

1. INTRODUÇÃO

Amplamente utilizado na indústria, monovia é definida como o caminho de rolamento dos sistemas de içamento de cargas utilizando talhas manuais ou elétricas (figura 1 e 2). O deslocamento é realizado apoiando-se as rodas do trole (figura 1), equipamento responsável pela movimentação da talha, na aba inferior da monovia.

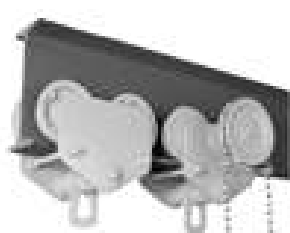


Fig. 1 – Trole / Talha Manual



Fig. 2 – Talha Elétrica

A utilização dos Perfis Estruturais Gerdau como caminho de rolamento é vantajosa em vários aspectos:

- Ampla variedade de bitolas: otimiza o peso da seção de aço a ser utilizado como monovia;
- Abas largas: Facilitam o apoio do trole na aba do perfil;
- Compostos em aço estrutural de alta resistência: reduz o peso da monovia.

Esse artigo propõe fornecer uma visão geral para o dimensionamento da monovia utilizando os Perfis Estruturais Gerdau.

2. MONOVIAS

Monovias ou caminhos de rolamento podem ser fixados em vigas metálicas ou de concreto, em lajes, podendo também serem suspensas por colunas tipo mão francesa ou simplesmente apoiadas nas extremidades através de colunas. Esse caminho pode ser reto ou em curva, também é comum utilizar a monovia em balanço. Para todos os casos as talhas possuem um trole elétrico ou manual projetado para atender as necessidades do caminho de rolamento e da utilização do cliente.

O presente trabalho determina critérios para o dimensionamento de uma monovia biapoiada reta com os apoios definidos conforme a figura 3.

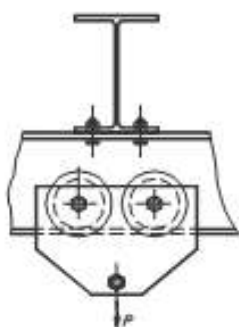


Fig. 3 – Apoio Monovia

3. TALHAS

De maneira geral, os fornecedores de talhas disponibilizam em seus catálogos as dimensões características do equipamento (figura 4), a capacidade de içamento e as cargas sobre as rodas do trole. As informações referentes ao caminho de rolamento se limitam a mostrar quais são as dimensões mínimas do perfil adequado à geometria das talhas, não avaliando o dimensionamento estrutural da monovia adequado para cada situação.

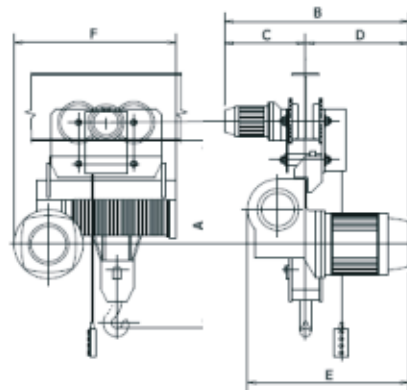


Fig. 4 – Características dimensionais da talha

Como, atualmente, não há uma padronização da geometria dos equipamentos, existe uma grande variação das características técnicas das talhas. Devido a esse motivo, foram avaliados alguns catálogos técnicos de fabricantes de talhas com o objetivo de identificar quais características são mais comuns às talhas disponíveis no mercado.

3. PREMISSAS PARA PRÉ-DIMENSIONAMENTO

Com base nos catálogos de fornecedores de talhas e nas características necessárias para o cálculo da monovia, seguem as variáveis consideradas para o pré-dimensionamento:

- vão livre da monovia;
- capacidade de içamento da talha;
- quantidade e afastamento das rodas do trole;
- posicionamento da roda do trole na monovia;
- peso do trole e dos dispositivos de içamento;
- peso próprio da monovia.

3.1 – Critérios gerais para a verificação da Monovia

Para efeitos de cálculo, as monovias foram dimensionadas como vigas biapoiadas sem contenção lateral. As soluções para as monovias foram propostas utilizando a série de Perfis Estruturais Gerdau, de maneira a se obter a seção com o menor consumo de aço para atender a solicitação do carregamento imposto pela talha.

Os procedimentos de cálculo adotados para a verificação da monovia propostos por esse artigo se referem a operações regulares de talhas onde o carregamento é centrado na alma do perfil, o trole possui no máximo quatro rodas e a carga devido ao impacto lateral é representada por um percentual da capacidade de içamento da talha. Não é considerado nenhum esforço devido à torção.

Em caso de talhas submetidas a condições severas ou especiais de carregamento, caberá ao projetista e ao fabricante do equipamento avaliarem quais os critérios devem ser atendidos pela monovia.

Toda a simbologia, não especificada no artigo, baseou-se no capítulo 3 da ABNT NBR 8800:2008.

3.2 – Normas e manuais utilizados para o cálculo da monovia

Norma Brasileira ABNT NBR 8800, Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios, de setembro de 2008.

Norma Brasileira ABNT NBR 8681, ações e seguranças das estruturas, de março de 2003.

Para verificar a flexão local da aba também foi considerado, *Crane Manufacturers Association of America, Inc. (CMAA) Specification N° 74 Specifications for Top Running and Under Running Single Girder Electric Overhead Cranes Utilizing Under Running Trolley Hoists.*

3.3 – Parâmetros de Cálculo:

- a) Aço utilizado pelos Perfis Estruturais Gerdau: ASTM A572 Grau 50 com limite de escoamento mínimo (f_y) de 345 MPa e módulo de elasticidade (E) de 200000 MPa.
- b) Posição mais desfavorável para o cálculo dos esforços solicitantes. Figura 5, para a determinação dos momentos fletores e deformações. Figura 6, para determinação dos esforços cortantes e flexão local da aba.

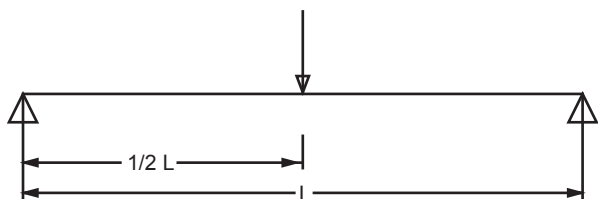


Fig. 5 – Situação mais desfavorável para verificação do momento e deformações (carga centrada)

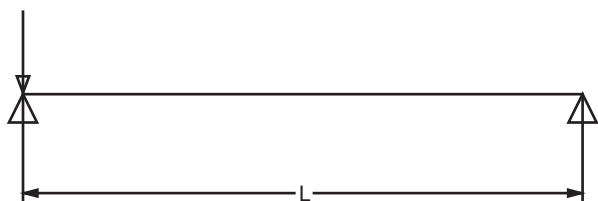


Fig. 6 – Situação mais desfavorável para verificação do cortante e da flexão local da alma (carga apoio)

- c) Coeficiente de impacto vertical: 20%
- d) Carga lateral: 10% da soma da capacidade nominal da talha mais peso próprio do equipamento.
- e) Deformação máxima admissível
Vertical: $L / 600$
Horizontal: $L / 400$
Onde: L – Vão livre da monovia.
- f) Coeficientes de ponderação utilizados para avaliar as combinações de carregamento (permanente e móvel) para: Estado Limite Último (ELU) e Estado Limite de Serviço (ELS).
- g) Verificação a flexão local da aba de acordo com o CMAA:74 / NBR 8800:2008.

De acordo com o CMAA:74, a resistência da aba à flexão local é em função da carga aplicada e da distância entre o ponto central de apoio da roda à extremidade da aba (parâmetro “a”). Mais detalhes, figura 7.

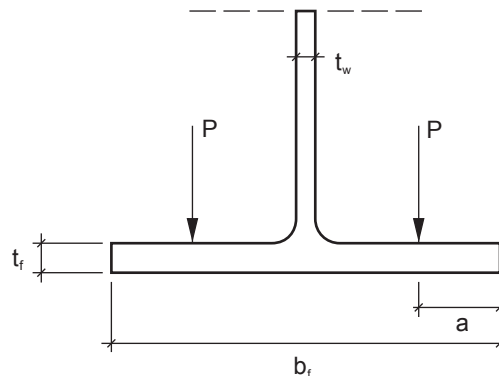


Fig. 7 – Distância entre o ponto central de apoio da roda à extremidade da aba, parâmetro geométrico “a”

O parâmetro geométrico “a” é proposto por esse artigo como:
Se b_f (largura da mesa) < 200 mm logo $a = (b_f - t_w)/4$
Se b_f (largura da mesa) \geq 200 mm logo $a = 60$ mm

4. EXEMPLO NUMÉRICO

Seguindo as premissas listadas no item 3, será verificado o perfil W 310 x 52,0 no dimensionamento da monovia de 4 m de vão, para o uso de uma talha com capacidade de içamento de 5 tf, sendo considerado que o peso próprio do conjunto trole mais os dispositivos de içamento é de 1,1 tf.

Características da talha e monovia	
Capacidade de içamento (LL)	5,0 tf
Peso do trole e dispositivos de içamento (TL)	1,1 tf
Distância do ponto de aplicação roda até extremidade da aba do perfil (a)	39,9 mm
Número de rodas do trole	4

Dados monovia	
Comprimento destravado da viga (L_0)	4 m
Peso próprio (PP)	0,052 tf/m
Tensão de escoamento (f_y)	3,45 tf/cm ²
Módulo de elasticidade (E)	2000 tf/cm ²

Características geométricas do perfil W 310 x 52,0		
	A = 67,0 cm ²	$W_x = 751,4$ cm ³
	D = 317 mm	$r_x = 13,33$ cm
	$b_f = 167$ mm	$Z_x = 842,5$ cm ³
	h = 291 mm	$I_y = 1026$ cm ⁴
	d' = 271 mm	$W_y = 122,9$ cm ³
	$t_w = 7,6$ mm	$r_y = 3,91$ cm
	$t_f = 13,2$ mm	$Z_y = 188,0$ cm ³
	$r_t = 4,45$ cm	J = 31,81 cm ⁴
	$I_x = 11909$ cm ⁴	

4.1 – Determinação dos Esforços Solicitante:

Os esforços solicitantes foram calculados para o trole posicionado na monovia conforme as considerações do item 3.2 (b). Os coeficientes de combinação foram determinados de acordo com a NBR 8681:2003.

Independente do número de rodas do trole, será considerada apenas uma carga concentrada como a resultante de todo o carregamento transmitido da talha para a monovia. Isso devido ao fato de que as talhas consideradas por esse artigo possuem um espaçamento entre rodas muito pequeno.

Coeficiente de combinação de carregamento - ELU	
Cargas Permanentes	1,4
Cargas Variáveis	1,5

Coeficiente de combinação de carregamento - ELS	
Cargas Permanentes	1,0
Cargas Variáveis	0,8

Momento fletor em torno do eixo de maior inércia (M _{Sdx})	
Peso próprio do perfil (Permanente)	$\frac{0,052 \times 4^2}{8} = 0,10 \text{ tf.m}$
Peso próprio do equipamento (Permanente)	$\frac{(1,1 \times 1,2) \times 4}{4} = 1,32 \text{ tf.m}$
Carga Içada (Variável)	$\frac{(5,0 \times 1,2) \times 4}{4} = 6,0 \text{ tf.m}$
M_{Sdx} = 1,4 x (0,1 + 1,32) + 1,5 x (6,0) = 10,99 tf	

Esforço cortante em relação ao eixo de maior inércia (V _{Sdx})	
Peso próprio do perfil (Permanente)	$\frac{0,052 \times 4}{2} = 0,10 \text{ tf.m}$
Peso próprio do equipamento (Permanente)	$\frac{(1,1 \times 1,2) \times 4}{4} = 1,32 \text{ tf.m}$
Carga Içada (Variável)	$\frac{(5,0 \times 1,2) \times 4}{4} = 6,0 \text{ tf.m}$
V_{Sdx} = 1,4 x (0,1 + 1,32) + 1,5 x (6,0) = 10,99 tf.m	

Deformação em relação ao eixo de maior inércia (δ _x)	
Peso próprio do perfil (Permanente)	$\delta = \frac{5 \times Q \times L^4}{384 \times E \times I_x} = \frac{5 \times 0,00052 \times 400^4}{384 \times 2000 \times 11909} = 0,0073 \text{ cm}$
Peso próprio do equipamento (Permanente)	$\delta = \frac{P \times L^3}{48 \times E \times I_x} = \frac{1,1 \times 400^3}{48 \times 2000 \times 11909} = 0,063 \text{ cm}$
Carga Içada (Variável)	$\delta = \frac{P \times L^3}{48 \times E \times I_x} = \frac{5,0 \times 400^3}{48 \times 2000 \times 11909} = 0,28 \text{ cm}$
δ_{Sdx} = 1,0 x (0,0073 + 0,063) + 0,8 x (0,28) = 0,29 cm	

A força transversal atuante na monovia foi adotada conforme o item B.7.2 da ABNT NBR 8800:2008, que a define como 10% da soma da carga içada com o peso do trole.

Momento fletor em torno do eixo de menor inércia (M _{Sdy})	
Peso próprio do equipamento (Permanente)	$\frac{1,1 \times 4}{4} \times 0,1 = 0,11 \text{ tf.m}$
Carga Içada (Variável)	$\frac{5,0 \times 4}{4} \times 0,1 = 0,5 \text{ tf.m}$
M_{Sdx} = 1,4 x 0,11 + 1,5 x 0,5 = 0,9 tf.m	

Esforço cortante em relação ao eixo de menor inércia (V _{Sdy})	
Peso próprio do equipamento (Permanente)	1,1 x 0,1 = 0,11 tf
Carga Içada (Variável)	5,0 x 0,1 = 0,5 tf
V_{Sdx} = 1,4 x 0,11 + 1,5 x 0,5 = 0,9 tf	

Deformação em relação ao eixo de menor inércia (δ _x)	
Peso próprio do equipamento (Permanente)	$\delta = \frac{P \times L^3}{48 \times E \times I_x} = \frac{(1,1 \times 0,1) \times 400^3}{48 \times 2000 \times 1026} = 0,071 \text{ cm}$
Carga Içada (Variável)	$\delta = \frac{P \times L^3}{48 \times E \times I_x} = \frac{(5,0 \times 0,1) \times 400^3}{48 \times 2000 \times 1026} = 0,32 \text{ cm}$
δ_x = 1,0 x 0,071 + 0,8 x 0,32 = 0,33 cm	

Para a força solicitante utilizada para a verificação da flexão local da aba de acordo com o CMAA:74. As cargas atuantes serão calculadas sem a utilização dos coeficientes de majoração de carga, devido o método proposto pelo CMAA:74 se basear no método das tensões admissíveis.

Flexão local da aba (F _{Sd})	
Número de rodas no trole	4
Peso próprio do equipamento (Permanente)	1,1 x 1,2 = 1,32 tf
Carga Içada (Variável)	5,0 x 1,2 = 6,0 tf
F_{Sd} = (1,32 + 6,0) / 4 = 1,83 tf	

4.2 – Resistente:

a) Momentos Fletores (NBR 8800:2008)

O fator de modificação para o diagrama do momento fletor (Cb), calculado de acordo com o item 5.4.2.3 da NBR 8800:2008, é igual a 1,32. Esse fator é utilizado para o cálculo dos momentos fletores resistentes.

Momento fletor resistente em torno do eixo de maior inércia (M _{Rdx})	
Flambagem lateral com torção (FLT)	
$\lambda = L_b / r_y = 400 / 3,91 = 102,30$	
$\lambda_p = 1,76 \times \sqrt{E / f_y} = 42,4$	
$\lambda_r = \frac{1,38 \times \sqrt{I_y \times J}}{r_y \times J \times \beta_1} \times \sqrt{1 + \sqrt{1 + \frac{27 \times C_w \times \beta_1^2}{I_y}}} = 130,7$	
C_b = 1,32	
M_{pl} = Z_x x f_y = 29,07 tf.m	
M_r = (f_y - σ_r) x W_x = 18,14 tf.m	
Para: $\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r$	
M_{Rd} = C_b / γ_{al} x [M_{pl} - (M_{pl} - M_r) x $\frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p}$] = 26 tf.m	
Flambagem local da mesa comprimida (FLM)	
$\lambda = b_f / (2 \times t_f) = 6,3$	
$\lambda_p = 0,38 \times \sqrt{E / f_y} = 9,1$	
$\lambda_r = 0,83 \times \sqrt{E / (f_y - \sigma_r)} = 23,9$	
$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow M_{Rd} = M_{pl} / \gamma_{al} = 26,42 \text{ tf.m}$	
Flambagem local da alma (FLA)	
$\lambda = d' / t_w = 35,6$	
$\lambda_p = 3,76 \times \sqrt{E / f_y} = 90,5$	
$\lambda_r = 5,70 \times \sqrt{E / f_y} = 137,2$	
$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow M_{Rd} = M_{pl} / \gamma_{al} = 26,42 \text{ tf.m}$	
Momento Resistente	
M_{Rdx} = 26 tf.m	

Momento fletor resistente em torno do eixo de menor inércia (M_{Rdy})
Flambagem lateral com torção (FLM)
$\lambda = b_f / (2 \times t_f) = 6,3$
$\lambda_p = 0,38 \times \sqrt{E / f_y} = 9,1$
$\lambda_r = 0,83 \times \sqrt{E / (f_y - \sigma_r)} = 23,9$
$M_{pl} = f_y \times Z_y = 6,49 \text{ tf.m}$
$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow M_{Rd} = M_{pl} / \gamma_{a1} = 26,42 \text{ tf.m}$
Momento Resistente
$M_{Rdy} = 5,92 \text{ tf.m}$

b) Esforços Cortantes (NBR 8800:2008)

Esforço cortante resistente em relação ao eixo de maior inércia (V_{Rdx})
$k_v = 5$
$\lambda_p = 1,10 \times \sqrt{k_v \times E / f_y} = 59,2$
$\lambda_r = 1,37 \times \sqrt{k_v \times E / f_y} = 73,8$
$\lambda = d' / t_w = 35,6$
$V_{pl} = 0,6 \times A_w \times f_y = 0,6 \times d \times t_w \times f_y = 49,83 \text{ tf}$
$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow V_{Rdx} = V_{pl} / 1,1 = 45,3 \text{ tf}$
$V_{Rdx} = 45,3 \text{ tf}$

Esforço cortante resistente em relação ao eixo de menor inércia (V_{Rdy})
$k_v = 1,2$
$\lambda_p = 1,10 \times \sqrt{k_v \times E / f_y} = 29,0$
$\lambda_r = 1,37 \times \sqrt{k_v \times E / f_y} = 36,1$
$\lambda = b_f / (2 \times t_f) = 6,3$
$V_{pl} = 0,6 \times A_w \times f_y = 0,6 \times b_f \times t_f \times f_y = 45,65 \text{ tf}$
$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow V_{Rdy} = V_{pl} / 1,1 = 41,5 \text{ tf}$
$V_{Rdy} = 41,5 \text{ tf}$

c) Flexão Local da mesa

- NBR 8800:2008

O item 5.7.2.1 da NBR 8800:2008 determina que a mesa de uma barra, solicitada por uma força localizada que produza tração na alma, deve ser verificada quanto ao estado-limite último de flexão local.

Força Resistente a flexão local da mesa (F_{Rd})
$F_{Rd} = \frac{6,25 \times t_f^2 \times f_y}{2} = \frac{18,81}{1,1} = 17,1 \text{ tf}$

- CMAA 74:2010

Essa especificação técnica foi desenvolvida pela Crane Manufacturers Association of America (CMAA), uma organização que apóia o desenvolvimento dos fabricantes de talha nos Estados Unidos da América. O objetivo da publicação número 74 do CMAA (Specifications for Top Running and Under Running Single Girder Electric Overhead Cranes Utilizing Under Running Trolley Hoists) é ajudar os especificadores (arquitetos, engenheiros, fabricantes e etc.)

de sistemas de içamento de cargas utilizando talhas e definir parâmetros técnicos para dimensionar corretamente todos os elementos (monovia, talha, trole etc.) que compõem esse sistema. A verificação da flexão local da aba proposta no item 3.3.2.6 do CMAA 74:2010, será utilizada como um dos critérios para a verificação da monovia. De acordo com o posicionamento da rodas do trole na aba do perfil, serão verificadas as tensões em três pontos da aba, conforme figura 8.

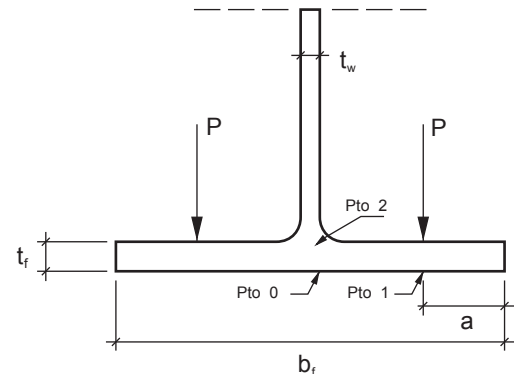


Fig. 8 – Detalhe pontos verificação da tensão admissível

A tensão será calculada em cada um desses pontos, em função dos parâmetros geométricos C_{x1} , C_{y1} e C_{x2} , C_{y2} .

Onde:

b_f = Largura da mesa do perfil em polegadas.

t_f = Espessura da mesa em polegadas.

a = Distância entre o ponto central de apoio da roda a extremidade da aba do perfil em polegadas.

F_{sd} = Carga máxima solicitante para a verificação da flexão local da aba em kip. Carregamento não majorado pelos fatores de combinação.

Carga máxima solicitante
$P = \frac{7,32}{4} = 1,83 \text{ tf} = 4,03 \text{ kip}$

Parâmetros Geométricos
$\lambda = \frac{2 \times a}{b_f - t_f} = \frac{2 \times 1,6}{6,6 - 0,5} = 0,52$
$C_{x0} = -2,110 + 1,977 \times \lambda + 0,00076 \times e^{6,53 \times \lambda} = -0,92$
$C_{x1} = 10,108 - 7,408 \times \lambda - 10,108 \times e^{-1,364 \times \lambda} = 1,29$
$C_{z0} = 0,050 - 0,580 \times \lambda + 0,148 \times e^{3,015 \times \lambda} = 0,43$
$C_{z1} = 2,230 - 1,49 \times \lambda + 1,390 \times e^{-18,33 \times \lambda} = 1,49$

Tensões em cada um dos pontos (carga local)		
Ponto 0	$\sigma_{x0} = C_{x0} \frac{P}{(t_a)^2} = -13,78 \text{ ksi}$	$\sigma_{z0} = C_{z0} \frac{P}{(t_a)^2} = 6,4 \text{ ksi}$
Ponto 1	$\sigma_{x1} = C_{x1} \frac{P}{(t_a)^2} = -19,32 \text{ ksi}$	$\sigma_{z1} = C_{z1} \frac{P}{(t_a)^2} = 22,19 \text{ ksi}$
Ponto 2	$\sigma_{x2} = \sigma_{x0} = -13,78 \text{ ksi}$	$\sigma_{z2} = -\sigma_{z0} = -6,4 \text{ ksi}$

Tensões atuantes não são majoradas devido essa verificação se basear no método das tensões admissíveis.

Tensões em cada um dos pontos (carga local)	
$M_{Sdx} = 7,42 \text{ tf.m}$ (Carga não marjorada)	
$M_{Sdy} = 0,6 \text{ tf.m}$ (Carga não marjorada)	
Ponto 0	$\sigma_{zg} = \frac{M_{Sdx}}{W_x} + \frac{M_{Sdy}}{\left(\frac{2 \times I_y}{t_w}\right)} = 14,4 \text{ ksi}$
Ponto 1	$\sigma_{zg} = \frac{M_{Sdx}}{W_x} + \frac{M_{Sdy}}{\left(\frac{I_y}{\frac{bf}{2} - a}\right)} = 17,7 \text{ ksi}$
Ponto 2	$\sigma_{zg} = \frac{M_{Sdx}}{\left(\frac{2 \times I_x}{d - 2 \times t_f}\right)} + \frac{M_{Sdy}}{\left(\frac{2 \times I_y}{t_w}\right)} = 13,2 \text{ ksi}$

A combinação das tensões devido à flexão global da monovia e à flexão local devido à carga concentrada, nos pontos 0, 1 e 2, de acordo com o item 3.3.2.6.2 do CMAA 74:210, permite uma redução de 75% nas tensões devido ao efeito da carga concentrada transmitido pelas rodas ($\sigma_{X0}, \sigma_{X1}, \sigma_{X2}, \sigma_{Y0}, \sigma_{Y1}, \sigma_{Y2}$).

Tensões em cada um dos pontos	
Ponto 0	$\sigma_x = 0,75 \times \sigma_{X0} = -10,33 \text{ ksi}$ $\sigma_z = \sigma_{zg} = 0,75 \times \sigma_{Y0} = -19,2 \text{ ksi}$
Ponto 1	$\sigma_x = 0,75 \times \sigma_{X1} = 14,49 \text{ ksi}$ $\sigma_z = \sigma_{zg} = 0,75 \times \sigma_{Y1} = 34,34 \text{ ksi}$
Ponto 2	$\sigma_x = 0,75 \times \sigma_{X2} = -10,33 \text{ ksi}$ $\sigma_z = \sigma_{zg} = 0,75 \times \sigma_{Y2} = 8,4 \text{ ksi}$

O item 3.4.4.1 do CMAA:74 determina como deve ser feita a combinação das tensões em cada um dos pontos avaliados. Conforme a equação 1.

Equação 1:
$$\sigma_t = \sqrt{(\sigma_x)^2 + (\sigma_y)^2 - \sigma_x \times \sigma_y + 3 \times (\tau_{xy})^2}$$

Onde foi considerado $\tau_{xy} = 0$.

Combinações das tensões em cada um dos pontos	
Ponto 0	$\sigma_t = \sqrt{(\sigma_x)^2 + (\sigma_z)^2 - \sigma_x \times \sigma_z + 3 \times (\tau_{xy})^2} = 25,96 \text{ ksi}$
Ponto 1	$\sigma_t = \sqrt{(\sigma_x)^2 + (\sigma_z)^2 - \sigma_x \times \sigma_z + 3 \times (\tau_{xy})^2} = 29,86 \text{ ksi}$
Ponto 2	$\sigma_t = \sqrt{(\sigma_x)^2 + (\sigma_z)^2 - \sigma_x \times \sigma_z + 3 \times (\tau_{xy})^2} = 9,51 \text{ ksi}$
$\sigma_{Sd} = 29,9 \text{ ksi}$	

A máxima tensão admissível nos pontos considerados, de acordo com a tabela 3.4.1 do CMAA 74:2010, é de $0,66.f_y = 33 \text{ ksi}$.

4.3 – Verificação da Seção:

Momento fletor:

$M_{Sdx} = 10,99 \text{ tf.m}$
 $M_{Rdx} = 26,0 \text{ tf.m}$
 $M_{Sdx} / M_{Rdx} = 0,42 \text{ (ok)}$

$M_{Sdy} = 0,9 \text{ tf.m}$
 $M_{Rdy} = 5,92 \text{ tf.m}$
 $M_{Sdy} / M_{Rdy} = 0,15 \text{ (ok)}$

$M_{Sdy} / M_{Rdy} + M_{Sdx} / M_{Rdx} = 0,57 \text{ (ok)}$

Esforço Cortante:

$V_{Sdx} = 10,99 \text{ tf}$
 $V_{Rdx} = 45,3 \text{ t}$
 $V_{Sdx} / V_{Rdx} = 0,24 \text{ (ok)}$

$V_{Sdy} = 0,9 \text{ tf}$
 $V_{Rdy} = 41,5 \text{ tf}$
 $V_{Sdy} / V_{Rdy} = 0,02 \text{ (ok)}$

Deformações:

$\delta_x = 0,29 \text{ cm}$
 $\delta_{max} = 400 / 600 = 0,67 \text{ cm}$
 $\delta_x / \delta_{max} = 0,43 \text{ (ok)}$

$\delta_y = 0,33 \text{ cm}$
 $\delta_{max} = 400 / 400 = 1,0 \text{ cm}$
 $\delta_y / \delta_{max} = 0,33 \text{ (ok)}$

Flexão local da aba:

NBR 8800:2008

$F_{Sd} = 10,99 \text{ tf}$
 $F_{Rd} = 17,1 \text{ tf}$
 $F_{Sd} / F_{Rd} = 0,64 \text{ (ok)}$

CMAA 74:2010

$\sigma_{Sd} = 29,9 \text{ ksi}$
 $\sigma_{Rd} = 33 \text{ ksi}$
 $\sigma_{Sd} / \sigma_{Rd} = 0,91 \text{ (ok)}$

5. Referências

ABNT NBR 8800:2008 — Projeto de Estruturas de Aço e de Estruturas mistas de Aço e Concreto de Edifícios.

Crane Manufacturers Association of America, Inc. (CMAA) Specification N° 74, Revised 2000, Specifications for Top Running and Under Running Single Girder Electric Overhead Cranes Utilizing Under Running Trolley Hoists

6. Tabela de Pré-dimensionamento

A tabela é uma ferramenta indicada para utilização durante a fase de orçamento, onde é comum não se possuir todas as informações necessárias para o dimensionamento da monovia.

Com a sugestão de Perfis Estruturais Gerdau, é possível estimar a viabilidade técnica e econômica da obra; o projeto estrutural definitivo deve ser desenvolvido por um profissional habilitado.

Perfis pré-dimensionados de acordo com os vãos e cargas indicados								
Capacidade de içamento (tf)	Peso próprio da talha (tf)	Espaçamento entre apoios (m)						
		4	6	8	9	10	11	12
0,5	0,13	W 150 x 18,0	W 200 x 26,6	W 200 x 31,3	W 250 x 32,7	W 250 x 38,5	W 250 x 38,5	W 310 x 44,5
1	0,3	W 150 x 22,5	W 200 x 31,3	W 250 x 38,5	W 310 x 44,5	W 360 x 51,0	W 360 x 57,8	W 360 x 64,0
1,25	0,3	W 200 x 26,6	W 200 x 35,9	W 250 x 44,8	W 310 x 44,5	W 360 x 57,8	W 360 x 64,0	W 360 x 64,0
2	0,55	W 200 x 31,3	W 250 x 44,8	W 360 x 57,8	W 360 x 64,0	W 360 x 64,0	W 360 x 72,0	W 360 x 91,0
2,5	0,55	W 200 x 31,3	W 250 x 44,8	W 360 x 64,0	W 360 x 64,0	W 360 x 72,0	W 360 x 91,0 (H)	W 610 x 101,0
3	0,95	W 250 x 38,5	W 360 x 51,0	W 360 x 64,0	W 360 x 72,0	W 360 x 91,0	W 530 x 101,0	W 610 x 113,0
3,75	1,05	W 310 x 44,5	W 360 x 58,0	W 360 x 72,0	W 460 x 89,0	W 360 x 101,0	W 530 x 109,0	W 610 x 125,0
4	1,05	W 310 x 44,5	W 360 x 58,0	W 360 x 72,0	W 460 x 89,0	W 360 x 110,0	W 610 x 113,0	W 610 x 125,0
5	1,1	W 310 x 52,0	W 360 x 64,0	W 360 x 79,0	W 530 x 101,0	W 610 x 113,0	W 610 x 125,0	W 610 x 140,0
6	1,5	W 360 x 64,0	W 360 x 72,0	W 530 x 101,0	W 610 x 113,0	W 610 x 125,0	W 610 x 140,0	W 610 x 155,0
6,5	1,6	W 360 x 64,0	W 460 x 82,0	W 530 x 101,0	W 610 x 113,0	W 610 x 140,0	W 610 x 155,0	W 610 x 155,0
7,5	1,6	W 360 x 72,0	W 460 x 82,0	W 530 x 109,0	W 610 x 125,0	W 610 x 140,0	W 610 x 155,0	W 610 x 155,0
8	1,9	W 360 x 72,0	W 460 x 89,0	W 610 x 113,0	W 610 x 125,0	W 610 x 155,0	W 610 x 155,0	W 610 x 155,0
10	1,9	W 360 x 79,0	W 530 x 101,0	W 610 x 125,0	W 610 x 140,0	W 610 x 155,0	W 610 x 155,0	W 610 x 174,0

www.gerdau.com.br



Ao utilizar matéria-prima reciclada na confecção deste folder, contribuimos com o desenvolvimento sustentável da sociedade. "Reciclamos sem fim" é uma iniciativa que nos mobiliza e está presente em nosso dia a dia.