

MEMORIAL DE CÁLCULO 012310/1- 0

ANDAIME FACHADEIRO

CONTRATANTE: Nopin Brasil Equipamentos para Construção Civil Ltda

ENDEREÇO: Rodovia RS 122 nº 7470 Pavilhões 10 e 11
95110-310 – Caxias do Sul - RS

TELEFONE: (54) 30221590

CNPJ: 10.759.129 / 0001 - 31

Elaborado por:

Jose Sergio Menegaz
Engº Mecânico
CREA 23991

1. OBJETIVO

O presente memorial objetiva demonstrar a segurança do andaime fachadeiro produzido pela empresa contratante deste trabalho, do ponto de vista de seu dimensionamento estrutural.

2. CRITÉRIOS PARA DIMENSIONAMENTO DAS ÁREAS DE TRABALHO

O dimensionamento do andaime fachadeiro é efetuado segundo as classes de carga informadas pelo fabricante para as áreas de trabalho, de acordo com a tabela abaixo.

Classe de carga	Carga distribuída uniforme q1 (KN / m ²)	Carga concentrada área 500 mm x 500 mm F1 (KN)	Carga concentrada área 200 mm x 200 mm F2 (KN)	Carga de área parcial	
				q2 (Kn / m ²)	Fator de área parcial a1
1	0,75	1,50	1,00	-	-
2	1,50	1,50	1,00	-	-
3	2,00	1,50	1,00	-	-
4	3,00	3,00	1,00	5,00	0,4
5	4,50	3,00	1,00	7,50	0,4
6	6,00	3,00	1,00	10,00	0,5

2.1 Classe de carga especificada para as plataformas

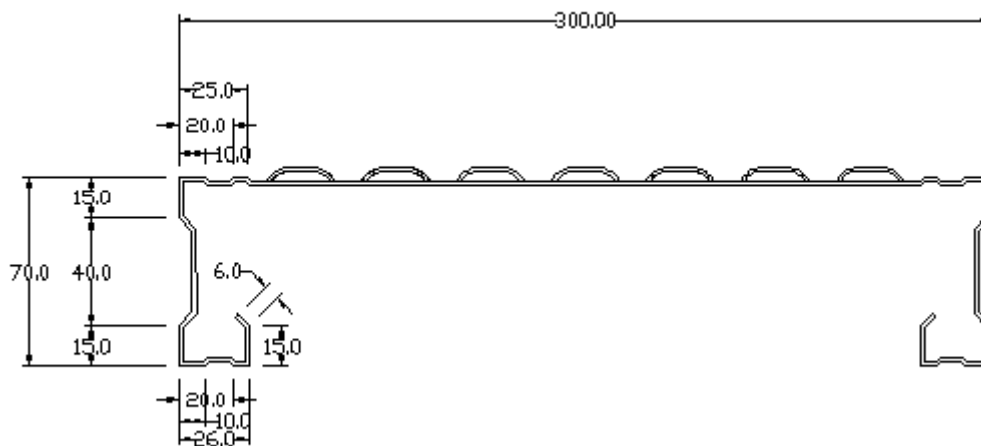
Conforme especificado pelo fabricante, as áreas de trabalho (plataformas) são classificadas segundo a classe de carga em função de seu comprimento, conforme tabela abaixo:

DENOMINAÇÃO	CLASSE DE CARGA	DIMENSÕES
Plataforma de 0,7 m	6	a = 0,30 , l = 0,700
Plataforma de 1,0 m	6	a = 0,30 , l = 1,020
Plataforma de 1,5 m	6	a = 0,30 , l = 1,570
Plataforma de 2,0 m	6	a = 0,30 , l = 2,070
Plataforma de 2,5 m	5	a = 0,30 , l = 2,570
Plataforma de 3,0 m	4	a = 0,30 , l = 3,070

3. VERIFICAÇÃO DAS ÁREAS DE TRABALHO (PLATAFORMAS)

Todas as plataformas possuem a mesma seção transversal, com diferentes comprimentos de acordo com a tabela do item 2.1, executadas em perfilados de chapa de aço espessura 1,50 mm, com limite de escoamento igual a 2350 Kgf / cm².

3.1 Esquema dimensional do perfil das plataformas



3.2 Características geométricas do perfil das plataformas

Em função da complexidade do perfil, as características geométricas são obtidas a partir de programa Autocad, e de acordo com a tabela resumo abaixo:

REGIONS	
Area:	808.8852
Perimeter:	1079.5372
Bounding box:	X: -7724.3033 -- -7424.3033 Y: -13936.4477 -- -13866.4477
Centroid:	X: -7574.3033 Y: -13888.0274
Moments of inertia:	X: 1.5602E+11 Y: 46416316837.9568
Product of inertia:	XY: 85088359323.7162
Radii of gyration:	X: 13888.0521 Y: 7575.1614
Principal moments and X-Y directions about centroid:	I: 555640.7351 along [1.0000 0.0000] J: 10515528.6341 along [0.0000 1.0000]

A unidade utilizada nos dados da tabela é o milímetro, informados abaixo utilizando-se o centímetro como unidade:

- Área da seção transversal.....8,08 cm²
- Momento de inércia segundo o eixo X.....55,56 cm⁴
- Momento de inércia segundo o eixo Y.....1051 cm⁴

A posição do centro de gravidade é dada conforme segue:

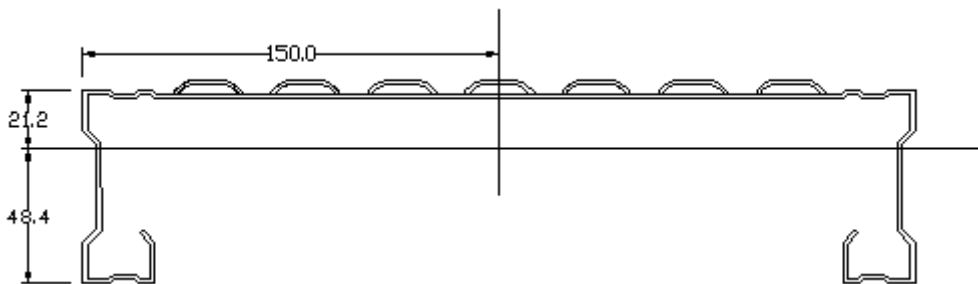
- Segundo o eixo X

$$v_x = 7574,3033 - 7724,3033 \quad \Rightarrow \quad v_x = 150 \text{ mm (15 cm)}$$

- Segundo o eixo Y

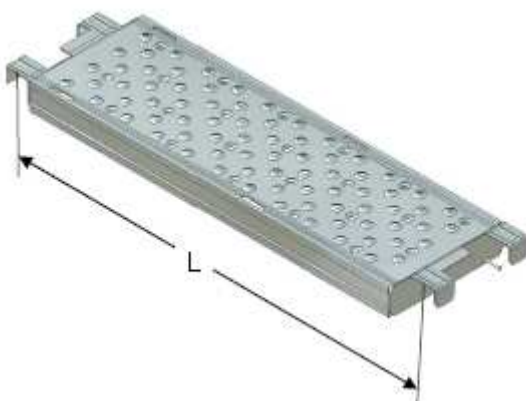
$$v_y = 13936,4477 - 13888,0274 \quad \Rightarrow \quad v_y = 48,42 \text{ mm (4,842 cm)}$$

Dessa forma fica definido o valor de y_{max} (máxima distância da linha neutra à fibra mais externa), conforme esquema abaixo:



3.3 Esquema dimensional das plataformas

As plataformas são executadas com largura constante, igual a 300 mm e comprimentos entre pontos de apoio (L) conforme tabela do item 2.1.



	COTA L (MM)	PESO (KG)
PLATAFORMA 0,70 M	732	5,95
PLATAFORMA 1 M	1020	8,14
PLATAFORMA 1,5 M	1570	11,6
PLATAFORMA 2 M	2070	14,9
PLATAFORMA 2,5 M	2570	17,0
PLATAFORMA 3 M	3070	21,1

Tendo em vista que todas as plataformas apresentam a mesma seção transversal, a pior condição de carregamento é definida pelo maior comprimento. Dessa forma é suficiente a verificação das plataformas com comprimento nominal 2,00 m, 2,50 m e 3,00 m, uma vez que são submetidas a diferentes classes de carga.

3.4 Verificação das plataformas para carga distribuída

3.4.1 Plataforma 2,00 m

Para a plataforma com comprimento nominal 2,00 m, é definida a classe de carga 6. Temos então:

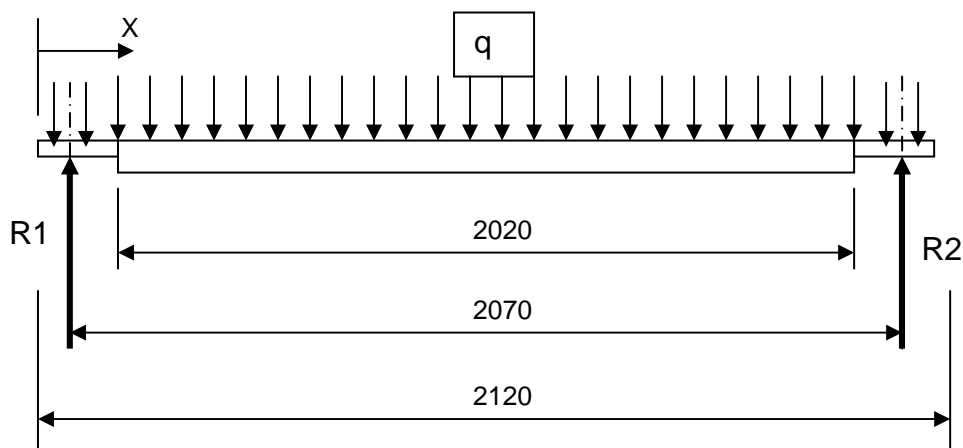
- $q_1 = 6,00 \text{ KN / m} \quad \Rightarrow \quad q_1 = 6 \text{ Kgf / cm}$
- $F_1 = 3,00 \text{ KN} \quad \Rightarrow \quad F_1 = 300 \text{ Kgf}$
- $F_2 = 1,00 \text{ KN} \quad \Rightarrow \quad F_2 = 100 \text{ Kgf}$

3.4.1.1 Dimensionamento da plataforma 2,00 m com carga distribuída

A plataforma possui um peso próprio igual a 14,9 Kgf, de modo que a carga distribuída total é dada por:

$$q = 6 + (14,9 / 212) \quad \Rightarrow \quad q = 6,070283 \text{ Kgf / cm}$$

3.4.1.1.1 Reações nos apoios



Somatório das forças segundo o eixo Y

$$R_1 + R_2 = q \cdot 212$$

$$R_1 + R_2 = 6,070283 \cdot 212 \quad \Rightarrow \quad R_1 + R_2 = 1287 \text{ Kgf}$$

Em função da simetria, $R_1 = R_2$, de modo que:

$$R_1 = 643,5 \text{ Kgf} \quad \text{e} \quad R_2 = 643,5 \text{ Kgf.}$$

3.4.1.1.2 Momentos fletores na plataforma

Para $0 \leq X \leq 2,5$

$$M_1 = - q \cdot X \cdot X / 2$$

$$M_1 = - 6,070283 \cdot X^2 / 2$$

$$M_1 = - 3,0351415 \cdot X^2$$

Se $X = 2,5$ (ponto de apoio)

$$M_1 = - 3,0351415 \cdot 2,5^2 \quad \Rightarrow \quad M_1 = -19 \text{ Kgfcm}$$

Para $2,5 \leq X \leq 209,5$

$$M2 = -q \cdot X \cdot X / 2 + R1 (X - 2,5)$$

$$M2 = -6,070283 X^2 / 2 + R1 (X - 2,5)$$

$$M2 = -3,0351415 \cdot X^2 + 643,5 (X - 2,5)$$

Se $X = 106$ (centro da plataforma)

$$M2 = -3,0351415 \cdot 106^2 + 643,5 (106 - 2,5)$$

$$M2 = -34102 + 66602 \Rightarrow \mathbf{M2 = 32500 \text{ Kgfc}}\mathbf{m}$$

Se $X = 207$

$$M2 = -3,0351415 \cdot 207^2 + 643,5 (207 - 2,5)$$

$$M2 = -130052 + 131595 \Rightarrow \mathbf{M2 = 1543 \text{ Kgfc}}\mathbf{m}$$

Se $X = 209,5$

$$M2 = -3,0351415 \cdot 209,5^2 + 643,5 (209,5 - 2,5)$$

$$M2 = -133213 + 133204 \Rightarrow \mathbf{M2 = -19 \text{ Kgfc}}\mathbf{m}$$

Conforme definido, o momento fletor máximo ocorre no centro da plataforma, com valor igual a 32500 Kgfc m.

3.4.1.2 Tensão de flexão na plataforma 2,00 m com carga distribuída

A tensão de flexão na plataforma é dada por:

$$\sigma = M \cdot y_{\max} / J_x$$

Onde: $M = 32500 \text{ Kgfc m}$ (item 3.4.1.2)

$y_{\max} = 4,84 \text{ cm}$ (item 3.2)

$J_x =$ A carga se distribui sobre duas plataformas montadas em paralelo, de modo que o momento de inércia é igual a duas vezes o valor definido no item 3.2, ou seja, $2 \times 55,56 \text{ cm}^4 = 111,12 \text{ cm}^4$.

Temos então:

$$\sigma = 32500 \cdot 4,84 / 111,12 \Rightarrow \sigma = 1415 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$

3.4.1.3 Coeficiente de segurança na plataforma 2,0 m com carga distribuída

Para a plataforma executada em material com tensão de escoamento igual a 2350 Kg / cm², o coeficiente de segurança é dado por:

$$n = \sigma_e / \sigma$$

$$n = 2350 / 1415 \Rightarrow n = 1,66$$

3.4.2 Plataforma 2,50 m

Para a plataforma com comprimento nominal 2,50 m, é definida a classe de carga 5. Temos então:

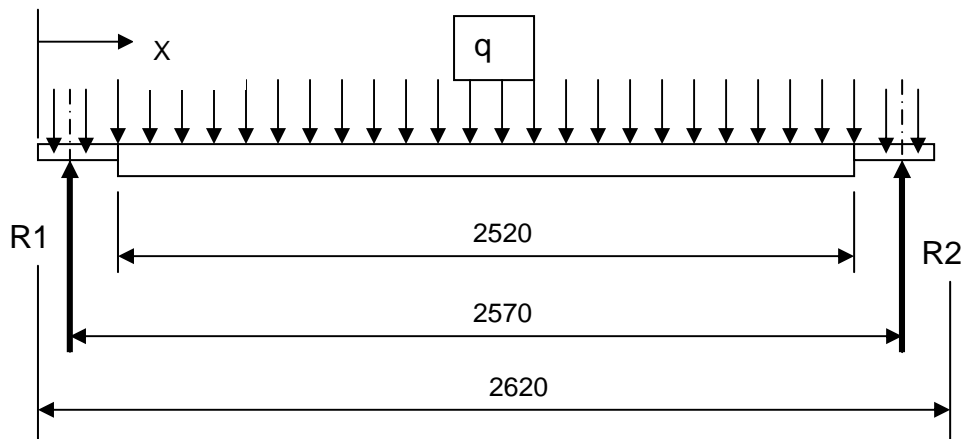
- $q_1 = 4,50 \text{ KN / m} \Rightarrow q_1 = 4,50 \text{ Kgf / cm}$
- $F_1 = 3,00 \text{ KN} \Rightarrow F_1 = 300 \text{ Kgf}$
- $F_2 = 1,00 \text{ KN} \Rightarrow F_2 = 100 \text{ Kgf}$

3.4.2.1 Dimensionamento da plataforma 2,50 m com carga distribuída

A plataforma possui um peso próprio igual à 17 Kgf, de modo que a carga distribuída total é dada por:

$$q = 4,5 + (17 / 262) \Rightarrow q = 4,564885 \text{ Kgf / cm}$$

3.4.2.1.1 Reações nos apoios



Somatório das forças segundo o eixo Y

$$R_1 + R_2 = q \cdot 262$$

$$R_1 + R_2 = 4,564885 \cdot 262 \Rightarrow R_1 + R_2 = 1196 \text{ Kgf}$$

Em função da simetria, $R_1 = R_2$, de modo que:

$$R_1 = 598 \text{ Kgf} \text{ e } R_2 = 598 \text{ Kgf.}$$

3.4.2.1.2 Momentos fletores na plataforma

Para $0 \leq X \leq 2,5$

$$M_1 = -q \cdot X \cdot X / 2$$

$$M_1 = -4,564885 \cdot X^2 / 2$$

$$M_1 = -2,2824425 \cdot X^2$$

Se $X = 2,5$ (ponto de apoio)

$$M_1 = -2,2824425 \cdot 2,5^2 \Rightarrow M_1 = -14 \text{ Kgfcm}$$

Para $25 \leq X \leq 259,5$

$$M_2 = -q \cdot X \cdot X / 2 + R_1 (X - 2,5)$$

$$M_2 = -4,564885 \cdot X^2 / 2 + R_1 (X - 2,5)$$

$$M_2 = -2,2824425 \cdot X^2 + 598 (X - 2,5)$$

Se X = 131 (centro da plataforma)

$$M2 = - 2,2824425. 131^2 + 598 (131 - 2,5)$$

$$M2 = - 39169 + 76843 \quad \Rightarrow \quad \mathbf{M2 = 37674 \text{ Kgfc}}\mathbf{m}$$

Se X = 257

$$M2 = - 2,2824425. 257^2 + 598 (257 - 2,5)$$

$$M2 = - 150753 + 152191 \quad \Rightarrow \quad \mathbf{M2 = 1438 \text{ Kgfc}}\mathbf{m}$$

Se X = 259,5 (ponto de apoio)

$$M2 = - 2,2824425. 259,5^2 + 598 (259,5 - 2,5)$$

$$M2 = - 153700 + 153686 \quad \Rightarrow \quad \mathbf{M2 = - 14 \text{ Kgfc}}\mathbf{m}$$

Conforme definido, o momento fletor máximo ocorre no centro da plataforma, com valor igual a **37674 Kgfc**m.

3.4.2.2 Tensão de flexão na plataforma 2,50 m com carga distribuída

A tensão de flexão na plataforma é dada por:

$$\sigma = M. y_{\max} / J_x$$

Onde: M = 37674 Kgfc (item 3.4.2.1.2)

y_{max} = 4,84 cm (item 3.2)

J_x = A carga se distribui sobre duas plataformas montadas em paralelo, de modo que o momento de inércia é igual a duas vezes o valor definido no item 3.2, ou seja, 2 x 55,56 cm⁴ = 111,12 cm⁴.

Temos então:

$$\sigma = 37674. 4,84 / 111,12 \quad \Rightarrow \quad \sigma = 1640 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

3.4.2.3 Coeficiente de segurança na plataforma 2,50 m com carga distribuída

Para a plataforma executada em material com tensão de escoamento igual a 2350 Kgf / cm², o coeficiente de segurança é dado por:

$$n = \sigma_e / \sigma$$

$$n = 2350 / 1640 \quad \Rightarrow \quad n = 1,43$$

3.4.3 Plataforma 3,0 m

Para a plataforma com comprimento nominal 3,0 m, é definida a classe de carga 4. Temos então:

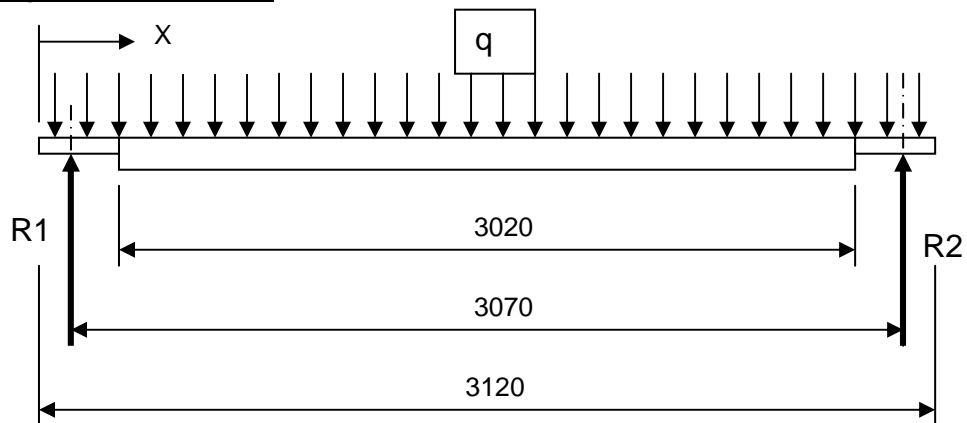
- $q_1 = 3,00 \text{ KN / m} \Rightarrow q_1 = 3,00 \text{ Kgf / cm}$
- $F_1 = 3,00 \text{ KN} \Rightarrow F_1 = 300 \text{ Kgf}$
- $F_2 = 1,00 \text{ KN} \Rightarrow F_2 = 100 \text{ Kgf}$

3.4.3.1 Dimensionamento da plataforma 3,0 m com carga distribuída

A plataforma possui um peso próprio igual à 21,1 Kgf, de modo que a carga distribuída total é dada por:

$$q = 3,0 + (21,1 / 312) \Rightarrow q = 3,067628 \text{ Kgf / cm}$$

3.4.3.1.1 Reações nos apoios



Somatório das forças segundo o eixo Y

$$R_1 + R_2 = q \cdot 312$$

$$R_1 + R_2 = 3,067628 \cdot 312 \Rightarrow R_1 + R_2 = 957,1 \text{ Kgf}$$

Em função da simetria, $R_1 = R_2$, de modo que:

$$R_1 = 478,55 \text{ Kgf} \text{ e } R_2 = 478,55 \text{ Kgf.}$$

3.4.3.1.2 Momentos fletores na plataforma

Para $0 \leq X \leq 2,5$

$$M_1 = -q \cdot X \cdot X / 2$$

$$M_1 = -3,067628 \cdot X^2 / 2$$

$$M_1 = -1,533814 \cdot X^2$$

Se $X = 2,5$ (ponto de apoio)

$$M_1 = -1,533814 \cdot 2,5^2 \Rightarrow M_1 = -9 \text{ Kgfcm}$$

Para $25 \leq X \leq 259,5$

$$M_2 = -q \cdot X \cdot X / 2 + R_1 (X - 2,5)$$

$$M_2 = -3,067628 \cdot X^2 / 2 + R_1 (X - 2,5)$$

$$M_2 = -1,533814 \cdot X^2 + 478,55 (X - 2,5)$$

Se X = 156 (centro da plataforma)

$$M2 = - 1,533814. 156^2 + 478,55 (156 - 2,5)$$

$$M2 = - 37327 + 73457 \quad \Rightarrow \quad \mathbf{M2 = 36130 \text{ Kgfc}}\mathbf{m}$$

Se X = 307

$$M2 = - 1,533814. 307^2 + 478,55 (307 - 2,5)$$

$$M2 = - 144560 + 145718 \quad \Rightarrow \quad \mathbf{M2 = 1158 \text{ Kgfc}}\mathbf{m}$$

Se X = 309,5 (ponto de apoio)

$$M2 = - 1,533814. 309,5^2 + 478,55 (309,5 - 2,5)$$

$$M2 = - 146924 + 146914 \quad \Rightarrow \quad \mathbf{M2 = - 9 \text{ Kgfc}}\mathbf{m}$$

Conforme definido, o momento fletor máximo ocorre no centro da plataforma, com valor igual a **36130 Kgfc**m.

3.4.3.2 Tensão de flexão na plataforma 3,0 m com carga distribuída

A tensão de flexão na plataforma é dada por:

$$\sigma = M. y_{\max} / J_x$$

Onde: $M = 36130 \text{ Kgfc}$ m (item 3.4.3.1.2)

$y_{\max} = 4,84 \text{ cm}$ (item 3.2)

$J_x = A$ carga se distribui sobre duas plataformas montadas em paralelo, de modo que o momento de inércia é igual a duas vezes o valor definido no item 3.2, ou seja, $2 \times 55,56 \text{ cm}^4 = 111,12 \text{ cm}^4$.

Temos então:

$$\sigma = 36130. 4,84 / 111,12 \quad \Rightarrow \quad \sigma = 1573 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$

3.4.3.3 Coeficiente de segurança na plataforma 3,0 m com carga distribuída

Para a plataforma executada em material com tensão de escoamento igual a $2350 \text{ Kg} / \text{cm}^2$, o coeficiente de segurança é dado por:

$$n = \sigma_e / \sigma$$

$$n = 2350 / 1573 \quad \Rightarrow \quad n = 1,49$$

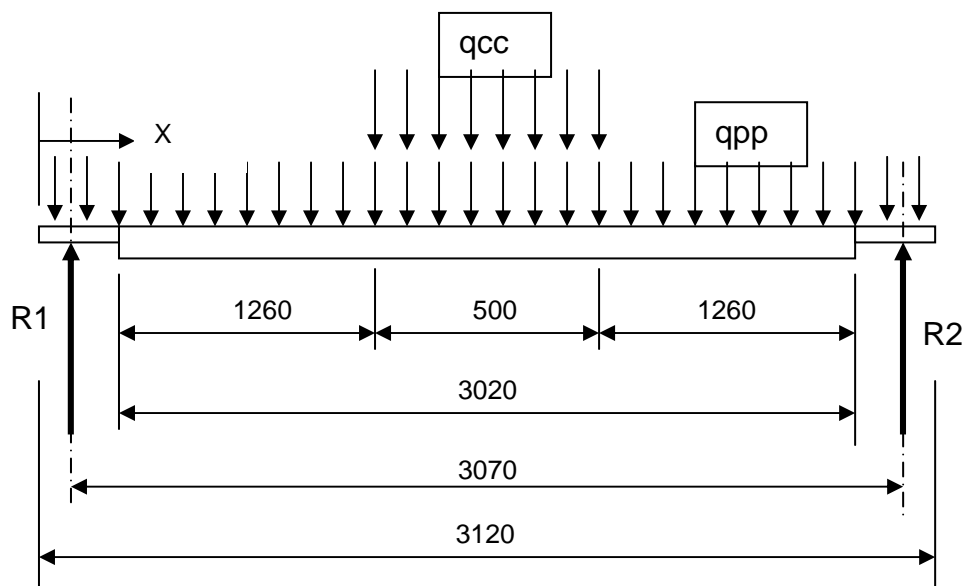
3.5 Verificação das plataformas para carga concentrada 500 x 500

Esta condição de trabalho é definida como classe de carga 6 para as tres plataformas já verificadas para carga distribuida no item 3.4, devendo-se considerar a carga como distribuida numa área de 500 mm x 500 mm. Basta portanto, verificar a pior condição de trabalho, que ocorre para a plataforma de maior comprimento (3,0 m), com a carga F1 = 300 Kgf atuando no centro do vão livre. Considerando-se que as plataformas possuem uma largura total igual a 600 mm, e que o peso próprio da plataforma 3,0 m é igual a 21,1 Kgf, o carregamento pode ser considerado como definido por uma carga distribuida num comprimento 500 mm, superposta à carga distribuida devido ao peso próprio, com valores dados por:

$$q_{cc} = (300 / 50) \quad \Rightarrow \quad q_{cc} = 6,0 \text{ Kgf / cm}$$

$$q_{pp} = (21,1 / 312) \quad \Rightarrow \quad q_{pp} = 0,0676282 \text{ Kgf / cm}$$

3.5.1 Reações nos apoios



Somatório das forças segundo o eixo Y

$$R1 + R2 = q_{cc} \cdot 50 + q_{pp} \cdot 302$$

$$R1 + R2 = 6 \cdot 50 + 0,0676282 \cdot 312$$

$$R1 + R2 = 300 + 21,1 \quad \Rightarrow \quad R1 + R2 = 321,1 \text{ Kgf}$$

Em função da simetria, $R1 = R2$, de modo que:

$$R1 = 160,55 \text{ Kgf} \quad \text{e} \quad R2 = 160,55 \text{ Kgf.}$$

3.5.2 Momentos fletores na plataforma

Para $0 \leq X \leq 2,5$

$$M1 = - qpp. X \cdot X / 2$$

$$M1 = - 0,0676282. X^2 / 2$$

$$M1 = - 0,0338141. X^2$$

$$\underline{\text{Se } X = 2,5} \Rightarrow M1 = - 0,0338141. 2,5^2 \Rightarrow \mathbf{M1 = - 0,21 \text{ Kgfc}}m$$

Para $2,5 \leq X \leq 131$

$$M2 = - (qpp \cdot X) \cdot (X / 2) + R1 (X - 2,5)$$

$$M2 = - (0,0676282 \cdot X) (X / 2) + 160,55 (X - 2,5)$$

$$M2 = - 0,0338141. X^2 + 160,55 (X - 2,5)$$

Se $X = 5$

$$M2 = - 0,0338141. 5^2 + 160,55 (5 - 2,5)$$

$$M2 = - 0,845 + 401 \Rightarrow \mathbf{M2 = 400 \text{ Kgfc}}m$$

Se $X = 131$

$$M2 = - 0,0338141. 131^2 + 160,55 (131 - 2,5)$$

$$M2 = - 580 + 20630 \Rightarrow \mathbf{M2 = 20050 \text{ Kgfc}}m$$

Para $131 \leq X \leq 181$

$$M3 = - (qpp \cdot X) \cdot (X / 2) + R1 (X - 2,5) - qcc (X - 131) (X - 131) / 2$$

$$M3 = - (0,0676282 \cdot X^2 / 2 + 160,55 (X - 2,5) - 6 (X - 131)^2 / 2$$

$$M3 = - 0,0338141. X^2 + 160,55 (X - 2,5) - 3 (X - 131)^2$$

Se $X = 156$ (centro da plataforma)

$$M3 = - 0,0338141. 156^2 + 160,55 (156 - 2,5) - 3 (156 - 131)^2$$

$$M3 = - 823 + 24644 - 1875 \Rightarrow \mathbf{M3 = 21946 \text{ Kgfc}}m$$

Se $X = 181$

$$M3 = - 0,0338141. 181^2 + 160,55 (181 - 2,5) - 3 (181 - 131)^2$$

$$M3 = - 1107 + 28658 - 7500 \Rightarrow \mathbf{M3 = 20051 \text{ Kgfc}}m$$

Para $181 \leq X \leq 309,5$

$$M4 = - (qpp \cdot X) \cdot (X / 2) + R1 (X - 2,5) - (qcc \cdot 50) (X - 156)$$

$$M4 = - (0,0676282 \cdot X^2 / 2 + 160,55 (X - 2,5) - (6 \cdot 50) (X - 156)$$

$$M4 = - 0,0338141. X^2 + 160,55 (X - 2,5) - 300 (X - 156)$$

Se $X = 307$

$$M4 = - 0,0338141. 307^2 + 160,55 (307 - 2,5) - 300 (307 - 156)$$

$$M4 = - 3185 + 48887 - 45300 \Rightarrow \mathbf{M4 = 400 \text{ Kgfc}}m$$

Se $X = 309,5$

$$M4 = - 0,0338141 \cdot 309,5^2 + 160,55 (309,5 - 2,5) - 300 (309,5 - 156)$$

$$M4 = - 3239,06 + 49288,85 - 46050 \quad \Rightarrow \quad \mathbf{M4 = - 0,21 \text{ Kgfc}}\mathbf{m}$$

Conforme definido, o momento fletor máximo ocorre no centro da plataforma, com valor igual a **21946 Kgfc**m.

3.5.3 Tensão de flexão na plataforma 3,0 m com carga 500 x 500

A tensão de flexão na plataforma é dada por:

$$\sigma = M \cdot y_{\max} / J_x$$

Onde: $M = 21946 \text{ Kgfc}$ m (item 3.5.2)

$y_{\max} = 4,84 \text{ cm}$ (item 3.2)

$J_x =$ A carga se distribui sobre duas plataformas montadas em paralelo, de modo que o momento de inercia é igual a duas vezes o valor definido no item 3.2, ou seja, $2 \times 55,56 \text{ cm}^4 = 111,12 \text{ cm}^4$.

Temos então:

$$\sigma = 21946 \cdot 4,84 / 111,12 \quad \Rightarrow \quad \sigma = 956 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$

3.5.4 Coeficiente de segurança na plataforma 3,0 m com carga 500 x 500

Para a plataforma executada em material com tensão de escoamento igual a $2350 \text{ Kg} / \text{cm}^2$, o coeficiente de segurança é dado por:

$$n = \sigma_e / \sigma$$

$$n = 2350 / 956 \quad \Rightarrow \quad n = 2,45$$

3.6 Verificação das plataformas para carga concentrada 200 x 200

Esta condição de trabalho é definida como classe de carga 6 para as tres plataformas já verificadas para carga distribuida no item 3.4, devendo-se considerar a carga como distribuida numa área de $200 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$. A carga F2 definida para esta condição é igual para as tres plataformas, com valor 100 Kg . Este carregamento provoca momentos fletores menores do que a condição já verificada no item 3.5, não necessitando ser recalculada. Cada plataforma possui largura igual a 300 mm , de modo que a carga pode ser posicionada no centro da largura. Nesta condição deve ser verificada a chapa superior do perfil considerando-se a pressão definida por uma carga de 100 Kg atuando numa área igual à 400 cm^2 .

3.6.1 Pressão na superfície do piso da plataforma

Para uma carga igual à 100 Kg distribuída uniformemente sobre a área do quadrado, a pressão é dada por:

$$p = F / A$$

$$p = 100 / (20 \cdot 20) \quad \Rightarrow \quad p = 0,25 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$

3.6.2 Tensão de cisalhamento na chapa de piso

A área do perímetro de um quadrado de lado 20 cm executado em chapa de aço com espessura 1,50 mm é dada por:

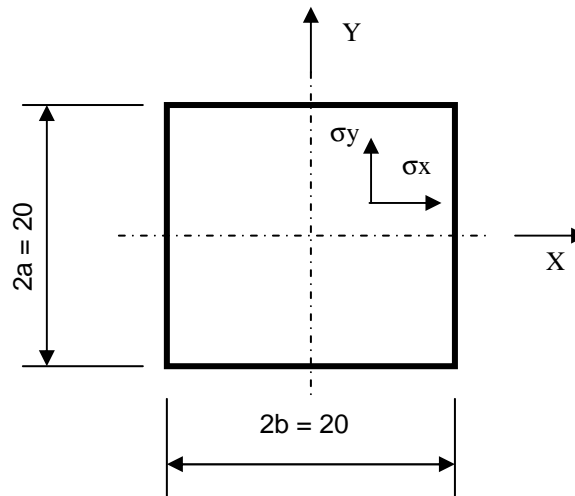
$$A = 4 \cdot 20 \cdot 0,15 \Rightarrow A = 12 \text{ cm}^2$$

A tensão de cisalhamento na chapa de piso é dada por:

$$\tau = F / A$$

$$\tau = 100 / 12 \Rightarrow \tau = 8,33 \text{ Kgf / cm}^2$$

3.6.3 Tensão de tração na chapa de piso



Para $a/b = 1$ temos:

$$\varphi_x = 0,53$$

$$\varphi_y = 0,53$$

$$\psi = 0,225$$

As tensões segundo os eixos X e Y são dados por:

$$\sigma_x = \varphi_x \cdot p \cdot b^2 / h^2$$

$$\sigma_x = 0,53 \cdot 0,25 \cdot 10^2 / 0,15^2 \Rightarrow \sigma_x = 589 \text{ Kgf / cm}^2$$

3.6.4 Tensão combinada na chapa de piso

$$\sigma_c = 0,35 \sigma + 0,65 (\sigma^2 + 4 \tau^2)^{0,5}$$

$$\sigma_c = 0,35 \cdot 589 + 0,65 (589^2 + 4 \cdot 8,33^2)^{0,5}$$

$$\sigma_c = 206 + 383 \Rightarrow \sigma_c = 589 \text{ Kgf / cm}^2$$

3.6.5 Coefficiente de segurança no piso da plataforma 3,0 m carga 100 x 100

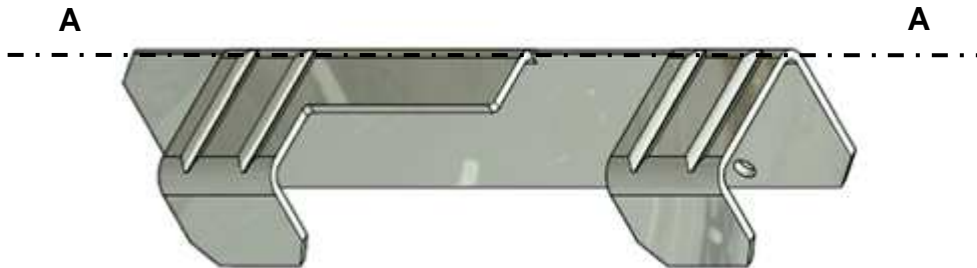
Para a plataforma executada em material com tensão de escoamento igual a 2350 Kgf / cm², o coeficiente de segurança é dado por:

$$n = \sigma_e / \sigma$$

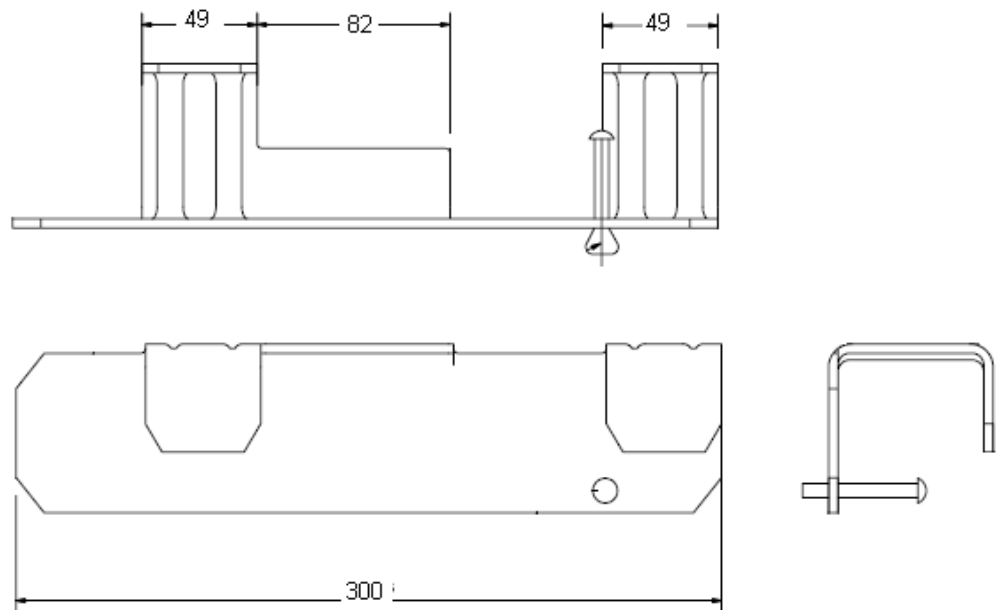
$$n = 2350 / 589 \Rightarrow n = 3,98$$

3.7 Verificação dos ganchos de apoio das plataformas

Os ganchos das das plataformas estão sujeitos ao momento fletor máximo igual a 1543 Kgfc_m, conforme definido no item 3.4.1.2, atuando na seção A – A conforme abaixo indicado. Como são utilizadas duas plataformas em paralelo, cada sistema de ganchos estará sujeito à metade do valor, ou seja, 772 Kgfc_m.



3.7.1 Momento de inercia da seção resistente



A espessura da chapa resistente ao momento fletor é igual a 4,00 mm e o comprimento total resistente em cada extremidade da plataforma igual a 180 mm. O momento de inercia da seção é dado por:

$$J = b \cdot h^3 / 12$$

$$J = 18 \cdot 0,4^3 / 12 \quad \Rightarrow \quad J = 0,096 \text{ cm}^4$$

3.7.2 Tensão de flexão nos ganchos

A tensão de flexão nos ganchos é dada por:

$$\sigma = M \cdot y_{\max} / J_x$$

Onde: $M = 772 \text{ Kgfc}\cdot\text{m}$ (item 3.)

$$y_{\max} = 0,2 \text{ cm}$$

$$J_x = 0,096 \text{ cm}^4.$$

Temos então:

$$\sigma = 772 \cdot 0,2 / 0,096 \quad \Rightarrow \quad \sigma = 1608 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$

3.7.3 Coeficiente de segurança nos ganchos

Para os ganchos executados em material com tensão de escoamento igual a $2350 \text{ Kg} / \text{cm}^2$, o coeficiente de segurança é dado por:

$$n = \sigma_e / \sigma$$

$$n = 2350 / 1608 \quad \Rightarrow \quad n = 1,57$$

4 VERIFICAÇÃO DO GUARDA CORPO CONFORME EN 1808

Adotamos o critério estabelecido pela Norma Européia EN 1808, a qual estabelece em seu item 6.3.4.1:

" O mínimo valor da força exercida por pessoas sobre os guarda corpo ou no canto superior de um lado rígido, é admitido como igual à 200 N para cada uma das duas primeiras pessoas na plataforma e 100 N para cada pessoa adicional, atuando horizontalmente em intervalos de 500 mm"

É suficiente a verificação do guarda corpo instalado nas plataformas comprimento nominal 3,0 m, já que apresentam o maior vão livre e conseqüentemente os maiores momentos fletores. Consideramos que tres pessoas possam exercer o esforço sobre o guarda corpo, simultaneamente.

4.1 Esquema construtivo do guarda corpo

Tubos: 35 x 2 mm

ARTÍCULO	COTA L (MM)	PESO (KG)
LARGUERO FACHADA 1 M	1020	1,78
LARGUERO FACHADA 1,5 M	1570	2,69
LARGUERO FACHADA 2 M	2070	3,50
LARGUERO FACHADA 2,5 M	2570	4,32
LARGUERO FACHADA 3 M	3070	5,13
DIAGONAL FACHADA 1 M	1660	2,83
DIAGONAL FACHADA 1,5 M	2045	3,46
DIAGONAL FACHADA 2 M	2450	4,12
DIAGONAL FACHADA 2,5 M	2885	4,83
DIAGONAL FACHADA 3 M	3338	5,56



4.2 Características geométricas do guarda corpo

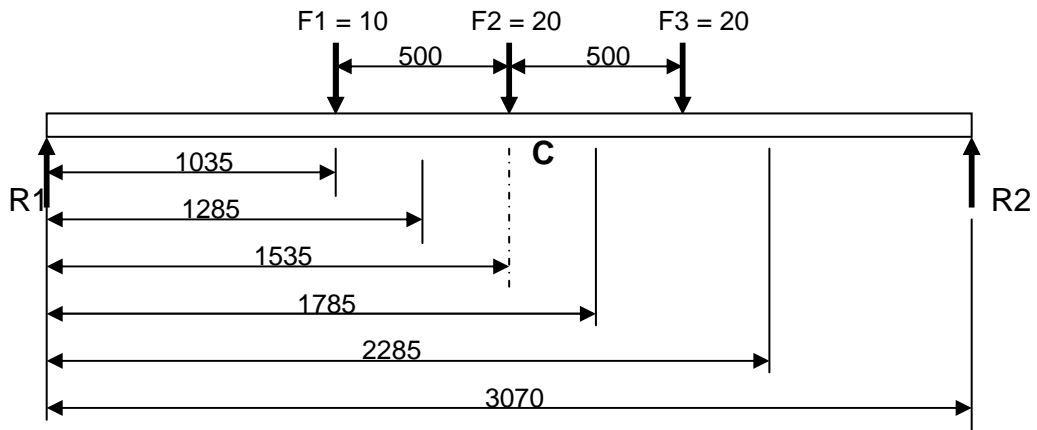
O guarda corpo é executado em tubo diâmetro 35 mm, espessura da parede 2,00 mm, com momento de inércia dado por:

$$J = \pi (D^4 - d^4) / 64$$

$$J = \pi (3,5^4 - 3,1^4) / 64 \quad \Rightarrow \quad J = 2,83 \text{ cm}^4$$

4.3 Esquema de forças segundo a Norma Europeia

A pior situação que se apresenta é quando as forças são exercidas próximo ao centro do guarda corpo, conforme esquema:



4.4 Reações nos apoios

Somatório das forças segundo o eixo Y

$$R1 + R2 = F1 + F2 + F3 + F4$$

$$R1 + R2 = 10 + 20 + 20 + 10 \quad \Rightarrow \quad R1 + R2 = 60 \text{ Kgf}$$

Em função da simetria, $R1 = R2$, de modo que:

$$R1 = 30 \text{ Kgf} \quad \text{e} \quad R2 = 30 \text{ Kgf.}$$

4.5 Momentos fletores no guarda corpo

Somatório dos momentos em relação a F1:

$$M = R1 \cdot 78,5$$

$$M = 30 \cdot 78,5 \quad \Rightarrow \quad M = 2355 \text{ Kgfc} \cdot \text{m} \cdot \text{Kgf}$$

Somatório dos momentos em relação a F2:

$$M = R1 \cdot 128,5 - F1 \cdot 50$$

$$M = 30 \cdot 128,5 - 10 \cdot 50$$

$$M = 3855 - 500 \quad \Rightarrow \quad M = 3355 \text{ Kgfc} \cdot \text{m} \cdot \text{Kgf}$$

Somatório dos momentos em relação a F3:

$$M = R1 \cdot 178,5 - F1 \cdot 100 - F2 \cdot 50$$

$$M = 30 \cdot 178,5 - 10 \cdot 100 - 20 \cdot 50$$

$$M = 5355 - 1000 - 1000 \quad \Rightarrow \quad M = 3355 \text{ Kgfc} \cdot \text{m} \cdot \text{Kgf}$$

Somatório dos momentos em relação a F4:

$$M = R1 \cdot 228,5 - F1 \cdot 150 - F2 \cdot 100 - F3 \cdot 50$$

$$M = 30 \cdot 228,5 - 10 \cdot 150 - 20 \cdot 100 - 20 \cdot 50$$

$$M = 6855 - 1500 - 2000 - 1000 \quad \Rightarrow \quad M = 2355 \text{ Kgfc} \cdot \text{m} \cdot \text{Kgf}$$

Conforme definido, o momento fletor máximo ocorre no centro do guarda corpo, com valor igual a **3355 Kgfc**.

4.6 Tensão de flexão no guarda corpo

O momento fletor máximo no guarda corpo é igual à 3355 Kgfc.m. A tensão de flexão no guarda corpo é dada por:

$$\sigma = M \cdot y_{\max} / J$$
$$\sigma = 3355 \cdot 1,75 / 2,83 \quad \Rightarrow \quad \sigma = 2074 \text{ Kgf / cm}^2$$

4.7 Coeficiente de segurança no guarda corpo

Para a plataforma executada em material com tensão de escoamento igual a 2350 Kgf / cm², o coeficiente de segurança é dado por:

$$n = \sigma_e / \sigma$$
$$n = 2350 / 2074 \quad \Rightarrow \quad n = 1,13$$

5. VERIFICAÇÃO DOS POSTES VERTICAIS

A carga vertical é sustentada pelos marcos ou pórticos, através de dois tubos diâmetro 48 mm e espessura da parede igual a 3,00 mm. O tubo horizontal que une os tubos verticais sustenta a carga definida pelas plataformas. O dimensionamento é efetuado para uma altura de montagem da plataforma mais elevada igual à 24,00 metros. A compressão em cada tubo vertical é definida conforme segue:

- Peso próprio do andaime fachadeiro sustentado por cada tubo vertical, para uma altura máxima igual a 24,00 metros.

- Carga máxima de trabalho igual à 300 Kgf / m² atuando sobre a área de trabalho em um determinado nível.

- Carga máxima de trabalho igual à 150 Kgf / m² atuando sobre a área de trabalho em um nível imediatamente inferior ao nível anteriormente considerado.

- Andaime admitido com plataformas tamanho nominal 3,0 m, o que conduz à condição mais desfavorável do ponto de vista da compressão nos tubos.

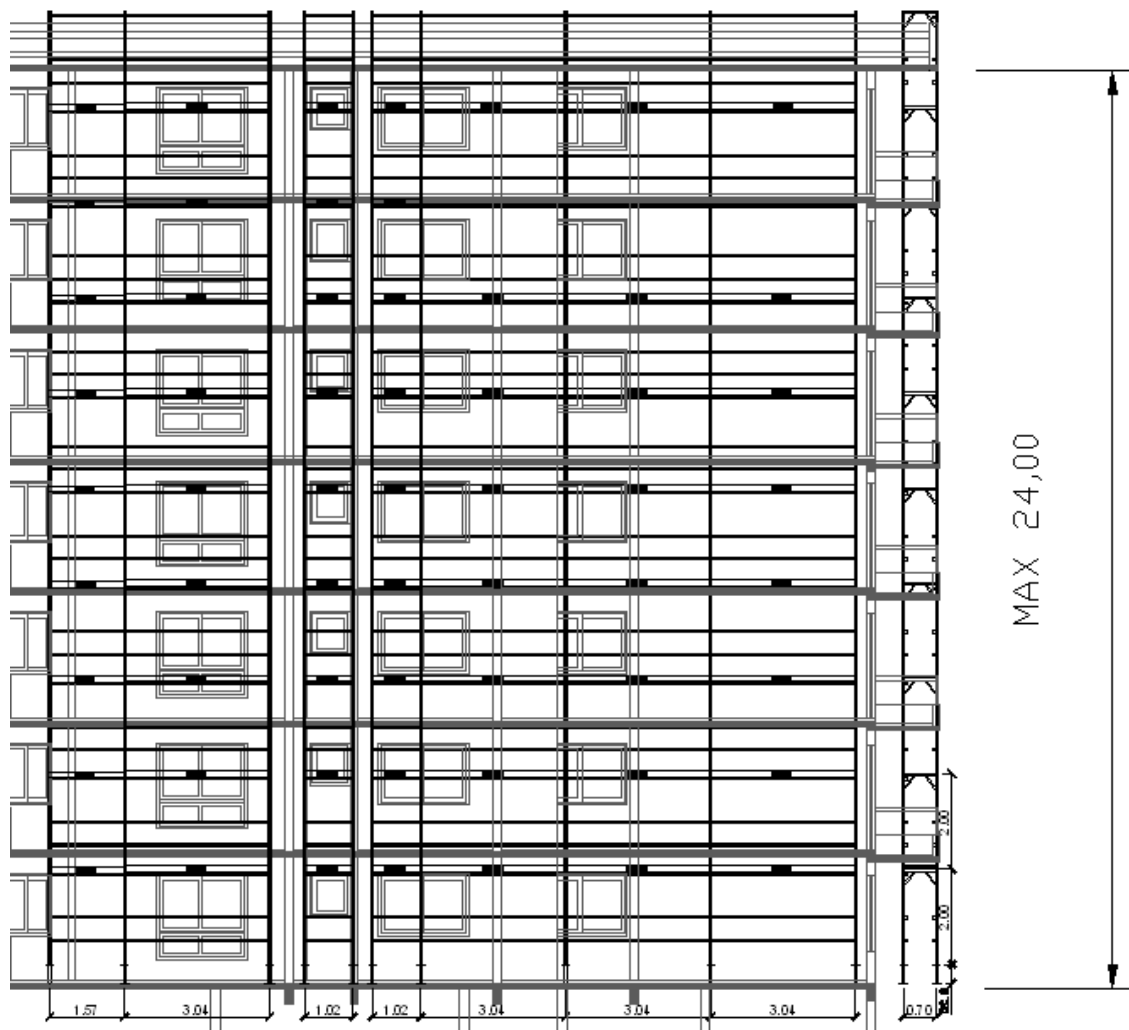
5.1 Esquema dimensional dos marcos

Peso 18,33 Kgf

Tubos verticais e horizontais: 48 x 3,00 mm



5.2 Esquema de montagem do andaime



5.2 Carga vertical sobre os marcos

5.2.1 Carga vertical devido aos pesos próprios

- Peso próprio dos marcos

Cada marco pesa 18,22 Kgf. Para uma altura máxima igual à 24 metros, são utilizados no máximo 12 marcos em uma linha, com peso total dado por:

$$P1 = 12 \cdot 18,33 \quad \Rightarrow \quad P1 = 219,96 \text{ Kgf}$$

- Peso próprio das plataformas

Na altura 24,00 metros podem ser montados até 13 níveis de plataformas, sendo o peso de cada plataforma tamanho nominal 3,0 m é igual a 21,1 Kgf. As linhas de marcos externas (extremidades do andaime) sustentam metade do peso das plataformas. As linhas de marcos internas estão sujeitas à totalidade do peso das plataformas já que sustentam metade das cargas à direita e metade das cargas à esquerda. Temos então:

$$P2 = 13 \cdot 21,1 \cdot 2 \quad \Rightarrow \quad P2 = 548,60 \text{ Kgf}$$

- Peso próprio dos guarda corpos

Na altura 24,00 metros podem ser montados até 13 níveis de guarda corpos, sendo o peso de cada um, para tamanho nominal 3,0 m, igual a 5,13 Kgf. As linhas de marcos externas (extremidades do andaime) sustentam metade do peso dos guarda corpos. As linhas de marcos internas estão sujeitas à totalidade do peso dos guarda corpos já que sustentam metade das cargas à direita, e metade das cargas à esquerda. Temos então:

$$P3 = 13 \cdot 5,13 \cdot 2 \quad \Rightarrow \quad P2 = 133,38 \text{ Kgf}$$

- Peso próprio das diagonais

Para a montagem de diagonais em cada nível, sempre entre duas linhas de marcos adjacentes, cada uma destas linhas suporta metade do peso total. Cada diagonal, para comprimento nominal de plataforma 3,0 m pesa 5,56 Kgf, podendo serem montadas 13 diagonais em altura. Temos então:

$$P4 = 13 \cdot 5,56 \quad \Rightarrow \quad P3 = 72,28 \text{ Kgf}$$

A carga total sobre cada marco devido ao peso próprio é dada pela soma dos pesos P1 a P4, ou seja:

$$P = 219,96 + 548,60 + 133,38 + 72,28 \quad \Rightarrow \quad \mathbf{P = 974 \text{ Kgf}}$$

5.2.2 Carga de trabalho

Considerando-se um nível de plataformas com carga total igual a 300 Kgf / m² e o nível imediatamente inferior com carga total igual a 150 Kgf / m², os marcos abaixo destes dois níveis estarão sujeitos à uma força de compressão total igual a 450 Kgf / m². As linhas de marcos externas (extremidades do andaime) sustentam metade da carga de trabalho. As linhas de marcos internas estão sujeitas à totalidade destas cargas já que sustentam metade das cargas à direita, e metade das cargas à esquerda. Temos então:

$$Q = (3,07 \cdot 0,7) \cdot 450 \quad \Rightarrow \quad \mathbf{Q = 967 \text{ Kgf}}$$

5.3 Ação do vento sobre os tubos verticais

5.3.1 Vento limite sem atividade sobre o andaime

Consideramos o vento limiteo com velocidade máxima igual à 150 Km / h, atuando na direção vertical, com sentido de cima para baixo, levemente inclinado em relação à fachada do prédio, para o andaime sem lona de proteção. Nesta condição, todas as plataformas sofrem a ação do vento, a qual não se soma à carga de trabalho uma vez que a atividade deve cessar com vento da ordem de 72 Km / h.

5.3.1.1 Pressão do vento 150 Km / h

Para a velocidade considerada igual a 150 Km / h ou 41,66 m / s, a pressão do vento é dada por:

$$P = V^2 / 16$$

$$P = 41,66^2 / 16 \quad \Rightarrow \quad p = 108,47 \text{ Kgf / m}^2$$

5.3.1.2 Área sob ação do vento

As plataformas consideradas possuem comprimento 3,07 m e largura 0,70 m, com área dada por:

$$A = b \cdot l$$

$$A = 0,70 \cdot 3 \quad \Rightarrow \quad A = 2,1 \text{ m}^2$$

5.3.1.3 Força do vento 150 Km / h sobre os tubos verticais

A força do vento sobre uma plataforma é dada por:

$$F_v = p \cdot A$$

$$F_v = 108,47 \cdot 2,1 \quad \Rightarrow \quad F_v = 227 \text{ Kgf}$$

As linhas de marcos externas (extremidades do andaime) sustentam metade da força do vento. As linhas de marcos internas estão sujeitas à totalidade destas cargas já que sustentam metade das cargas à direita, e metade das cargas à esquerda. Temos então a força do vento sobre um marco igual à força total supra definida. Para uma altura igual a 24,00 metros, o vento pode atuar sobre 13 plataformas, de modo que a carga total é dada por:

$$F_{vm} = 13 \cdot F_v$$

$$F_{vm} = 13 \cdot 227 \quad \Rightarrow \quad F_{vm} = 2951 \text{ Kgf}$$

5.3.2 Vento limite com atividade no andaime

A atividade no andaime deve encerrar com vento limite igual a 72 Km / h. Para as mesmas condições estabelecidas no item 5.3.1, a carga devido ao vento se soma às cargas devido ao peso próprio e carga de trabalho.

5.3.2.1 Pressão do vento

Para a velocidade considerada igual a 72 Km / h ou 20 m / s, a pressão do vento é dada por:

$$P = V^2 / 16$$

$$P = 20^2 / 16 \quad \Rightarrow \quad p = 25 \text{ Kgf / m}^2$$

5.3.2.2 Área sob ação do vento

As plataformas consideradas possuem comprimento 3,07 m e largura 0,70 m, com área dada por:

$$A = b \cdot l$$

$$A = 0,70 \cdot 3 \quad \Rightarrow \quad A = 2,1 \text{ m}^2$$

5.3.2.3 Força do vento sobre os tubos verticais

A força do vento sobre uma plataforma é dada por:

$$F_v = p \cdot A$$

$$F_v = 20 \cdot 2,1 \quad \Rightarrow \quad F_v = 42 \text{ Kgf}$$

As linhas de marcos externas (extremidades do andaime) sustentam metade da força do vento. As linhas de marcos internas estão sujeitas à totalidade destas cargas já que sustentam metade das cargas à direita, e metade das cargas à esquerda. Temos então a força do vento sobre um marco igual à força total supra

definida. Para uma altura igual a 24,00 metros, o vento pode atuar sobre 13 plataformas, de modo que a carga total é dada por:

$$F_{vl} = 13 \cdot F_v$$

$$F_{vl} = 13 \cdot 42 \quad \Rightarrow \quad F_{vl} = 546 \text{ Kgf}$$

5.4 Carga máxima atuante sobre cada tubo vertical

Cada marco é constituído de dois tubos verticais, de modo que sobre cada um atua metade da carga vertical definida pela soma das cargas devido ao peso próprio, à carga de trabalho e à ação do vento, Temos então duas situações distintas:

5.4.1 Carga total com vento máximo

A carga sobre os tubos verticais nesta condição é dada pela soma dos pesos próprios e da ação do vento, já que não haverá atividade nas plataformas.

$$F_{tvm} = (P + F_{vm}) / 2$$

$$F_{tvm} = (974 + 2951) / 2 \quad \Rightarrow \quad F_{tvm} = 1962 \text{ Kgf}$$

5.4.2 Carga total com vento limite

A carga sobre os tubos verticais nesta condição é dada pela soma dos pesos próprios, da carga de trabalho e da ação do vento, já que poderá haver atividade nas plataformas.

$$F_{tvl} = (P + Q + F_{vl}) / 2$$

$$F_{tvl} = (974 + 967 + 546) / 2 \quad \Rightarrow \quad F_{tvl} = 1243 \text{ Kgf}$$

5.5 Tensão de compressão nos tubos verticais

A máxima carga vertical ocorre com vento máximo, conforme definido no item 5.4. A área da seção transversal dos tubos é igual a 4,23 cm², de modo que a tensão de compressão é dada por:

$$\sigma = F / A$$

$$\sigma = 1962 / 4,23 \quad \Rightarrow \quad \sigma = 464 \text{ Kgf / cm}^2$$

5.6 Coeficiente de segurança nos tubos verticais

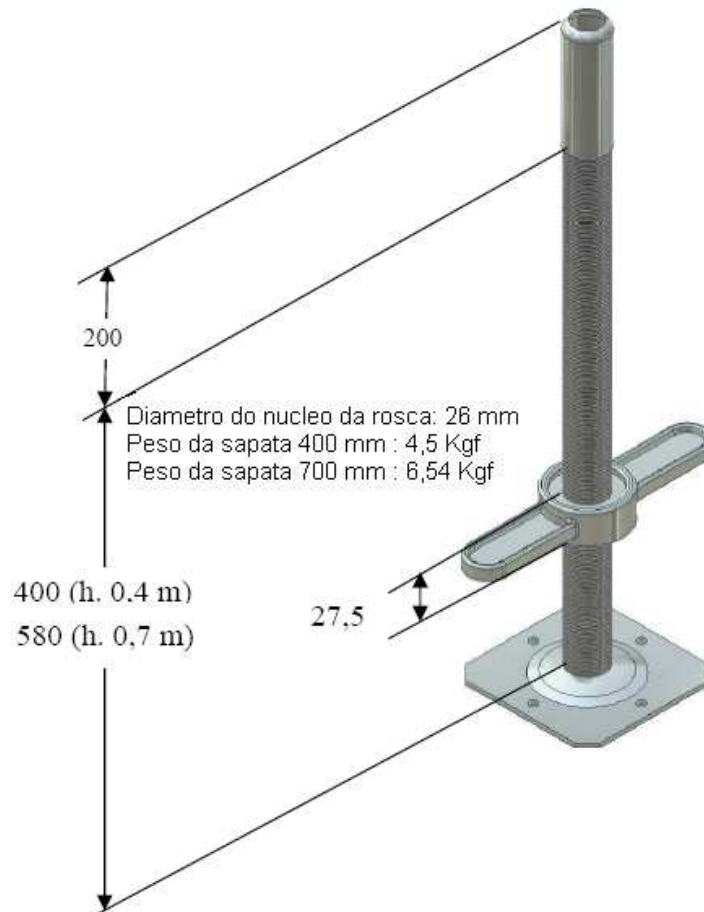
Para os tubos executados em material com tensão de escoamento igual a 2350 Kgf / cm², o coeficiente de segurança é dado por:

$$n = \sigma_e / \sigma$$

$$n = 2350 / 464 \quad \Rightarrow \quad n = 5$$

6. VERIFICAÇÃO DAS SAPATAS AJUSTÁVEIS

As sapatas ajustáveis são montadas sob os tubos verticais dos marcos ou pórticos, permitindo o nivelamento da estrutura. Sobre cada sapata atua portanto, uma carga máxima conforme definida no item 5.4.1, igual a 1962 Kgf.



6.1 Tensão de compressão na sapata

A máxima carga admissível na barra roscada é dada pela tensão de escoamento da mesma, uma vez que a altura da porca é sempre definida de modo que ocorra primeiro o rompimento do parafuso, antes do rompimento dos filetes da porca por cisalhamento. O núcleo do parafuso possui área resistente igual a 5,30 cm² de modo que a tensão de compressão é dada por:

$$\sigma = F / A$$

$$\sigma = 1962 / 5,30 \Rightarrow \sigma = 370 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

6.2 Coefficiente de segurança na sapata ajustável

Para a sapata executada em material com tensão de escoamento igual a 2350 Kgf / cm², o coeficiente de segurança é dado por:

$$n = \sigma_e / \sigma$$

$$n = 2350 / 370 \Rightarrow n = 6,35$$

7. RECÁLCULO DAS PLATAFORMAS COM A CARGA DO VENTO

O vento limite de trabalho exerce um esforço adicional em cada plataforma, com valor igual a 42 Kgf, não considerado no cálculo inicial conforme itens 3.4 e 3.5. Verifica-se através dos resultados obtidos nos itens mencionados, que o menor valor do coeficiente de segurança ocorre para a plataforma comprimento nominal 2,50 m com carga uniforme igual a 4,50 KN / m (item 3.4.2). Se comprovada a segurança desta plataforma em particular, as demais plataformas estarão com sua segurança comprovada, por consequencia.

7.1 Recálculo plataforma 2,50 m

Para a plataforma com comprimento nominal 2,50 m, é definida a classe de carga 5. Temos então:

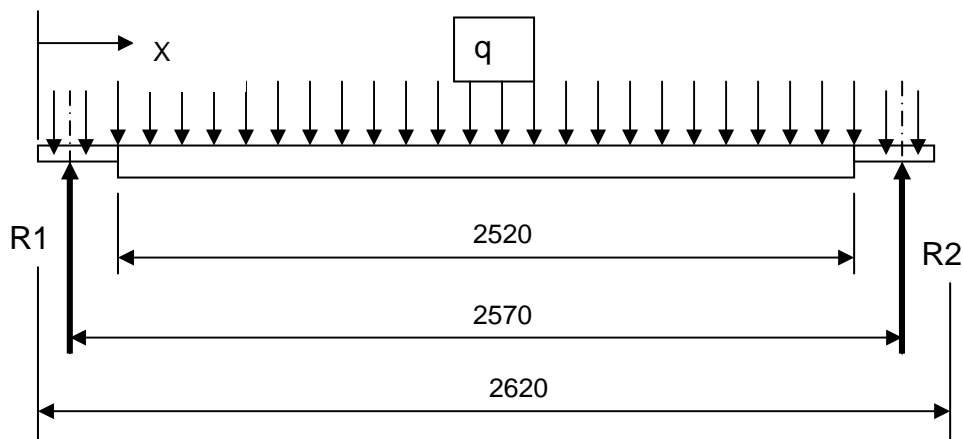
- $q_1 = 4,50 \text{ KN / m} \quad \Rightarrow \quad q_1 = 4,50 \text{ Kgf / cm}$
- $F_1 = 3,00 \text{ KN} \quad \Rightarrow \quad F_1 = 300 \text{ Kgf}$
- $F_2 = 1,00 \text{ KN} \quad \Rightarrow \quad F_2 = 100 \text{ Kgf}$

7.2 Dimensionamento da plataforma 2,50 m com carga distribuída e vento

A plataforma possui um peso próprio igual à 17 Kgf, estando sujeita a uma carga adicional igual a 42 Kgf devido à ação do vento limite de modo que a carga distribuída total é dada por:

$$q = 4,5 + (17 / 262) + (42 / 262) \quad \Rightarrow \quad q = 4,72519084 \text{ Kgf / cm}$$

7.3 Reações nos apoios



Somatório das forças segundo o eixo Y

$$R_1 + R_2 = q \cdot 262$$

$$R_1 + R_2 = 4,72519084 \cdot 262 \quad \Rightarrow \quad R_1 + R_2 = 1238 \text{ Kgf}$$

Em função da simetria, $R_1 = R_2$, de modo que:

$$R_1 = 619 \text{ Kgf} \quad \text{e} \quad R_2 = 619 \text{ Kgf.}$$

7.4 Momentos fletores na plataforma

Para $0 \leq X \leq 2,5$

$$M1 = - q \cdot X \cdot X / 2$$

$$M1 = - 4,72519084 \cdot X^2 / 2$$

$$M1 = - 2,36259542 \cdot X^2$$

Se $X = 2,5$ (ponto de apoio)

$$M1 = - 2,36259542 \cdot 2,5^2 \quad \Rightarrow \quad \mathbf{M1 = -14 \text{ Kgfc}}\mathbf{m}$$

Para $25 \leq X \leq 259,5$

$$M2 = - q \cdot X \cdot X / 2 + R1 (X - 2,5)$$

$$M2 = - 4,72519084 \cdot X^2 / 2 + R1 (X - 2,5)$$

$$M2 = - 2,36259542 \cdot X^2 + 619 (X - 2,5)$$

Se $X = 131$ (centro da plataforma)

$$M2 = - 2,36259542 \cdot 131^2 + 619 (131 - 2,5)$$

$$M2 = - 40544 + 79541 \quad \Rightarrow \quad \mathbf{M2 = 38997 \text{ Kgfc}}\mathbf{m}$$

Se $X = 257$

$$M2 = - 2,36259542 \cdot 257^2 + 619 (257 - 2,5)$$

$$M2 = - 156047 + 157535 \quad \Rightarrow \quad \mathbf{M2 = 1488 \text{ Kgfc}}\mathbf{m}$$

Se $X = 259,5$ (ponto de apoio)

$$M2 = - 2,36259542 \cdot 259,5^2 + 619 (259,5 - 2,5)$$

$$M2 = - 159097 + 159083 \quad \Rightarrow \quad \mathbf{M2 = - 14 \text{ Kgfc}}\mathbf{m}$$

Conforme definido, o momento fletor máximo ocorre no centro da plataforma, com valor igual a **38997 Kgfc**m.

7.5 Tensão de flexão na plataforma 2,50 m com carga distribuída e vento

A tensão de flexão na plataforma é dada por:

$$\sigma = M \cdot y_{\max} / J_x$$

Onde: $M = 37674 \text{ Kgfc}$ m (item 7.4)

$y_{\max} = 4,84 \text{ cm}$ (item 3.2)

$J_x = A$ carga se distribui sobre duas plataformas montadas em paralelo, de modo que o momento de inercia é igual a duas vezes o valor definido no item 3.2, ou seja, $2 \times 55,56 \text{ cm}^4 = 111,12 \text{ cm}^4$.

Temos então:

$$\sigma = 38997 \cdot 4,84 / 111,12 \quad \Rightarrow \quad \sigma = 1698 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

7.6 Coef. de segurança na plataforma 2,50 m com carga distribuída e vento

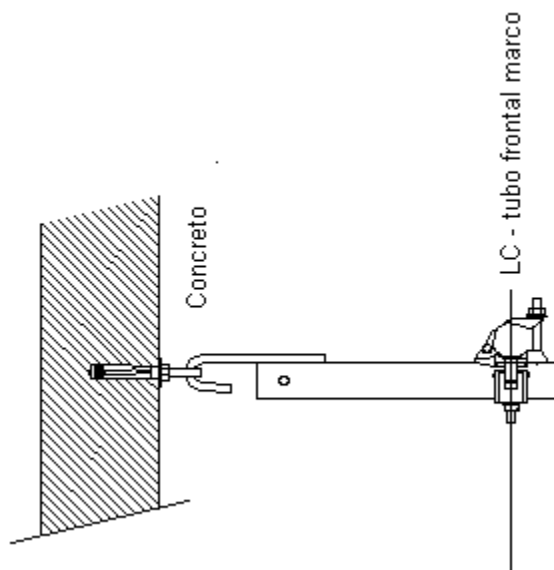
Para a plataforma executada em material com tensão de escoamento igual a $2350 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$, o coeficiente de segurança é dado por:

$$n = \sigma_e / \sigma$$

$$n = 2350 / 1698 \quad \Rightarrow \quad n = 1,38$$

8. VERIFICAÇÃO DO SISTEMA DE ANCORAGEM

O sistema padrão de ancoragem é constituído de chumbadores fixados em concreto, ao qual se une, por meio de gancho, um tubo fixado por meio de abraçadeira ao tubo vertical do marco mais próximo à parede da edificação. Tendo em vista que podem ocorrer situações em que não sejam disponíveis pontos de ancoragem em concreto, as mesmas devem ser objeto de análise particular quanto ao sistema de fixação.



O tubo de ancoragem possui diâmetro 48 mm e espessura da parede 2,00 mm, com área da seção transversal igual a 2,88 cm², e o diâmetro do material do aço redondo (gancho) é igual a 10 mm, com área da seção transversal igual a 0,785 cm². Ambos os componentes estarão sujeitos à tensões de tração ou compressão, já que não ocorrem momentos fletores sobre os mesmos.

8.1 Esforços máximos no sistema de ancoragem

Os esforços máximos no sistema de ancoragem se originam basicamente devido à ação do vento, o qual pode incidir em qualquer direção e qualquer sentido. Consideramos ventos paralelos e perpendiculares à fachada com velocidade igual a 150 Km / h. Admite-se ainda que o andaime se encontre fechado com tela impermeável ao vento. Temos então:

8.1.1 Forças devido ao vento

8.1.1.1 Vento atuando paralelamente à fachada

Nesta caso o vento incide sobre uma superfície definida pela largura do marco multiplicada pela altura do andaime. Tendo em vista que a altura andaime é variável, adotamos a força específica igual à pressão do vento com velocidade 150 Km / h e igual a 108,47 Kgf / m².

8.1.1.2 Vento atuando perpendicularmente à fachada

Nesta caso o vento incide sobre uma superfície definida pelo comprimento total do andaime multiplicada por sua altura. Tendo em vista que ambas as dimensões são variáveis, adotamos a força específica igual à pressão do vento com velocidade 150 Km / h e igual a 108,47 Kgf / m².

8.1.1.3 Numero de chumbadores a utilizar

Os chumbadores utilizados são especificados como marca DESA, modelo 12x70, com olhal, porca e arruela., com capacidades de carga em concreto com resistencia 200 Kgf / cm² (minimo admitido) conforme segue:

- Resistencia ao arrancamento.....250 Kgf
- Resistencia ao cisalhamento.....230 Kgf

A menor resistencia do chumbador se refere ao cisalhamento. Considerando-se uma força igual a 108,47 Kgf / m², o numero de chumbadores a ser utilizado por unidade de área é dado por:

$$n = 108,47 / 230 \Rightarrow n = 0,47 / m^2$$

$$\text{Ou: } A = 1 / 0,47 \Rightarrow A = 2,12 m^2$$

O valor acima indica que nas condições de carga estabelecidas, deverá ser montado pelo menos um chumbador para cada 2,12 m² de área do andaime.

8.1.1.4 Tensão no gancho de ancoragem

Adotando-se a montagem de um chumbador a cada 2,12 m², o esforço máximo a que o gancho estará sujeito é igual à:

$$T = 2,12 \cdot 108,47 \Rightarrow T = 230 \text{ Kgf}$$

A tensão de tração, compressão ou cisalhamento no gancho é dada por:

$$\sigma = T / A$$

$$\sigma = 230 / 0,785 \Rightarrow \sigma = 293 \text{ Kgf / cm}^2$$

8.1.1.5 Coeficiente de segurança no gancho

Para o gancho executado em material com tensão de escoamento igual a 2350 Kgf / cm², o coeficiente de segurança é dado por:

$$n = \sigma_e / \sigma$$

$$n = 2350 / 293 \Rightarrow n = 8$$

8.1.1.6 Tensão no tubo de ancoragem

Adotando-se a montagem de um chumbador a cada 2,12 m², o esforço máximo a que o tubo estará sujeito é igual à:

$$T = 2,12 \cdot 108,47 \Rightarrow T = 230 \text{ Kgf}$$

A tensão de tração, compressão ou cisalhamento no tubo é dada por:

$$\sigma = T / A$$

$$\sigma = 230 / 2,88 \Rightarrow \sigma = 80 \text{ Kgf / cm}^2$$

8.1.1.7 Coeficiente de segurança no gancho

Para o gancho executado em material com tensão de escoamento igual a 2350 Kgf / cm², o coeficiente de segurança é dado por:

$$n = \sigma_e / \sigma$$

$$n = 2350 / 80 \Rightarrow n = 29$$

8.1. 1.8 Verificação da solda

O gancho é soldado ao tubo num comprimento total igual a 90 mm. O cordão apresenta 5 mm de lado, de modo que a seção efetiva possui uma dimensão dada por:

$$w = 5 / 2 \cdot \cos 45^\circ \Rightarrow w = 3,53 \text{ mm } (= 0,353 \text{ cm})$$

A seção transversal resistente da solda é dada por:

$$A = 0,353 \cdot 9 \Rightarrow A = 3,177 \text{ cm}^2$$

8.1.1.9 Força resistente da solda

Conforme AWS (American Welding Society) a tensão na solda é sempre considerada como cisalhamento, com valor máximo admissível igual à 900 Kgf / cm². Dessa forma a força resistente máxima é dada por:

$$Fr = 3,177 \cdot 900 \Rightarrow Fr = 2859 \text{ Kgf}$$

Conforme se verifica, a força resistente da solda supera a força máxima exercida pela cinta de içamento, com coeficiente de segurança dado por:

$$n = Fr / F$$

$$n = 2859 / 230 \Rightarrow n = 12$$

9 CONCLUSÃO

Conforme demonstrado, o equipamento analisado apresenta plenas condições de segurança do ponto de vista de seu dimensionamento estrutural. Especial atenção deve ser dada ao sistema de ancoragem do andaime ao prédio, uma vez que o número de chumbadores depende das condições da tela de proteção a ser utilizada, a qual poderá apresentar maior ou menor resistência à passagem do vento.

Porto Alegre, 27 de Janeiro de 2010

Jose Sergio Menegaz
Eng^o Mecânico
CREA 23991