

2026



SIAOTECH

Relatório Conformidade Mecânica

SPHEROS DO BRASIL S/A

Caxias do Sul/RS

Monovia 1 TON

	REV. 00	REV. 01	REV. 02	REV. 03	REV. 04	REV. 05
DATA	12/01/2026					
ELABORADOR	Luís Eduardo Wiechoreck					



SUMÁRIO

IDENTIFICAÇÃO DA CONTRATANTE	3
IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL DO SERVIÇO	3
RESPONSÁVEL TÉCNICO	3
OBJETIVO	4
ESCOPO	4
REFERÊNCIA NORMATIVA.....	4
DIMENSIONAMENTO.....	5
Verificação da Viga Principal.....	6
Verificação da Coluna	16
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	23

IDENTIFICAÇÃO DA CONTRATANTE**SPHEROS DO BRASIL S/A****CNPJ:** 04.576.105/0001-44**IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL DO SERVIÇO****SPHEROS DO BRASIL S/A****CNPJ:** 04.576.105/0001-44**ENDEREÇO DA OBRA:**

Av. Rio Branco, 4688 – Rio Branco

Cidade: Caxias do Sul - RS

CEP 95096-000

RESPONSÁVEL TÉCNICO

Luís Eduardo Wiechoreck

*Engenheiro Mecânico**Engenheiro de Segurança do Trabalho*

CREA RS2211066380

SISTEMA: [PR 26 01 001 - SIAOTECH_SPHEROS - Monovia 1 Ton](#)**ART Nr.:** [14203241](#)



OBJETIVO

Este relatório foi desenvolvido com o objetivo de evidenciar a conformidade mecânica em uma monovia com talha fabricado e instalado na empresa SPHEROS em Caxias do Sul.

ESCOPO

Fazem parte deste relatório uma Monovia com capacidade de 1 toneladas.

REFERÊNCIA NORMATIVA

NBR 8400:2019 - Equipamentos de elevação e movimentação de carga — Regras para projeto

NBR 8800:2024 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios

NBR 14762:2010 – Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio

ASTM A36 - Standard specification for carbon structural steel

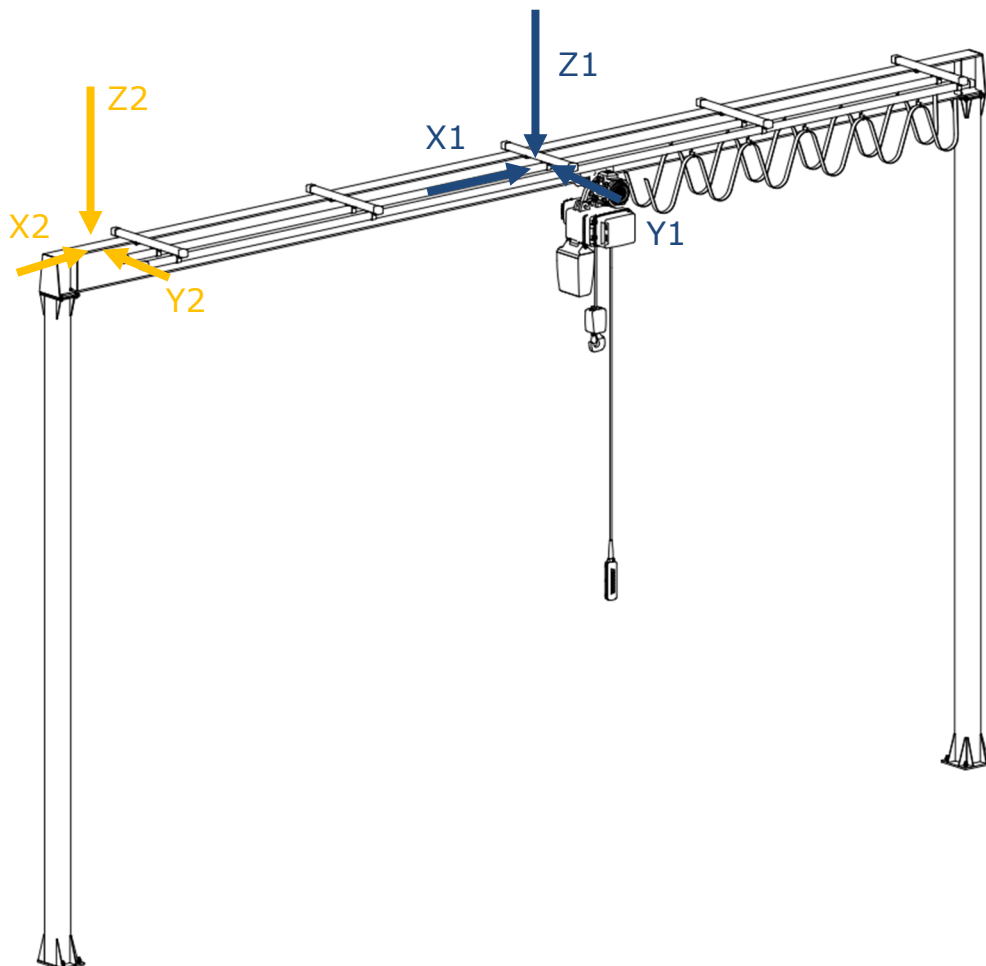
ASTM A572 - Standard specification for high-strength low-alloy columbium-vanadium structural steel

ISO 2553 - Welding and allied processes – Symbolic representation on drawings – Welded joints

ISO 22986 - Cranes – Stiffness – Bridge and gantry cranes

DIMENSIONAMENTO

Desenho esquemático de elementos estruturais:



Classificação do equipamento:

Grupo do equipamento: A4

Classe de elevação: HC3

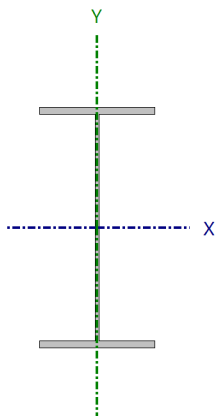
Valor de carga principal considerando coeficiente dinâmico e de amplificação = 14,7 kN

Valores de carga horizontais em função de aceleração ao longo da viga e rotação da mesma (estimado em considerando velocidade baixa/moderada menor que 0,25 m/s e aceleração em $0,078 \text{ m/s}^2$) = 1 kN

Tensão admissível de projeto = 166,7 MPa (escolhido menor valor entre tensão admissível com relação ao limite elástico e tensão admissível de projeto em relação a fadiga – conforme NBR 8400)

Para verificação, as cargas serão inseridas ao longo do trilho e a condição mais desfavorável para cada elemento será considerada.

Verificação da Viga Principal

Perfil: W360X51							
Material: Aço (A36 - Tensão de Projeto (166,7 MPa))							
	Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas			
	Inicial	Final		Área (cm²)	I _x ⁽¹⁾ (cm⁴)	I _y ⁽¹⁾ (cm⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm⁴)
	N2	N3	9.334	64.50	14200.00	970.00	23.70
	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	0.97	0.00	0.00		
L _k		9.334	9.024	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							

Barra	VERIFICAÇÕES										Estado	
	λ	N_t	N_c	M_x	M_y	V_x	V_y	NM_xM_y	T	NMVT		$\sigma \tau f$
N2/N3		x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 4.668 m $\eta = 0.7$	x: 4.667 m $\eta = 27.8$	x: 4.667 m $\eta = 7.9$	x: 0 m $\eta = 0.2$	x: 0 m $\eta = 7.4$	x: 4.668 m $\eta = 36.0$	$\eta = 1.0$	N.A. ⁽¹⁾	N.A. ⁽²⁾	PASSA $\eta = 36.0$
Notação: λ : Limitação do índice de esbeltez N_t : Resistência à tração N_c : Resistência à compressão M_x : Resistência à flexão eixo X M_y : Resistência à flexão eixo Y V_x : Resistência ao esforço cortante X V_y : Resistência ao esforço cortante Y NM_xM_y : Resistência ao esforço axial e flexão combinados T: Resistência à torção NMVT: Resistência ao momento de torção, força axial, momento fletor e cortante $\sigma \tau f$: Resistência a interações de esforços e momento de torção x: Distância à origem da barra η : Coeficiente de aproveitamento (%) N.A.: Não aplicável												
Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.): ⁽¹⁾ Este caso não está contemplado pela norma e, portanto, não é possível realizar a verificação. ⁽²⁾ Não há interação entre os dois esforços cortantes nem entre o momento torsor, esforço axial, momentos fletores e esforços cortantes. Portanto, a verificação não é necessária.												

Resistência à tração

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{N_{t,Sd}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N2, para a combinação de ações PP+X2.

N_{t,Sd}: Força axial de tração solicitante de cálculo, desfavorável.

N_{t,Sd} : 0.37 kN

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

$$N_{t,Rd} = \frac{A_g \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

$$N_{t,Rd} : \underline{977.47 \text{ kN}}$$

Onde:

A_g : Área bruta da seção transversal da barra.

$$A_g : \underline{64.50 \text{ cm}^2}$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{166.70 \text{ MPa}}$$

γ_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

Resistência à compressão

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{N_{c,Sd}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.007} \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 4.668 m do nó N2, para a combinação de ações 1.3·PP+Z1+X1.

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

$$N_{c,Sd} : \underline{1.25 \text{ kN}}$$

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

$$N_{c,Rd} = \frac{\chi A_{ef} f_y}{\gamma_{a1}}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{175.22 \text{ kN}}$$

Onde:

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

$$\chi : \underline{0.179}$$

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

$$A_{ef} : \underline{64.50 \text{ cm}^2}$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{166.70 \text{ MPa}}$$

γ_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

Fator de redução χ :

$$\lambda_0 > 1.5 \rightarrow \chi = \frac{0.877}{\lambda_0^2}$$

$$\chi : \underline{0.179}$$

Onde:

λ_0 : Índice de esbeltez reduzido.

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{A_g \cdot f_y}{N_e}}$$

$$\lambda_0 : \underline{2.212}$$

Sendo:

A_g : Área bruta da seção transversal da barra.

$$A_g : \underline{64.50 \text{ cm}^2}$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{166.70 \text{ MPa}}$$

N_e : Força axial de flambagem elástica.

$$N_e : \underline{219.77 \text{ kN}}$$

Área efetiva da seção transversal.

$$A_{ef} = A_g - \sum ((b - b_{ef}) t)$$

$$A_{ef} : \underline{64.50} \text{ cm}^2$$

Alma: Elemento do Grupo 2 da Tabela 4.

$$\frac{b}{t} \leq \frac{(b/t)_{lim}}{\sqrt{\chi}}$$

$$45.97 \leq 121.90$$

b_{ef}: Largura efetiva do elemento.

$$b_{ef} : \underline{332.80} \text{ mm}$$

$$b_{ef} = b$$

Onde:

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

$$(b/t) : \underline{45.97}$$

b: Largura.

$$b : \underline{332.80} \text{ mm}$$

t: Espessura.

$$t : \underline{7.24} \text{ mm}$$

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

$$(b/t)_{lim} = 1.49 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$(b/t)_{lim} : \underline{121.90}$$

E: Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \underline{200000} \text{ MPa}$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{166.70} \text{ MPa}$$

Mesa: Elemento do Grupo 4 da Tabela 4.

$$\frac{b}{t} \leq \frac{(b/t)_{lim}}{\sqrt{\chi}}$$

$$7.37 \leq 45.81$$

b_{ef}: Largura efetiva do elemento.

$$b_{ef} : \underline{85.50} \text{ mm}$$

$$b_{ef} = b$$

Onde:

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

$$(b/t) : \underline{7.37}$$

b: Largura.

$$b : \underline{85.50} \text{ mm}$$

t: Espessura.

$$t : \underline{11.60} \text{ mm}$$

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

$$(b/t)_{lim} = 0.56 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$(b/t)_{lim} : \underline{45.81}$$

E: Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \underline{200000} \text{ MPa}$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{166.70} \text{ MPa}$$

Força axial de flambagem elástica:

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):

$$N_e : \underline{219.77} \text{ kN}$$

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

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_x}{(L_x)^2}$$

$$N_{ex} : \underline{3441.97} \text{ kN}$$

Onde:

L_x: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo X.

L_x : 9.024 m

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

I_x : 14200.00 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:

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{(L_y)^2}$$

N_{ey} : 219.77 kN

Onde:

L_y: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.

L_y : 9.334 m

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

I_y : 970.00 cm⁴

E: Módulo de elasticidade do aço.

E : 200000 MPa

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

$$N_{ez} = \frac{1}{r_0^2} \cdot \left[\frac{\pi^2 \cdot E \cdot C_w}{L_z^2} + G \cdot J \right]$$

N_{ez} : ∞

Onde:

L_z: Comprimento de flambagem por torção.

L_z : 0.000 m

E: Módulo de elasticidade do aço.

E : 200000 MPa

C_w: Constante de empenamento da seção transversal.

C_w : 287000.00 cm⁶

G: Módulo de elasticidade transversal do aço.

G : 77000 MPa

J: Constante de torção da seção transversal.

J : 23.70 cm⁴

r₀: Raio de giração polar da seção bruta em relação ao centro de cisalhamento.

$$r_0 = \sqrt{(r_x^2 + r_y^2 + x_0^2 + y_0^2)}$$

r₀ : 15.34 cm

Onde:

r_x, r_y: Raios de giração em relação aos eixos principais X, Y, respectivamente.

r_x : 14.84 cm

r_y : 3.88 cm

X₀, Y₀: Coordenadas do centro de cisalhamento na direção dos eixos principais X, Y, respectivamente.

X₀ : 0.00 mm

Y₀ : 0.00 mm

Resistência à flexão eixo X

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{M_{sd}}{M_{Rd}} \leq 1$$

η : 0.278 ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 4.667 m do nó N2, para a combinação de ações 1.3·PP+Z1.

M_{sd}⁺: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

M_{sd}⁺ : 37.65 kN·m

Já que ' $\lambda \leq \lambda_r$ ', deve-se considerar viga de alma não-esbelta

45.97 ≤ **197.43**

Onde:

$$\lambda = \frac{h}{t_w}$$

λ : 45.97

Sendo:

h: Altura da alma, tomada igual à distância entre as faces internas das mesas.

h : 332.80 mm

t_w: Espessura da alma.

t_w : 7.24 mm

$$\lambda_r = 5.70 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

λ_r : 197.43

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço.

E : 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 166.70 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} : 135.63 kN·m

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo:

$$M_{Rd} = \frac{1.50 \cdot W \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

M_{Rd} : 181.34 kN·m

Onde:

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

W_x : 797.75 cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 166.70 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

γ_{a1} : 1.10

(b) Estado-limite último de flambagem lateral com torção, FLT:

Não é necessário, pois o comprimento de flambagem lateral é nulo.

(c) Estado-limite último de flambagem local da mesa comprimida, FLM:

$$\lambda \leq \lambda_p$$

7.37 ≤ **13.16**

$$M_{Rd} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

M_{Rd} : 135.63 kN·m

Onde:

$$\lambda = \frac{b_f/2}{t_f}$$

λ : 7.37

Sendo:

b_f: Largura da mesa comprimida.

b_f : 171.00 mm

t_f: Espessura da mesa comprimida.

t_f : 11.60 mm

$$\lambda_p = 0.38 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

λ_p : 13.16

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço.**E :** 200000 MPa**f_y:** Resistência ao escoamento do aço.**f_y :** 166.70 MPa

$$M_{pl} = Z \cdot f_y$$

M_{pl} : 149.20 kN·m

Onde:

Z_x: Módulo de resistência plástico.**Z_x :** 895.00 cm³**f_y:** Resistência ao escoamento do aço.**f_y :** 166.70 MPa**γ_{a1}:** Coeficiente de segurança do material.**γ_{a1} :** 1.10

(d) Estado-limite último de flambagem local da alma, FLA:

$$\lambda \leq \lambda_p$$

45.97 ≤ 130.24

$$M_{Rd} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

M_{Rd} : 135.63 kN·m

Onde:

$$\lambda = \frac{h}{t_w}$$

λ : 45.97

Sendo:

h: Altura da alma, tomada igual à distância entre as faces internas das mesas.**h :** 332.80 mm**t_w:** Espessura da alma.**t_w :** 7.24 mm

$$\lambda_p = 3.76 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

λ_p : 130.24

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço.**E :** 200000 MPa**f_y:** Resistência ao escoamento do aço.**f_y :** 166.70 MPa

$$M_{pl} = Z \cdot f_y$$

M_{pl} : 149.20 kN·m

Onde:

Z_x: Módulo de resistência plástico.**Z_x :** 895.00 cm³**f_y:** Resistência ao escoamento do aço.**f_y :** 166.70 MPa**γ_{a1}:** Coeficiente de segurança do material.**γ_{a1} :** 1.10**Resistência à flexão eixo Y**

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{M_{sd}}{M_{Rd}} \leq 1$$

η : 0.079 ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 4.667 m do nó N2, para a combinação de ações PP+Y1.

M_{sd}: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.**M_{sd}**: 2.05 kN·m

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} deve ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções:

$$M_{Rd} : \underline{25.79} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo:

$$M_{Rd} = \frac{1.50 \cdot W \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

$$M_{Rd} : \underline{25.79} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Onde:

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

$$W_y : \underline{113.45} \text{ cm}^3$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{166.70} \text{ MPa}$$

γ_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

(b) Estado-limite último de flambagem local da mesa comprimida, FLM:

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$7.37 \leq 13.16$$

$$M_{Rd} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$M_{Rd} : \underline{26.37} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Onde:

$$\lambda = \frac{b_f/2}{t_f}$$

$$\lambda : \underline{7.37}$$

Sendo:

b_f : Largura da mesa comprimida.

$$b_f : \underline{171.00} \text{ mm}$$

t_f : Espessura da mesa comprimida.

$$t_f : \underline{11.60} \text{ mm}$$

$$\lambda_p = 0.38 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_p : \underline{13.16}$$

Sendo:

E : Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \underline{200000} \text{ MPa}$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{166.70} \text{ MPa}$$

$$M_{pl} = Z \cdot f_y$$

$$M_{pl} : \underline{29.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Onde:

Z_y : Módulo de resistência plástico.

$$Z_y : \underline{174.00} \text{ cm}^3$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{166.70} \text{ MPa}$$

γ_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

Resistência ao esforço cortante X

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{V_{Sd}}{V_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.002} \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N2, para a combinação de ações PP+Y2.

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

V_{Sd} : 0.90 kN

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

$$7.37 \leq 41.74$$

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$V_{Rd} = \frac{V_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

V_{Rd} : 360.73 kN

Onde:

$$\lambda = \frac{b_f/2}{t_f}$$

λ : 7.37

Sendo:

b_f: Largura das mesas.

b_f : 171.00 mm

t_f: Espessura das mesas.

t_f : 11.60 mm

$$\lambda_p = 1.10 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}}$$

λ_p : 41.74

Sendo:

k_v: Coeficiente de flambagem.

k_v : 1.20

E: Módulo de elasticidade do aço.

E : 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 166.70 MPa

$$V_{pl} = 0.60 \cdot A_w \cdot f_y$$

V_{pl} : 396.80 kN

Sendo:

A_w: Área efetiva ao cisalhamento.

$$A_w = 2 \cdot b_f \cdot t_f$$

A_w : 39.67 cm²

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

γ_{a1} : 1.10

Resistência ao esforço cortante Y

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{V_{Sd}}{V_{Rd}} \leq 1$$

η : 0.074 ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N2, para a combinação de ações 1.3·PP+Z2.

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

V_{Sd} : 17.30 kN

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

$$45.97 \leq 88.05$$

$$\lambda \leq \lambda_p$$

V_{Rd} : 234.36 kN

$$V_{Rd} = \frac{V_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

Onde:

$$\lambda = \frac{h}{t_w}$$

$$\lambda : 45.97$$

Sendo:

h: Altura da alma, tomada igual à distancia entre as faces internas das mesas.

$$h : 332.80 \text{ mm}$$

t_w: Espessura da alma.

$$t_w : 7.24 \text{ mm}$$

$$\lambda_p = 1.10 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}}$$

$$\lambda_p : 88.05$$

Sendo:

k_v: Coeficiente de flambagem.

$$k_v : 5.34$$

E: Módulo de elasticidade do aço.

$$E : 200000 \text{ MPa}$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : 166.70 \text{ MPa}$$

$$V_{pl} = 0.60 \cdot A_w \cdot f_y$$

$$V_{pl} : 257.80 \text{ kN}$$

Sendo:

A_w: Área efetiva ao cisalhamento.

$$A_w = d \cdot t_w$$

$$A_w : 25.77 \text{ cm}^2$$

d: Altura total da seção transversal.

$$d : 356.00 \text{ mm}$$

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

$$\gamma_{a1} : 1.10$$

Resistência ao esforço axial e flexão combinados

Deve satisfazer:

$$\eta \leq 1$$

$$\eta : 0.360 \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 4.668 m do nó N2, para a combinação de ações 1.3·PP+Z1+X1+Y1.

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

$$N_{c,Sd} : 1.25 \text{ kN}$$

M_{x,Sd}: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

$$M_{x,Sd}^+ : 37.64 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

M_{y,Sd}: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

$$M_{y,Sd}^- : 2.05 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$N_{Sd} / N_{Rd} < 0.2$$

$$0.007 < 0.200$$

$$\eta = \frac{N_{c,Sd}}{2 \cdot N_{c,Rd}} + \left(\frac{M_{x,Sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,Sd}}{M_{y,Rd}} \right) \leq 1$$

$$\eta : 0.360$$

Onde:

 $N_{c,Rd}$: Força axial resistente de cálculo de compressão. $N_{c,Rd}$: 175.22 kN $M_{x,Rd}, M_{y,Rd}$: Momentos fletores resistentes de cálculo, respectivamente em relação aos eixos X e Y da seção transversal. $M_{x,Rd}$: 135.63 kN·m $M_{y,Rd}$: 25.79 kN·m**Resistência à torção**

Já que a norma não proporciona uma verificação geral para seções não tubulares submetidas exclusivamente à torção, considera-se que este elemento também deve cumprir o seguinte critério:

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{T_{Sd}}{T_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.010} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações PP+Y2.

 T_{Sd} : Momento de torção solicitante de cálculo, desfavorável. T_{Sd} : 0.02 kN·mO momento de torção resistente de cálculo, T_{Rd} , é determinado pela expressão:

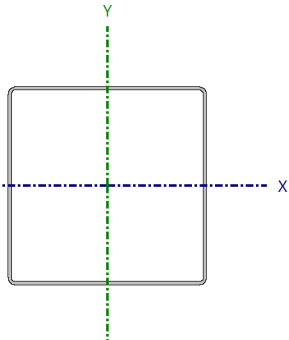
$$T_{Rd} = \frac{0.60 \cdot W_T \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

 T_{Rd} : 1.86 kN·m

Onde:

 W_T : Módulo de resistência à torção. W_T : 20.43 cm³ f_y : Resistência ao escoamento do aço. f_y : 166.70 MPa γ_{a1} : Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

Verificação da Coluna
Perfil: 150 X 3 mm
Material: Aço (A36 - Tensão de Projeto (166,7 MPa))



Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas			
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _x ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N1	N2	5.490	17.40	622.21	622.21	964.64
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	0.52	0.70	0.00	0.00		
L _k	2.879	3.843	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						

Barra	VERIFICAÇÕES													Estado
	b/t	λ	N _t	N _c	M _x	M _y	V _x	V _y	M _x V _y	M _y V _x	N _c M _x M _y	N _t M _x M _y	M _t	
N1/N2	(b _w /t) ≤ 500 Passa	λ _{xx} ≤ 200.0 λ _{yy} ≤ 200.0 Passa	N _{t,Sd} = 0.00 N.A. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 8.5	x: 0 m η = 39.6	x: 5.49 m η = 25.1	η = 1.1	η = 1.2	x: 0 m η = 15.7	x: 5.49 m η = 6.3	x: 0 m η = 56.7	N.A. ⁽²⁾	η = 3.9	PASSA η = 56.7
Notação: b/t: Valores máximos da relação comprimento-espessura λ: Limitação de esbeltez N_t: Resistência à tração N_c: Resistência à compressão M_x: Resistência à flexão eixo X M_y: Resistência à flexão eixo Y V_x: Resistência ao esforço cortante X V_y: Resistência ao esforço cortante Y M_xV_y: Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados M_yV_x: Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados N_cM_xM_y: Resistência à flexo-compressão N_tM_xM_y: Resistência à flexo-tração M_t: Resistência à torção x: Distância à origem da barra η: Coeficiente de aproveitamento (%) N.A.: Não aplicável														
Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.): ⁽¹⁾ A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração. ⁽²⁾ Não há interação entre o esforço axial de tração e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.														

Resistência à compressão

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{N_{c,Sd}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \mathbf{0.085} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N1, para a combinação de ações 1.1·PP+Z2.

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

$N_{c,Sd}$: 17.72 kN

A força normal de compressão resistente de cálculo $N_{c,Rd}$ deve ser tomada como:

$$N_{c,Rd} = \chi A_{ef} f_y / \gamma$$

$N_{c,Rd}$: 208.91 kN

Onde:

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

A_{ef} : 17.40 cm²

χ : Fator de redução associado à flambagem, $\lambda_0 \leq 1,5 \rightarrow \chi = 0.658^{\lambda_0^2}$

χ_{xx} : 0.86

χ_{yy} : 0.92

Sendo:

λ_0 : Índice de esbeltez reduzido para barras comprimidas.

$\lambda_{0, xx}$: 0.59

$\lambda_{0, yy}$: 0.44

$$\lambda_0 = \left[\frac{A f_y}{N_e} \right]^{0.5}$$

Sendo:

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

A : Área bruta da seção transversal da barra.

A : 17.40 cm²

f_y : Tensão de escoamento.

f_y : 166.70 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), b) e c):

N_e : 831.62 kN

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

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 E I_x}{(K_x L_x)^2}$$

N_{ex} : 831.62 kN

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

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 E I_y}{(K_y L_y)^2}$$

N_{ey} : 1481.86 kN

c) Força normal de flambagem elástica por torção.

Não é necessário, dado que o comprimento efetivo de flambagem por torção, $K_t L_t$, é nula.

Onde:

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

I_x : 622.21 cm⁴

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

I_y : 622.21 cm⁴

E : Módulo de elasticidade.

E : 200000 MPa

$K_x L_x$: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo X.

$K_x L_x$: 3.843 m

$K_y L_y$: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.

$K_y L_y$: 2.879 m

Resistência à flexão eixo X

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{M_{Sd}}{M_{Rd}} \leq 1$$

η : 0.396 ✓

O momento fletor desfavorável de cálculo M_{Sd} é obtido para o nó N1, para a combinação de hipóteses PP+Y2.

M_{Sd} : 4.92 kN·m

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

M_{Rd} : 12.43 kN·m

a) Início de escoamento da seção efetiva

$$M_{Rd} = W_{ef} f_y / \gamma$$

M_{Rd} : 12.43 kN·m

Onde:

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.

W_{ef} : 82.00 cm³

f_y : Tensão de escoamento.

f_y : 166.70 MPa

γ : Coeficiente de ponderação das resistências.

γ : 1.1

b) Flambagem lateral com torção

Não procede, pois o comprimento efetivo de flambagem lateral por torção $K_t L_t$ e os comprimentos efetivos de flambagem lateral $K_y L_y^{pos}$ e $K_y L_y^{neg}$ são nulos.

Resistência à flexão eixo Y

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{M_{Sd}}{M_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.251} \quad \checkmark$$

O momento fletor desfavorável de cálculo M_{Sd} é obtido para o nó N2, para a combinação de hipóteses 1.1·PP+Z1.

$$M_{Sd} : \underline{3.12} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} deve ser tomado como:

$$M_{Rd} : \underline{12.43} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{Rd} = W_{ef} f_y / \gamma$$

Onde:

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.

f_y : Tensão de escoamento.

γ : Coeficiente de ponderação das resistências.

$$W_{ef} : \underline{82.00} \text{ cm}^3$$

$$f_y : \underline{166.70} \text{ MPa}$$

$$\gamma : \underline{1.1}$$

Resistência ao esforço cortante X

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{V_{w,Sd}}{V_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.011} \quad \checkmark$$

O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável V_{Sd} produz-se para a combinação de hipóteses 1.1·PP+Z1.

$$V_{Sd} : \underline{0.85} \text{ kN}$$

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

$$V_{Sd} : \underline{0.42} \text{ kN}$$

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

$$^{(1)}V_{Rd} : \underline{37.64} \text{ kN}$$

$$\text{para } ^{(1)}h/t \leq 1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.6f_y h t / \gamma$$

$$1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} : \underline{83.65}$$

$$\text{para } ^{(2)}1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} < h/t \leq 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.65t^2 (k_v f_y E)^{0.5} / \gamma$$

$$h/t : \underline{46.00}$$

$$\text{para } ^{(3)}h/t > 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = [0.905Ek_v t^3 / h] / \gamma$$

$$1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} : \underline{108.43}$$

Onde:

t : Espessura da alma.	t : <u>3.00</u> mm
h : Largura da alma.	h : <u>138.00</u> mm
f_y : Tensão de escoamento.	f_y : <u>166.70</u> MPa
E : Módulo de elasticidade.	E : <u>200000</u> MPa
γ : Coeficiente de ponderação das resistências.	γ : <u>1.1</u>
K_v : Coeficiente de flambagem local por cisalhamento, que para a alma sem enrijecedores transversais é dado por: $k_v = 5.00$	K_v : <u>5.00</u>

Resistência ao esforço cortante Y

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{V_{w,Sd}}{V_{Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.012} \quad \checkmark$$

O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável **V_{Sd}** produz-se para a combinação de hipóteses PP+Y2. **V_{Sd}** : 0.90 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}** : 0.45 kN

A força cortante resistente de cálculo da alma **V_{Rd}** deve ser calculada por: ⁽¹⁾**V_{Rd}** : 37.64 kN

para $^{(1)}h/t \leq 1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.6f_yht/\gamma$ **1.08(EK_v/f_y)^{0.5}** : 83.65

para $^{(2)}1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} < h/t \leq 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.65t^2(k_v f_y E)^{0.5}/\gamma$ **h/t** : 46.00

para $^{(3)}h/t > 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = [0.905Ek_v t^3/h]/\gamma$ **1.4(EK_v/f_y)^{0.5}** : 108.43

Onde:

t : Espessura da alma.	t : <u>3.00</u> mm
h : Largura da alma.	h : <u>138.00</u> mm
f_y : Tensão de escoamento.	f_y : <u>166.70</u> MPa
E : Módulo de elasticidade.	E : <u>200000</u> MPa
γ : Coeficiente de ponderação das resistências.	γ : <u>1.1</u>
K_v : Coeficiente de flambagem local por cisalhamento, que para a alma sem enrijecedores transversais é dado por: $k_v = 5.00$	K_v : <u>5.00</u>

Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados

Os esforços de cálculo desfavoráveis M_{Sd} e V_{Sd} são obtidos no nó N1, para a combinação de hipóteses PP+Y2.

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:

$$\eta = \left(\frac{M_{Sd}}{M_{0,Rd}} \right)^2 + \left(\frac{V_{Sd}}{V_{0,Rd}} \right)^2 \quad \eta : \underline{0.157} \checkmark$$

Onde:

M_{Sd} : Momento fletor solicitante de cálculo.

$M_{Sd} : \underline{4.92} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{0,Rd}$: Momento fletor resistente de cálculo conforme 9.8.2.1.

$M_{0,Rd} : \underline{12.43} \text{ kN}\cdot\text{m}$

V_{Sd} : Força cortante solicitante de cálculo.

$V_{Sd} : \underline{0.90} \text{ kN}$

V_{Rd} : Força cortante resistente de cálculo conforme 9.8.3.

$V_{Rd} : \underline{75.29} \text{ kN}$

Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados

Os esforços de cálculo desfavoráveis M_{Sd} e V_{Sd} são obtidos no nó N2, para a combinação de hipóteses 1.1-PP+Z1.

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:

$$\eta = \left(\frac{M_{Sd}}{M_{0,Rd}} \right)^2 + \left(\frac{V_{Sd}}{V_{0,Rd}} \right)^2 \quad \eta : \underline{0.063} \checkmark$$

Onde:

M_{Sd} : Momento fletor solicitante de cálculo.

$M_{Sd} : \underline{3.12} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{0,Rd}$: Momento fletor resistente de cálculo conforme 9.8.2.1.

$M_{0,Rd} : \underline{12.43} \text{ kN}\cdot\text{m}$

V_{Sd} : Força cortante solicitante de cálculo.

$V_{Sd} : \underline{0.85} \text{ kN}$

V_{Rd} : Força cortante resistente de cálculo conforme 9.8.3.

$V_{Rd} : \underline{75.29} \text{ kN}$

Resistência à flexo-compressão

Os esforços de cálculo desfavoráveis são obtidos no nó N1, para a combinação de hipóteses PP+Z2+X2+Y2.

$$\eta = \frac{N_{c,Sd}}{N_{Rd}} + \frac{M_{x,Sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,Sd}}{M_{y,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.567} \checkmark$$

Onde:

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

$N_{c,Sd} : \underline{17.12} \text{ kN}$

$M_{x,Sd}$, $M_{y,Sd}$: Momentos flettores solicitantes de cálculo em relação aos eixos X e Y, respectivamente.

$M_{x,Sd}$: 4.92 kN·m

$M_{y,Sd}$: 1.11 kN·m

$N_{c,Rd}$: Força normal de compressão resistente de cálculo, conforme 9.7.

$N_{c,Rd}$: 208.91 kN

$M_{x,Rd}$, $M_{y,Rd}$: Momentos flettores resistentes de cálculo em relação aos eixos X e Y, respectivamente, calculados conforme 9.8.2.

$M_{x,Rd}$: 12.43 kN·m

$M_{y,Rd}$: 12.43 kN·m

Resistência à torção

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{M_{t,Sd}}{M_{t,Rd}} \leq 1$$

η : 0.039 ✓

O momento torsor solicitante de cálculo desfavorável $M_{t,Sd}$ produz-se para a combinação de hipóteses PP+Y2.

$M_{t,Sd}$: 0.46 kN·m

O momento torsor resistente de cálculo $M_{t,Rd}$ é dado por:

$$M_{t,Rd} = 0.6 f_y W_t / \gamma$$

$M_{t,Rd}$: 11.78 kN·m

Onde:

W_t : módulo de resistência à torção

W_t : 129.55 cm³

f_y : Tensão de escoamento.

f_y : 166.70 MPa

γ : Coeficiente de ponderação das resistências.

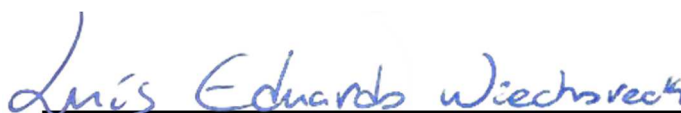
γ : 1.1

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Conforme exposto nesse Relatório, os equipamentos aqui descritos se encontram em conformidade e podem ser utilizados para as atividades a que se destinam, não podendo ultrapassar a capacidade de carga estipulada.

Nenhum item do sistema deve ser inserido, retirado ou modificado, sem autorização expressa, o que resultará na invalidação deste relatório.

Atenciosamente,



Luís Eduardo Wiechoreck
Engenheiro Mecânico
Engenheiro de Segurança do Trabalho
CREA RS2211066380



Tipo: OBRA OU SERVIÇO **Participação Técnica:** INDIVIDUAL/PRINCIPAL
Convênio: NÃO É CONVÊNIO **Motivo:** NORMAL

Contratado

Carteira: RS190508 **Profissional:** LUÍS EDUARDO WIECHORECK **E-mail:** eduardowie@gmail.com
RNP: 2211066380 **Título:** Engenheiro Mecânico, Engenheiro de Segurança do Trabalho
Empresa: SIAOTECH EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS COMERCIO INDUSTRIA E SERVICO LTDA **Nr.Reg.:** 266660

Contratante

Nome: SIAOTECH EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS E SERVIÇOS LTDA **E-mail:**
Endereço: Rua JERONIMO DEMORI 1474 **Telefone:** (54) 99192 9494 **CPF/CNPJ:** 43983467000101
Cidade: Caxias do Sul **Bairro:** SÃO LUIZ **CEP:** 95074758 **UF:** RS

Identificação da Obra/Serviço

Proprietário: SPHEROS DO BRASIL S/A **CPF/CNPJ:** 04576105000144
Endereço da Obra/Serviço: Avenida RIO BRANCO 4688 **CEP:** 95096000 **UF:** RS
Cidade: CAXIAS DO SUL **Bairro:** RIO BRANCO **Honorários(R\$):** 0,00
Finalidade: INDUSTRIAL **Vlr Contrato(R\$):** 1.500,00 **Ent.Classe:**
Data Início: 13/01/2026 **Prev.Fim:** 20/01/2026

Atividade Técnica	Descrição da Obra/Serviço	Quantidade	Unid.
Projeto e Execução	Equipamentos Mecânicos e Eletro-Mecânicos	1,00	UN
Observações	REFERENTE A UMA MONOVIGA COM CAPACIDADE DE 1 TON.		
Observações	PROJETO PR 26 01 001.		

ART registrada (paga) no CREA-RS em 20/01/2026

Caxias do Sul/RS - 20/01/2026

Local e Data

Declaro serem verdadeiras as informações acima

LUÍS EDUARDO WIECHORECK

Profissional

De acordo

SIAOTECH EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS E SERVIÇOS LTDA

Contratante

A AUTENTICIDADE DESTA ART PODE SER CONFIRMADA NO SITE DO CREA-RS, LINK SOCIEDADE - ART CONSULTA.