local (ABNT NBR 8800:2008, Anexo F). — **Q** : *1.000*

A_g: Área bruta da seção transversal da barra. — A_g : *11.40* cm²

$\sigma_{Mx,Sd}$: *-27.21* MPa

Sendo:

$M_{x,Sd}$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. — $M_{x,Sd}^+$: *0.96* kN·m

I_x: Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo X. — I_x : *176.77* cm4

Y: Coordenada, em relação ao eixo Y, do ponto desfavorável da seção transversal em relação ao centro de gravidade da seção bruta. — **Y** : *50.00* mm

$\sigma_{My,Sd}$: *-0.76* MPa

Sendo:

$M_{y,Sd}$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. — $M_{y,Sd}^+$: *0.03* kN·m

I_y: Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo Y. — I_y : *176.77* cm4

X: Coordenada, em relação ao eixo X, do ponto desfavorável da seção transversal em relação ao centro de gravidade da seção bruta. — **X** : *48.50* mm

As tensões tangenciais τ_{Sd} são dadas por:

τ_{Sd} : *-0.37* MPa

Onde:

$\tau_{Vx,Sd}$: Tensão tangencial devida ao esforço cortante na direção do eixo X. — $\tau_{Vx,Sd}$: *-0.04* MPa

Sendo:

$V_{x,Sd}^+$: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável. — $V_{x,Sd}^+$: *0.03* kN

$\tau_{Vy,Sd}$: Tensão tangencial devida ao esforço cortante na direção do eixo Y. — $\tau_{Vy,Sd}$: *-0.28* MPa

Sendo:

$V_{y,Sd}^-$: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável. — $V_{y,Sd}^-$: *0.21* kN

τ_{TSd}: Tensão tangencial devida ao momento torsor. — τ_{TSd} : *-0.05* MPa

Sendo:

T_{Sd}: Momento de torção solicitante de cálculo, desfavorável. T_{Sd} : 0.00 kN·m

As tensões totais f_{Sd} são dadas por:

f_{Sd} : 28.20 MPa

A tensão resistente de cálculo, σ_{Rd}, é dada pelo menor valor entre os obtidos por a) e b): σ_{Rd} : 217.95 MPa

(a) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de escoamento sob efeito de tensão normal:

σ_{Rd} : 227.27 MPa

Onde:

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

(b) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de instabilidade ou flambagem sob efeito de tensão normal:

σ_{Rd} : 217.95 MPa

Onde:

χ: Fator de redução total associado à resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.3).

χ : 0.959

Sendo:

λ_0 : 0.316

σ_e : 2499.40 MPa

Onde:

N_e: Força axial de flambagem elástica. N_e : 2850.01 kN

Q: Fator de redução total associado à flambagem local (ABNT NBR 8800:2008, Anexo F). Q : 1.000

A_g: Área bruta da seção transversal da barra. A_g : 11.40 cm²

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

A tensão resistente de cálculo, τ_{Rd}, é dada pelo menor valor entre os obtidos por a) e b): τ_{Rd} : 126.81 MPa

(a) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de escoamento sob efeito de tensão de cisalhamento:

τ_{Rd} : 136.36 MPa

Onde:

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

(b) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de instabilidade ou flambagem sob efeito de tensão cisalhamento:

τ_{Rd} : 126.81 MPa

Onde:

χ: Fator de redução total associado à resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.3).

χ : 0.930

Sendo:

λ_0 : 0.417

τ_e : 864.52 MPa

σ_E : 172.90 MPa

Onde:

k_v: Coeficiente de flambagem (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3). k_v : 5.00

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

ν: Coeficiente de Poisson. ν : 0.30

t: Espessura. **t** : 3.00 mm

h: Largura. **h** : 97.00 mm

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

A tensão resistente de cálculo, f_{Rd} é dada por:

f_{Rd} : 250.00 MPa

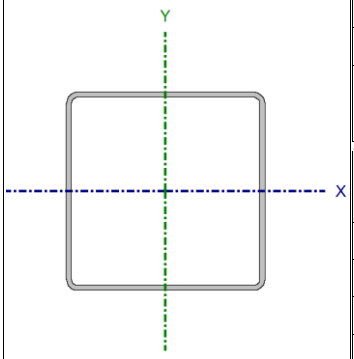
Onde:

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

Barra N1185/N1184

Perfil: TB QUADRO 100X3.00
Material: Aço (A-36 250Mpa)



Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_x(1) (cm4)	I_y(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N1185	N1184	1.005	11.40	176.77	176.77	278.63

Notas:
(1) Inércia em relação ao eixo indicado
(2) Momento de inércia à torção uniforme

	Flambagem		Flambagem lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	1.005	1.005	0.000	0.000
C_b	-		1.000	

Notação:
β: Coeficiente de flambagem
L_K: Comprimento de flambagem (m)
C_b: Fator de modificação para o momento crítico

Limitação do índice de esbeltez (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.4)

O índice de esbeltez das barras comprimidas, tomado como o maior relação entre o comprimento de flambagem e o raio de giração, não deve ser superior a 200.

λ : ***25.5*** ✓

Onde:

λ: Índice de esbeltez.

λ_x : *25.5*
λ_y : *25.5*

Sendo:

$K_x \cdot L_x$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo X. **$K_x \cdot L_x$** : *1.005* m
$K_y \cdot L_y$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo Y. **$K_y \cdot L_y$** : *1.005* m
r_x,r_y: Raios de giração em relação aos eixos principales X, Y, respectivamente. **r_x** : *3.94* cm
r_y : *3.94* cm

Resistência à tração (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.2)

Deve satisfazer:

$\eta <$ ***0.001*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N1184, para a combinação de ações PP+1.4·V1.

$N_{t,Sd}$: Força axial de tração solicitante de cálculo, desfavorável. **$N_{t,Sd}$** : *0.08* kN

A força axial de tração resistente de cálculo, $N_{t,Rd}$, deve ser determinada pela expressão:

$N_{t,Rd}$: 259.15 kN

Onde:

A_g: Área bruta da seção transversal da barra. — A_g : 11.40 cm²

f_y: Resistência ao escoamento do aço. — f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. — γ_{a1} : 1.10

Resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3)

Deve satisfazer:

η : **0.002** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 0.051 m do nó N1185, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·SCU1.

$N_{c,Sd}$: Força axial de compressão solicitante de cálculo, desfavorável. — $N_{c,Sd}$: 0.48 kN

A força axial de compressão resistente de cálculo, $N_{c,Rd}$, deve ser determinada pela expressão:

$N_{c,Rd}$: 250.36 kN

Onde:

χ: Fator de redução total associado à resistência à compressão. — χ : 0.966

Q: Fator de redução total associado à flambagem local. — Q : 1.000

A_g: Área bruta da seção transversal da barra. — A_g : 11.40 cm²

f_y: Resistência ao escoamento do aço. — f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. — γ_{a1} : 1.10

Fator de redução χ: (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.3)

χ : 0.966

Onde:

λ_0: Índice de esbeltez reduzido.

λ_0 : 0.287

Sendo:

Q: Fator de redução total associado à flambagem local. — Q : 1.000

A_g: Área bruta da seção transversal da barra. — A_g : 11.40 cm²

f_y: Resistência ao escoamento do aço. — f_y : 250.00 MPa

N_e: Força axial de flambagem elástica. — N_e : 3454.74 kN

Força axial de flambagem elástica: (ABNT NBR 8800:2008, Anexo E)

A força axial de flambagem elástica, N_e, de uma barra com seção transversal duplamente simétrica ou simétrica em relação a um ponto, é dada pelo menor valor entre os obtidos por (a), (b) e (c):

N_e : 3454.74 kN

(a) Para flambagem por flexão em relação ao eixo principal de inércia X da seção transversal:

N_{ex} : 3454.74 kN

Onde:

$K_x \cdot L_x$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo X. — $K_x \cdot L_x$: 1.005 m

I_x: Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo X. — I_x : 176.77 cm4

E: Módulo de elasticidade do aço. — **E** : 200000 MPa

(b) Para flambagem por flexão em relação ao eixo principal de inércia Y da seção transversal:

N_{ey} : 3454.74 kN

Onde:

$K_y \cdot L_y$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo Y. — $K_y \cdot L_y$: 1.005 m

I_y: Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo Y. — I_y : 176.77 cm4

E: Módulo de elasticidade do aço. — **E** : 200000 MPa

(c) Para flambagem por torção em relação ao eixo longitudinal Z:

N_{ez} : ∞

Onde:

$K_z \cdot L_z$: Comprimento de flambagem por torção. — $K_z \cdot L_z$: 0.000 m

E: Módulo de elasticidade do aço. — **E** : 200000 MPa

C_w: Constante de empenamento da seção transversal. — C_w : 0.00 cm6

G: Módulo de elasticidade transversal do aço. — **G** : 77000 MPa

J: Constante de torção da seção transversal. — **J** : 278.63 cm4

r_0: Raio de giração polar da seção bruta em relação ao centro de cisalhamento.

r_0 : 5.57 cm

Onde:

r_x, r_y: Raios de giração em relação aos eixos principales X, Y, respectivamente. — r_x : 3.94 cm; r_y : 3.94 cm

X_0, Y_0: Coordenadas do centro de cisalhamento na direção dos eixos principales X, Y, respectivamente. — X_0 : 0.00 mm; Y_0 : 0.00 mm

Flambagem local de barras axialmente comprimidas: (ABNT NBR 8800:2008, Anexo F)

Não se aplica nenhuma redução, já que todos os elementos componentes da seção transversal possuem relações entre largura e espessura (b/t) que não superam os valores limite dados na Tabela F.1.

Mesa: Elemento do Grupo 2 da Tabela F.1.

29.33 ≤ **39.60**

Sendo:

(b/t): Relação entre largura e espessura. **(b/t)** : *29.33*

Onde:

b: Largura. **b** : *88.00* mm

t: Espessura. **t** : *3.00* mm

$\mathbf{(b/t)_{lim}}$: Relação limite entre largura e espessura.

$\mathbf{(b/t)_{lim}}$: *39.60*

Onde:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : *200000* MPa

$\mathbf{f_y}$: Resistência ao escoamento do aço. $\mathbf{f_y}$: *250.00* MPa

Alma: Elemento do Grupo 2 da Tabela F.1.

29.33 ≤ **39.60**

Sendo:

(b/t): Relação entre largura e espessura. **(b/t)** : *29.33*

Onde:

b: Largura. **b** : *88.00* mm

t: Espessura. **t** : *3.00* mm

$\mathbf{(b/t)_{lim}}$: Relação limite entre largura e espessura.

$\mathbf{(b/t)_{lim}}$: *39.60*

Onde:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : *200000* MPa

$\mathbf{f_y}$: Resistência ao escoamento do aço. $\mathbf{f_y}$: *250.00* MPa

Resistência à flexão eixo X (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.103*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N1184, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·SCU1.

$\mathbf{M_{Sd}^+}$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. $\mathbf{M_{Sd}^+}$: *0.96* kN·m

Já que '$\lambda \leq \lambda_r$', deve-se considerar viga de alma não-esbelta (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G). **29.33** ≤ **161.22**

Onde:

λ : *29.33*

Sendo:

h: Altura da parte plana das almas. **h** : *88.00* mm

t_w: Espessura da alma. **t_w** : *3.00* mm

λ_r : *161.22*

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : *200000* MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *250.00* MPa

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} de vigas de alma não-esbelta deve ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções: **M_{Rd}** : *9.36* kN·m

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2.2):

M_{Rd} : *12.05* kN·m

Onde:

W_x: Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão. **W_x** : *35.35* cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *250.00* MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : *1.10*

(b) Estado-límite último de flambagem lateral com torção, FLT (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

Não é necessária, já que o eixo de flexão não é o de maior inércia.

(c) Estado-límite último de flambagem local da mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

29.33 ≤ 31.68

M_{Rd} : *9.36* kN·m

Onde:

λ : *29.33*

Sendo:

b_f: Largura da parte plana das mesas. **b_f** : *88.00* mm

t_f: Espessura da mesa comprimida. **t_f** : *3.00* mm

λ_p : *31.68*

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : *200000* MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *250.00* MPa

M_{pl} : *10.29* kN

Onde:

Z_x: Módulo de resistência plástico. **Z_x** : *41.17* cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *250.00* MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : *1.10*

(d) Estado-limite último de flambagem local da alma, FLA (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

29.33 ≤ **68.45**

M_{Rd} : *9.36* kN·m

Onde:

λ : *29.33*

Sendo:

h: Altura da parte plana das almas. **h** : *88.00* mm

t_w: Espessura da alma. t_w : *3.00* mm

λ_p : *68.45*

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : *200000* MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : *250.00* MPa

M_{pl} : *10.29* kN

Onde:

Z_x: Módulo de resistência plástico. Z_x : *41.17* cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : *250.00* MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : *1.10*

Resistência à flexão eixo Y (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.004*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N1184, para a combinação de ações PP+1.4·V1.

M_{Sd}^-: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. M_{Sd}^- : *0.04* kN·m

Já que '$\lambda \leq \lambda_r$', deve-se considerar viga de alma não-esbelta (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G).

29.33 ≤ **161.22**

Onde:

λ : *29.33*

Sendo:

h: Altura da parte plana das almas. **h** : *88.00* mm

t_w: Espessura da alma. t_w : *3.00* mm

λ_r : 161.22

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

$\mathbf{f_y}$: Resistência ao escoamento do aço. $\mathbf{f_y}$: 250.00 MPa

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} de vigas de alma não-esbelta deve ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções: $\mathbf{M_{Rd}}$: 9.36 kN·m

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2.2):

$\mathbf{M_{Rd}}$: 12.05 kN·m

Onde:

$\mathbf{W_y}$: Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão. $\mathbf{W_y}$: 35.35 cm³

$\mathbf{f_y}$: Resistência ao escoamento do aço. $\mathbf{f_y}$: 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

(b) Estado-límite último de flambagem lateral com torção, FLT (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

Não é necessária, já que o eixo de flexão não é o de maior inércia.

(c) Estado-límite último de flambagem local da mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

29.33 ≤ 31.68

$\mathbf{M_{Rd}}$: 9.36 kN·m

Onde:

λ : 29.33

Sendo:

$\mathbf{b_f}$: Largura da parte plana das mesas. $\mathbf{b_f}$: 88.00 mm

$\mathbf{t_f}$: Espessura da mesa comprimida. $\mathbf{t_f}$: 3.00 mm

λ_p : 31.68

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

$\mathbf{f_y}$: Resistência ao escoamento do aço. $\mathbf{f_y}$: 250.00 MPa

$\mathbf{M_{pl}}$: 10.29 kN

Onde:

$\mathbf{Z_y}$: Módulo de resistência plástico. $\mathbf{Z_y}$: 41.17 cm³

$\mathbf{f_y}$: Resistência ao escoamento do aço. $\mathbf{f_y}$: 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

(d) Estado-limite último de flambagem local da alma, FLA (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

29.33 ≤ 68.45

M_{Rd} : 9.36 kN·m

Onde:

λ : 29.33

Sendo:

h: Altura da parte plana das almas. **h** : 88.00 mm

t_w: Espessura da alma. t_w : 3.00 mm

λ_p : 68.45

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

M_{pl} : 10.29 kN

Onde:

Z_y: Módulo de resistência plástico. Z_y : 41.17 cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

Resistência ao esforço cortante X (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3)

Deve satisfazer:

η : ***0.001*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações PP+1.4·V1.

V_{Sd}: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável. V_{Sd} : 0.04 kN

A força cortante resistente de cálculo, V_{Rd}, é determinada pela expressão:

29.33 ≤ **69.57**

V_{Rd} : 72.00 kN

Onde:

λ : 29.33

Sendo:

b_f: Largura da parte plana das mesas. b_f : 88.00 mm

t_f: Espessura das mesas. t_f : 3.00 mm

λ_p : 69.57

Sendo:

k_v: Coeficiente de flambagem. k_v : 5.00

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

V_{pl} : 79.20 kN

Sendo:

A_w: Área efetiva ao cisalhamento.

A_w : 5.28 cm²

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

Resistência ao esforço cortante Y (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3)

Deve satisfazer:

η : **0.035** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 0.051 m do nó N1185, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·SCU1.

V_{Sd}: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável. V_{Sd} : 2.54 kN

A força cortante resistente de cálculo, V_{Rd}, é determinada pela expressão:

29.33 ≤ **69.57**

V_{Rd} : 72.00 kN

Onde:

λ : 29.33

Sendo:

h: Altura da parte plana das almas. **h** : 88.00 mm

t_w: Espessura da alma. t_w : 3.00 mm

λ_p : 69.57

Sendo:

k_v: Coeficiente de flambagem. k_v : 5.00

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

V_{pl} : 79.20 kN

Sendo:

A_w: Área efetiva ao cisalhamento.

A_w : 5.28 cm²

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

Resistência ao esforço axial e flexão combinados (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.1.2)

Deve satisfazer:

η : **0.106** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N1184, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·SCU1.

$N_{c,Sd}$: Força axial de compressão solicitante de cálculo, desfavorável. $N_{c,Sd}$: 0.27 kN

$M_{x,Sd}$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. $M_{x,Sd}^+$: 0.96 kN·m

$M_{y,Sd}$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. $M_{y,Sd}^+$: 0.03 kN·m

0.001 < 0.200

η : 0.106

Onde:

$N_{c,Rd}$: Força axial resistente de cálculo de compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3). $N_{c,Rd}$: 250.36 kN

$M_{x,Rd}$,$M_{y,Rd}$: Momentos fletores resistentes de cálculo, respectivamente em relação aos eixos X e Y da seção transversal (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2). $M_{x,Rd}$: 9.36 kN·m

$M_{y,Rd}$: 9.36 kN·m

Resistência à torção (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.1)

Deve satisfazer:

η : **0.004** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações PP+1.4·V1.

T_{Sd}: Momento de torção solicitante de cálculo, desfavorável. T_{Sd} : 0.03 kN·m

O momento de torção resistente de cálculo, T_{Rd}, é determinado pela expressão:

T_{Rd} : 7.68 kN·m

Onde:

W_T: Módulo de resistência à torção.

W_T : 56.35 cm³

h: Maior comprimento entre as partes planas dos lados da seção transversal. **h** : 88.00 mm

H: Maior dimensão da seção. **H** : 100.00 mm

B: Menor dimensão da seção. **B** : 100.00 mm

t: Espessura. **t** : 3.00 mm

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

<u>Resistência ao momento de torção, força axial, momento fletor e cortante</u> (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.2)

O efeito da torção pode ser desprezado, já que o momento torsor atuante de cálculo, T_{Sd}, é inferior ou igual ao 20% do momento torsor resistente de cálculo, T_{Rd}.

0.03 ≤ 1.54

T_{Sd}: Momento de torção solicitante de cálculo, desfavorável. T_{Sd} : 0.03 kN·m

T_{Rd}: Momento de torção resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.1). T_{Rd} : 7.68 kN·m

<u>Resistência a interações de esforços e momento de torção</u> (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.3)

Deve satisfazer:

η : **0.129** ✓

η : **0.005** ✓

(Já que a norma não proporciona uma verificação da tensão total para seções submetidas a torção combinada com outros esforços, considera-se que este elemento também deve cumprir os seguintes critérios para a tensão de Von Mises:)

η : **0.113** ✓

O coeficiente de aproveitamento desfavorável produz-se no nó N1184, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·SCU1 no ponto da seção transversal de coordenadas X = 48.50 mm, Y = 50.00 mm em relação ao centro de gravidade.

As tensões normais σ_{Sd} são dadas por:

σ_{Sd} : *-28.23* MPa

Onde:

σ_{NSd} : *-0.24* MPa

Sendo:

$N_{c,Sd}$: Força axial de compressão solicitante de cálculo, desfavorável. — $N_{c,Sd}$: *0.27* kN

Q: Fator de redução total associado à flambagem local (ABNT NBR 8800:2008, Anexo F). — **Q** : *1.000*

A_g: Área bruta da seção transversal da barra. — A_g : *11.40* cm²

$\sigma_{Mx,Sd}$: *-27.26* MPa

Sendo:

$M_{x,Sd}$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. — $M_{x,Sd}^+$: *0.96* kN·m

I_x: Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo X. — I_x : *176.77* cm4

Y: Coordenada, em relação ao eixo Y, do ponto desfavorável da seção transversal em relação ao centro de gravidade da seção bruta. — **Y** : *50.00* mm

$\sigma_{My,Sd}$: *-0.73* MPa

Sendo:

$M_{y,Sd}$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. — $M_{y,Sd}^+$: *0.03* kN·m

I_y: Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo Y. — I_y : *176.77* cm4

X: Coordenada, em relação ao eixo X, do ponto desfavorável da seção transversal em relação ao centro de gravidade da seção bruta. — **X** : *48.50* mm

As tensões tangenciais τ_{Sd} são dadas por:

τ_{Sd} : *-0.63* MPa

Onde:

$\tau_{Vx,Sd}$: Tensão tangencial devida ao esforço cortante na direção do eixo X. — $\tau_{Vx,Sd}$: *0.04* MPa

Sendo:

$V_{x,Sd}^-$: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável. — $V_{x,Sd}^-$: *0.03* kN

$\tau_{Vy,Sd}$: Tensão tangencial devida ao esforço cortante na direção do eixo Y. — $\tau_{Vy,Sd}$: *-0.61* MPa

Sendo:

$V_{y,Sd}^-$: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável. — $V_{y,Sd}^-$: *0.46* kN

τ_{TSd}: Tensão tangencial devida ao momento torsor. — τ_{TSd} : *-0.05* MPa

Sendo:

T_{Sd}: Momento de torção solicitante de cálculo, desfavorável. T_{Sd} : 0.00 kN·m

As tensões totais f_{Sd} são dadas por:

f_{Sd} : 28.25 MPa

A tensão resistente de cálculo, σ_{Rd}, é dada pelo menor valor entre os obtidos por a) e b): σ_{Rd} : 219.56 MPa

(a) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de escoamento sob efeito de tensão normal:

σ_{Rd} : 227.27 MPa

Onde:

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

(b) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de instabilidade ou flambagem sob efeito de tensão normal:

σ_{Rd} : 219.56 MPa

Onde:

χ: Fator de redução total associado à resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.3).

χ : 0.966

Sendo:

λ_0 : 0.287

σ_e : 3029.73 MPa

Onde:

N_e: Força axial de flambagem elástica. N_e : 3454.74 kN

Q: Fator de redução total associado à flambagem local (ABNT NBR 8800:2008, Anexo F). Q : 1.000

A_g: Área bruta da seção transversal da barra. A_g : 11.40 cm²

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

A tensão resistente de cálculo, τ_{Rd}, é dada pelo menor valor entre os obtidos por a) e b): τ_{Rd} : 126.81 MPa

(a) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de escoamento sob efeito de tensão de cisalhamento:

τ_{Rd} : 136.36 MPa

Onde:

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

(b) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de instabilidade ou flambagem sob efeito de tensão cisalhamento:

τ_{Rd} : 126.81 MPa

Onde:

χ: Fator de redução total associado à resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.3).

χ : 0.930

Sendo:

λ_0 : 0.417

τ_e : 864.52 MPa

σ_E : 172.90 MPa

Onde:

k_v: Coeficiente de flambagem (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3). k_v : 5.00

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

ν: Coeficiente de Poisson. ν : 0.30

t: Espessura. **t** : 3.00 mm

h: Largura. **h** : 97.00 mm

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

A tensão resistente de cálculo, f_{Rd} é dada por:

f_{Rd} : 250.00 MPa

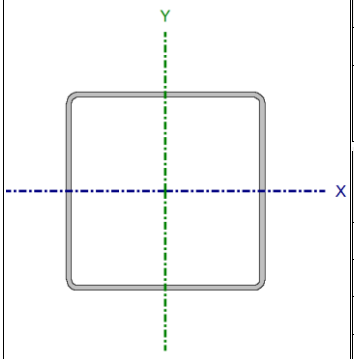
Onde:

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

Barra N1194/N1195

Perfil: TB QUADRO 100X3.00
Material: Aço (A-36 250Mpa)



Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_x(1) (cm4)	I_y(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N1194	N1195	1.242	11.40	176.77	176.77	278.63

Notas:
(1) Inércia em relação ao eixo indicado
(2) Momento de inércia à torção uniforme

	Flambagem		Flambagem lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	1.242	1.242	0.000	0.000
C_b	-		1.000	

Notação:
β: Coeficiente de flambagem
L_K: Comprimento de flambagem (m)
C_b: Fator de modificação para o momento crítico

Limitação do índice de esbeltez (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.4)

O índice de esbeltez das barras comprimidas, tomado como o maior relação entre o comprimento de flambagem e o raio de giração, não deve ser superior a 200.

λ : ***31.5*** ✓

Onde:

λ: Índice de esbeltez.

λ_x : *31.5*
λ_y : *31.5*

Sendo:

$K_x \cdot L_x$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo X. **$K_x \cdot L_x$** : *1.242* m
$K_y \cdot L_y$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo Y. **$K_y \cdot L_y$** : *1.242* m
r_x,r_y: Raios de giração em relação aos eixos principales X, Y, respectivamente. **r_x** : *3.94* cm
r_y : *3.94* cm

Resistência à tração (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.2)

Deve satisfazer:

$\eta <$ ***0.001*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N1195, para a combinação de ações 1.5·PP+1.05·SCU1+1.4·V1.

$N_{t,Sd}$: Força axial de tração solicitante de cálculo, desfavorável. **$N_{t,Sd}$** : *0.12* kN

A força axial de tração resistente de cálculo, $N_{t,Rd}$, deve ser determinada pela expressão:

$N_{t,Rd}$: 259.15 kN

Onde:

A_g: Área bruta da seção transversal da barra. — A_g : 11.40 cm²

f_y: Resistência ao escoamento do aço. — f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. — γ_{a1} : 1.10

Resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3)

Deve satisfazer:

η : **0.001** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N1194, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·SCU1.

$N_{c,Sd}$: Força axial de compressão solicitante de cálculo, desfavorável. — $N_{c,Sd}$: 0.13 kN

A força axial de compressão resistente de cálculo, $N_{c,Rd}$, deve ser determinada pela expressão:

$N_{c,Rd}$: 245.84 kN

Onde:

χ: Fator de redução total associado à resistência à compressão. — χ : 0.949

Q: Fator de redução total associado à flambagem local. — **Q** : 1.000

A_g: Área bruta da seção transversal da barra. — A_g : 11.40 cm²

f_y: Resistência ao escoamento do aço. — f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. — γ_{a1} : 1.10

Fator de redução χ: (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.3)

χ : 0.949

Onde:

λ_0: Índice de esbeltez reduzido.

λ_0 : 0.355

Sendo:

Q: Fator de redução total associado à flambagem local. — **Q** : 1.000

A_g: Área bruta da seção transversal da barra. — A_g : 11.40 cm²

f_y: Resistência ao escoamento do aço. — f_y : 250.00 MPa

N_e: Força axial de flambagem elástica. — N_e : 2261.44 kN

Força axial de flambagem elástica: (ABNT NBR 8800:2008, Anexo E)

A força axial de flambagem elástica, N_e, de uma barra com seção transversal duplamente simétrica ou simétrica em relação a um ponto, é dada pelo menor valor entre os obtidos por (a), (b) e (c):

N_e : 2261.44 kN

(a) Para flambagem por flexão em relação ao eixo principal de inércia X da seção transversal:

N_{ex} : 2261.44 kN

Onde:

$K_x \cdot L_x$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo X. — $K_x \cdot L_x$: 1.242 m

I_x: Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo X. — I_x : 176.77 cm4

E: Módulo de elasticidade do aço. — E : 200000 MPa

(b) Para flambagem por flexão em relação ao eixo principal de inércia Y da seção transversal:

N_{ey} : 2261.44 kN

Onde:

$K_y \cdot L_y$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo Y. — $K_y \cdot L_y$: 1.242 m

I_y: Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo Y. — I_y : 176.77 cm4

E: Módulo de elasticidade do aço. — E : 200000 MPa

(c) Para flambagem por torção em relação ao eixo longitudinal Z:

N_{ez} : ∞

Onde:

$K_z \cdot L_z$: Comprimento de flambagem por torção. — $K_z \cdot L_z$: 0.000 m

E: Módulo de elasticidade do aço. — E : 200000 MPa

C_w: Constante de empenamento da seção transversal. — C_w : 0.00 cm6

G: Módulo de elasticidade transversal do aço. — G : 77000 MPa

J: Constante de torção da seção transversal. — J : 278.63 cm4

r_0: Raio de giração polar da seção bruta em relação ao centro de cisalhamento.

r_0 : 5.57 cm

Onde:

r_x,r_y: Raios de giração em relação aos eixos principales X, Y, respectivamente. — r_x : 3.94 cm; r_y : 3.94 cm

X_0,Y_0: Coordenadas do centro de cisalhamento na direção dos eixos principales X, Y, respectivamente. — X_0 : 0.00 mm; Y_0 : 0.00 mm

Flambagem local de barras axialmente comprimidas: (ABNT NBR 8800:2008, Anexo F)

Não se aplica nenhuma redução, já que todos os elementos componentes da seção transversal possuem relações entre largura e espessura (b/t) que não superam os valores limite dados na Tabela F.1.

Mesa: Elemento do Grupo 2 da Tabela F.1.

29.33 ≤ **39.60**

Sendo:

(b/t): Relação entre largura e espessura. **(b/t)** : *29.33*

Onde:

b: Largura. **b** : *88.00* mm

t: Espessura. **t** : *3.00* mm

$(b/t)_{lim}$: Relação limite entre largura e espessura.

$(b/t)_{lim}$: *39.60*

Onde:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : *200000* MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *250.00* MPa

Alma: Elemento do Grupo 2 da Tabela F.1.

29.33 ≤ **39.60**

Sendo:

(b/t): Relação entre largura e espessura. **(b/t)** : *29.33*

Onde:

b: Largura. **b** : *88.00* mm

t: Espessura. **t** : *3.00* mm

$(b/t)_{lim}$: Relação limite entre largura e espessura.

$(b/t)_{lim}$: *39.60*

Onde:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : *200000* MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *250.00* MPa

DECORO Consultoria e Projetos

Resistência à flexão eixo X (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.099*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N1194, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·SCU1.

M_{Sd}^+: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. **M_{Sd}^+** : *0.92* kN·m

Já que '$\lambda \leq \lambda_r$', deve-se considerar viga de alma não-esbelta (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G).

29.33 ≤ **161.22**

Onde:

λ : *29.33*

Sendo:

h: Altura da parte plana das almas. **h** : *88.00* mm

$\mathbf{t_w}$: Espessura da alma. $\mathbf{t_w}$: *3.00* mm

λ_r : *161.22*

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : *200000* MPa

$\mathbf{f_y}$: Resistência ao escoamento do aço. $\mathbf{f_y}$: *250.00* MPa

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} de vigas de alma não-esbelta deve ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções: $\mathbf{M_{Rd}}$: *9.36* kN·m

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2.2):

$\mathbf{M_{Rd}}$: *12.05* kN·m

Onde:

$\mathbf{W_x}$: Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão. $\mathbf{W_x}$: *35.35* cm³

$\mathbf{f_y}$: Resistência ao escoamento do aço. $\mathbf{f_y}$: *250.00* MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : *1.10*

(b) Estado-límite último de flambagem lateral com torção, FLT (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

Não é necessária, já que o eixo de flexão não é o de maior inércia.

(c) Estado-límite último de flambagem local da mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

29.33 ≤ **31.68**

$\mathbf{M_{Rd}}$: *9.36* kN·m

Onde:

λ : *29.33*

Sendo:

$\mathbf{b_f}$: Largura da parte plana das mesas. $\mathbf{b_f}$: *88.00* mm

$\mathbf{t_f}$: Espessura da mesa comprimida. $\mathbf{t_f}$: *3.00* mm

λ_p : *31.68*

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : *200000* MPa

$\mathbf{f_y}$: Resistência ao escoamento do aço. $\mathbf{f_y}$: *250.00* MPa

$\mathbf{M_{pl}}$: *10.29* kN

Onde:

$\mathbf{Z_x}$: Módulo de resistência plástico. $\mathbf{Z_x}$: *41.17* cm³

$\mathbf{f_y}$: Resistência ao escoamento do aço. $\mathbf{f_y}$: *250.00* MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : *1.10*

(d) Estado-limite último de flambagem local da alma, FLA (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

29.33 ≤ **68.45**

M_{Rd} : *9.36* kN·m

Onde:

λ : *29.33*

Sendo:

h: Altura da parte plana das almas. **h** : *88.00* mm

t_w: Espessura da alma. t_w : *3.00* mm

λ_p : *68.45*

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : *200000* MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : *250.00* MPa

M_{pl} : *10.29* kN

Onde:

Z_x: Módulo de resistência plástico. Z_x : *41.17* cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : *250.00* MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : *1.10*

Resistência à flexão eixo Y (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.006*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N1194, para a combinação de ações PP+1.4·V1.

M_{Sd}^+: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. M_{Sd}^+ : *0.05* kN·m

Já que '$\lambda \leq \lambda_r$', deve-se considerar viga de alma não-esbelta (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G).

29.33 ≤ **161.22**

Onde:

λ : *29.33*

Sendo:

h: Altura da parte plana das almas. **h** : *88.00* mm

t_w: Espessura da alma. t_w : *3.00* mm

λ_r : 161.22

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

$\mathbf{f_y}$: Resistência ao escoamento do aço. $\mathbf{f_y}$: 250.00 MPa

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} de vigas de alma não-esbelta deve ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções: $\mathbf{M_{Rd}}$: 9.36 kN·m

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2.2):

$\mathbf{M_{Rd}}$: 12.05 kN·m

Onde:

$\mathbf{W_y}$: Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão. $\mathbf{W_y}$: 35.35 cm³

$\mathbf{f_y}$: Resistência ao escoamento do aço. $\mathbf{f_y}$: 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

(b) Estado-límite último de flambagem lateral com torção, FLT (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

Não é necessária, já que o eixo de flexão não é o de maior inércia.

(c) Estado-límite último de flambagem local da mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

29.33 ≤ 31.68

$\mathbf{M_{Rd}}$: 9.36 kN·m

Onde:

λ : 29.33

Sendo:

$\mathbf{b_f}$: Largura da parte plana das mesas. $\mathbf{b_f}$: 88.00 mm

$\mathbf{t_f}$: Espessura da mesa comprimida. $\mathbf{t_f}$: 3.00 mm

λ_p : 31.68

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

$\mathbf{f_y}$: Resistência ao escoamento do aço. $\mathbf{f_y}$: 250.00 MPa

$\mathbf{M_{pl}}$: 10.29 kN

Onde:

$\mathbf{Z_y}$: Módulo de resistência plástico. $\mathbf{Z_y}$: 41.17 cm³

$\mathbf{f_y}$: Resistência ao escoamento do aço. $\mathbf{f_y}$: 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

(d) Estado-limite último de flambagem local da alma, FLA (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

29.33 ≤ 68.45

M_{Rd} : 9.36 kN·m

Onde:

λ : 29.33

Sendo:

h: Altura da parte plana das almas. **h** : 88.00 mm

t_w: Espessura da alma. t_w : 3.00 mm

λ_p : 68.45

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

M_{pl} : 10.29 kN

Onde:

Z_y: Módulo de resistência plástico. Z_y : 41.17 cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

Resistência ao esforço cortante X (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3)

Deve satisfazer:

η : ***0.001*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N1195, para a combinação de ações PP+1.4·V1.

V_{Sd}: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável. V_{Sd} : 0.08 kN

A força cortante resistente de cálculo, V_{Rd}, é determinada pela expressão:

29.33 ≤ **69.57**

V_{Rd} : 72.00 kN

Onde:

λ : 29.33

Sendo:

b_f: Largura da parte plana das mesas. b_f : 88.00 mm

t_f: Espessura das mesas. t_f : 3.00 mm

λ_p : 69.57

Sendo:

k_v: Coeficiente de flambagem. k_v : 5.00

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

V_{pl} : 79.20 kN

Sendo:

A_w: Área efetiva ao cisalhamento.

A_w : 5.28 cm²

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

Resistência ao esforço cortante Y (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3)

Deve satisfazer:

η : **0.024** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N1195, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·SCU1.

V_{Sd}: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável. V_{Sd} : 1.76 kN

A força cortante resistente de cálculo, V_{Rd}, é determinada pela expressão:

29.33 ≤ **69.57**

V_{Rd} : 72.00 kN

Onde:

λ : 29.33

Sendo:

h: Altura da parte plana das almas. **h** : 88.00 mm

t_w: Espessura da alma. t_w : 3.00 mm

λ_p : 69.57

Sendo:

k_v: Coeficiente de flambagem. k_v : 5.00

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

V_{pl} : 79.20 kN

Sendo:

A_w: Área efetiva ao cisalhamento.

A_w : *5.28* cm²

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : *1.10*

Resistência ao esforço axial e flexão combinados (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.1.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.103*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N1194, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·SCU1.

$N_{c,Sd}$: Força axial de compressão solicitante de cálculo, desfavorável. $N_{c,Sd}$: *0.13* kN

$M_{x,Sd}$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. $M_{x,Sd}^+$: *0.92* kN·m

$M_{y,Sd}$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. $M_{y,Sd}^-$: *0.04* kN·m

0.001 < **0.200**

η : *0.103*

Onde:

$N_{c,Rd}$: Força axial resistente de cálculo de compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3). $N_{c,Rd}$: *245.84* kN

$M_{x,Rd}$,$M_{y,Rd}$: Momentos fletores resistentes de cálculo, respectivamente em relação aos eixos X e Y da seção transversal (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2). $M_{x,Rd}$: *9.36* kN·m

$M_{y,Rd}$: *9.36* kN·m

Resistência à torção (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.1)

Deve satisfazer:

η : ***0.006*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·SCU1.

T_{Sd}: Momento de torção solicitante de cálculo, desfavorável. T_{Sd} : *0.05* kN·m

O momento de torção resistente de cálculo, T_{Rd}, é determinado pela expressão:

T_{Rd} : 7.68 kN·m

Onde:

W_T: Módulo de resistência à torção.

W_T : 56.35 cm³

h: Maior comprimento entre as partes planas dos lados da seção transversal. **h** : 88.00 mm

H: Maior dimensão da seção. **H** : 100.00 mm

B: Menor dimensão da seção. **B** : 100.00 mm

t: Espessura. **t** : 3.00 mm

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

<u>Resistência ao momento de torção, força axial, momento fletor e cortante</u> (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.2)

O efeito da torção pode ser desprezado, já que o momento torsor atuante de cálculo, T_{Sd}, é inferior ou igual ao 20% do momento torsor resistente de cálculo, T_{Rd}.

0.05 ≤ 1.54

T_{Sd}: Momento de torção solicitante de cálculo, desfavorável. T_{Sd} : 0.05 kN·m

T_{Rd}: Momento de torção resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.1). T_{Rd} : 7.68 kN·m

<u>Resistência a interações de esforços e momento de torção</u> (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.3)

Deve satisfazer:

η : **0.127** ✓

η : **0.007** ✓

(Já que a norma não proporciona uma verificação da tensão total para seções submetidas a torção combinada com outros esforços, considera-se que este elemento também deve cumprir os seguintes critérios para a tensão de Von Mises:)

η : **0.109** ✓

O coeficiente de aproveitamento desfavorável produz-se no nó N1194, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·SCU1 no ponto da seção transversal de coordenadas X = -48.50 mm, Y = 50.00 mm em relação ao centro de gravidade.

As tensões normais σ_{Sd} são dadas por:

σ_{Sd} : *-27.31* MPa

Onde:

σ_{NSd} : *-0.11* MPa

Sendo:

$N_{c,Sd}$: Força axial de compressão solicitante de cálculo, desfavorável. — $N_{c,Sd}$: *0.13* kN

Q: Fator de redução total associado à flambagem local (ABNT NBR 8800:2008, Anexo F). — **Q** : *1.000*

A_g: Área bruta da seção transversal da barra. — A_g : *11.40* cm²

$\sigma_{Mx,Sd}$: *-26.10* MPa

Sendo:

$M_{x,Sd}$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. — $M_{x,Sd}^{+}$: *0.92* kN·m

I_x: Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo X. — I_x : *176.77* cm4

Y: Coordenada, em relação ao eixo Y, do ponto desfavorável da seção transversal em relação ao centro de gravidade da seção bruta. — **Y** : *50.00* mm

$\sigma_{My,Sd}$: *-1.09* MPa

Sendo:

$M_{y,Sd}$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. — $M_{y,Sd}^{-}$: *0.04* kN·m

I_y: Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo Y. — I_y : *176.77* cm4

X: Coordenada, em relação ao eixo X, do ponto desfavorável da seção transversal em relação ao centro de gravidade da seção bruta. — **X** : *-48.50* mm

As tensões tangenciais τ_{Sd} são dadas por:

τ_{Sd} : *0.94* MPa

Onde:

$\tau_{Vx,Sd}$: Tensão tangencial devida ao esforço cortante na direção do eixo X. — $\tau_{Vx,Sd}$: *0.08* MPa

Sendo:

$V_{x,Sd}^{-}$: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável. — $V_{x,Sd}^{-}$: *0.06* kN

$\tau_{Vy,Sd}$: Tensão tangencial devida ao esforço cortante na direção do eixo Y. — $\tau_{Vy,Sd}$: *0.05* MPa

Sendo:

$V_{y,Sd}^{-}$: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável. — $V_{y,Sd}^{-}$: *0.04* kN

τ_{TSd}: Tensão tangencial devida ao momento torsor. — τ_{TSd} : *0.81* MPa

Sendo:

T_{Sd}: Momento de torção solicitante de cálculo, desfavorável. T_{Sd} : 0.05 kN·m

As tensões totais f_{Sd} são dadas por:

f_{Sd} : 27.36 MPa

A tensão resistente de cálculo, σ_{Rd}, é dada pelo menor valor entre os obtidos por a) e b): σ_{Rd} : 215.59 MPa

(a) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de escoamento sob efeito de tensão normal:

σ_{Rd} : 227.27 MPa

Onde:

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

(b) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de instabilidade ou flambagem sob efeito de tensão normal:

σ_{Rd} : 215.59 MPa

Onde:

χ: Fator de redução total associado à resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.3).

χ : 0.949

Sendo:

λ_0 : 0.355

σ_e : 1983.23 MPa

Onde:

N_e: Força axial de flambagem elástica. N_e : 2261.44 kN

Q: Fator de redução total associado à flambagem local (ABNT NBR 8800:2008, Anexo F). Q : 1.000

A_g: Área bruta da seção transversal da barra. A_g : 11.40 cm²

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

A tensão resistente de cálculo, τ_{Rd}, é dada pelo menor valor entre os obtidos por a) e b): τ_{Rd} : 126.81 MPa

(a) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de escoamento sob efeito de tensão de cisalhamento:

τ_{Rd} : 136.36 MPa

Onde:

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

(b) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de instabilidade ou flambagem sob efeito de tensão cisalhamento:

τ_{Rd} : 126.81 MPa

Onde:

χ: Fator de redução total associado à resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.3).

χ : 0.930

Sendo:

λ_0 : 0.417

τ_e : 864.52 MPa

σ_E : 172.90 MPa

Onde:

k_v: Coeficiente de flambagem (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3). k_v : 5.00

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

ν: Coeficiente de Poisson. ν : 0.30

t: Espessura. **t** : 3.00 mm

h: Largura. **h** : 97.00 mm

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

A tensão resistente de cálculo, f_{Rd} é dada por:

f_{Rd} : 250.00 MPa

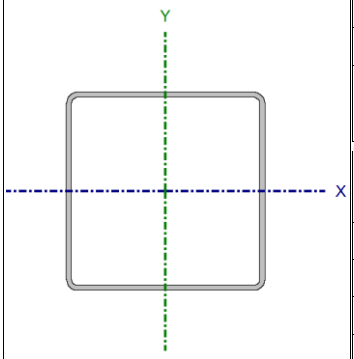
Onde:

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

Barra N1187/N1183

Perfil: TB QUADRO 100X3.00
Material: Aço (A-36 250Mpa)



Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_x(1) (cm4)	I_y(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N1187	N1183	2.830	11.40	176.77	176.77	278.63

Notas:
(1) Inércia em relação ao eixo indicado
(2) Momento de inércia à torção uniforme

	Flambagem		Flambagem lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	2.830	2.830	0.000	0.000
C_b	-		1.000	

Notação:
β: Coeficiente de flambagem
L_K: Comprimento de flambagem (m)
C_b: Fator de modificação para o momento crítico

Limitação do índice de esbeltez (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.4)

O índice de esbeltez das barras comprimidas, tomado como o maior relação entre o comprimento de flambagem e o raio de giração, não deve ser superior a 200.

λ : ***71.9*** ✓

Onde:

λ: Índice de esbeltez.

λ_x : *71.9*
λ_y : *71.9*

Sendo:

$K_x \cdot L_x$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo X. **$K_x \cdot L_x$** : *2.830* m
$K_y \cdot L_y$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo Y. **$K_y \cdot L_y$** : *2.830* m
r_x,r_y: Raios de giração em relação aos eixos principales X, Y, respectivamente. **r_x** : *3.94* cm
r_y : *3.94* cm

Resistência à tração (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.008*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 2.778 m do nó N1187, para a combinação de ações PP+1.4·V1.

$N_{t,Sd}$: Força axial de tração solicitante de cálculo, desfavorável. **$N_{t,Sd}$** : *2.15* kN

A força axial de tração resistente de cálculo, $N_{t,Rd}$, deve ser determinada pela expressão:

$N_{t,Rd}$: *259.15* kN

Onde:

A_g: Área bruta da seção transversal da barra. — A_g : *11.40* cm²

f_y: Resistência ao escoamento do aço. — f_y : *250.00* MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. — γ_{a1} : *1.10*

Resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3)

Deve satisfazer:

η : ***0.015*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N1187, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·SCU1.

$N_{c,Sd}$: Força axial de compressão solicitante de cálculo, desfavorável. — $N_{c,Sd}$: *2.95* kN

A força axial de compressão resistente de cálculo, $N_{c,Rd}$, deve ser determinada pela expressão:

$N_{c,Rd}$: *197.07* kN

Onde:

χ: Fator de redução total associado à resistência à compressão. — χ : *0.760*

Q: Fator de redução total associado à flambagem local. — Q : *1.000*

A_g: Área bruta da seção transversal da barra. — A_g : *11.40* cm²

f_y: Resistência ao escoamento do aço. — f_y : *250.00* MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. — γ_{a1} : *1.10*

Fator de redução χ: (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.3)

χ : *0.760*

Onde:

λ_0: Índice de esbeltez reduzido.

λ_0 : *0.809*

Sendo:

Q: Fator de redução total associado à flambagem local. — Q : *1.000*

A_g: Área bruta da seção transversal da barra. — A_g : *11.40* cm²

f_y: Resistência ao escoamento do aço. — f_y : *250.00* MPa

N_e: Força axial de flambagem elástica. — N_e : *435.68* kN

Força axial de flambagem elástica: (ABNT NBR 8800:2008, Anexo E)

A força axial de flambagem elástica, N_e, de uma barra com seção transversal duplamente simétrica ou simétrica em relação a um ponto, é dada pelo menor valor entre os obtidos por (a), (b) e (c):

N_e : 435.68 kN

(a) Para flambagem por flexão em relação ao eixo principal de inércia X da seção transversal:

N_{ex} : 435.68 kN

Onde:

$K_x \cdot L_x$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo X. — $K_x \cdot L_x$: 2.830 m

I_x: Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo X. — I_x : 176.77 cm4

E: Módulo de elasticidade do aço. — **E** : 200000 MPa

(b) Para flambagem por flexão em relação ao eixo principal de inércia Y da seção transversal:

N_{ey} : 435.68 kN

Onde:

$K_y \cdot L_y$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo Y. — $K_y \cdot L_y$: 2.830 m

I_y: Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo Y. — I_y : 176.77 cm4

E: Módulo de elasticidade do aço. — **E** : 200000 MPa

(c) Para flambagem por torção em relação ao eixo longitudinal Z:

N_{ez} : ∞

Onde:

$K_z \cdot L_z$: Comprimento de flambagem por torção. — $K_z \cdot L_z$: 0.000 m

E: Módulo de elasticidade do aço. — **E** : 200000 MPa

C_w: Constante de empenamento da seção transversal. — C_w : 0.00 cm6

G: Módulo de elasticidade transversal do aço. — **G** : 77000 MPa

J: Constante de torção da seção transversal. — **J** : 278.63 cm4

r_0: Raio de giração polar da seção bruta em relação ao centro de cisalhamento.

r_0 : 5.57 cm

Onde:

r_x, r_y: Raios de giração em relação aos eixos principales X, Y, respectivamente. — r_x : 3.94 cm; r_y : 3.94 cm

X_0, Y_0: Coordenadas do centro de cisalhamento na direção dos eixos principales X, Y, respectivamente. — X_0 : 0.00 mm; Y_0 : 0.00 mm

Flambagem local de barras axialmente comprimidas: (ABNT NBR 8800:2008, Anexo F)

Não se aplica nenhuma redução, já que todos os elementos componentes da seção transversal possuem relações entre largura e espessura (b/t) que não superam os valores limite dados na Tabela F.1.

Mesa: Elemento do Grupo 2 da Tabela F.1.

29.33 ≤ **39.60**

Sendo:

(b/t): Relação entre largura e espessura. **(b/t)** : *29.33*

Onde:

b: Largura. **b** : *88.00* mm

t: Espessura. **t** : *3.00* mm

$(b/t)_{lim}$: Relação limite entre largura e espessura.

$(b/t)_{lim}$: *39.60*

Onde:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : *200000* MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *250.00* MPa

Alma: Elemento do Grupo 2 da Tabela F.1.

29.33 ≤ **39.60**

Sendo:

(b/t): Relação entre largura e espessura. **(b/t)** : *29.33*

Onde:

b: Largura. **b** : *88.00* mm

t: Espessura. **t** : *3.00* mm

$(b/t)_{lim}$: Relação limite entre largura e espessura.

$(b/t)_{lim}$: *39.60*

Onde:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : *200000* MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *250.00* MPa

Resistência à flexão eixo X (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.109*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 2.779 m do nó N1187, para a combinação de ações PP+1.4·V1.

M_{Sd}^+: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. **M_{Sd}^+** : *1.02* kN·m

Já que '$\lambda \leq \lambda_r$', deve-se considerar viga de alma não-esbelta (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G). **29.33** ≤ **161.22**

Onde:

λ : *29.33*

Sendo:

h: Altura da parte plana das almas. **h** : *88.00* mm

t_w: Espessura da alma. **t_w** : *3.00* mm

λ_r : *161.22*

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : *200000* MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *250.00* MPa

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} de vigas de alma não-esbelta deve ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções: **M_{Rd}** : *9.36* kN·m

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2.2):

M_{Rd} : *12.05* kN·m

Onde:

W_x: Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão. **W_x** : *35.35* cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *250.00* MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : *1.10*

(b) Estado-límite último de flambagem lateral com torção, FLT (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

Não é necessária, já que o eixo de flexão não é o de maior inércia.

(c) Estado-límite último de flambagem local da mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

29.33 ≤ 31.68

M_{Rd} : *9.36* kN·m

Onde:

λ : *29.33*

Sendo:

b_f: Largura da parte plana das mesas. **b_f** : *88.00* mm

t_f: Espessura da mesa comprimida. **t_f** : *3.00* mm

λ_p : *31.68*

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : *200000* MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *250.00* MPa

M_{pl} : *10.29* kN

Onde:

Z_x: Módulo de resistência plástico. **Z_x** : *41.17* cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *250.00* MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : *1.10*

(d) Estado-limite último de flambagem local da alma, FLA (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

29.33 ≤ **68.45**

M_{Rd} : *9.36* kN·m

Onde:

λ : *29.33*

Sendo:

h: Altura da parte plana das almas. **h** : *88.00* mm

t_w: Espessura da alma. t_w : *3.00* mm

λ_p : *68.45*

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : *200000* MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : *250.00* MPa

M_{pl} : *10.29* kN

Onde:

Z_x: Módulo de resistência plástico. Z_x : *41.17* cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : *250.00* MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : *1.10*

Resistência à flexão eixo Y (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.011*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 2.779 m do nó N1187, para a combinação de ações PP+1.4·V1.

M_{Sd}^+: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. M_{Sd}^+ : *0.11* kN·m

Já que 'λ ≤ λ_r', deve-se considerar viga de alma não-esbelta (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G).

29.33 ≤ **161.22**

Onde:

λ : *29.33*

Sendo:

h: Altura da parte plana das almas. **h** : *88.00* mm

t_w: Espessura da alma. t_w : *3.00* mm

λ_r : 161.22

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

$\mathbf{f_y}$: Resistência ao escoamento do aço. $\mathbf{f_y}$: 250.00 MPa

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} de vigas de alma não-esbelta deve ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções: $\mathbf{M_{Rd}}$: 9.36 kN·m

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2.2):

$\mathbf{M_{Rd}}$: 12.05 kN·m

Onde:

$\mathbf{W_y}$: Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão. $\mathbf{W_y}$: 35.35 cm³

$\mathbf{f_y}$: Resistência ao escoamento do aço. $\mathbf{f_y}$: 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

(b) Estado-límite último de flambagem lateral com torção, FLT (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

Não é necessária, já que o eixo de flexão não é o de maior inércia.

(c) Estado-límite último de flambagem local da mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

29.33 ≤ 31.68

$\mathbf{M_{Rd}}$: 9.36 kN·m

Onde:

λ : 29.33

Sendo:

$\mathbf{b_f}$: Largura da parte plana das mesas. $\mathbf{b_f}$: 88.00 mm

$\mathbf{t_f}$: Espessura da mesa comprimida. $\mathbf{t_f}$: 3.00 mm

λ_p : 31.68

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

$\mathbf{f_y}$: Resistência ao escoamento do aço. $\mathbf{f_y}$: 250.00 MPa

$\mathbf{M_{pl}}$: 10.29 kN

Onde:

$\mathbf{Z_y}$: Módulo de resistência plástico. $\mathbf{Z_y}$: 41.17 cm³

$\mathbf{f_y}$: Resistência ao escoamento do aço. $\mathbf{f_y}$: 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

(d) Estado-limite último de flambagem local da alma, FLA (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

29.33 ≤ 68.45

M_{Rd} : 9.36 kN·m

Onde:

λ : 29.33

Sendo:

h: Altura da parte plana das almas. **h** : 88.00 mm

t_w: Espessura da alma. t_w : 3.00 mm

λ_p : 68.45

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

M_{pl} : 10.29 kN

Onde:

Z_y: Módulo de resistência plástico. Z_y : 41.17 cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

Resistência ao esforço cortante X (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3)

Deve satisfazer:

η : ***0.001*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações PP+1.4·V1.

V_{Sd}: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável. V_{Sd} : 0.04 kN

A força cortante resistente de cálculo, V_{Rd}, é determinada pela expressão:

29.33 ≤ **69.57**

V_{Rd} : 72.00 kN

Onde:

λ : 29.33

Sendo:

b_f: Largura da parte plana das mesas. b_f : 88.00 mm

t_f: Espessura das mesas. t_f : 3.00 mm

λ_p : 69.57

Sendo:

k_v: Coeficiente de flambagem. k_v : 5.00

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

V_{pl} : 79.20 kN

Sendo:

A_w: Área efetiva ao cisalhamento.

A_w : 5.28 cm²

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

Resistência ao esforço cortante Y (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3)

Deve satisfazer:

η : **0.005** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações PP+1.4·V1.

V_{Sd}: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável. V_{Sd} : 0.37 kN

A força cortante resistente de cálculo, V_{Rd}, é determinada pela expressão:

29.33 ≤ **69.57**

V_{Rd} : 72.00 kN

Onde:

λ : 29.33

Sendo:

h: Altura da parte plana das almas. **h** : 88.00 mm

t_w: Espessura da alma. t_w : 3.00 mm

λ_p : 69.57

Sendo:

k_v: Coeficiente de flambagem. k_v : 5.00

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

V_{pl} : 79.20 kN

Sendo:

A_w: Área efetiva ao cisalhamento.

A_w : *5.28* cm²

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

γ_{a1} : *1.10*

Resistência ao esforço axial e flexão combinados (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.1.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.125*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 2.779 m do nó N1187, para a combinação de ações PP+1.4·V1.

$N_{t,Sd}$: Força axial de tração solicitante de cálculo, desfavorável. $N_{t,Sd}$: *2.15* kN

$M_{x,Sd}$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. $M_{x,Sd}^+$: *1.02* kN·m

$M_{y,Sd}$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. $M_{y,Sd}^+$: *0.11* kN·m

0.008 < **0.200**

η : *0.125*

Onde:

$N_{t,Rd}$: Força axial resistente de cálculo de tração (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.2). $N_{t,Rd}$: *259.15* kN

$M_{x,Rd}$,$M_{y,Rd}$: Momentos fletores resistentes de cálculo, respectivamente em relação aos eixos X e Y da seção transversal (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2). $M_{x,Rd}$: *9.36* kN·m $M_{y,Rd}$: *9.36* kN·m

Resistência à torção (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.1)

A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.

Resistência ao momento de torção, força axial, momento fletor e cortante (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.2)

Não há interação entre a esforço axial, momento fletor, esforço cortante e momento torsor. Portanto, a verificação não é necessária.

Resistência a interações de esforços e momento de torção (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.3)

Deve satisfazer:

η : ***0.006*** ✓

O coeficiente de aproveitamento desfavorável produz-se para a combinação de ações PP+1.4·V1 no ponto da seção transversal de coordenadas X = 48.50 mm, Y = 0.00 mm em relação ao centro de gravidade.

As tensões tangenciais τ_{Sd} são dadas por:

τ_{Sd} : *-0.73* MPa

Onde:

$\tau_{Vx,Sd}$: Tensão tangencial devida ao esforço cortante na direção do eixo X. $\tau_{Vx,Sd}$: *0.00* MPa

Sendo:

$V_{x,Sd}^{-}$: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável. $V_{x,Sd}^{-}$: *0.04* kN

$\tau_{Vy,Sd}$: Tensão tangencial devida ao esforço cortante na direção do eixo Y. $\tau_{Vy,Sd}$: *-0.73* MPa

Sendo:

$V_{y,Sd}^{-}$: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável. $V_{y,Sd}^{-}$: *0.37* kN

τ_{TSd}: Tensão tangencial devida ao momento torsor. τ_{TSd} : *0.00* MPa

Sendo:

T_{Sd}: Momento de torção solicitante de cálculo, desfavorável. T_{Sd} : *0.00* kN·m

A tensão resistente de cálculo, τ_{Rd}, é dada pelo menor valor entre os obtidos por a) e b): τ_{Rd} : *126.81* MPa

(a) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de escoamento sob efeito de tensão de cisalhamento:

τ_{Rd} : *136.36* MPa

Onde:

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : *250.00* MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : *1.10*

(b) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de instabilidade ou flambagem sob efeito de tensão cisalhamento:

τ_{Rd} : *126.81* MPa

Onde:

χ: Fator de redução total associado à resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.3).

χ : *0.930*

Sendo:

λ_0 : *0.417*

τ_e : *864.52* MPa

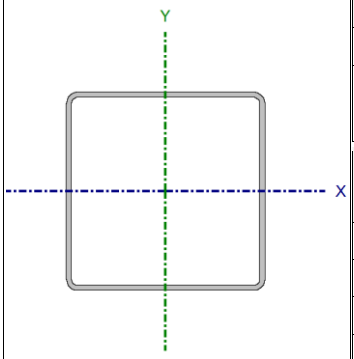
σ_E : *172.90* MPa

Onde:

k_v: Coeficiente de flambagem (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3).	k_v : *5.00*	
E: Módulo de elasticidade do aço.	**E** : *200000*	MPa
ν: Coeficiente de Poisson.	ν : *0.30*	
t: Espessura.	**t** : *3.00*	mm
h: Largura.	**h** : *97.00*	mm
f_y: Resistência ao escoamento do aço.	f_y : *250.00*	MPa
γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.	γ_{a1} : *1.10*	

Barra N1182/N1179

Perfil: TB QUADRO 100X3.00
Material: Aço (A-36 250Mpa)



Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_x(1) (cm4)	I_y(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N1182	N1179	2.830	11.40	176.77	176.77	278.63

Notas:
(1) Inércia em relação ao eixo indicado
(2) Momento de inércia à torção uniforme

	Flambagem		Flambagem lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	2.830	2.830	0.000	0.000
C_b	-		1.000	

Notação:
β: Coeficiente de flambagem
L_K: Comprimento de flambagem (m)
C_b: Fator de modificação para o momento crítico

Limitação do índice de esbeltez (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.4)

O índice de esbeltez das barras comprimidas, tomado como o maior relação entre o comprimento de flambagem e o raio de giração, não deve ser superior a 200.

λ : ***71.9*** ✓

Onde:

λ: Índice de esbeltez.

λ_x : *71.9*
λ_y : *71.9*

Sendo:

$K_x \cdot L_x$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo X. **$K_x \cdot L_x$** : *2.830* m
$K_y \cdot L_y$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo Y. **$K_y \cdot L_y$** : *2.830* m
r_x,r_y: Raios de giração em relação aos eixos principales X, Y, respectivamente. **r_x** : *3.94* cm
r_y : *3.94* cm

Resistência à tração (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.008*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 2.778 m do nó N1182, para a combinação de ações PP+1.4·V1.

$N_{t,Sd}$: Força axial de tração solicitante de cálculo, desfavorável. **$N_{t,Sd}$** : *2.14* kN

A força axial de tração resistente de cálculo, $N_{t,Rd}$, deve ser determinada pela expressão:

$N_{t,Rd}$: *259.15* kN

Onde:

A_g: Área bruta da seção transversal da barra. — A_g : *11.40* cm²

f_y: Resistência ao escoamento do aço. — f_y : *250.00* MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. — γ_{a1} : *1.10*

Resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3)

Deve satisfazer:

η : ***0.015*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N1182, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·SCU1.

$N_{c,Sd}$: Força axial de compressão solicitante de cálculo, desfavorável. — $N_{c,Sd}$: *2.93* kN

A força axial de compressão resistente de cálculo, $N_{c,Rd}$, deve ser determinada pela expressão:

$N_{c,Rd}$: *197.07* kN

Onde:

χ: Fator de redução total associado à resistência à compressão. — χ : *0.760*

Q: Fator de redução total associado à flambagem local. — Q : *1.000*

A_g: Área bruta da seção transversal da barra. — A_g : *11.40* cm²

f_y: Resistência ao escoamento do aço. — f_y : *250.00* MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. — γ_{a1} : *1.10*

Fator de redução χ: (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.3)

χ : *0.760*

Onde:

λ_0: Índice de esbeltez reduzido.

λ_0 : *0.809*

Sendo:

Q: Fator de redução total associado à flambagem local. — Q : *1.000*

A_g: Área bruta da seção transversal da barra. — A_g : *11.40* cm²

f_y: Resistência ao escoamento do aço. — f_y : *250.00* MPa

N_e: Força axial de flambagem elástica. — N_e : *435.68* kN

Força axial de flambagem elástica: (ABNT NBR 8800:2008, Anexo E)

A força axial de flambagem elástica, N_e, de uma barra com seção transversal duplamente simétrica ou simétrica em relação a um ponto, é dada pelo menor valor entre os obtidos por (a), (b) e (c):

N_e : 435.68 kN

(a) Para flambagem por flexão em relação ao eixo principal de inércia X da seção transversal:

N_{ex} : 435.68 kN

Onde:

$K_x \cdot L_x$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo X. — $K_x \cdot L_x$: 2.830 m

I_x: Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo X. — I_x : 176.77 cm4

E: Módulo de elasticidade do aço. — **E** : 200000 MPa

(b) Para flambagem por flexão em relação ao eixo principal de inércia Y da seção transversal:

N_{ey} : 435.68 kN

Onde:

$K_y \cdot L_y$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo Y. — $K_y \cdot L_y$: 2.830 m

I_y: Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo Y. — I_y : 176.77 cm4

E: Módulo de elasticidade do aço. — **E** : 200000 MPa

(c) Para flambagem por torção em relação ao eixo longitudinal Z:

N_{ez} : ∞

Onde:

$K_z \cdot L_z$: Comprimento de flambagem por torção. — $K_z \cdot L_z$: 0.000 m

E: Módulo de elasticidade do aço. — **E** : 200000 MPa

C_w: Constante de empenamento da seção transversal. — C_w : 0.00 cm6

G: Módulo de elasticidade transversal do aço. — **G** : 77000 MPa

J: Constante de torção da seção transversal. — **J** : 278.63 cm4

r_0: Raio de giração polar da seção bruta em relação ao centro de cisalhamento.

r_0 : 5.57 cm

Onde:

r_x, r_y: Raios de giração em relação aos eixos principales X, Y, respectivamente. — r_x : 3.94 cm; r_y : 3.94 cm

X_0, Y_0: Coordenadas do centro de cisalhamento na direção dos eixos principales X, Y, respectivamente. — X_0 : 0.00 mm; Y_0 : 0.00 mm

Flambagem local de barras axialmente comprimidas: (ABNT NBR 8800:2008, Anexo F)

Não se aplica nenhuma redução, já que todos os elementos componentes da seção transversal possuem relações entre largura e espessura (b/t) que não superam os valores limite dados na Tabela F.1.

Mesa: Elemento do Grupo 2 da Tabela F.1.

29.33 ≤ **39.60**

Sendo:

(b/t): Relação entre largura e espessura. **(b/t)** : *29.33*

Onde:

b: Largura. **b** : *88.00* mm

t: Espessura. **t** : *3.00* mm

$(b/t)_{lim}$: Relação limite entre largura e espessura.

$(b/t)_{lim}$: *39.60*

Onde:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : *200000* MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *250.00* MPa

Alma: Elemento do Grupo 2 da Tabela F.1.

29.33 ≤ **39.60**

Sendo:

(b/t): Relação entre largura e espessura. **(b/t)** : *29.33*

Onde:

b: Largura. **b** : *88.00* mm

t: Espessura. **t** : *3.00* mm

$(b/t)_{lim}$: Relação limite entre largura e espessura.

$(b/t)_{lim}$: *39.60*

Onde:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : *200000* MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *250.00* MPa

Resistência à flexão eixo X (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.103*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 2.779 m do nó N1182, para a combinação de ações PP+1.4·V1.

M_{Sd}^+: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. **M_{Sd}^+** : *0.96* kN·m

Já que '$\lambda \leq \lambda_r$', deve-se considerar viga de alma não-esbelta (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G). **29.33** ≤ **161.22**

Onde:

λ : *29.33*

Sendo:

h: Altura da parte plana das almas. **h** : *88.00* mm

t_w: Espessura da alma. **t_w** : *3.00* mm

λ_r : *161.22*

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : *200000* MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *250.00* MPa

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} de vigas de alma não-esbelta deve ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções: **M_{Rd}** : *9.36* kN·m

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2.2):

M_{Rd} : *12.05* kN·m

Onde:

W_x: Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão. **W_x** : *35.35* cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *250.00* MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : *1.10*

(b) Estado-límite último de flambagem lateral com torção, FLT (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

Não é necessária, já que o eixo de flexão não é o de maior inércia.

(c) Estado-límite último de flambagem local da mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

29.33 ≤ **31.68**

M_{Rd} : *9.36* kN·m

Onde:

λ : *29.33*

Sendo:

b_f: Largura da parte plana das mesas. **b_f** : *88.00* mm

t_f: Espessura da mesa comprimida. **t_f** : *3.00* mm

λ_p : *31.68*

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : *200000* MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *250.00* MPa

M_{pl} : *10.29* kN

Onde:

Z_x: Módulo de resistência plástico. **Z_x** : *41.17* cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *250.00* MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : *1.10*

(d) Estado-limite último de flambagem local da alma, FLA (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

29.33 ≤ **68.45**

M_{Rd} : *9.36* kN·m

Onde:

λ : *29.33*

Sendo:

h: Altura da parte plana das almas. **h** : *88.00* mm

t_w: Espessura da alma. t_w : *3.00* mm

λ_p : *68.45*

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : *200000* MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : *250.00* MPa

M_{pl} : *10.29* kN

Onde:

Z_x: Módulo de resistência plástico. Z_x : *41.17* cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : *250.00* MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : *1.10*

Resistência à flexão eixo Y (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.012*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 2.779 m do nó N1182, para a combinação de ações PP+1.4·V1.

M_{Sd}^+: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. M_{Sd}^+ : *0.11* kN·m

Já que '$\lambda \leq \lambda_r$', deve-se considerar viga de alma não-esbelta (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G).

29.33 ≤ **161.22**

Onde:

λ : *29.33*

Sendo:

h: Altura da parte plana das almas. **h** : *88.00* mm

t_w: Espessura da alma. t_w : *3.00* mm

λ_r : 161.22

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

$\mathbf{f_y}$: Resistência ao escoamento do aço. $\mathbf{f_y}$: 250.00 MPa

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} de vigas de alma não-esbelta deve ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções: $\mathbf{M_{Rd}}$: 9.36 kN·m

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2.2):

$\mathbf{M_{Rd}}$: 12.05 kN·m

Onde:

$\mathbf{W_y}$: Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão. $\mathbf{W_y}$: 35.35 cm³

$\mathbf{f_y}$: Resistência ao escoamento do aço. $\mathbf{f_y}$: 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

(b) Estado-límite último de flambagem lateral com torção, FLT (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

Não é necessária, já que o eixo de flexão não é o de maior inércia.

(c) Estado-límite último de flambagem local da mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

29.33 ≤ 31.68

$\mathbf{M_{Rd}}$: 9.36 kN·m

Onde:

λ : 29.33

Sendo:

$\mathbf{b_f}$: Largura da parte plana das mesas. $\mathbf{b_f}$: 88.00 mm

$\mathbf{t_f}$: Espessura da mesa comprimida. $\mathbf{t_f}$: 3.00 mm

λ_p : 31.68

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

$\mathbf{f_y}$: Resistência ao escoamento do aço. $\mathbf{f_y}$: 250.00 MPa

$\mathbf{M_{pl}}$: 10.29 kN

Onde:

$\mathbf{Z_y}$: Módulo de resistência plástico. $\mathbf{Z_y}$: 41.17 cm³

$\mathbf{f_y}$: Resistência ao escoamento do aço. $\mathbf{f_y}$: 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

(d) Estado-limite último de flambagem local da alma, FLA (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

29.33 ≤ 68.45

M_{Rd} : 9.36 kN·m

Onde:

λ : 29.33

Sendo:

h: Altura da parte plana das almas. **h** : 88.00 mm

t_w: Espessura da alma. t_w : 3.00 mm

λ_p : 68.45

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

M_{pl} : 10.29 kN

Onde:

Z_y: Módulo de resistência plástico. Z_y : 41.17 cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

Resistência ao esforço cortante X (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3)

Deve satisfazer:

η : ***0.001*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações PP+1.4·V1.

V_{Sd}: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável. V_{Sd} : 0.04 kN

A força cortante resistente de cálculo, V_{Rd}, é determinada pela expressão:

29.33 ≤ **69.57**

V_{Rd} : 72.00 kN

Onde:

λ : 29.33

Sendo:

b_f: Largura da parte plana das mesas. b_f : 88.00 mm

t_f: Espessura das mesas. t_f : 3.00 mm

λ_p : 69.57

Sendo:

k_v: Coeficiente de flambagem. k_v : 5.00

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

V_{pl} : 79.20 kN

Sendo:

A_w: Área efetiva ao cisalhamento.

A_w : 5.28 cm²

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

Resistência ao esforço cortante Y (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3)

Deve satisfazer:

η : **0.005** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações PP+1.4·V1.

V_{Sd}: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável. V_{Sd} : 0.35 kN

A força cortante resistente de cálculo, V_{Rd}, é determinada pela expressão:

29.33 ≤ **69.57**

V_{Rd} : 72.00 kN

Onde:

λ : 29.33

Sendo:

h: Altura da parte plana das almas. **h** : 88.00 mm

t_w: Espessura da alma. t_w : 3.00 mm

λ_p : 69.57

Sendo:

k_v: Coeficiente de flambagem. k_v : 5.00

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

V_{pl} : 79.20 kN

Sendo:

A_w: Área efetiva ao cisalhamento.

A_w : *5.28* cm²

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

γ_{a1} : *1.10*

Resistência ao esforço axial e flexão combinados (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.1.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.119*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 2.779 m do nó N1182, para a combinação de ações PP+1.4·V1.

$N_{t,Sd}$: Força axial de tração solicitante de cálculo, desfavorável. $N_{t,Sd}$: *2.14* kN

$M_{x,Sd}$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. $M_{x,Sd}^+$: *0.96* kN·m

$M_{y,Sd}$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. $M_{y,Sd}^+$: *0.11* kN·m

0.008 < **0.200**

η : *0.119*

Onde:

$N_{t,Rd}$: Força axial resistente de cálculo de tração (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.2). $N_{t,Rd}$: *259.15* kN

$M_{x,Rd}$,$M_{y,Rd}$: Momentos fletores resistentes de cálculo, respectivamente em relação aos eixos X e Y da seção transversal (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2). $M_{x,Rd}$: *9.36* kN·m $M_{y,Rd}$: *9.36* kN·m

Resistência à torção (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.1)

A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.

Resistência ao momento de torção, força axial, momento fletor e cortante (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.2)

Não há interação entre a esforço axial, momento fletor, esforço cortante e momento torsor. Portanto, a verificação não é necessária.

Resistência a interações de esforços e momento de torção (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.3)

Deve satisfazer:

η : ***0.005*** ✓

O coeficiente de aproveitamento desfavorável produz-se para a combinação de ações PP+1.4·V1 no ponto da seção transversal de coordenadas X = 48.50 mm, Y = 0.00 mm em relação ao centro de gravidade.

As tensões tangenciais τ_{Sd} são dadas por:

τ_{Sd} : *-0.69* MPa

Onde:

$\tau_{Vx,Sd}$: Tensão tangencial devida ao esforço cortante na direção do eixo X. $\tau_{Vx,Sd}$: *0.00* MPa

Sendo:

$V_{x,Sd}^{-}$: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável. $V_{x,Sd}^{-}$: *0.04* kN

$\tau_{Vy,Sd}$: Tensão tangencial devida ao esforço cortante na direção do eixo Y. $\tau_{Vy,Sd}$: *-0.69* MPa

Sendo:

$V_{y,Sd}^{-}$: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável. $V_{y,Sd}^{-}$: *0.35* kN

τ_{TSd}: Tensão tangencial devida ao momento torsor. τ_{TSd} : *0.00* MPa

Sendo:

T_{Sd}: Momento de torção solicitante de cálculo, desfavorável. T_{Sd} : *0.00* kN·m

A tensão resistente de cálculo, τ_{Rd}, é dada pelo menor valor entre os obtidos por a) e b): τ_{Rd} : *126.81* MPa

(a) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de escoamento sob efeito de tensão de cisalhamento:

τ_{Rd} : *136.36* MPa

Onde:

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : *250.00* MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : *1.10*

(b) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de instabilidade ou flambagem sob efeito de tensão cisalhamento:

τ_{Rd} : *126.81* MPa

Onde:

χ: Fator de redução total associado à resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.3).

χ : *0.930*

Sendo:

λ_0 : *0.417*

τ_e : *864.52* MPa

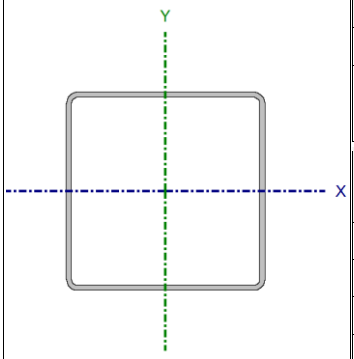
σ_E : *172.90* MPa

Onde:

k_v: Coeficiente de flambagem (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3).	k_v : *5.00*	
E: Módulo de elasticidade do aço.	**E** : *200000*	MPa
ν: Coeficiente de Poisson.	ν : *0.30*	
t: Espessura.	**t** : *3.00*	mm
h: Largura.	**h** : *97.00*	mm
f_y: Resistência ao escoamento do aço.	f_y : *250.00*	MPa
γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.	γ_{a1} : *1.10*	

Barra N1181/N1180

Perfil: TB QUADRO 100X3.00
Material: Aço (A-36 250Mpa)



Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_x(1) (cm4)	I_y(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N1181	N1180	1.106	11.40	176.77	176.77	278.63

Notas:
(1) Inércia em relação ao eixo indicado
(2) Momento de inércia à torção uniforme

	Flambagem		Flambagem lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	1.106	1.106	0.000	0.000
C_b	-		1.000	

Notação:
β: Coeficiente de flambagem
L_K: Comprimento de flambagem (m)
C_b: Fator de modificação para o momento crítico

Limitação do índice de esbeltez (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.4)

O índice de esbeltez das barras comprimidas, tomado como o maior relação entre o comprimento de flambagem e o raio de giração, não deve ser superior a 200.

λ : ***28.1*** ✓

Onde:

λ: Índice de esbeltez.

λ_x : *28.1*
λ_y : *28.1*

Sendo:

$K_x \cdot L_x$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo X. **$K_x \cdot L_x$** : *1.106* m
$K_y \cdot L_y$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo Y. **$K_y \cdot L_y$** : *1.106* m
r_x,r_y: Raios de giração em relação aos eixos principales X, Y, respectivamente. **r_x** : *3.94* cm
r_y : *3.94* cm

Resistência à tração (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.2)

Deve satisfazer:

$\eta <$ ***0.001*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N1180, para a combinação de ações PP+1.4·V1.

$N_{t,Sd}$: Força axial de tração solicitante de cálculo, desfavorável. **$N_{t,Sd}$** : *0.11* kN

A força axial de tração resistente de cálculo, $N_{t,Rd}$, deve ser determinada pela expressão:

$N_{t,Rd}$: 259.15 kN

Onde:

A_g: Área bruta da seção transversal da barra. — A_g : 11.40 cm²

f_y: Resistência ao escoamento do aço. — f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. — γ_{a1} : 1.10

Resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3)

Deve satisfazer:

η : **0.001** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N1181, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·SCU1.

$N_{c,Sd}$: Força axial de compressão solicitante de cálculo, desfavorável. — $N_{c,Sd}$: 0.23 kN

A força axial de compressão resistente de cálculo, $N_{c,Rd}$, deve ser determinada pela expressão:

$N_{c,Rd}$: 248.53 kN

Onde:

χ: Fator de redução total associado à resistência à compressão. — χ : 0.959

Q: Fator de redução total associado à flambagem local. — Q : 1.000

A_g: Área bruta da seção transversal da barra. — A_g : 11.40 cm²

f_y: Resistência ao escoamento do aço. — f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. — γ_{a1} : 1.10

Fator de redução χ: (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.3)

χ : 0.959

Onde:

λ_0: Índice de esbeltez reduzido.

λ_0 : 0.316

Sendo:

Q: Fator de redução total associado à flambagem local. — Q : 1.000

A_g: Área bruta da seção transversal da barra. — A_g : 11.40 cm²

f_y: Resistência ao escoamento do aço. — f_y : 250.00 MPa

N_e: Força axial de flambagem elástica. — N_e : 2850.01 kN

Força axial de flambagem elástica: (ABNT NBR 8800:2008, Anexo E)

A força axial de flambagem elástica, N_e, de uma barra com seção transversal duplamente simétrica ou simétrica em relação a um ponto, é dada pelo menor valor entre os obtidos por (a), (b) e (c):

N_e : 2850.01 kN

(a) Para flambagem por flexão em relação ao eixo principal de inércia X da seção transversal:

N_{ex} : 2850.01 kN

Onde:

$K_x \cdot L_x$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo X. — $K_x \cdot L_x$: 1.106 m

I_x: Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo X. — I_x : 176.77 cm4

E: Módulo de elasticidade do aço. — **E** : 200000 MPa

(b) Para flambagem por flexão em relação ao eixo principal de inércia Y da seção transversal:

N_{ey} : 2850.01 kN

Onde:

$K_y \cdot L_y$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo Y. — $K_y \cdot L_y$: 1.106 m

I_y: Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo Y. — I_y : 176.77 cm4

E: Módulo de elasticidade do aço. — **E** : 200000 MPa

(c) Para flambagem por torção em relação ao eixo longitudinal Z:

N_{ez} : ∞

Onde:

$K_z \cdot L_z$: Comprimento de flambagem por torção. — $K_z \cdot L_z$: 0.000 m

E: Módulo de elasticidade do aço. — **E** : 200000 MPa

C_w: Constante de empenamento da seção transversal. — C_w : 0.00 cm6

G: Módulo de elasticidade transversal do aço. — **G** : 77000 MPa

J: Constante de torção da seção transversal. — **J** : 278.63 cm4

r_0: Raio de giração polar da seção bruta em relação ao centro de cisalhamento.

r_0 : 5.57 cm

Onde:

r_x, r_y: Raios de giração em relação aos eixos principales X, Y, respectivamente. — r_x : 3.94 cm; r_y : 3.94 cm

X_0, Y_0: Coordenadas do centro de cisalhamento na direção dos eixos principales X, Y, respectivamente. — X_0 : 0.00 mm; Y_0 : 0.00 mm

Flambagem local de barras axialmente comprimidas: (ABNT NBR 8800:2008, Anexo F)

Não se aplica nenhuma redução, já que todos os elementos componentes da seção transversal possuem relações entre largura e espessura (b/t) que não superam os valores limite dados na Tabela F.1.

Mesa: Elemento do Grupo 2 da Tabela F.1.

29.33 ≤ **39.60**

Sendo:

(b/t): Relação entre largura e espessura. **(b/t)** : *29.33*

Onde:

b: Largura. **b** : *88.00* mm

t: Espessura. **t** : *3.00* mm

$(b/t)_{lim}$: Relação limite entre largura e espessura.

$(b/t)_{lim}$: *39.60*

Onde:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : *200000* MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *250.00* MPa

Alma: Elemento do Grupo 2 da Tabela F.1.

29.33 ≤ **39.60**

Sendo:

(b/t): Relação entre largura e espessura. **(b/t)** : *29.33*

Onde:

b: Largura. **b** : *88.00* mm

t: Espessura. **t** : *3.00* mm

$(b/t)_{lim}$: Relação limite entre largura e espessura.

$(b/t)_{lim}$: *39.60*

Onde:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : *200000* MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *250.00* MPa

Resistência à flexão eixo X (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.093*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 0.184 m do nó N1181, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·SCU1.

M_{Sd}^+: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. **M_{Sd}^+** : *0.87* kN·m

Já que '$\lambda \leq \lambda_r$', deve-se considerar viga de alma não-esbelta (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G). **29.33** ≤ **161.22**

Onde:

λ : *29.33*

Sendo:

h: Altura da parte plana das almas. **h** : *88.00* mm

t_w: Espessura da alma. **t_w** : *3.00* mm

λ_r : *161.22*

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : *200000* MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *250.00* MPa

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} de vigas de alma não-esbelta deve ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções: **M_{Rd}** : *9.36* kN·m

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2.2):

M_{Rd} : *12.05* kN·m

Onde:

W_x: Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão. **W_x** : *35.35* cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *250.00* MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : *1.10*

(b) Estado-límite último de flambagem lateral com torção, FLT (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

Não é necessária, já que o eixo de flexão não é o de maior inércia.

(c) Estado-límite último de flambagem local da mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

29.33 ≤ **31.68**

M_{Rd} : *9.36* kN·m

Onde:

λ : *29.33*

Sendo:

b_f: Largura da parte plana das mesas. **b_f** : *88.00* mm

t_f: Espessura da mesa comprimida. **t_f** : *3.00* mm

λ_p : *31.68*

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : *200000* MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *250.00* MPa

M_{pl} : *10.29* kN

Onde:

Z_x: Módulo de resistência plástico. **Z_x** : *41.17* cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *250.00* MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : *1.10*

(d) Estado-limite último de flambagem local da alma, FLA (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

29.33 ≤ **68.45**

M_{Rd} : *9.36* kN·m

Onde:

λ : *29.33*

Sendo:

h: Altura da parte plana das almas. **h** : *88.00* mm

t_w: Espessura da alma. t_w : *3.00* mm

λ_p : *68.45*

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : *200000* MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : *250.00* MPa

M_{pl} : *10.29* kN

Onde:

Z_x: Módulo de resistência plástico. Z_x : *41.17* cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : *250.00* MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : *1.10*

Resistência à flexão eixo Y (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.005*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N1181, para a combinação de ações PP+1.4·V1.

M_{Sd}^-: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. M_{Sd}^- : *0.05* kN·m

Já que '$\lambda \leq \lambda_r$', deve-se considerar viga de alma não-esbelta (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G).

29.33 ≤ **161.22**

Onde:

λ : *29.33*

Sendo:

h: Altura da parte plana das almas. **h** : *88.00* mm

t_w: Espessura da alma. t_w : *3.00* mm

λ_r : 161.22

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

$\mathbf{f_y}$: Resistência ao escoamento do aço. $\mathbf{f_y}$: 250.00 MPa

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} de vigas de alma não-esbelta deve ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções: $\mathbf{M_{Rd}}$: 9.36 kN·m

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2.2):

$\mathbf{M_{Rd}}$: 12.05 kN·m

Onde:

$\mathbf{W_y}$: Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão. $\mathbf{W_y}$: 35.35 cm³

$\mathbf{f_y}$: Resistência ao escoamento do aço. $\mathbf{f_y}$: 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

(b) Estado-límite último de flambagem lateral com torção, FLT (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

Não é necessária, já que o eixo de flexão não é o de maior inércia.

(c) Estado-límite último de flambagem local da mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

29.33 ≤ 31.68

$\mathbf{M_{Rd}}$: 9.36 kN·m

Onde:

λ : 29.33

Sendo:

$\mathbf{b_f}$: Largura da parte plana das mesas. $\mathbf{b_f}$: 88.00 mm

$\mathbf{t_f}$: Espessura da mesa comprimida. $\mathbf{t_f}$: 3.00 mm

λ_p : 31.68

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

$\mathbf{f_y}$: Resistência ao escoamento do aço. $\mathbf{f_y}$: 250.00 MPa

$\mathbf{M_{pl}}$: 10.29 kN

Onde:

$\mathbf{Z_y}$: Módulo de resistência plástico. $\mathbf{Z_y}$: 41.17 cm³

$\mathbf{f_y}$: Resistência ao escoamento do aço. $\mathbf{f_y}$: 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

(d) Estado-limite último de flambagem local da alma, FLA (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

29.33 ≤ 68.45

M_{Rd} : 9.36 kN·m

Onde:

λ : 29.33

Sendo:

h: Altura da parte plana das almas. **h** : 88.00 mm

t_w: Espessura da alma. t_w : 3.00 mm

λ_p : 68.45

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

M_{pl} : 10.29 kN

Onde:

Z_y: Módulo de resistência plástico. Z_y : 41.17 cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

Resistência ao esforço cortante X (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3)

Deve satisfazer:

η : ***0.001*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações PP+1.4·V1.

V_{Sd}: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável. V_{Sd} : 0.06 kN

A força cortante resistente de cálculo, V_{Rd}, é determinada pela expressão:

29.33 ≤ **69.57**

V_{Rd} : 72.00 kN

Onde:

λ : 29.33

Sendo:

b_f: Largura da parte plana das mesas. b_f : 88.00 mm

t_f: Espessura das mesas. t_f : 3.00 mm

λ_p : 69.57

Sendo:

k_v: Coeficiente de flambagem. k_v : 5.00

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

V_{pl} : 79.20 kN

Sendo:

A_w: Área efetiva ao cisalhamento.

A_w : 5.28 cm²

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

Resistência ao esforço cortante Y (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3)

Deve satisfazer:

η : ***0.028*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N1180, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·SCU1.

V_{Sd}: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável. V_{Sd} : 2.04 kN

A força cortante resistente de cálculo, V_{Rd}, é determinada pela expressão:

29.33 ≤ **69.57**

V_{Rd} : 72.00 kN

Onde:

λ : 29.33

Sendo:

h: Altura da parte plana das almas. **h** : 88.00 mm

t_w: Espessura da alma. t_w : 3.00 mm

λ_p : 69.57

Sendo:

k_v: Coeficiente de flambagem. k_v : 5.00

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

V_{pl} : 79.20 kN

Sendo:

A_w: Área efetiva ao cisalhamento.

A_w : *5.28* cm²

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : *1.10*

Resistência ao esforço axial e flexão combinados (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.1.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.097*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 0.184 m do nó N1181, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·SCU1.

$N_{c,Sd}$: Força axial de compressão solicitante de cálculo, desfavorável. **$N_{c,Sd}$** : *0.20* kN

$M_{x,Sd}$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. **$M_{x,Sd}^+$** : *0.87* kN·m

$M_{y,Sd}$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. **$M_{y,Sd}^+$** : *0.03* kN·m

0.001 < **0.200**

η : *0.097*

Onde:

$N_{c,Rd}$: Força axial resistente de cálculo de compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3). **$N_{c,Rd}$** : *248.53* kN

$M_{x,Rd}$,$M_{y,Rd}$: Momentos fletores resistentes de cálculo, respectivamente em relação aos eixos X e Y da seção transversal (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2). **$M_{x,Rd}$** : *9.36* kN·m

$M_{y,Rd}$: *9.36* kN·m

Resistência à torção (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.1)

Deve satisfazer:

η : ***0.004*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações PP+1.4·V1.

T_{Sd}: Momento de torção solicitante de cálculo, desfavorável. **T_{Sd}** : *0.03* kN·m

O momento de torção resistente de cálculo, T_{Rd}, é determinado pela expressão:

T_{Rd} : 7.68 kN·m

Onde:

W_T: Módulo de resistência à torção.

W_T : 56.35 cm³

h: Maior comprimento entre as partes planas dos lados da seção transversal. **h** : 88.00 mm

H: Maior dimensão da seção. **H** : 100.00 mm

B: Menor dimensão da seção. **B** : 100.00 mm

t: Espessura. **t** : 3.00 mm

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

<u>Resistência ao momento de torção, força axial, momento fletor e cortante</u> (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.2)

O efeito da torção pode ser desprezado, já que o momento torsor atuante de cálculo, T_{Sd}, é inferior ou igual ao 20% do momento torsor resistente de cálculo, T_{Rd}.

0.03 ≤ 1.54

T_{Sd}: Momento de torção solicitante de cálculo, desfavorável. T_{Sd} : 0.03 kN·m

T_{Rd}: Momento de torção resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.1). T_{Rd} : 7.68 kN·m

<u>Resistência a interações de esforços e momento de torção</u> (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.3)

Deve satisfazer:

η : **0.118** ✓

η : **0.005** ✓

(Já que a norma não proporciona uma verificação da tensão total para seções submetidas a torção combinada com outros esforços, considera-se que este elemento também deve cumprir os seguintes critérios para a tensão de Von Mises:)

η : **0.103** ✓

O coeficiente de aproveitamento desfavorável produz-se em um ponto situado a uma distância 0.184 m do nó N1181 para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·SCU1 e no ponto da seção transversal de coordenadas X = 48.50 mm, Y = 50.00 mm em relação ao centro de gravidade.

As tensões normais σ_{Sd} são dadas por:

σ_{Sd} : *-25.66* MPa

Onde:

σ_{NSd} : *-0.17* MPa

Sendo:

$N_{c,Sd}$: Força axial de compressão solicitante de cálculo, desfavorável. — **$N_{c,Sd}$** : *0.20* kN

Q: Fator de redução total associado à flambagem local (ABNT NBR 8800:2008, Anexo F). — **Q** : *1.000*

A_g: Área bruta da seção transversal da barra. — **A_g** : *11.40* cm²

$\sigma_{Mx,Sd}$: *-24.72* MPa

Sendo:

$M_{x,Sd}$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. — **$M_{x,Sd}^+$** : *0.87* kN·m

I_x: Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo X. — **I_x** : *176.77* cm4

Y: Coordenada, em relação ao eixo Y, do ponto desfavorável da seção transversal em relação ao centro de gravidade da seção bruta. — **Y** : *50.00* mm

$\sigma_{My,Sd}$: *-0.76* MPa

Sendo:

$M_{y,Sd}$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. — **$M_{y,Sd}^+$** : *0.03* kN·m

I_y: Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo Y. — **I_y** : *176.77* cm4

X: Coordenada, em relação ao eixo X, do ponto desfavorável da seção transversal em relação ao centro de gravidade da seção bruta. — **X** : *48.50* mm

As tensões tangenciais τ_{Sd} são dadas por:

τ_{Sd} : *0.58* MPa

Onde:

$\tau_{Vx,Sd}$: Tensão tangencial devida ao esforço cortante na direção do eixo X. — $\tau_{Vx,Sd}$: *-0.03* MPa

Sendo:

$V_{x,Sd}^+$: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável. — **$V_{x,Sd}^+$** : *0.03* kN

$\tau_{Vy,Sd}$: Tensão tangencial devida ao esforço cortante na direção do eixo Y. — $\tau_{Vy,Sd}$: *0.14* MPa

Sendo:

$V_{y,Sd}^+$: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável. — **$V_{y,Sd}^+$** : *0.11* kN

τ_{TSd}: Tensão tangencial devida ao momento torsor. — τ_{TSd} : *0.47* MPa

Sendo:

T_{Sd}: Momento de torção solicitante de cálculo, desfavorável. T_{Sd} : 0.03 kN·m

As tensões totais f_{Sd} são dadas por:

f_{Sd} : 25.68 MPa

A tensão resistente de cálculo, σ_{Rd}, é dada pelo menor valor entre os obtidos por a) e b): σ_{Rd} : 217.95 MPa

(a) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de escoamento sob efeito de tensão normal:

σ_{Rd} : 227.27 MPa

Onde:

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

(b) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de instabilidade ou flambagem sob efeito de tensão normal:

σ_{Rd} : 217.95 MPa

Onde:

χ: Fator de redução total associado à resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.3).

χ : 0.959

Sendo:

λ_0 : 0.316

σ_e : 2499.40 MPa

Onde:

N_e: Força axial de flambagem elástica. N_e : 2850.01 kN

Q: Fator de redução total associado à flambagem local (ABNT NBR 8800:2008, Anexo F). Q : 1.000

A_g: Área bruta da seção transversal da barra. A_g : 11.40 cm²

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

A tensão resistente de cálculo, τ_{Rd}, é dada pelo menor valor entre os obtidos por a) e b): τ_{Rd} : 126.81 MPa

(a) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de escoamento sob efeito de tensão de cisalhamento:

τ_{Rd} : 136.36 MPa

Onde:

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

(b) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de instabilidade ou flambagem sob efeito de tensão cisalhamento:

τ_{Rd} : 126.81 MPa

Onde:

χ: Fator de redução total associado à resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.3).

χ : 0.930

Sendo:

λ_0 : 0.417

τ_e : 864.52 MPa

σ_E : 172.90 MPa

Onde:

k_v: Coeficiente de flambagem (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3). k_v : 5.00

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

ν: Coeficiente de Poisson. ν : 0.30

t: Espessura. **t** : 3.00 mm

h: Largura. **h** : 97.00 mm

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

A tensão resistente de cálculo, f_{Rd} é dada por:

f_{Rd} : 250.00 MPa

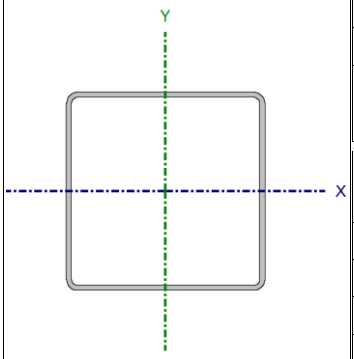
Onde:

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

Barra N1233/N1183

Perfil: TB QUADRO 100X3.00
Material: Aço (A-36 250Mpa)



Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_x(1) (cm4)	I_y(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N1233	N1183	0.200	11.40	176.77	176.77	278.63

Notas:
(1) Inércia em relação ao eixo indicado
(2) Momento de inércia à torção uniforme

	Flambagem		Flambagem lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	0.200	0.200	0.000	0.000
C_b	-		1.000	

Notação:
β: Coeficiente de flambagem
L_K: Comprimento de flambagem (m)
C_b: Fator de modificação para o momento crítico

Limitação do índice de esbeltez (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.4)

A verificação não procede, já que não há força axial de compressão.

Resistência à tração (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.001*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 0.148 m do nó N1233, para a combinação de ações 1.5·PP+1.05·SCU1+1.4·V1.

$N_{t,Sd}$: Força axial de tração solicitante de cálculo, desfavorável. **$N_{t,Sd}$** : *0.16* kN

A força axial de tração resistente de cálculo, $N_{t,Rd}$, deve ser determinada pela expressão:

$N_{t,Rd}$: *259.15* kN

Onde:

A_g: Área bruta da seção transversal da barra. **A_g** : *11.40* cm²
f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *250.00* MPa
γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. **γ_{a1}** : *1.10*

Resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3)

A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de compressão.

Resistência à flexão eixo X (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.099*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 0.149 m do nó N1233, para a combinação de ações PP+1.4·V1.

M_{Sd}^+: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. — **M_{Sd}^+** : *0.93* kN·m

Já que '$\lambda \leq \lambda_r$', deve-se considerar viga de alma não-esbelta (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G). — **29.33 ≤ 161.22**

Onde:

λ : *29.33*

Sendo:

h: Altura da parte plana das almas. — **h** : *88.00* mm

t_w: Espessura da alma. — **t_w** : *3.00* mm

λ_r : *161.22*

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. — **E** : *200000* MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. — **f_y** : *250.00* MPa

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} de vigas de alma não-esbelta deve ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções: — **M_{Rd}** : *9.36* kN·m

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2.2):

M_{Rd} : *12.05* kN·m

Onde:

W_x: Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão. — **W_x** : *35.35* cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço. — **f_y** : *250.00* MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. — **γ_{a1}** : *1.10*

(b) Estado-límite último de flambagem lateral com torção, FLT (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

Não é necessária, já que o eixo de flexão não é o de maior inércia.

(c) Estado-límite último de flambagem local da mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

29.33 ≤ 31.68

M_{Rd} : *9.36* kN·m

Onde:

λ : 29.33

Sendo:

b_f: Largura da parte plana das mesas. b_f : 88.00 mm

t_f: Espessura da mesa comprimida. t_f : 3.00 mm

λ_p : 31.68

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

M_{pl} : 10.29 kN

Onde:

Z_x: Módulo de resistência plástico. Z_x : 41.17 cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

(d) Estado-limite último de flambagem local da alma, FLA (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

29.33 ≤ 68.45

M_{Rd} : 9.36 kN·m

Onde:

λ : 29.33

Sendo:

h: Altura da parte plana das almas. **h** : 88.00 mm

t_w: Espessura da alma. t_w : 3.00 mm

λ_p : 68.45

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

M_{pl} : 10.29 kN

Onde:

Z_x: Módulo de resistência plástico. Z_x : 41.17 cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

Resistência à flexão eixo Y (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2)

Deve satisfazer:

η : **0.001** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 0.149 m do nó N1233, para a combinação de ações PP+1.4·V1.

M_{Sd}^+: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. **M_{Sd}^+** : *0.01* kN·m

Já que '$\lambda \leq \lambda_r$', deve-se considerar viga de alma não-esbelta (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G). **29.33 ≤ 161.22**

Onde:

λ : *29.33*

Sendo:

h: Altura da parte plana das almas. **h** : *88.00* mm

t_w: Espessura da alma. **t_w** : *3.00* mm

λ_r : *161.22*

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : *200000* MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *250.00* MPa

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} de vigas de alma não-esbelta deve ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções: **M_{Rd}** : *9.36* kN·m

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2.2):

M_{Rd} : *12.05* kN·m

Onde:

W_y: Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão. **W_y** : *35.35* cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *250.00* MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. **γ_{a1}** : *1.10*

(b) Estado-límite último de flambagem lateral com torção, FLT (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

Não é necessária, já que o eixo de flexão não é o de maior inércia.

(c) Estado-límite último de flambagem local da mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

29.33 ≤ 31.68

M_{Rd} : *9.36* kN·m

Onde:

λ : 29.33

Sendo:

b_f: Largura da parte plana das mesas. — b_f : 88.00 mm

t_f: Espessura da mesa comprimida. — t_f : 3.00 mm

λ_p : 31.68

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. — **E** : 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. — f_y : 250.00 MPa

M_{pl} : 10.29 kN

Onde:

Z_y: Módulo de resistência plástico. — Z_y : 41.17 cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço. — f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. — γ_{a1} : 1.10

(d) Estado-limite último de flambagem local da alma, FLA (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

29.33 ≤ 68.45

M_{Rd} : 9.36 kN·m

Onde:

λ : 29.33

Sendo:

h: Altura da parte plana das almas. — **h** : 88.00 mm

t_w: Espessura da alma. — t_w : 3.00 mm

λ_p : 68.45

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. — **E** : 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. — f_y : 250.00 MPa

M_{pl} : 10.29 kN

Onde:

Z_y: Módulo de resistência plástico. — Z_y : 41.17 cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço. — f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. — γ_{a1} : 1.10

Resistência ao esforço cortante X (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3)

Deve satisfazer:

η : **0.001** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações PP+1.4·V1.

V_{Sd}: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável. **V_{Sd}** : *0.04* kN

A força cortante resistente de cálculo, V_{Rd}, é determinada pela expressão:

29.33 ≤ **69.57**

V_{Rd} : *72.00* kN

Onde:

λ : *29.33*

Sendo:

b_f: Largura da parte plana das mesas. **b_f** : *88.00* mm

t_f: Espessura das mesas. **t_f** : *3.00* mm

λ_p : *69.57*

Sendo:

k_v: Coeficiente de flambagem. **k_v** : *5.00*

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : *200000* MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *250.00* MPa

V_{pl} : *79.20* kN

Sendo:

A_w: Área efetiva ao cisalhamento.

A_w : *5.28* cm²

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : *1.10*

<u>Resistência ao esforço cortante Y</u> (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3)

Deve satisfazer:

η : **0.036** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 0.149 m do nó N1233, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·SCU1.

V_{Sd}: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável. **V_{Sd}** : *2.58* kN

A força cortante resistente de cálculo, V_{Rd}, é determinada pela expressão:

29.33 ≤ **69.57**

V_{Rd} : *72.00* kN

Onde:

λ : *29.33*

Sendo:

h: Altura da parte plana das almas. **h** : *88.00* mm

t_w: Espessura da alma. **t_w** : *3.00* mm

λ_p : *69.57*

Sendo:

k_v: Coeficiente de flambagem. **k_v** : *5.00*

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : *200000* MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *250.00* MPa

V_{pl} : *79.20* kN

Sendo:

A_w: Área efetiva ao cisalhamento.

A_w : *5.28* cm²

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : *1.10*

Resistência ao esforço axial e flexão combinados (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.1.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.101*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 0.149 m do nó N1233, para a combinação de ações PP+1.4·V1.

$N_{t,Sd}$: Força axial de tração solicitante de cálculo, desfavorável. **$N_{t,Sd}$** : *0.15* kN

$M_{x,Sd}$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. **$M_{x,Sd}^+$** : *0.93* kN·m

$M_{y,Sd}$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. **$M_{y,Sd}^+$** : *0.01* kN·m

0.001 < **0.200**

η : *0.101*

Onde:

$N_{t,Rd}$: Força axial resistente de cálculo de tração (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.2). **$N_{t,Rd}$** : *259.15* kN

$M_{x,Rd}$,$M_{y,Rd}$: Momentos fletores resistentes de cálculo, respectivamente em relação aos eixos X e Y da seção transversal (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2). **$M_{x,Rd}$** : *9.36* kN·m **$M_{y,Rd}$** : *9.36* kN·m

Resistência à torção (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.1)

Deve satisfazer:

η : ***0.014*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações PP+1.4·V1.

T_{Sd}: Momento de torção solicitante de cálculo, desfavorável. **T_{Sd}** : *0.11* kN·m

O momento de torção resistente de cálculo, T_{Rd}, é determinado pela expressão:

T_{Rd} : *7.68* kN·m

Onde:

W_T: Módulo de resistência à torção.

W_T : *56.35* cm³

h: Maior comprimento entre as partes planas dos lados da seção transversal. **h** : *88.00* mm

H: Maior dimensão da seção. **H** : *100.00* mm

B: Menor dimensão da seção. **B** : *100.00* mm

t: Espessura. **t** : *3.00* mm

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : *200000* MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *250.00* MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. **γ_{a1}** : *1.10*

Resistência ao momento de torção, força axial, momento fletor e cortante (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.2)

O efeito da torção pode ser desprezado, já que o momento torsor atuante de cálculo, T_{Sd}, é inferior ou igual ao 20% do momento torsor resistente de cálculo, T_{Rd}.

0.11 ≤ 1.54

T_{Sd}: Momento de torção solicitante de cálculo, desfavorável. **T_{Sd}** : *0.11* kN·m

T_{Rd}: Momento de torção resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.1).

T_{Rd} : *7.68* kN·m

Resistência a interações de esforços e momento de torção (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.3)

Deve satisfazer:

η : ***0.117*** ✓

η : ***0.037*** ✓

(Já que a norma não proporciona uma verificação da tensão total para seções submetidas a torção combinada com outros esforços, considera-se que este elemento também deve cumprir os seguintes critérios para a tensão de Von Mises:)

η : ***0.112*** ✓

O coeficiente de aproveitamento desfavorável produz-se em um ponto situado a uma distância 0.149 m do nó N1233 para a combinação de ações PP+1.4·V1 e no ponto da seção transversal de coordenadas X = -48.50 mm, Y = -50.00 mm em relação ao centro de gravidade.

As tensões normais σ_{Sd} são dadas por:

σ_{Sd} : *26.69* MPa

Onde:

σ_{NSd} : *0.13* MPa

Sendo:

$N_{t,Sd}$: Força axial de tração solicitante de cálculo, desfavorável. **$N_{t,Sd}$** : *0.15* kN

A_g: Área bruta da seção transversal da barra. **A_g** : *11.40* cm²

$\sigma_{Mx,Sd}$: *26.30* MPa

Sendo:

$M_{x,Sd}$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. **$M_{x,Sd}^+$** : *0.93* kN·m

I_x: Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo X. **I_x** : *176.77* cm4

Y: Coordenada, em relação ao eixo Y, do ponto desfavorável da seção transversal em relação ao centro de gravidade da seção bruta. **Y** : *-50.00* mm

$\sigma_{My,Sd}$: 0.25 MPa

Sendo:

$M_{y,Sd}$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. $M_{y,Sd}^{+}$: 0.01 kN·m

I_y: Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo Y. I_y : 176.77 cm4

X: Coordenada, em relação ao eixo X, do ponto desfavorável da seção transversal em relação ao centro de gravidade da seção bruta. **X** : -48.50 mm

As tensões tangenciais τ_{Sd} são dadas por:

τ_{Sd} : 4.72 MPa

Onde:

$\tau_{Vx,Sd}$: Tensão tangencial devida ao esforço cortante na direção do eixo X. $\tau_{Vx,Sd}$: -0.05 MPa

Sendo:

$V_{x,Sd}^{-}$: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável. $V_{x,Sd}^{-}$: 0.04 kN

$\tau_{Vy,Sd}$: Tensão tangencial devida ao esforço cortante na direção do eixo Y. $\tau_{Vy,Sd}$: 2.91 MPa

Sendo:

$V_{y,Sd}^{-}$: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável. $V_{y,Sd}^{-}$: 2.19 kN

τ_{TSd}: Tensão tangencial devida ao momento torsor. τ_{TSd} : 1.86 MPa

Sendo:

T_{Sd}: Momento de torção solicitante de cálculo, desfavorável. T_{Sd} : 0.11 kN·m

As tensões totais f_{Sd} são dadas por:

f_{Sd} : 27.92 MPa

A tensão resistente de cálculo, σ_{Rd}, é dada pelo menor valor entre os obtidos por a) e b): σ_{Rd} : 227.27 MPa

(a) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de escoamento sob efeito de tensão normal:

σ_{Rd} : 227.27 MPa

Onde:

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

(b) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de instabilidade ou flambagem sob efeito de tensão normal:

σ_{Rd} : 227.27 MPa

Onde:

χ: Fator de redução total associado à resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.3). χ : 1.000

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

A tensão resistente de cálculo, τ_{Rd}, é dada pelo menor valor entre os obtidos por a) e b): τ_{Rd} : 126.81 MPa

(a) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de escoamento sob efeito de tensão de cisalhamento:

τ_{Rd} : 136.36 MPa

Onde:

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

(b) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de instabilidade ou flambagem sob efeito de tensão cisalhamento:

τ_{Rd} : 126.81 MPa

Onde:

χ: Fator de redução total associado à resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.3).

χ : 0.930

Sendo:

λ_0 : 0.417

τ_e : 864.52 MPa

σ_E : 172.90 MPa

Onde:

k_v: Coeficiente de flambagem (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3). k_v : 5.00

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

ν: Coeficiente de Poisson. ν : 0.30

t: Espessura. **t** : 3.00 mm

h: Largura. **h** : 97.00 mm

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

A tensão resistente de cálculo, f_{Rd} é dada por:

f_{Rd} : 250.00 MPa

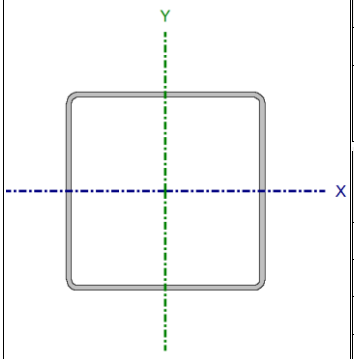
Onde:

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

Barra N1180/N1179

Perfil: TB QUADRO 100X3.00
Material: Aço (A-36 250Mpa)



Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_x(1) (cm4)	I_y(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N1180	N1179	0.200	11.40	176.77	176.77	278.63

Notas:
(1) Inércia em relação ao eixo indicado
(2) Momento de inércia à torção uniforme

	Flambagem		Flambagem lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	0.200	0.200	0.000	0.000
C_b	-		1.000	

Notação:
β: Coeficiente de flambagem
L_K: Comprimento de flambagem (m)
C_b: Fator de modificação para o momento crítico

Limitação do índice de esbeltez (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.4)

A verificação não procede, já que não há força axial de compressão.

Resistência à tração (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.001*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 0.148 m do nó N1180, para a combinação de ações 1.5·PP+1.05·SCU1+1.4·V1.

$N_{t,Sd}$: Força axial de tração solicitante de cálculo, desfavorável. **$N_{t,Sd}$** : *0.15* kN

A força axial de tração resistente de cálculo, $N_{t,Rd}$, deve ser determinada pela expressão:

$N_{t,Rd}$: *259.15* kN

Onde:

A_g: Área bruta da seção transversal da barra. **A_g** : *11.40* cm²
f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *250.00* MPa
γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. **γ_{a1}** : *1.10*

Resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3)

A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de compressão.

Resistência à flexão eixo X (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.093*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 0.149 m do nó N1180, para a combinação de ações PP+1.4·V1.

M_{Sd}^+: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. — **M_{Sd}^+** : *0.87* kN·m

Já que '$\lambda \leq \lambda_r$', deve-se considerar viga de alma não-esbelta (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G). — **29.33 ≤ 161.22**

Onde:

λ : *29.33*

Sendo:

h: Altura da parte plana das almas. — **h** : *88.00* mm

t_w: Espessura da alma. — **t_w** : *3.00* mm

λ_r : *161.22*

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. — **E** : *200000* MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. — **f_y** : *250.00* MPa

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} de vigas de alma não-esbelta deve ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções: — **M_{Rd}** : *9.36* kN·m

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2.2):

M_{Rd} : *12.05* kN·m

Onde:

W_x: Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão. — **W_x** : *35.35* cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço. — **f_y** : *250.00* MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. — **γ_{a1}** : *1.10*

(b) Estado-límite último de flambagem lateral com torção, FLT (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

Não é necessária, já que o eixo de flexão não é o de maior inércia.

(c) Estado-límite último de flambagem local da mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

29.33 ≤ 31.68

M_{Rd} : *9.36* kN·m

Onde:

λ : 29.33

Sendo:

b_f: Largura da parte plana das mesas. b_f : 88.00 mm

t_f: Espessura da mesa comprimida. t_f : 3.00 mm

λ_p : 31.68

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

M_{pl} : 10.29 kN

Onde:

Z_x: Módulo de resistência plástico. Z_x : 41.17 cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

(d) Estado-limite último de flambagem local da alma, FLA (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

29.33 ≤ 68.45

M_{Rd} : 9.36 kN·m

Onde:

λ : 29.33

Sendo:

h: Altura da parte plana das almas. **h** : 88.00 mm

t_w: Espessura da alma. t_w : 3.00 mm

λ_p : 68.45

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

M_{pl} : 10.29 kN

Onde:

Z_x: Módulo de resistência plástico. Z_x : 41.17 cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

Resistência à flexão eixo Y (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2)

Deve satisfazer:

η : **0.001** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 0.149 m do nó N1180, para a combinação de ações PP+1.4·V1.

M_{Sd}^+: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. **M_{Sd}^+** : *0.01* kN·m

Já que '$\lambda \leq \lambda_r$', deve-se considerar viga de alma não-esbelta (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G). **29.33 ≤ 161.22**

Onde:

λ : *29.33*

Sendo:

h: Altura da parte plana das almas. **h** : *88.00* mm

t_w: Espessura da alma. **t_w** : *3.00* mm

λ_r : *161.22*

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : *200000* MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *250.00* MPa

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} de vigas de alma não-esbelta deve ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções: **M_{Rd}** : *9.36* kN·m

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2.2):

M_{Rd} : *12.05* kN·m

Onde:

W_y: Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão. **W_y** : *35.35* cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *250.00* MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. **γ_{a1}** : *1.10*

(b) Estado-límite último de flambagem lateral com torção, FLT (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

Não é necessária, já que o eixo de flexão não é o de maior inércia.

(c) Estado-límite último de flambagem local da mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

29.33 ≤ 31.68

M_{Rd} : *9.36* kN·m

Onde:

λ : 29.33

Sendo:

b_f: Largura da parte plana das mesas. — b_f : 88.00 mm

t_f: Espessura da mesa comprimida. — t_f : 3.00 mm

λ_p : 31.68

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. — **E** : 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. — f_y : 250.00 MPa

M_{pl} : 10.29 kN

Onde:

Z_y: Módulo de resistência plástico. — Z_y : 41.17 cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço. — f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. — γ_{a1} : 1.10

(d) Estado-limite último de flambagem local da alma, FLA (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

29.33 ≤ 68.45

M_{Rd} : 9.36 kN·m

Onde:

λ : 29.33

Sendo:

h: Altura da parte plana das almas. — **h** : 88.00 mm

t_w: Espessura da alma. — t_w : 3.00 mm

λ_p : 68.45

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço. — **E** : 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. — f_y : 250.00 MPa

M_{pl} : 10.29 kN

Onde:

Z_y: Módulo de resistência plástico. — Z_y : 41.17 cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço. — f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. — γ_{a1} : 1.10

Resistência ao esforço cortante X (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3)

Deve satisfazer:

η : **0.001** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações PP+1.4·V1.

V_{Sd}: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável. **V_{Sd}** : 0.04 kN

A força cortante resistente de cálculo, V_{Rd}, é determinada pela expressão:

29.33 ≤ **69.57**

V_{Rd} : 72.00 kN

Onde:

λ : 29.33

Sendo:

b_f: Largura da parte plana das mesas. **b_f** : 88.00 mm

t_f: Espessura das mesas. **t_f** : 3.00 mm

λ_p : 69.57

Sendo:

k_v: Coeficiente de flambagem. **k_v** : 5.00

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : 250.00 MPa

V_{pl} : 79.20 kN

Sendo:

A_w: Área efetiva ao cisalhamento.

A_w : 5.28 cm²

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

<u>Resistência ao esforço cortante Y</u> (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3)

Deve satisfazer:

η : **0.035** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 0.149 m do nó N1180, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·SCU1.

V_{Sd}: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável. **V_{Sd}** : *2.55* kN

A força cortante resistente de cálculo, V_{Rd}, é determinada pela expressão:

29.33 ≤ **69.57**

V_{Rd} : *72.00* kN

Onde:

λ : *29.33*

Sendo:

h: Altura da parte plana das almas. **h** : *88.00* mm

t_w: Espessura da alma. **t_w** : *3.00* mm

λ_p : *69.57*

Sendo:

k_v: Coeficiente de flambagem. **k_v** : *5.00*

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : *200000* MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *250.00* MPa

V_{pl} : *79.20* kN

Sendo:

A_w: Área efetiva ao cisalhamento.

A_w : *5.28* cm²

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : *1.10*

<u>Resistência ao esforço axial e flexão combinados</u> (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.1.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.094*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 0.149 m do nó N1180, para a combinação de ações PP+1.4·V1.

$N_{t,Sd}$: Força axial de tração solicitante de cálculo, desfavorável. **$N_{t,Sd}$** : *0.13* kN

$M_{x,Sd}$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. **$M_{x,Sd}^+$** : *0.87* kN·m

$M_{y,Sd}$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. **$M_{y,Sd}^+$** : *0.01* kN·m

0.001 < **0.200**

η : *0.094*

Onde:

$N_{t,Rd}$: Força axial resistente de cálculo de tração (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.2). **$N_{t,Rd}$** : *259.15* kN

$M_{x,Rd}$,$M_{y,Rd}$: Momentos fletores resistentes de cálculo, respectivamente em relação aos eixos X e Y da seção transversal (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2). **$M_{x,Rd}$** : *9.36* kN·m **$M_{y,Rd}$** : *9.36* kN·m

Resistência à torção (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.1)

Deve satisfazer:

η : ***0.015*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações PP+1.4·V1.

T_{Sd}: Momento de torção solicitante de cálculo, desfavorável. **T_{Sd}** : *0.11* kN·m

O momento de torção resistente de cálculo, T_{Rd}, é determinado pela expressão:

T_{Rd} : *7.68* kN·m

Onde:

W_T: Módulo de resistência à torção.

W_T : *56.35* cm³

h: Maior comprimento entre as partes planas dos lados da seção transversal. **h** : *88.00* mm

H: Maior dimensão da seção. **H** : *100.00* mm

B: Menor dimensão da seção. **B** : *100.00* mm

t: Espessura. **t** : *3.00* mm

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : *200000* MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço. **f_y** : *250.00* MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. **γ_{a1}** : *1.10*

Resistência ao momento de torção, força axial, momento fletor e cortante (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.2)

O efeito da torção pode ser desprezado, já que o momento torsor atuante de cálculo, T_{Sd}, é inferior ou igual ao 20% do momento torsor resistente de cálculo, T_{Rd}.

0.11 ≤ 1.54

T_{Sd}: Momento de torção solicitante de cálculo, desfavorável. **T_{Sd}** : *0.11* kN·m

T_{Rd}: Momento de torção resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.1).

T_{Rd} : *7.68* kN·m

Resistência a interações de esforços e momento de torção (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.3)

Deve satisfazer:

η : ***0.110*** ✓

η : ***0.038*** ✓

(Já que a norma não proporciona uma verificação da tensão total para seções submetidas a torção combinada com outros esforços, considera-se que este elemento também deve cumprir os seguintes critérios para a tensão de Von Mises:)

η : ***0.105*** ✓

O coeficiente de aproveitamento desfavorável produz-se em um ponto situado a uma distância 0.149 m do nó N1180 para a combinação de ações PP+1.4·V1 e no ponto da seção transversal de coordenadas X = -48.50 mm, Y = -50.00 mm em relação ao centro de gravidade.

As tensões normais σ_{Sd} são dadas por:

σ_{Sd} : *24.95* MPa

Onde:

σ_{NSd} : *0.11* MPa

Sendo:

$N_{t,Sd}$: Força axial de tração solicitante de cálculo, desfavorável. **$N_{t,Sd}$** : *0.13* kN

A_g: Área bruta da seção transversal da barra. **A_g** : *11.40* cm²

$\sigma_{Mx,Sd}$: *24.56* MPa

Sendo:

$M_{x,Sd}$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. **$M_{x,Sd}^+$** : *0.87* kN·m

I_x: Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo X. **I_x** : *176.77* cm4

Y: Coordenada, em relação ao eixo Y, do ponto desfavorável da seção transversal em relação ao centro de gravidade da seção bruta. **Y** : *-50.00* mm

$\sigma_{My,Sd}$: 0.27 MPa

Sendo:

$M_{y,Sd}$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. $M_{y,Sd}^{+}$: 0.01 kN·m

I_y: Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo Y. I_y : 176.77 cm4

X: Coordenada, em relação ao eixo X, do ponto desfavorável da seção transversal em relação ao centro de gravidade da seção bruta. **X** : -48.50 mm

As tensões tangenciais τ_{Sd} são dadas por:

τ_{Sd} : 4.83 MPa

Onde:

$\tau_{Vx,Sd}$: Tensão tangencial devida ao esforço cortante na direção do eixo X. $\tau_{Vx,Sd}$: -0.05 MPa

Sendo:

$V_{x,Sd}^{-}$: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável. $V_{x,Sd}^{-}$: 0.04 kN

$\tau_{Vy,Sd}$: Tensão tangencial devida ao esforço cortante na direção do eixo Y. $\tau_{Vy,Sd}$: 2.89 MPa

Sendo:

$V_{y,Sd}^{-}$: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável. $V_{y,Sd}^{-}$: 2.17 kN

τ_{TSd}: Tensão tangencial devida ao momento torsor. τ_{TSd} : 2.00 MPa

Sendo:

T_{Sd}: Momento de torção solicitante de cálculo, desfavorável. T_{Sd} : 0.11 kN·m

As tensões totais f_{Sd} são dadas por:

f_{Sd} : 26.31 MPa

A tensão resistente de cálculo, σ_{Rd}, é dada pelo menor valor entre os obtidos por a) e b): σ_{Rd} : 227.27 MPa

(a) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de escoamento sob efeito de tensão normal:

σ_{Rd} : 227.27 MPa

Onde:

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

(b) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de instabilidade ou flambagem sob efeito de tensão normal:

σ_{Rd} : 227.27 MPa

Onde:

χ: Fator de redução total associado à resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.3). χ : 1.000

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

A tensão resistente de cálculo, τ_{Rd}, é dada pelo menor valor entre os obtidos por a) e b): τ_{Rd} : 126.81 MPa

(a) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de escoamento sob efeito de tensão de cisalhamento:

τ_{Rd} : 136.36 MPa

Onde:

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

(b) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de instabilidade ou flambagem sob efeito de tensão cisalhamento:

τ_{Rd} : 126.81 MPa

Onde:

χ: Fator de redução total associado à resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.3).

χ : 0.930

Sendo:

λ_0 : 0.417

τ_e : 864.52 MPa

σ_E : 172.90 MPa

Onde:

k_v: Coeficiente de flambagem (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3). k_v : 5.00

E: Módulo de elasticidade do aço. **E** : 200000 MPa

ν: Coeficiente de Poisson. ν : 0.30

t: Espessura. **t** : 3.00 mm

h: Largura. **h** : 97.00 mm

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

A tensão resistente de cálculo, f_{Rd} é dada por:

f_{Rd} : 250.00 MPa

Onde:

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

NOTAS E OBSERVAÇÕES

a) Todas as informações necessárias para sanar possíveis dúvidas estão descritas neste memorial e nas pranchas dos projetos;

b) Caso haja dúvidas na execução das instalações e as mesmas não forem sanas após a leitura deste memorial, o proprietário poderá entrar em contato com o autor dos projetos;

c) Quaisquer alterações nos projetos deverão ter a autorização do autor dos mesmos.

Cuiabá, 13 de Janeiro de 2025

ROGERIO NOGUEIRA DIAS:70411883100 Assinado de forma digital por ROGERIO NOGUEIRA DIAS:70411883100
Dados: 2025.02.04 20:58:16 -04'00'

ROGÉRIO NOGUEIRA DIAS
Arquiteto e Urbanista
CAU A76801-4

VOLUME - 05

OBRA:

REFORMA DA ESCOLA MUNICIPAL 25 DE OUTUBRO do município de Arenápolis - MT

ASSUNTO:

PROJETO DE ESTRUTURA METÁLICA - MEMORIAL DESCRITIVO E PEÇAS GRÁFICAS

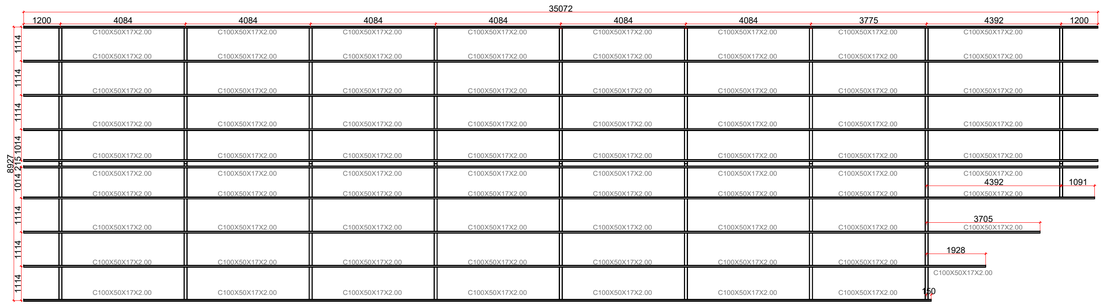
PROPRIETARIO:

PREFEITURA MUNICIPAL DE ARENÁPOLIS – MT

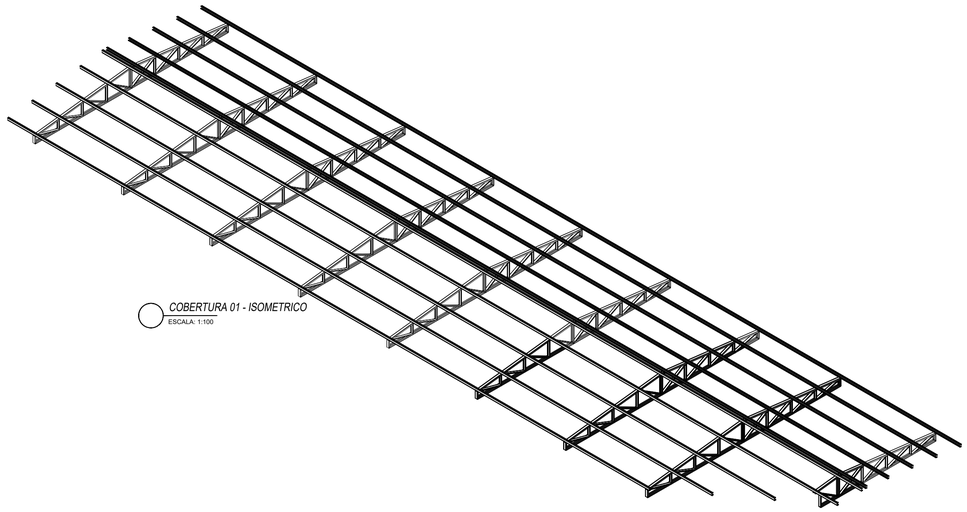
LOCAL / DATA:

CUIABÁ - MT fevereiro – 2025

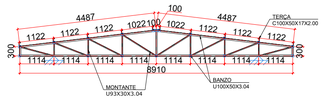
R. N. DIAS CONSULTORIA E PROJETOS **CNPJ: 40.600.695/0001-67**
Avenida São Sebastião esquina com a Rua Cursino do Amarante Bairro Quilombo, 498 – CEP: 78.045-305 - Cuiabá/MT
CONTATO: (65) 99972-7834 **E-MAIL:** decoroconsultoria@gmail.com



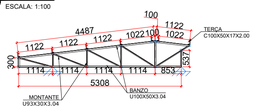
COBERTURA 01
ESCALA: 1:100



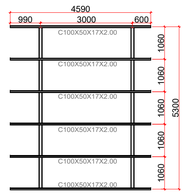
COBERTURA 01 - ISOMETRICO
ESCALA: 1:100



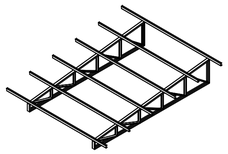
COBERTURA 01 - TESOURA 01
ESCALA: 1:100



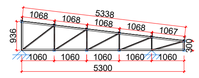
COBERTURA 01 - TESOURA 02
ESCALA: 1:100



COBERTURA 02
ESCALA: 1:100

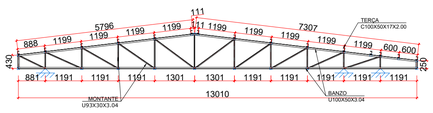


COBERTURA 02 - ISOMETRICO
ESCALA: 1:100

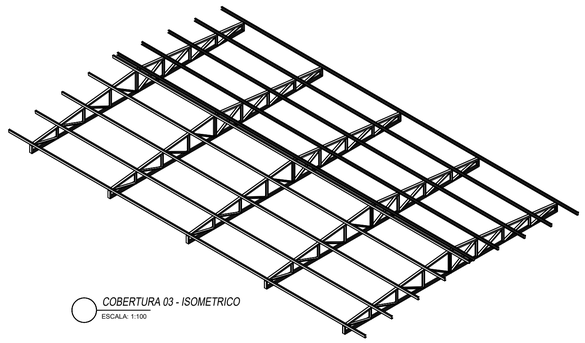


COBERTURA 02 - TESOURA 01
ESCALA: 1:100

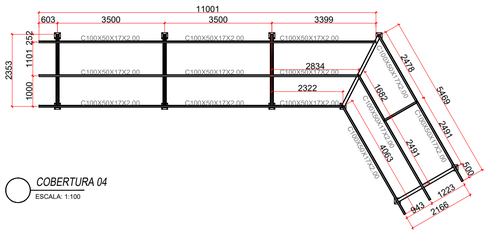
COBERTURA 03
ESCALA: 1:100



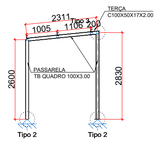
COBERTURA 03 - TESOURA 01
ESCALA: 1:100



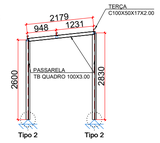
COBERTURA 03 - ISOMETRICO
ESCALA: 1:100



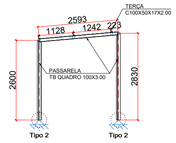
COBERTURA 04
ESCALA: 1:100



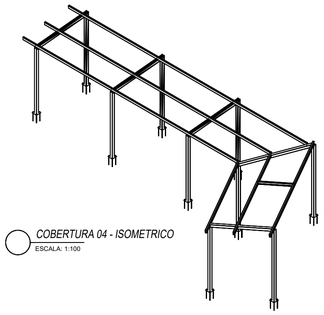
COBERTURA 04 - TESOURA 01
ESCALA: 1:100



COBERTURA 04 - TESOURA 02
ESCALA: 1:100



COBERTURA 04 - TESOURA 03
ESCALA: 1:100



COBERTURA 04 - ISOMETRICO
ESCALA: 1:100

CARIMBO :

DECORO Consultoria e Projetos

R. N. DIAS CONSULTORIA E PROJETOS - ME

PROJETO ESTRUTURAL METALICA

OBRA:
REFORMA DA ESCOLA 25 DE OUTUBRO

PROPRIETÁRIO: PREFEITURA MUNICIPAL DE ARENÁPOLIS
CPF/CNPJ: CNPJ: 24.977.654/0001-38

ENDEREÇO:
Rua Messias Cassemiro Barbosa, Bela Vista, Arenápolis - MT
78420-00

AUTOR DO PROJETO:
ROGÉRIO NOGUEIRA DIAS
ARQUITETO E URBANISTA CAU A76801-4

ROGERIO NOGUEIRA DIAS:70411883100
Assinado de forma digital por ROGERIO NOGUEIRA DIAS:70411883100
Dados: 2025.02.04 20:58:38 -04'00'

CO-AUTOR DO PROJETO:

RESPONSÁVEL TÉCNICO P/ OBRA:
CREA / CAU:

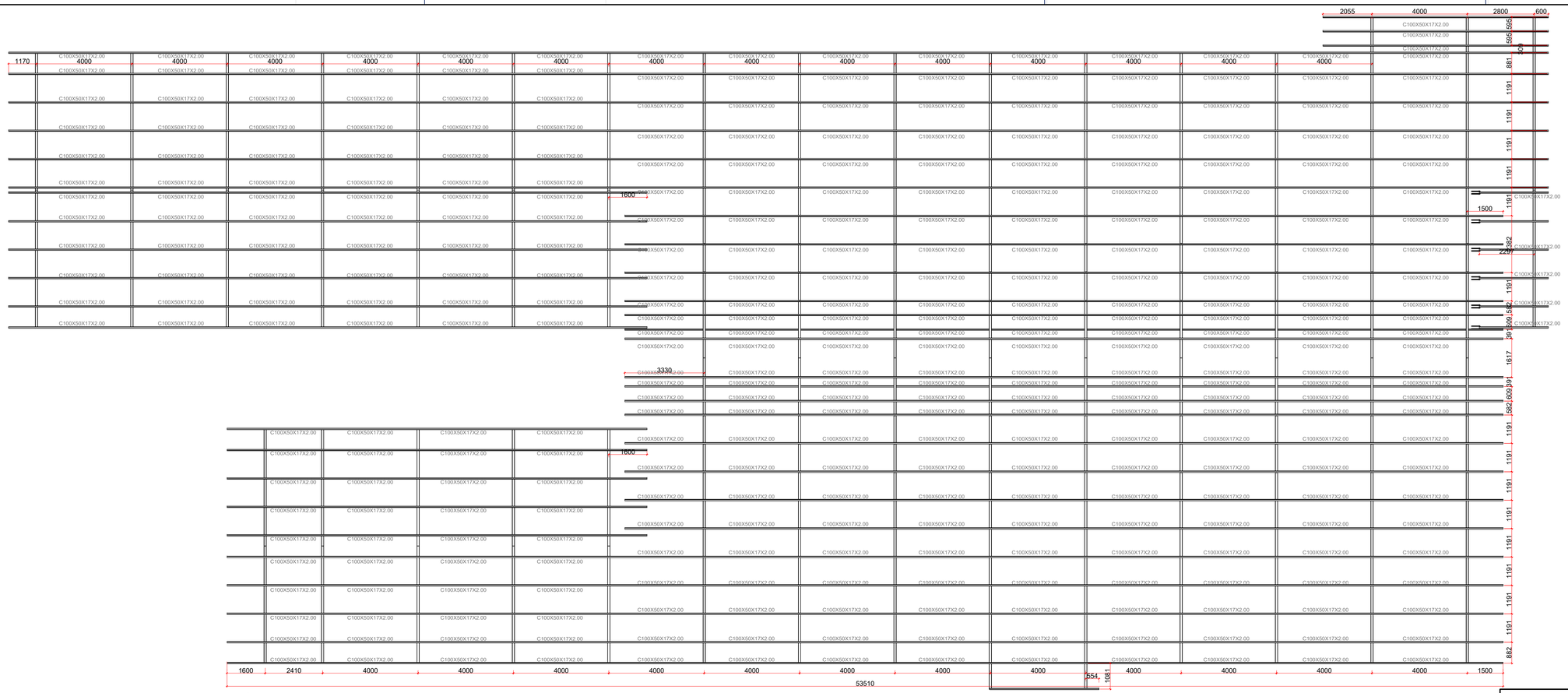
ESCALA:	ASSUNTO:	FOLHA Nº
Como indicado	PLANTA BAIXA; TESOURA; ISOMETRICO.	01/03
DATA :		
REVISÃO		

ESTATÍTICAS:

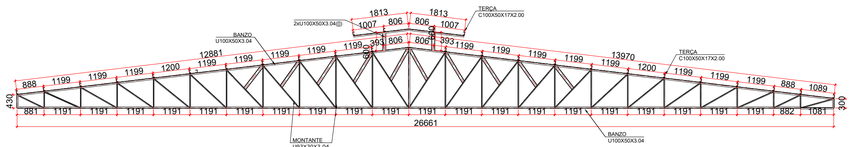
ÁREAS (m²)	% OCUPAÇÃO		COEF. APROVEIT.	COORDENADAS GEOGRAFICAS
	TÉRREO	DEMAIS PAV.		
ÁREA DO TERRENO:.....				
ÁREA CONSTRUÍDA:.....				
ÁREA DE COBERTURA:.....				

LOCAL DO ARQUIVO:

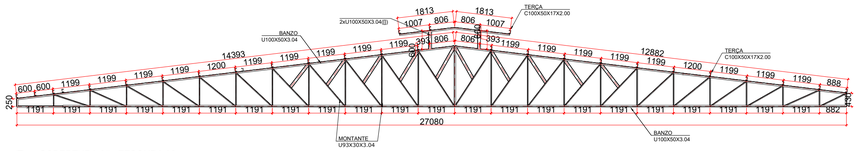
Desenvolvido por:



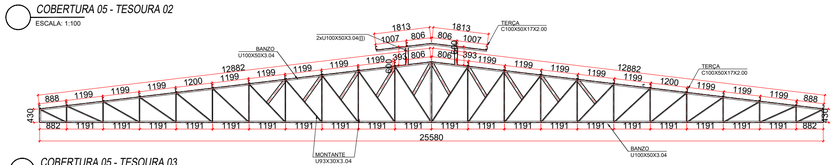
COBERTURA 05
ESCALA: 1:100



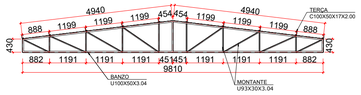
COBERTURA 05 - TESOURA 01
ESCALA: 1:100



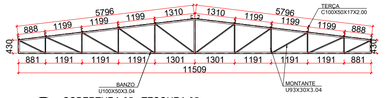
COBERTURA 05 - TESOURA 02
ESCALA: 1:100



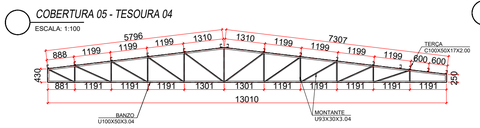
COBERTURA 05 - TESOURA 03
ESCALA: 1:100



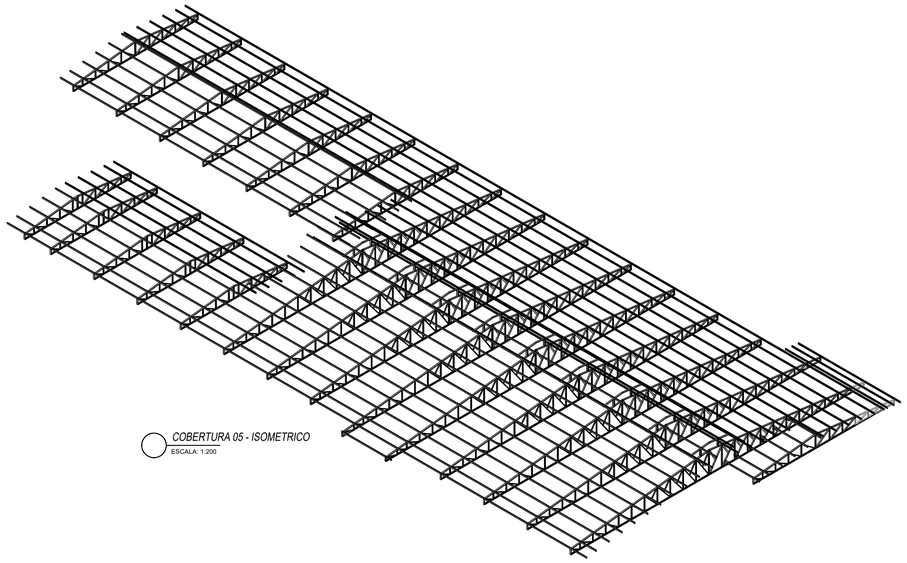
COBERTURA 05 - TESOURA 04
ESCALA: 1:100



COBERTURA 05 - TESOURA 05
ESCALA: 1:100



COBERTURA 05 - TESOURA 06
ESCALA: 1:100



COBERTURA 05 - ISOMETRICO
ESCALA: 1:200

CARIMBO :

DECORO Consultoria e Projetos

R. A. DIAS CONSULTORIA E PROJETOS - ME

PROJETO ESTRUTURAL METALICA

OBRA:
REFORMA DA ESCOLA 25 DE OUTUBRO

PROPRIETÁRIO: PREFEITURA MUNICIPAL DE ARENÁPOLIS
CPF/CNPJ: CNPJ: 24.977.654/0001-38

ENDEREÇO:
Rua Messias Cassemiro Barbosa, Bela Vista, Arenápolis - MT
78420-00

AUTOR DO PROJETO:
ROGÉRIO NOGUEIRA DIAS
ARQUITETO E URBANISTA CAU A76801-4
ROGERIO NOGUEIRA DIAS:70411883100
Assinado de forma digital por ROGERIO NOGUEIRA DIAS:70411883100
Dados: 2025.02.04 20:58:52 -04'00'

CO-AUTOR DO PROJETO:

RESPONSÁVEL TÉCNICO P/ OBRA:
CREA / CAU:

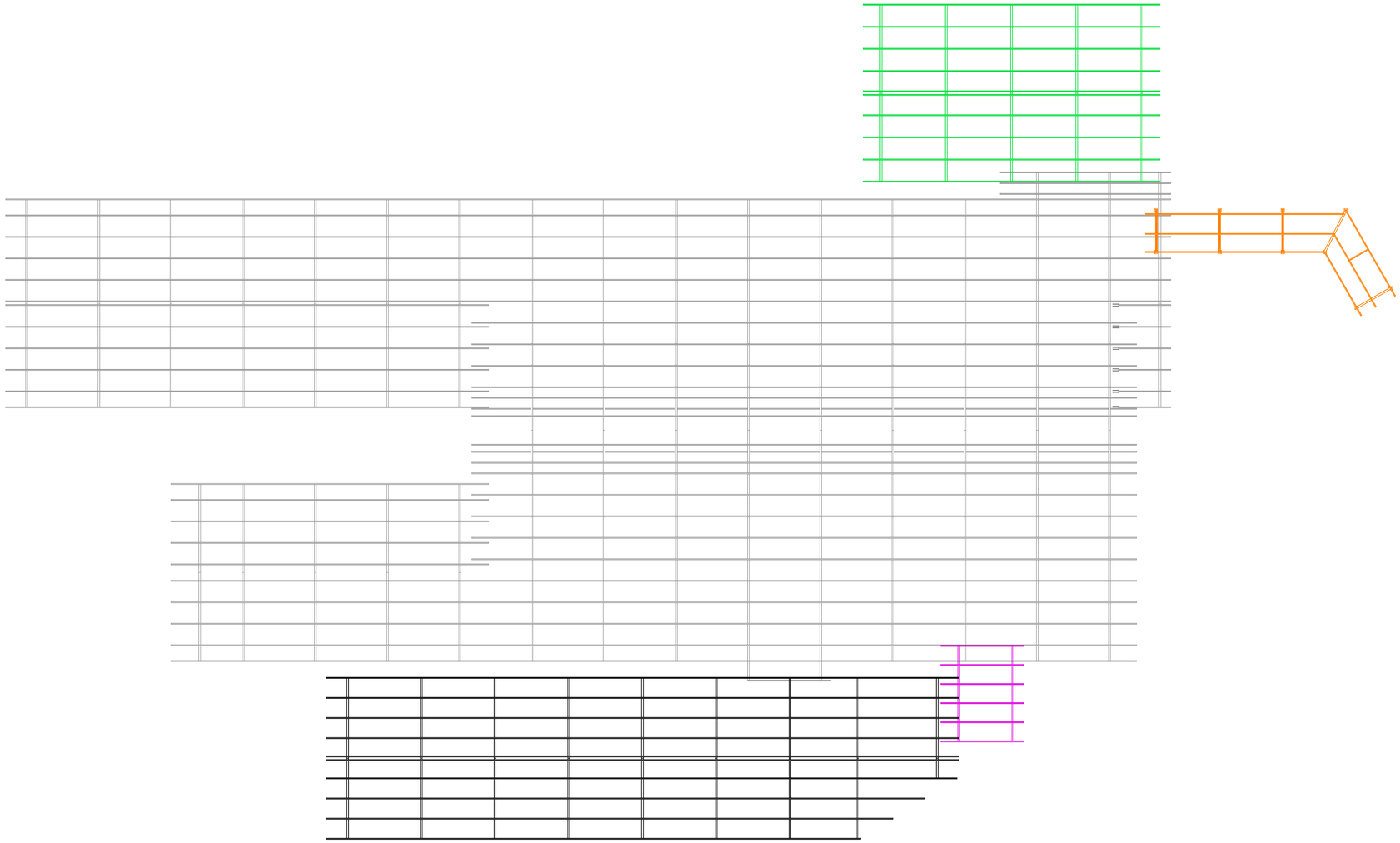
ESCALA:	ASSUNTO:	FOLHA Nº
Como indicado	PLANTA BAIXA; TESOURA; ISOMETRICO.	02/03
DATA :		
REVISÃO		

ESTATÍTICAS:

ÁREAS (m²)	% OCUPAÇÃO		COEF. APROVEIT.	COORDENADAS GEOGRAFICAS
	TÉRREO	DEMAIS PAV.		
ÁREA DO TERRENO:.....				
ÁREA CONSTRUÍDA:.....				
ÁREA DE COBERTURA:.....				

LOCAL DO ARQUIVO:

Desenvolvido por



REFERÊNCIAS E SIMBOLOGIA

Para a representação dos símbolos de soldas consideram-se as indicações da norma ANSI/AWS A2.4-98 'STANDARD SYMBOLS FOR WELDING, BRAZING, AND NONDESTRUCTIVE EXAMINATION'.

MÉTODO DE REPRESENTAÇÃO DE SOLDAS

Conforme a figura 2 de ANSI/AWS A2.4-98 e os tipos de soldas utilizados neste projeto, desenvolve-se o seguinte esquema de representação de uma solda:

Referências:
1: seta (ligação entre 2 e 6)
2: linha de referência
3: símbolo de solda
4: símbolo solda perimetral.
5: símbolo de solda no local de montagem.
6: linha do desenho que identifica a ligação proposta.
S: profundidade do bisel. Em soldas em ângulo, é o lado do cordão de solda.
(E): tamanho do cordão em soldas de topo.
L: comprimento efetivo do cordão de solda
D: dado suplementar. Em geral, a série de eletrodo a utilizar e o processo pré-qualificado de solda.

A informação relacionada com o lado da ligação soldada à qual aponta a seta, coloca-se por baixo da linha de referência, enquanto que para o lado oposto, indica-se acima da linha de referência:

Onde:

OS(Other Side): é o outro lado da seta

AS(Arrow Side): é o lado da seta

Referência 3

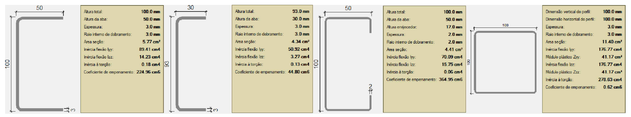
Designação	Ilustração	Símbolo
Solda de filete		
Solda de topo em 'V' simples (com chanfro)		
Solda de topo em bisel simples		
Solda de topo em bisel duplo		
Solda de topo em bisel simples com chanfro de raiz largo		
Solda combinada de topo em bisel simples e em ângulo		
Solda de topo em bisel simples com lado curvo		

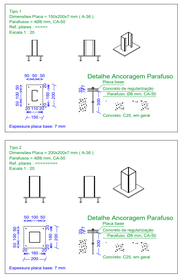
Tabela resumo

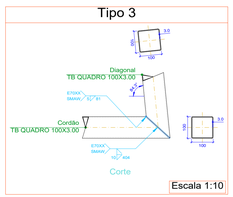
Material		Série	Perfil	Comprimento			Volume			Peso		
Tipo	Designação			Perfil (m)	Série (m)	Material (m)	Perfil (m³)	Série (m³)	Material (m³)	Perfil (kg)	Série (kg)	Material (kg)
Aço laminado	A-36 250Mpa	TB QUADRO	TB QUADRO 100X3.00	38.857	38.857	38.857	0.044	0.044	0.044	347.81	347.81	347.81
Aço dobrado	A-36	U	U100X50X3.04	1136.215	2226.738	4311.622	0.656	1.138	2.058	5149.44	8929.73	16154.77
			U93X30X3.04	1079.723			0.469			3682.39		
			U100X50X3.04, Caixa dupla soldada	10.800			0.012			97.89		
		C	C100X50X17X2.00	2084.884	2084.884		0.920	0.920		7225.04	7225.04	

Perfis de aço: Quantitativos das superfícies a pintar

Tipo	Série	Perfil	Superfície unitária (m²/m)	Comprimento (m)	Superfície (m²)
Aço dobrado	U	U100X50X3.04	0.386	1136.215	438.482
		U93X30X3.04	0.292	1079.723	315.187
		U100X50X3.04, Caixa dupla soldada	0.389	10.800	4.205
	C	C100X50X17X2.00	0.445	2084.884	928.766
				Subtotal	1686.640
Aço laminado	TB QUADRO	TB QUADRO 100X3.00	0.389	38.857	15.133
				Subtotal	15.133
				Total	**1701.773**







LIGAÇÕES SOLDADAS ENTRE PERFIS TUBULARES

NORMA:

Conforme o artigo 6.1.14 da norma ABNT NBR 8800:2008, a verificação dos nós de perfis de seção tubular foi realizada segundo os requisitos de EN 1993-1-8:2005/AC:2009: Design of steel structures - Part 1-8 (May 2005): "Design of joints". Article 7. Hollow section joints.

MATERIAIS:

- Perfis (Material base): A-36 e A-36 250Mpa.

- Material de adição (soldas): Eletrodos da série E70XX. Para os materiais utilizados e o procedimento de solda SMAW (Arco elétrico com eletrodo revestido), cumprem-se as condições de compatibilidade entre materiais exigidas pelo item 6.2.4 ABNT NBR 8800:2008.

DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS:

1) Cada tubo será soldado em todo o seu perímetro de contato com os outros tubos.

2) Define-se como ângulo diedro, o ângulo medido no plano perpendicular à linha de solda, formado pelas tangentes às superfícies externas dos tubos que se soldam entre si.

3) Para ângulos diedros maiores que 100 graus deve-se realizar solda de topo, independentemente da espessura do tubo que se solda.

4) Os tubos de espessura igual ou superior a 8 mm serão soldados de topo, exceto nas regiões nas quais o ângulo diedro é agudo e se possa realizar corretamente a solda de ângulo.

5) Os tubos de espessura inferior a 8 mm podem-se soldar com cordões de solda de ângulo.

6) Em soldas de topo, o ângulo do bisel mínimo é de 45 graus.

7) Nos detalhes indicam-se os diferentes tipos de cordões necessários no perímetro de solda dos tubos.

VERIFICAÇÕES:

Os cordões de solda foram dimensionados de maneira que a sua resistência seja igual ou superior à da mais fraca das peças unidas. Para isso, foram consideradas as prescrições e detalhes indicados na parte D da norma AWS D1.1/D1.1M:2002.

Soldas

Classe de resistência	Execução	Tipo	Lado (mm)	Comprimento de cordões (mm)
E70XX	Em oficina	De filete	5	244
		Combinada de topo em 'V' simples e de ângulo	10	1213

Elementos para aparafusamento não normalizados

Tipo	Quantidade	Descrição
Porcas	64	T8
Anilhas	64	A8

Placas de base

Material	Elementos	Quantidade	Dimensões (mm)	Peso (kg)
A-36 250Mpa	Placa base	6	150x200x7	9.89
		10	200x200x7	21.98
			Total	31.87
CA-50 (nervurado)	Parafusos de ancoragem	64	Ø 8 - L = 335	8.46
			Total	8.46

CARIMBO :

DECORO Consultoria e Projetos

R. A. DIAS CONSULTORIA E PROJETOS - ME

PROJETO ESTRUTURAL METALICA

OBRA:
REFORMA DA ESCOLA 25 DE OUTUBRO

PROPRIETÁRIO: PREFEITURA MUNICIPAL DE ARENÁPOLIS
CPF/CNPJ: CNPJ: 24.977.654/0001-38

ENDEREÇO:
Rua Messias Cassemiro Barbosa, Bela Vista, Arenápolis - MT
78420-00

AUTOR DO PROJETO:
ROGÉRIO NOGUEIRA DIAS
ARQUITETO E URBANISTA CAU A76801-4
ROGERIO NOGUEIRA DIAS:70411883100 Assinado de forma digital por ROGERIO NOGUEIRA DIAS:70411883100 Dados: 2025.02.04 20:59:09 -04'00'

CO-AUTOR DO PROJETO:

RESPONSÁVEL TÉCNICO P/ OBRA:
CREA / CAU:

ESCALA: Como indicado

DATA:

REVISÃO:

ASSUNTO:
LOCAÇÃO DE COBERTURAS;
DETALHE DE FIXAÇÃO;
DETALHE PERFIL ;
TABELA RESUMO MATERIAL.

FOLHA Nº 03/03

ESTATÍTICAS:

ÁREAS (m²)	% OCUPAÇÃO		COEF. APROVEIT.	COORDENADAS GEOGRAFICAS
	TÉRREO	DEMAIS PAV.		
ÁREA DO TERRENO.....				
ÁREA CONSTRUIDA.....				
ÁREA DE COBERTURA.....				

LOCAL DO ARQUIVO:

Desenvolvido por ===