



SIAOTECH



2024
PROJETO:
BRAÇO GIRATÓRIO
AUTOMÁTICO 750 KG

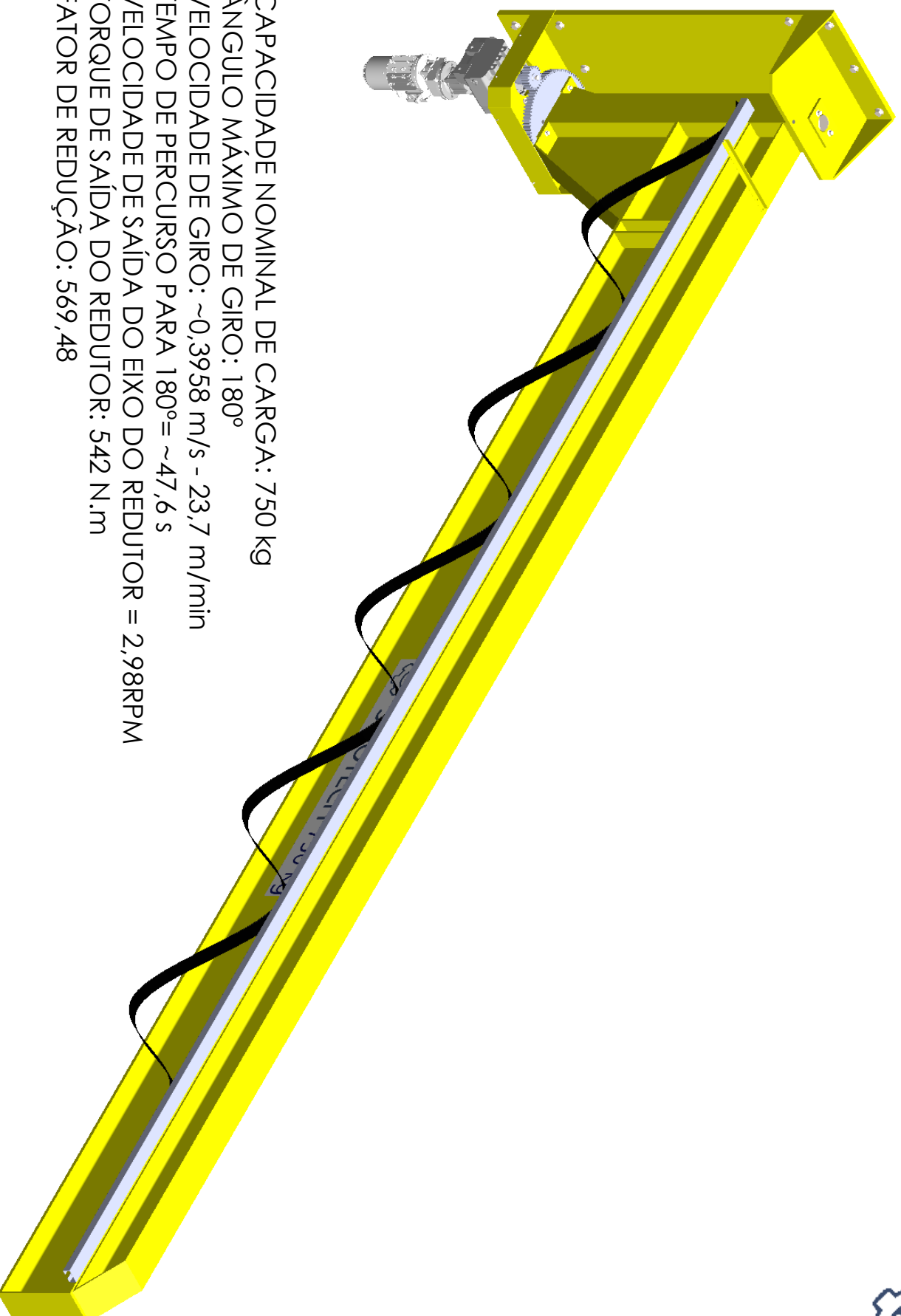
CLIENTE: MADAL PALFINGER

www.siaotech.com

Índice

Braço Giratório Automático.....	3
Vista Explodida.....	4
Lista de Componentes Sobressalentes.....	5
Detalhamento -Console.....	6
Detalhamento – Braço Giratório	7

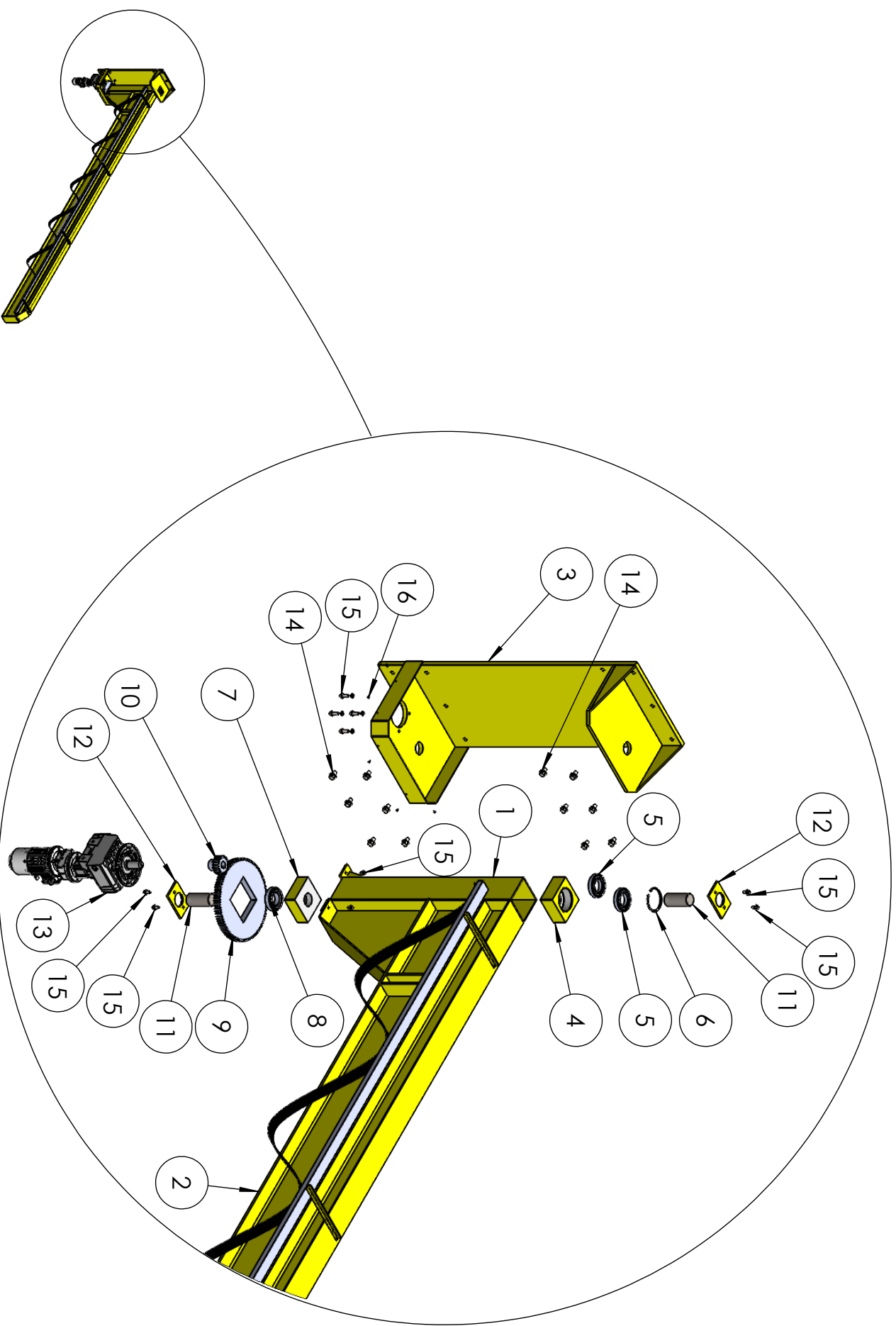
BRAÇO GIRATÓRIO AUTOMÁTICO



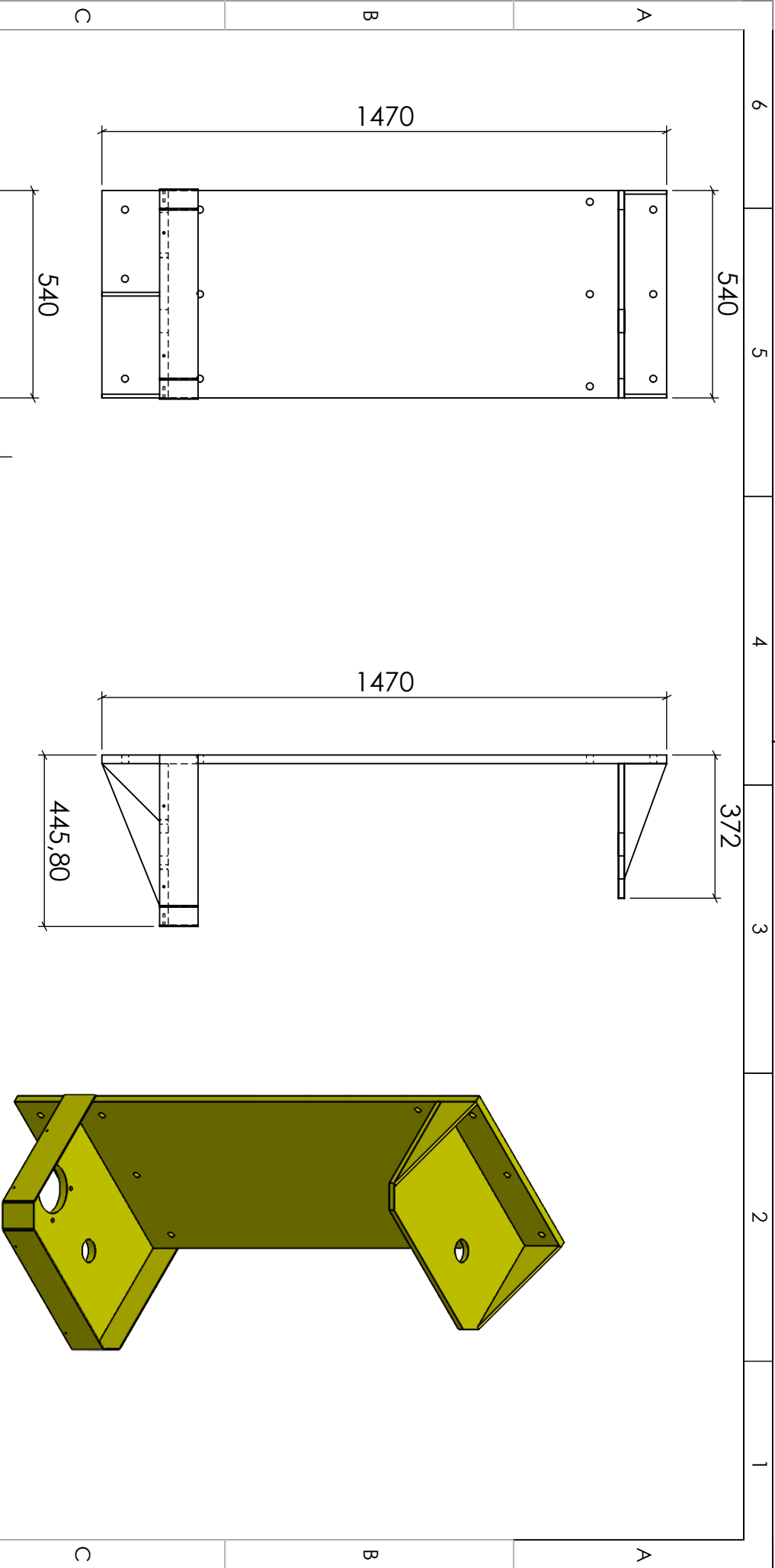
CAPACIDADE NOMINAL DE CARGA: 750 kg
ÂNGULO MÁXIMO DE GIRO: 180°
VELOCIDADE DE GIRO: ~0,3958 m/s - 23,7 m/min
TEMPO DE PERCURSO PARA 180°= ~47,6 s
VELOCIDADE DE SAÍDA DO EIXO DO REDUTOR = 2,98RPM
TORQUE DE SAÍDA DO REDUTOR: 542 N.m
FATOR DE REDUÇÃO: 569,48

OBS: A FREQUÊNCIA DO MOTOREDUTOR DEVE SER REDUZIDA, POIS A VELOCIDADE DE DESLOCAMENTO ESTÁ ALTA - DEVE ESTAR DENTRO DE NO MÁXIMO 12 m/s

VISTA EXPLODIDA



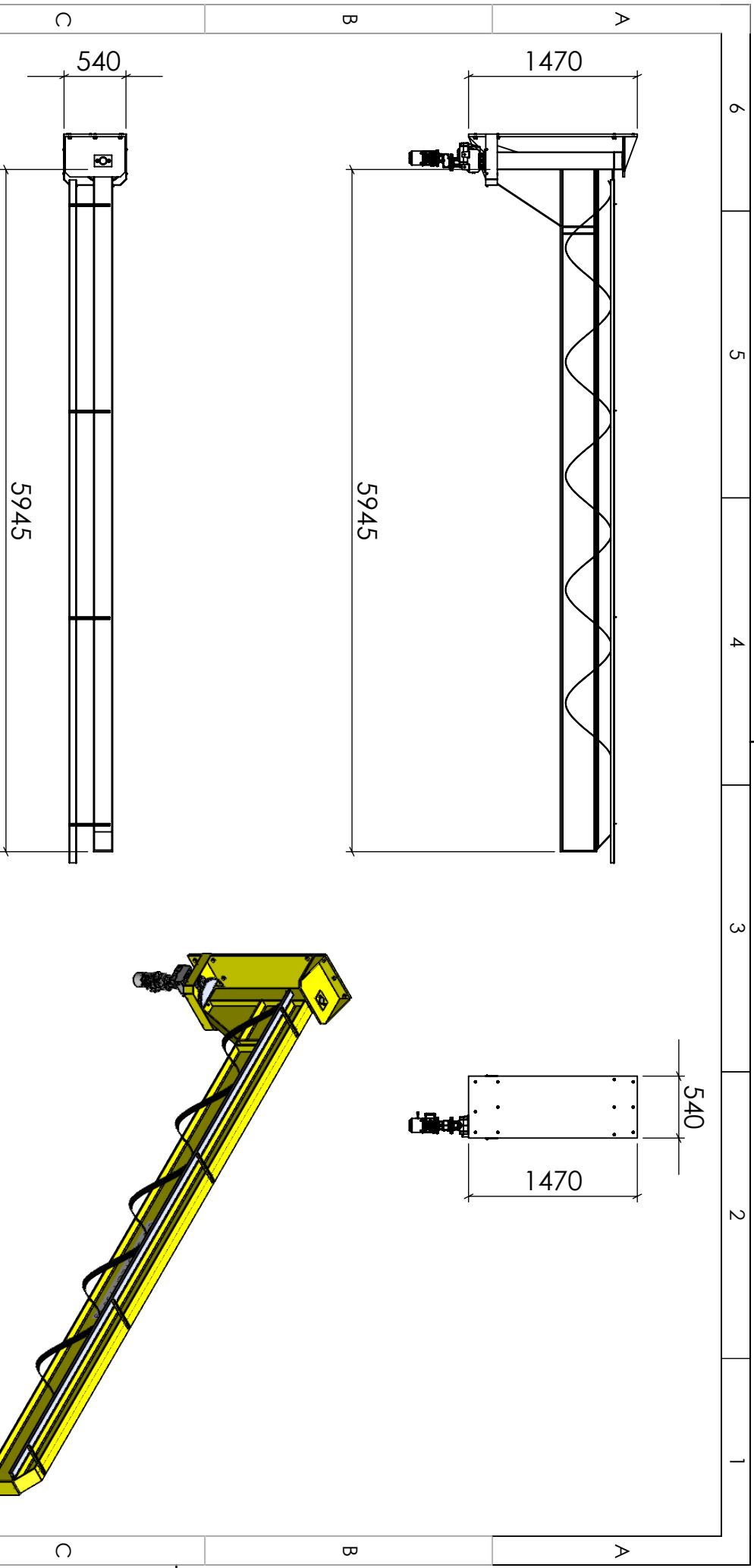
Nº DO ITEM	NOME DO COMPONENTE	QTDE	MATERIAL/DESIGNAÇÃO
1	COLUNA-LANÇA	1	ASTM A36
2	LANÇA	1	ATSM A36
3	CONSOLE	1	ASTM A36
4	MANCAL SUPERIOR	1	ASTM A36
5	ROLAMENTO RÍGIDO DE ESFERAS	2	6212
6	ANEL ELÁSTICO	1	SP110
7	MANCAL INFERIOR	1	ASTM A36
8	ROLAMENTO DE ROLOS CÔNICOS	1	32212
9	ENGRENAGEM MOVIDA	1	SAE 4140
10	ENGRENAGEM MOTORA	1	SAE 4140
11	PINO	2	ASTM A36
12	CHAPA-PINO	2	ASTM A36
13	MOTOREDUTOR	1	IBR 001-17740
14	PARAFUSO	12	M16
15	PARAFUSO	13	M10
16	PARAFUSO	6	M6



Projeto:	CONSOLE	Código:	PB-14-03-024
Desenhista:	NEYDSON MONTEIRO	Eng. Responsável:	LUÍS EDUARDO W.
Revisado:	ROBSON MONTEIRO	SIAOTECH CREA:	RS266660
Cliente: MADAL PALFINGER			
Data: 02/05/2024		Folha: A4 (ISO)	
Escala: 1:1,5		Página: 06 de 07	



TODAS AS MEDIDAS ESTÃO COTADAS EM MILÍMETROS



Projeto:	BRAÇO GIRATÓRIO AUTOMÁTICO 750 kg	Código:	PB-14-03-024
Desenhista:	NEYDSON MONTEIRO	Eng. Responsável:	LUÍS EDUARDO W.
Revisado:	ROBSON MONTEIRO	SIAOTECH CREA:	RS266660
 SIAOTECH		Cliente: MADAL PALFINGER	
		Data:	02/05/2024
		Folha:	A4 (ISO)
TODAS AS MEDIDAS ESTÃO COTADAS EM MILÍMETROS		Escala:	1:50



SIAOTECH



2024 RELATÓRIO: CONFORMIDADE MECÂNICA BRAÇO GIRATÓRIO

CLIENTE: MADAL PALFINGER

www.siaotech.com

2024



SIAOTECH

Relatório Conformidade Mecânica

MADAL PALFINGER

Caxias do Sul/RS

Equipamento 051

	REV. 00	REV. 01	REV. 02	REV. 03	REV. 04	REV. 05
DATA	06/05/2024					
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
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	19

IDENTIFICAÇÃO DA CONTRATANTE**MADAL PALFINGER S/A****CNPJ:** 88.613.856/0001-83**IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL DO SERVIÇO****MADAL PALFINGER S/A****CNPJ:** 88.613.856/0001-83**ENDEREÇO DA OBRA:**

Rua Flávio Francisco Bellini, 350 - Salgado Filho

Cidade: Caxias do Sul - RS CEP 95098-170**RESPONSÁVEL TÉCNICO**

Luís Eduardo Wiechoreck

*Engenheiro Mecânico**Engenheiro de Segurança do Trabalho**CREA RS2211066380***SISTEMA:** PR 24 05 036 - SIAOTECH_PALFINGER - Braço Mecânico de Elevação
051**ART Nr.:** 13166520

OBJETIVO

Este relatório foi desenvolvido com o objetivo de evidenciar a conformidade mecânica em um braço giratório com talha fabricado e instalado na empresa Madal Palfinger em Caxias do Sul.

ESCOPO

Fazem parte deste relatório as seguintes talhas:

Identificação:	051	Setor:	-
Fabric. Talha:	TCS	Capacidade Talha:	1000 Kg
Modelo Talha:	TCS010N08TFTSS0	Capacidade Braço:	750 Kg

REFERÊNCIA NORMATIVA

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

NBR 8800:2008 – 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

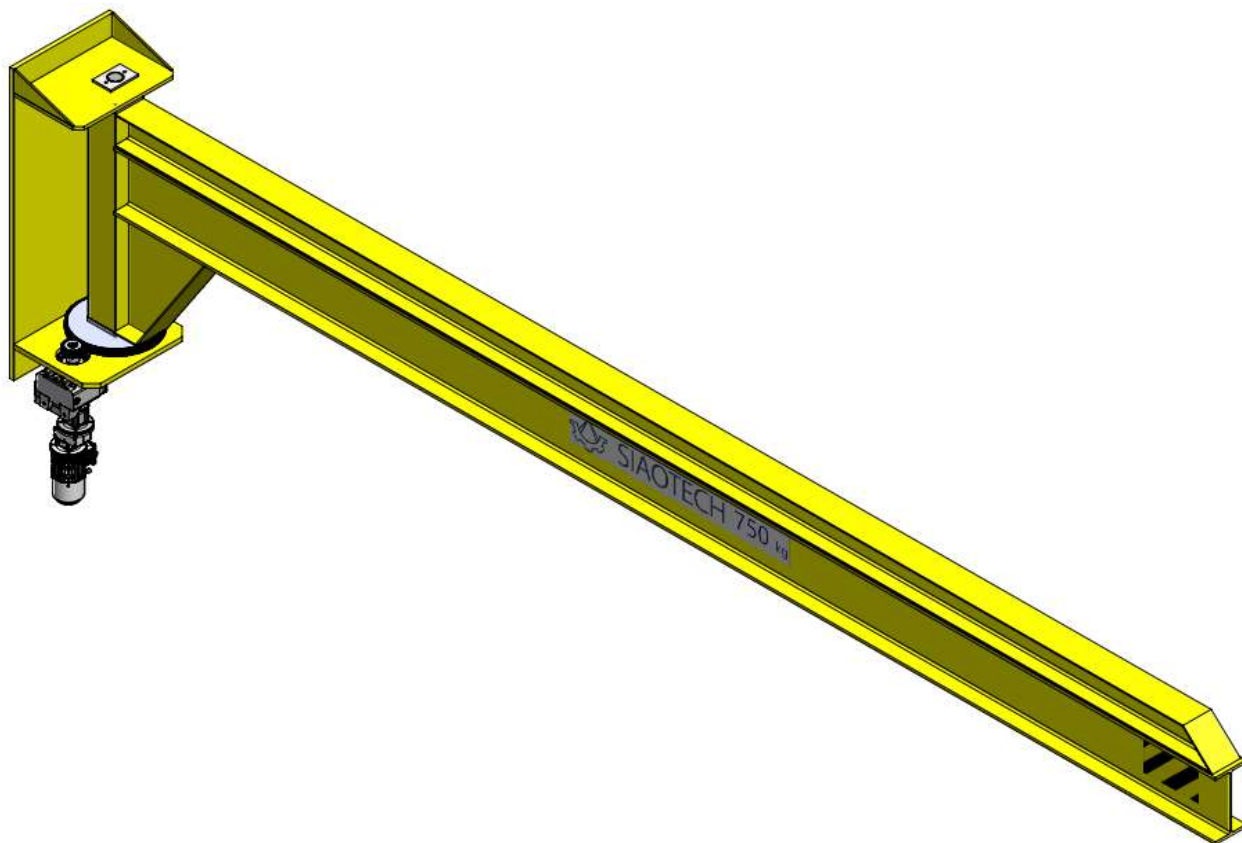
ASTM A572 - Standard specification for high-strength low-alloy columbium-vanadium structural steel

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 = 10,1 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 $0,078 \text{ m/s}^2$) = 0,75 KN

Tensão admissível de projeto = 145,1 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

Barra N2/N1

Perfil: W310 X 52 e W150 X 18

Material: Aço (A-36 - Tensão de Projeto)

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)
N2	N1	6.000	90.40	33415.00	1661.00	52.97

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	2.00	2.00
L _K	6.000	6.000	12.000	12.000
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 (ABNT NBR 8800:2008)											Estado
	λ	N _t	N _c	M _x	M _y	V _x	V _y	NM _x M _y	T	NMVT	σ τ f	
N2/N1	λ ≤ 200.0 Passa	N.A. ⁽¹⁾	η = 0.1	x: 6 m η = 78.6	x: 6 m η = 16.1	η = 0.1	x: 6 m η = 4.2	x: 6 m η = 94.8	N.A. ⁽²⁾	N.A. ⁽³⁾	x: 6 m η = 5.4	PASSA η = 94.8
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 _x M _y : Resistência ao esforço axial e flexão combinados T: Resistência à torção NMVT: Resistência ao momento de torção, força axial, momento fletor e cortante σ τ 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⁾ A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração. ⁽²⁾ A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor. ⁽³⁾ Não há interação entre a esforço axial, momento fletor, esforço cortante e momento torsor. Portanto, a verificação não é necessária.												

Limitação do índice de esbeltez

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

$$\lambda \leq 200$$

$$\lambda : \underline{143.4} \quad \checkmark$$

Onde:

λ: Índice de esbeltez.

$$\lambda = \frac{K \cdot L}{r}$$

$$\lambda_x : \underline{32.0}$$

$$\lambda_y : \underline{143.4}$$

Sendo:

 $K_x \cdot L_x$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo X. $K_x \cdot L_x$: 6.000 m $K_y \cdot L_y$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo Y. $K_y \cdot L_y$: 6.000 m r_x, r_y : Raios de giração em relação aos eixos principais X, Y, respectivamente. r_x : 18.76 cm
 r_y : 4.18 cm**Resistência à compressão**

Deve satisfazer:

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

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

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações PP+CargaHor.Principal01X.

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

$$N_{c,Sd} : \underline{0.75} \text{ kN}$$

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

$$N_{c,Rd} = \frac{\chi \cdot Q \cdot A_g \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{694.90} \text{ kN}$$

Onde:

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

$$\chi : \underline{0.484}$$

 Q : Fator de redução total associado à flambagem local.

$$Q : \underline{1.000}$$

 A_g : Área bruta da seção transversal da barra.

$$A_g : \underline{94.90} \text{ cm}^2$$

 f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{166.50} \text{ MPa}$$

 γ_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

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

Fator de redução χ :

$$\lambda_0 \leq 1.5 \rightarrow \chi = 0.658^{\lambda_0^2}$$

$$\chi : \underline{0.484}$$

Onde:

 λ_0 : Índice de esbeltez reduzido.

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

$$\lambda_0 : \underline{1.317}$$

Sendo:

 Q : Fator de redução total associado à flambagem local.

$$Q : \underline{1.000}$$

 A_g : Área bruta da seção transversal da barra.

$$A_g : \underline{94.90} \text{ cm}^2$$

 f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{166.50} \text{ MPa}$$

 N_e : Força axial de flambagem elástica.

$$N_e : \underline{910.75} \text{ kN}$$

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):

$$N_e : \underline{910.75} \text{ kN}$$

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

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

$$N_{ex} : \underline{18321.82} \text{ kN}$$

Onde:

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

$$K_x \cdot L_x : \underline{6.000} \text{ m}$$

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

$$I_x : \underline{33415.00} \text{ cm}^4$$

E: Módulo de elasticidade do aço.

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

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

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

$$N_{ey} : \underline{910.75} \text{ kN}$$

Onde:

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

$$K_y \cdot L_y : \underline{6.000} \text{ m}$$

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

$$I_y : \underline{1661.00} \text{ cm}^4$$

E: Módulo de elasticidade do aço.

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

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

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

$$N_{ez} : \underline{1404.44} \text{ kN}$$

Onde:

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

$$K_z \cdot L_z : \underline{12.000} \text{ m}$$

E: Módulo de elasticidade do aço.

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

C_w : Constante de empenamento da seção transversal.

$$C_w : \underline{811417.00} \text{ cm}^6$$

G: Módulo de elasticidade transversal do aço.

$$G : \underline{77000} \text{ MPa}$$

J: Constante de torção da seção transversal.

$$J : \underline{52.97} \text{ cm}^4$$

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

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

$$r_0 : \underline{19.23} \text{ cm}$$

Onde:

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

$$r_x : \underline{18.76} \text{ cm}$$

$$r_y : \underline{4.18} \text{ cm}$$

x_0, y_0 : Coordenadas do centro de cisalhamento na direção dos eixos principais X, Y, respectivamente.

$$x_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$y_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

Flambagem local de barras axialmente comprimidas:

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 4 da Tabela F.1.

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

$$6.55 \leq 19.41$$

Sendo:

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

$$(b/t) : 6.55$$

Onde:

b: Largura.

$$b : 95.00 \text{ mm}$$

t: Espessura.

$$t : 14.50 \text{ mm}$$

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

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

$$(b/t)_{lim} : 19.41$$

Onde:

E: Módulo de elasticidade do aço.

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

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : 166.50 \text{ MPa}$$

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

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

$$47.56 \leq 51.64$$

Sendo:

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

$$(b/t) : 47.56$$

Onde:

b: Largura.

$$b : 428.00 \text{ mm}$$

t: Espessura.

$$t : 9.00 \text{ mm}$$

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

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

$$(b/t)_{lim} : 51.64$$

Onde:

E: Módulo de elasticidade do aço.

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

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : 166.50 \text{ MPa}$$

Resistência à flexão eixo X

Deve satisfazer:

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

$$\eta : 0.786 \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N1, para a combinação de ações 1.3·PP+CargaVerticalPrincipalZ.

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

$$M_{Sd} : 77.70 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$47.56 \leq 197.55$$

Onde:

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

$$\lambda : 47.56$$

Sendo:

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

h : 428.00 mm

t_w: Espessura da alma.

t_w : 9.00 mm

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

λ_r : 197.55

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço.

E : 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 166.50 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} : 98.83 kN·m

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo

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

M_{Rd} : 332.02 kN·m

Onde:

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

W_x : 1462.36 cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 166.50 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

γ_{a1} : 1.10

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

$$\lambda > \lambda_r$$

286.83 > 202.18

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

M_{Rd} : 98.83 kN·m

Onde:

$$\lambda = \frac{L_b}{r_y}$$

λ : 286.83

Sendo:

L_{b,inf}: Distância entre pontos travados à flambagem lateral.

L_{b,inf} : 12.000 m

r_y: Raio de giração da seção em relação ao eixo principal de inércia perpendicular ao eixo de flexão.

r_y : 4.18 cm

$$\lambda_r = \frac{1.38 \cdot \sqrt{I_y \cdot J}}{r_y \cdot J \cdot \beta_1} \cdot \sqrt{1 + \sqrt{1 + \frac{27 \cdot C_w \cdot \beta_1^2}{I_y}}}$$

λ_r : 202.18

Sendo:

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

I_y : 1661.00 cm⁴

J: Constante de torção da seção transversal.

J : 52.97 cm⁴

C_w: Constante de empenamento da seção transversal.

C_w : 811417.00 cm⁶

$$\beta_1 = \frac{M_r}{E \cdot J}$$

β₁ : 0.016 cm⁻¹

$$M_r = W \cdot (f_y - \sigma_r)$$

$$M_r : \underline{170.44} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Sendo:

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

$$W_x : \underline{1462.36} \text{ cm}^3$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{166.50} \text{ MPa}$$

$$\sigma_r = 0.30 \cdot f_y$$

$$\sigma_r : \underline{49.95} \text{ MPa}$$

$$M_{cr} = \frac{C_b \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_b^2} \cdot \sqrt{\frac{C_w}{I_y} \cdot \left(1 + 0.039 \cdot \frac{J \cdot L_b^2}{C_w}\right)}$$

$$M_{cr} : \underline{108.72} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Sendo:

C_b: Fator de modificação para diagrama de momento fletor não-uniforme.

$$C_b : \underline{1.00}$$

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

$$M_{pl} : \underline{275.96} \text{ kN}$$

Onde:

Z_x: Módulo de resistência plástico.

$$Z_x : \underline{1657.40} \text{ cm}^3$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{166.50} \text{ MPa}$$

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

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

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

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$6.55 \leq 13.17$$

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

$$M_{Rd} : \underline{250.87} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Onde:

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

$$\lambda : \underline{6.55}$$

Sendo:

b_f: Largura da mesa comprimida.

$$b_f : \underline{190.00} \text{ mm}$$

t_f: Espessura da mesa comprimida.

$$t_f : \underline{14.50} \text{ mm}$$

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

$$\lambda_p : \underline{13.17}$$

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço.

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

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{166.50} \text{ MPa}$$

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

$$M_{pl} : \underline{275.96} \text{ kN}$$

Onde:

Z_x: Módulo de resistência plástico.

Z_x : 1657.40 cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 166.50 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

γ_{a1} : 1.10

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

47.56 ≤ 130.32

$$\lambda \leq \lambda_p$$

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

M_{Rd} : 250.87 kN·m

Onde:

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

λ : 47.56

Sendo:

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

h : 428.00 mm

t_w: Espessura da alma.

t_w : 9.00 mm

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

λ_p : 130.32

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço.

E : 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 166.50 MPa

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

M_{pl} : 275.96 kN

Onde:

Z_x: Módulo de resistência plástico.

Z_x : 1657.40 cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 166.50 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 : 0.161 ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N1, para a combinação de ações PP+CargaHor.Principal02Y.

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

M_{Sd} : 4.50 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} : 27.92 kN·m

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo:

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

$$M_{Rd} : \underline{39.70} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Onde:

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

$$W_y : \underline{174.84} \text{ cm}^3$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{166.50} \text{ MPa}$$

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

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

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

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$6.55 \leq 13.17$$

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

$$M_{Rd} : \underline{41.06} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Onde:

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

$$\lambda : \underline{6.55}$$

Sendo:

b_f: Largura da mesa comprimida.

$$b_f : \underline{190.00} \text{ mm}$$

t_f: Espessura da mesa comprimida.

$$t_f : \underline{14.50} \text{ mm}$$

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

$$\lambda_p : \underline{13.17}$$

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço.

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

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{166.50} \text{ MPa}$$

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

$$M_{pl} : \underline{45.17} \text{ kN}$$

Onde:

Z_y: Módulo de resistência plástico.

$$Z_y : \underline{271.30} \text{ cm}^3$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{166.50} \text{ MPa}$$

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

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

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

$$\lambda > \lambda_p$$

$$47.56 > 38.82$$

$$\lambda \leq \lambda_r$$

$$47.56 \leq 48.52$$

$$M_{Rd} = \frac{1}{\gamma_{a1}} \cdot \left[M_{pl} - (M_{pl} - M_r) \cdot \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right] \leq \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$M_{Rd} : \underline{27.92} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Onde:

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

$$\lambda : \underline{47.56}$$

Sendo:

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

$$h : \underline{428.00} \text{ mm}$$

t_w: Espessura da alma.

t_w : 9.00 mm

$$\lambda_p = 1.12 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

λ_p : 38.82

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço.

E : 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 166.50 MPa

$$\lambda_r = 1.40 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

λ_r : 48.52

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço.

E : 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 166.50 MPa

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

M_{pl} : 45.17 kN

Onde:

Z_y: Módulo de resistência plástico.

Z_y : 271.30 cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 166.50 MPa

$$M_r = W_{ef} \cdot f_y$$

M_r : 29.11 kN·m

Sendo:

W_{ef,y}: Módulo de resistência mínimo elástico, relativo ao eixo de flexão, para uma seção que tem uma mesa comprimida de largura igual a b_{ef} dada por F.3.2, com σ igual a f_y.

W_{ef,y} : 174.84 cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 166.50 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

γ_{a1} : 1.10

Resistência ao esforço cortante X

Deve satisfazer:

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

η : 0.001 ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações PP+CargaHor.Principal02Y.

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

V_{Sd} : 0.75 kN

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

$$\lambda \leq \lambda_p$$

6.55 ≤ **41.76**

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

V_{Rd} : 500.41 kN

Onde:

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

$$\lambda : \underline{6.55}$$

Sendo:

b_f: Largura das mesas.

b_f : 190.00 mm

t_f: Espessura das mesas.

t_f : 14.50 mm

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

$$\lambda_p : \underline{41.76}$$

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 : 166.50 MPa

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

$$V_{pl} : \underline{550.45} \text{ kN}$$

Sendo:

A_w: Área efetiva ao cisalhamento.

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

$$A_w : \underline{55.10} \text{ cm}^2$$

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

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

Resistência ao esforço cortante Y

Deve satisfazer:

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

$$\eta : \underline{0.042} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N1, para a combinação de ações 1.3·PP+CargaVerticalPrincipalZ.

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

V_{Sd} : 15.80 kN

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

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$\underline{47.56} \leq \underline{85.25}$$

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

$$V_{Rd} : \underline{373.54} \text{ kN}$$

Onde:

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

$$\lambda : \underline{47.56}$$

Sendo:

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

h : 428.00 mm

t_w: Espessura da alma.

t_w : 9.00 mm

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

λ_p : 85.25

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 : 166.50 MPa

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

V_{pl} : 410.89 kN

Sendo:

A_w: Área efetiva ao cisalhamento.

$$A_w = d \cdot t_w$$

A_w : 41.13 cm²

d: Altura total da seção transversal.

d : 457.00 mm

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

γ_{a1} : 1.10

Resistência ao esforço axial e flexão combinados

Deve satisfazer:

$$\eta \leq 1$$

η : 0.948 ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N1, para a combinação de ações
1.3·PP+CargaVerticalPrincipalZ+CargaHor.Principal01X+CargaHor.Principal02Y.

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

N_{c,Sd} : 0.75 kN

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

M_{x,Sd} : 77.70 kN·m

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

M_{y,Sd} : 4.50 kN·m

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

$$0.001 < 0.200$$

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

η : 0.948

Onde:

N_{c,Rd}: Força axial resistente de cálculo de compressão

N_{c,Rd} : 694.90 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} : 98.83 kN·m

M_{y,Rd} : 27.92 kN·m

Resistência a interações de esforços e momento de torção

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{|\tau_{Sd}|}{\tau_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.054} \quad \checkmark$$

O coeficiente de aproveitamento desfavorável produz-se no nó N1, para a combinação de ações 1.3-PP+CargaVerticalPrincipalZ+CargaHor.Principal02Y no ponto da seção transversal de coordenadas X = 0.00 mm, Y = 0.00 mm em relação ao centro de gravidade.

As tensões tangenciais τ_{Sd} são dadas por:

$$\tau_{Sd} = \tau_{V_{x,Sd}} + \tau_{V_{y,Sd}} + \tau_{T_{Sd}}$$

$$\tau_{Sd} : \underline{-4.36} \text{ MPa}$$

Onde:

$$\tau_{V_{x,Sd}} = -\frac{\bar{S}_y}{I_y \cdot t} \cdot V_{x,Sd}$$

$$\tau_{V_{x,Sd}} : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

Sendo:

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

$$\mathbf{V_{x,Sd}^+} : \underline{0.75} \text{ kN}$$

S_y : Momento estático, em relação ao eixo Y, da parte da seção situada a um lado do ponto de verificação.

$$\mathbf{S_y} : \underline{0.00} \text{ cm}^3$$

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

$$\mathbf{I_y} : \underline{1661.00} \text{ cm}^4$$

t: Espessura.

$$\mathbf{t} : \underline{9.00} \text{ mm}$$

$$\tau_{V_{y,Sd}} = -\frac{\bar{S}_x}{I_x \cdot t} \cdot V_{y,Sd}$$

$$\tau_{V_{y,Sd}} : \underline{-4.36} \text{ MPa}$$

Sendo:

$V_{y,Sd}^+$: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável.

$$\mathbf{V_{y,Sd}^+} : \underline{15.80} \text{ kN}$$

S_x : Momento estático, em relação ao eixo X, da parte da seção situada a um lado do ponto de verificação.

$$\mathbf{S_x} : \underline{829.83} \text{ cm}^3$$

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

$$\mathbf{I_x} : \underline{33415.00} \text{ cm}^4$$

t: Espessura.

$$\mathbf{t} : \underline{9.00} \text{ mm}$$

$$\tau_{T_{Sd}} = \pm \frac{t}{J} \cdot T_{Sd}$$

$$\tau_{T_{Sd}} : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

Sendo:

T_{Sd} : Momento de torção solicitante de cálculo, desfavorável.

$$\mathbf{T_{Sd}} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

J: Constante de torção da seção transversal.

$$\mathbf{J} : \underline{52.97} \text{ cm}^4$$

t: Espessura.

$$\mathbf{t} : \underline{9.00} \text{ mm}$$

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

$$\tau_{Rd} : \underline{81.21} \text{ MPa}$$

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

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

$$\tau_{Rd} : \underline{90.82} \text{ MPa}$$

Onde:

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{166.50} \text{ MPa}$$

γ_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

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

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

$$\tau_{Rd} = \frac{0.60 \cdot \chi \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

$$\tau_{Rd} : \underline{81.21} \text{ MPa}$$

Onde:

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

$$\lambda_0 \leq 1.5 \rightarrow \chi = 0.658^{\lambda_0^2}$$

$$\chi : \underline{0.894}$$

Sendo:

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{0.60 \cdot f_y}{\tau_e}}$$

$$\lambda_0 : \underline{0.517}$$

$$\tau_e = k_v \cdot \sigma_E$$

$$\tau_e : \underline{373.88} \text{ MPa}$$

$$\sigma_E = \frac{\pi^2 \cdot E}{12 \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \left(\frac{t}{h}\right)^2$$

$$\sigma_E : \underline{74.78} \text{ MPa}$$

Onde:

k_v : Coeficiente de flambagem.

$$k_v : \underline{5.00}$$

E : Módulo de elasticidade do aço.

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

ν : Coeficiente de Poisson.

$$\nu : \underline{0.30}$$

t : Espessura.

$$t : \underline{9.00} \text{ mm}$$

h : Largura.

$$h : \underline{442.50} \text{ mm}$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{166.50} \text{ MPa}$$

γ_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

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

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.

IMPORTANTE: A VERIFICAÇÃO DOS ELEMENTOS SE RESTRINGE A PARTE MECÂNICA, NÃO FORAM AVALIADAS AS PARTES DE COMPETENCIA CIVIL, COMO COLUNAS DE CONCRETO QUE SUPORTAM O BRAÇO OU SAPATAS DE FIXAÇÃO DOS MESMOS

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 ALBINO FORMOLO 64 PAVILHÃO SUP 01 Telefone: (54) 99192 9494 CPF/CNPJ: 43983467000101
Cidade: CAXIAS DO SUL Bairro.: CRUZEIRO CEP: 95076641 UF: RS

Identificação da Obra/Serviço

Proprietário: MADAL PALFINGER S/A
Endereço da Obra/Serviço: Rua FLÁVIO FRANCISCO BELLINI 350 CPF/CNPJ: 88613856000183
Cidade: CAXIAS DO SUL Bairro: SALGADO FILHO CEP: 95098170 UF: RS
Finalidade: INDUSTRIAL Vlr Contrato(R\$): 850,00 Honorários(R\$):
Data Início: 06/05/2024 Prev.Fim: 10/05/2024 Ent.Classe:

Atividade Técnica	Descrição da Obra/Serviço	Quantidade	Unid.
Projeto e Execução	Equipamentos Industriais	1,00	UN
Projeto e Execução	BRAÇOS GIRATÓRIOS PARA ELEVAÇÃO DE CARGA T051. PR 24 05 036.		

ART registrada (paga) no CREA-RS em 06/05/2024

Caxias do Sul/RS - 06/05/2024 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.