

UNIVESIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
ENGENHARIA MECÂNICA NOTURNO



DIMENSIONAMENTO DE UM GALPÃO DE ARMAZENAMENTO

CURITIBA
2016

UNIVESIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
ENGENHARIA MECÂNICA NOTURNO



DIMENSIONAMENTO DE UM GALPÃO DE ARMAZENAMENTO

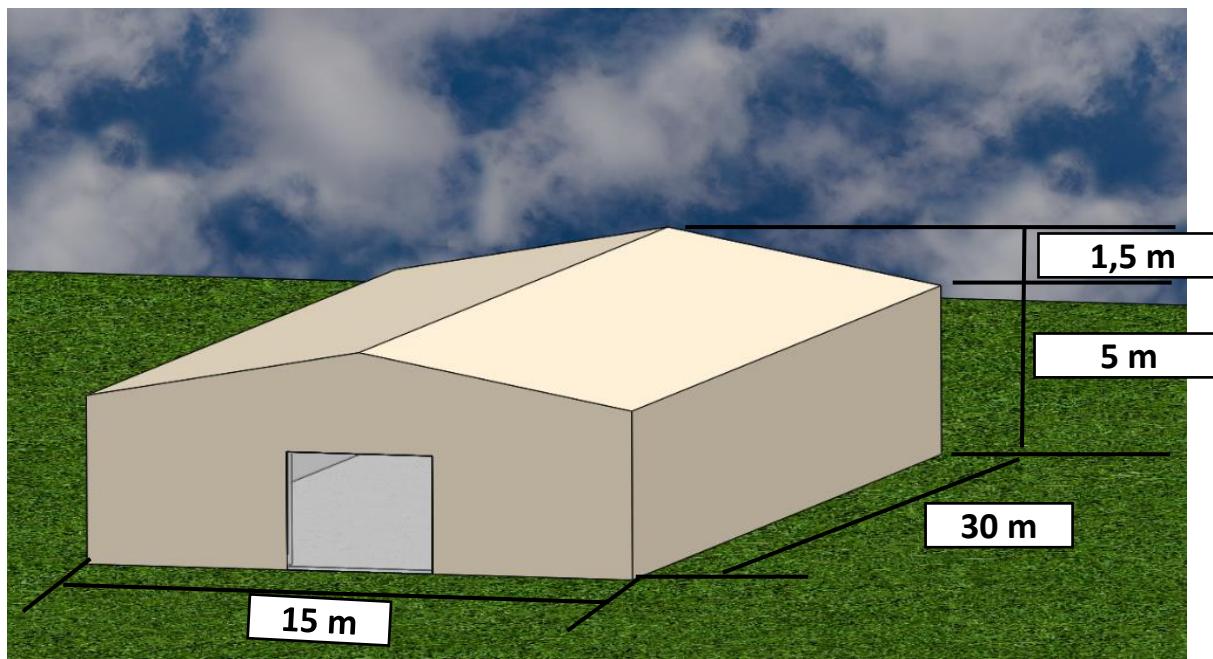
Trabalho realizado como método de aprovação da disciplina de Estruturas Metálicas, do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Paraná, sob orientação do Professor Alexandre Pescador, realizado pelos alunos:
Carlos Eduardo Germino Filho, GRR20111334
Julio Cezar de Jesus Rodrigues Junior, GRR20113111

CURITIBA
2016

1. OBJETIVO

Dimensionamento de um galpão de armazenamento conforme normas NBR 8880:2008 e NBR 6123:1988.

2. GALPÃO



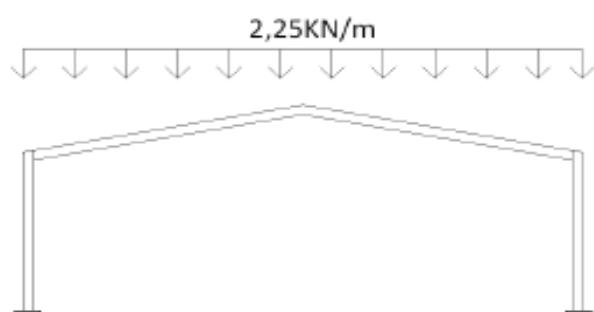
3. CARGAS PERMANENTES

| | |
|-------------------|------------------------|
| TELHAS | 0,10 kN/m ² |
| CONTRAVENTAMENT | 0,05 kN/m ² |
| TERÇAS E TIRANTES | 0,10 kN/m ² |
| VIGAS E COLUNAS | 0,20 kN/m ² |
| TOTAL PERMANENTE | 0,45 kN/m ² |

Para levar em conta a carga total permanente no pórtico, para fins de cálculo, devemos considerá-la como uma carga distribuída.

Foi utilizada uma distância entre pórticos de 5 metros, resultando em 7 pórticos.

$$0,45 \text{ kN/m}^2 \times 5 \text{ m} = 2,25 \text{ kN/m}$$

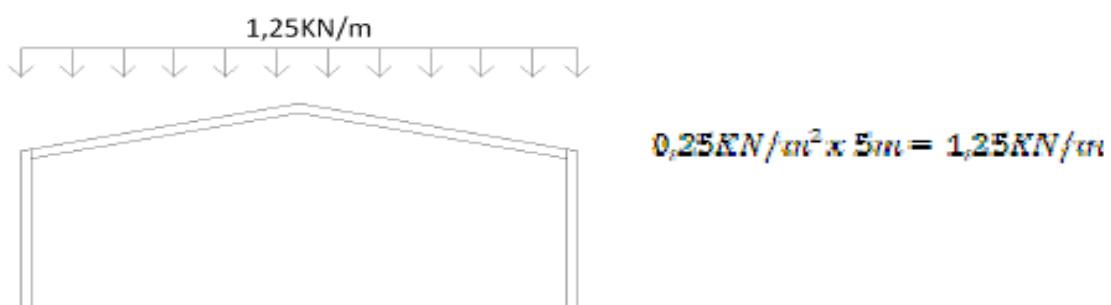


4. CARGAS ACIDENTAIS - SOBRECARGA

Conforme a NBR 8800:2008 o mínimo a ser considerado é 0,25 kN/m².

Analizando a carga total acidental (sobrecarga) no pórtico, para fins de cálculo também devemos considerá-la como uma carga distribuída.

Deve-se utilizar adistância entre pórticos, que é 5m.

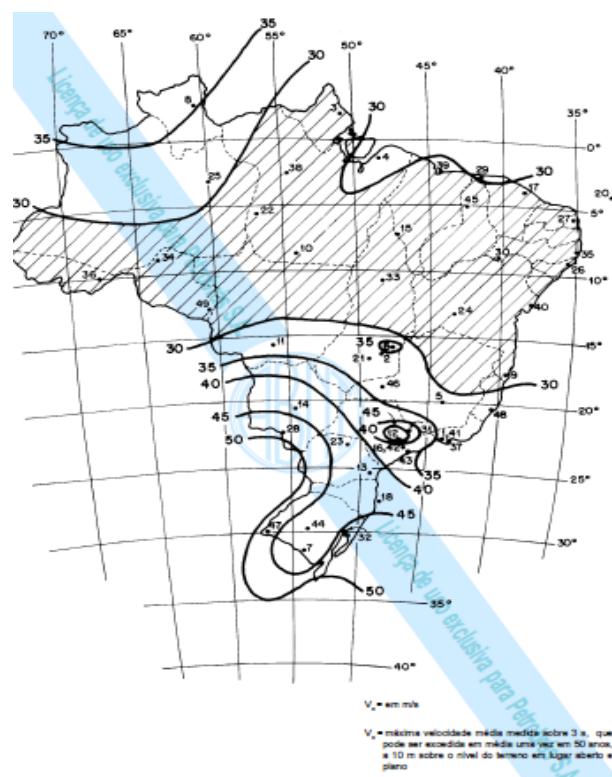


5. CARGAS ACIDENTAIS - VENTO

Para ser possível conhecer o carregamento de cargas acidentais, passamos por uma série de considerações e cálculos, como segue

Vo

- ✓ Isopletas do vento: Região Sul do Brasil (Rio Grande do Sul): $V_0 = 45\text{m/s}$



S1

- ✓ Fator Topográfico: Terreno plano ou fracamente acidentado: $s_1 = 1,00$

S2

- ✓ Fator de Rugosidade: Área industrial – Categoria IV e maior dimensão 30,00m
– Classe B;

$$S_2 = b F_r (z/10)^p,$$

Será considerada nas alturas de 2,5m (metade da altura da coluna) e 6,5m (corresponde a maior altura da edificação).

| Categoria | Z_g (m) | Parâmetro | Classes | | |
|-----------|--------------|-----------|---------|-------|-------|
| | | | A | B | C |
| II | 300 | b | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| | | F_r | 1,00 | 0,98 | 0,95 |
| | | p | 0,085 | 0,09 | 0,10 |
| IV | 420 | b | 0,86 | 0,85 | 0,84 |
| | | p | 0,12 | 0,125 | 0,135 |

$$S_{2(2,5m)} = 0,85 \times 0,98 \left(\frac{2,5}{10}\right)^{0,085} = 0,7$$

$$S_{2(6,5m)} = 0,85 \times 0,98 \left(\frac{6,5}{10}\right)^{0,09} = 0,79$$

S3

Tabela 3 - Valores mínimos do fator estatístico S_3

| Grupo | Descrição | S_3 |
|-------|---|-------|
| 1 | Edificações cuja ruína total ou parcial pode afetar a segurança ou possibilidade de socorro a pessoas após uma tempestade destrutiva (hospitais, quartéis de bombeiros e de forças de segurança, centrais de comunicação, etc.) | 1,10 |
| 2 | Edificações para hotéis e residências. Edificações para comércio e indústria com alto fator de ocupação | 1,00 |
| 3 | Edificações e instalações industriais com baixo fator de ocupação (depósitos, silos, construções rurais, etc.) | 0,95 |
| 4 | Vedações (telhas, vidros, painéis de vedação, etc.) | 0,88 |
| 5 | Edificações temporárias. Estruturas dos grupos 1 a 3 durante a construção | 0,83 |

- ✓ Fator Estatístico: Área industrial com baixo teor de ocupação – Grupo 3:

$$S_1 = 0,95$$

V_k (velocidade característica do vento)

$$V_k = V_0 S_1 S_2 S_3$$

$$V_k(2,90m) = 45 \times 1 \times 0,7 \times 0,95 = 29,93 \text{ m/s}$$

$$V_k(6,5m) = 45 \times 1 \times 0,79 \times 0,95 = 33,77 \text{ m/s}$$

q (pressão de obstrução)

$$q = 0,613 V_k^2$$

$$q(2,90m) = 0,613 \times 29,93^2 = 549,13 \text{ N/m}^2$$

$$q(6,5m) = 0,613 \times 33,77^2 = 699,07 \text{ N/m}^2$$

C_{pe} (coeficiente de pressão e forma externo):

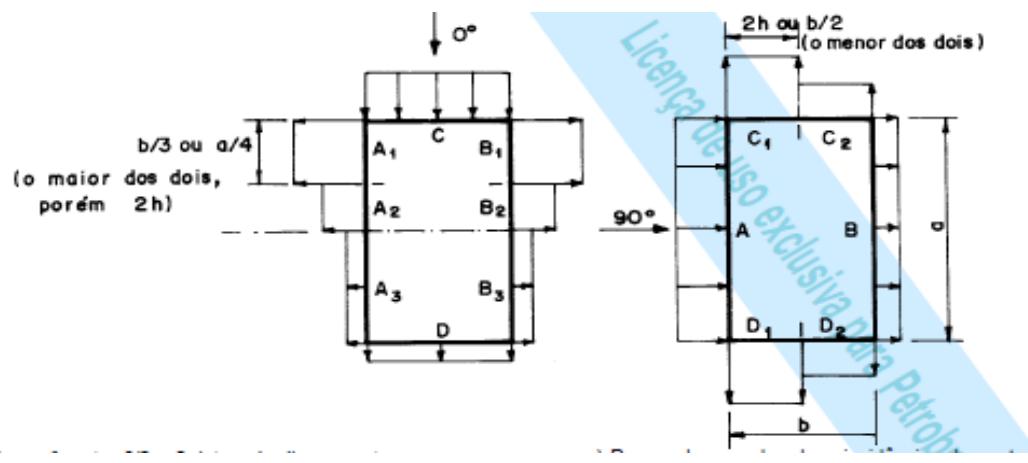
- Laterais e Frente

Relação altura/largura: $\frac{h}{b} = \frac{6}{15} = 0,5 < \frac{1}{2}$

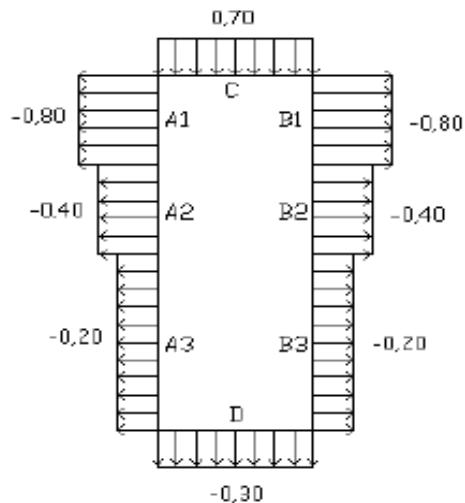
Relação comprimento/largura: $\frac{a}{b} = \frac{30}{15} = 2 \quad 2 \leq 2 < 4$

Tabela 4 - Coeficientes de pressão e de forma, externos, para paredes de edificações de planta retangular

| Altura relativa | | Valores de C _{pe} para | | | | | | | | C _{pe} médio | |
|---|---------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------|------|---------|------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------|--|
| | | α = 0° | | | | α = 90° | | | | | |
| | | A ₁ e B ₁ | A ₂ e B ₂ | C | D | A | B | C ₁ e D ₁ | C ₂ e D ₂ | | |
|  | $1 \leq \frac{a}{b} \leq \frac{3}{2}$ | -0,8 | -0,5 | +0,7 | -0,4 | +0,7 | -0,4 | -0,8 | -0,4 | -0,9 | |
| 0,2 b ou h (o menor dos dois) $\frac{h}{b} \leq \frac{1}{2}$ | $2 \leq \frac{a}{b} \leq 4$ | -0,8 | -0,4 | +0,7 | -0,3 | +0,7 | -0,5 | -0,9 | -0,5 | -1,0 | |
|  | $1 \leq \frac{a}{b} \leq \frac{3}{2}$ | -0,9 | -0,5 | +0,7 | -0,5 | +0,7 | -0,5 | -0,9 | -0,5 | -1,1 | |
| $\frac{1}{2} < \frac{h}{b} \leq \frac{3}{2}$ | $2 \leq \frac{a}{b} \leq 4$ | -0,9 | -0,4 | +0,7 | -0,3 | +0,7 | -0,6 | -0,9 | -0,5 | -1,1 | |
|  | $1 \leq \frac{a}{b} \leq \frac{3}{2}$ | -1,0 | -0,6 | +0,8 | -0,6 | +0,8 | -0,6 | -1,0 | -0,6 | -1,2 | |
| $\frac{3}{2} < \frac{h}{b} \leq 6$ | $2 \leq \frac{a}{b} \leq 4$ | -1,0 | -0,5 | +0,8 | -0,3 | +0,8 | -0,6 | -1,0 | -0,6 | -1,2 | |



vento 0°



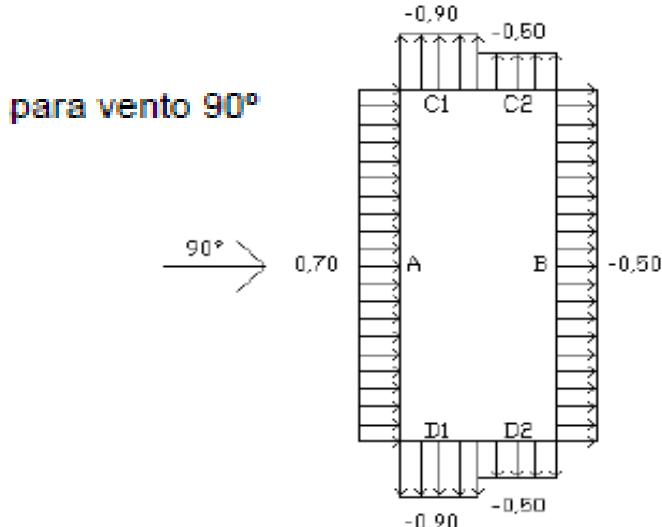
O comprimento de A1 e B1 segue a condição:

$$\frac{b}{3} = \frac{15}{3} = 5\text{m}$$

$$\frac{a}{4} = \frac{20}{4} = 5\text{m}$$

$$2 \times h = 10\text{m}$$

Utiliza-se o maior valor entre a primeira e segunda condição. Caso este valor for maior que a 3ª condição, usa-se a 3ª. A1 e B1=7,5m.



O comprimento de C1 e D1 segue a condição:

$$2h = 2 \times 5 = 10m$$

$$\frac{h}{2} = \frac{15}{2} = 7,5m$$

Utiliza-se o menor valor entre a primeira e segunda condição. C1 e D1=7,5m.
Os coeficientes estemos de pressão médio é: $h = 5m$.

$$0,2 \times h = 0,2 \times 15 = 3m$$

Utiliza-se o menor valor entre as condições superiores = 3m.

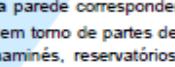
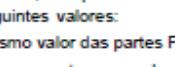
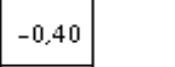
- Telhado:

Os Coeficientes de pressão externos telhado (C_{pe}):

Sabe-se que a inclinação do telhado é de 11°

$$\frac{h}{b} = \frac{5}{15} = 0,3 < \frac{1}{2}$$

Tabela 5 - Coeficientes de pressão e de forma, externos, para telhados com duas águas, simétricos, em edificações de planta retangular

| Altura relativa | θ | Valores de C_e para | | | | c_{pe} médio | | | |
|---|----------|-------------------------|------|--------------------|------|----------------|------|------|----------------|
| | | $\alpha = 90^\circ$ (A) | | $\alpha = 0^\circ$ | | EF | GH | EG | c_{pe} médio |
| | | EF | GH | EG | FH | | | | |
|  $\frac{h}{b} \leq \frac{1}{2}$ | 0° | -0,8 | -0,4 | -0,8 | -0,4 | -2,0 | -2,0 | -2,0 | -- |
|  $\frac{1}{2} < \frac{h}{b} \leq \frac{3}{2}$ | 5° | -0,9 | -0,4 | -0,8 | -0,4 | -1,4 | -1,2 | -1,2 | -1,0 |
|  $\frac{3}{2} < \frac{h}{b} \leq 6$ | 10° | -1,2 | -0,4 | -0,8 | -0,6 | -1,4 | -1,4 | -1,4 | -1,2 |
|  | 15° | -1,0 | -0,4 | -0,8 | -0,6 | -1,4 | -1,2 | -1,2 | -1,2 |
|  | 20° | -0,4 | -0,4 | -0,7 | -0,6 | -1,0 | -1,0 | -1,0 | -1,2 |
|  | 30° | 0 | -0,4 | -0,7 | -0,6 | -0,8 | -0,8 | -0,8 | -1,1 |
|  | 45° | +0,3 | -0,5 | -0,7 | -0,6 | | | | -1,1 |
|  | 60° | +0,7 | -0,6 | -0,7 | -0,6 | | | | -1,1 |

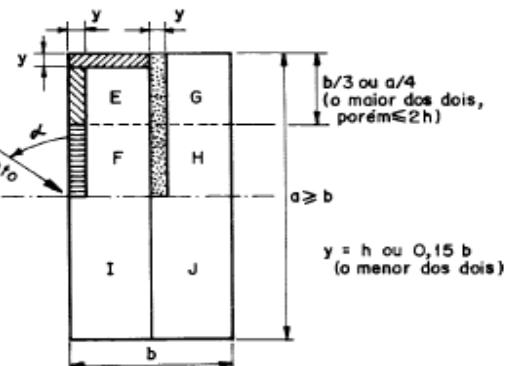
Notas: a) O coeficiente de forma C_e na face inferior do beiral é igual ao da parede correspondente.

b) Nas zonas em torno de partes de edificações salientes ao telhado (chaminés, reservatórios, torres, etc.), deve ser considerado um coeficiente de forma $C_e = 1,2$, até uma distância igual à metade da dimensão da diagonal da saliência vista em planta.

c) Na cobertura de lanternins, c_{pe} médio = -2,0.

d) Para vento a 0° , nas partes I e J o coeficiente de forma C_e tem os seguintes valores:

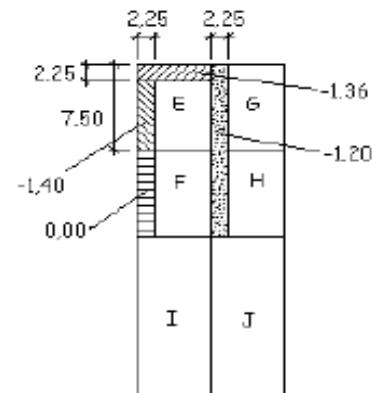
$a/b = 1$: mesmo valor das partes F e H; $a/b \geq 2$: $C_e = -0,2$. Interpolar linearmente para valores intermediários de a/b .



| | |
|-------|-------|
| E | G |
| -1,16 | -0,40 |
| F | H |
| -1,16 | -0,40 |
| I | J |
| -1,16 | -0,40 |

$90^\circ \rightarrow$

| | |
|-------|-------|
| E | G |
| -0,80 | -0,80 |
| F | H |
| -0,60 | -0,60 |
| I | J |
| -0,20 | -0,20 |

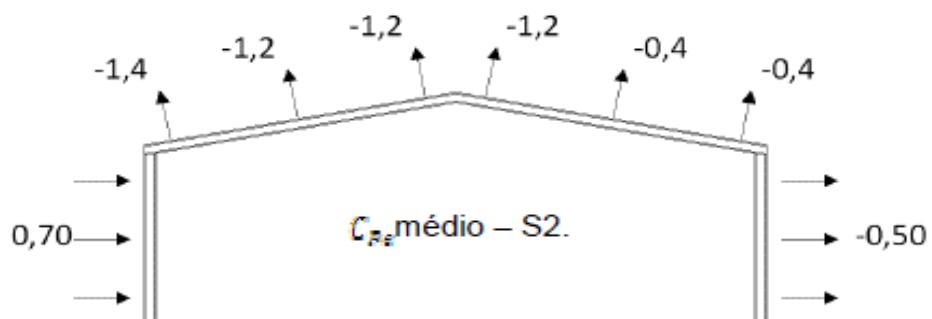
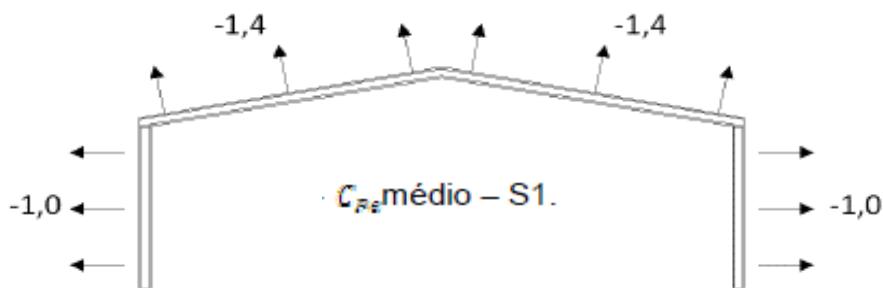


Cpi

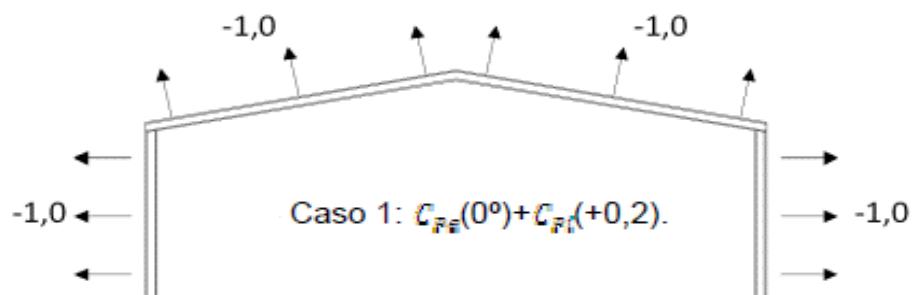
O Coeficiente de pressão interna (C_{pi}) considera que as paredes do pavilhão tenham duas faces igualmente permeáveis e duas faces igualmente impermeáveis.

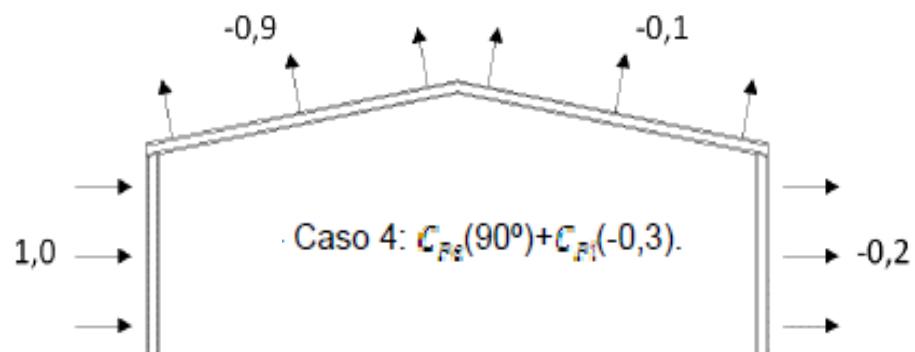
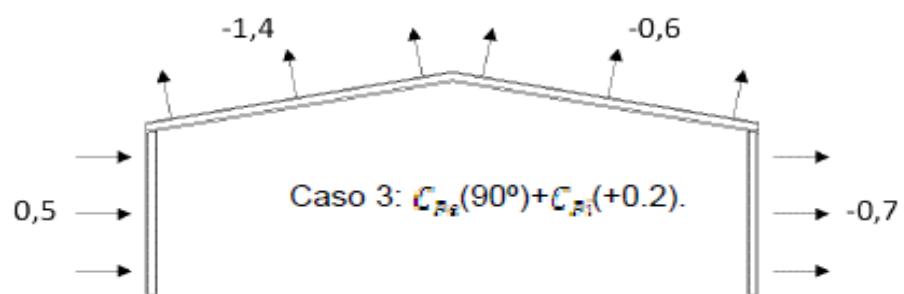
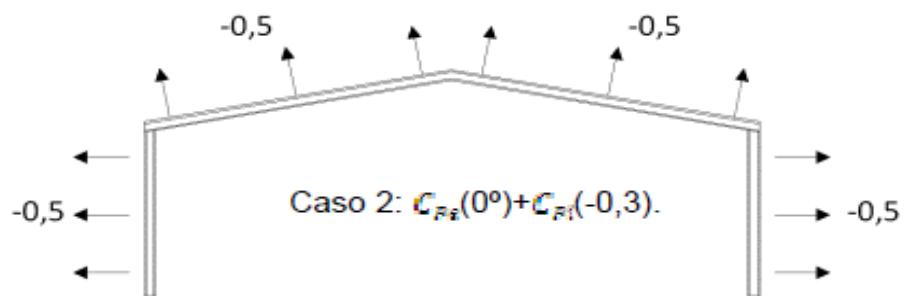
Coeficientes adotados: 0,2 e -0,3.

Combinações para telhas, terças e ancoragens:



Combinações para elementos da estrutura principal:





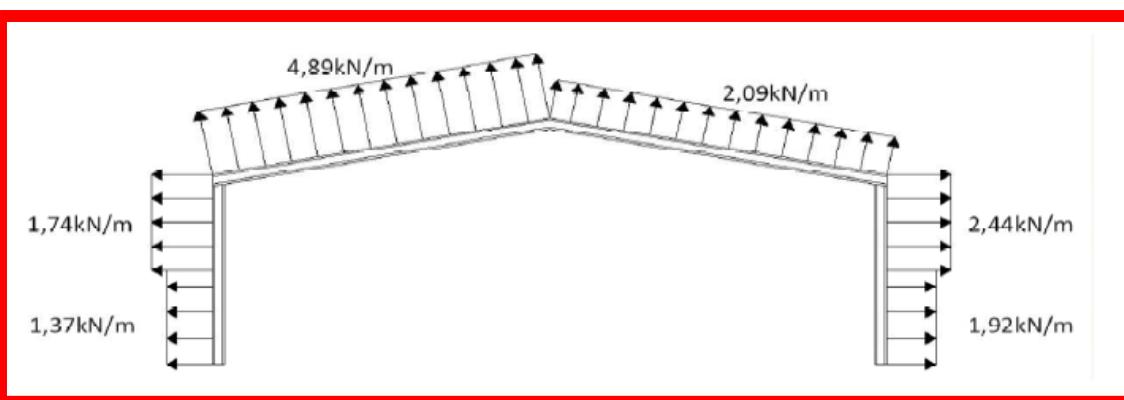
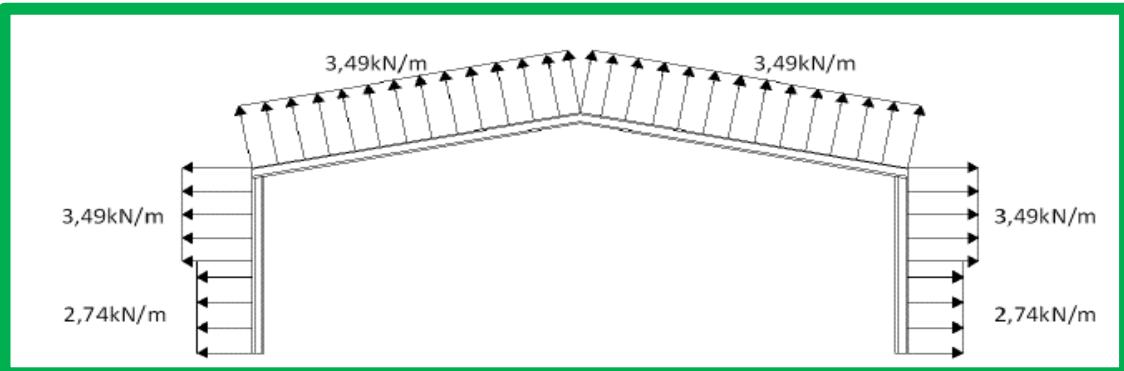
Valores para as cargas devidas ao vento:

$$q_{(2,6m)} = \frac{549,13N}{m^2} \text{ ou } 0,5491kN/m^2$$

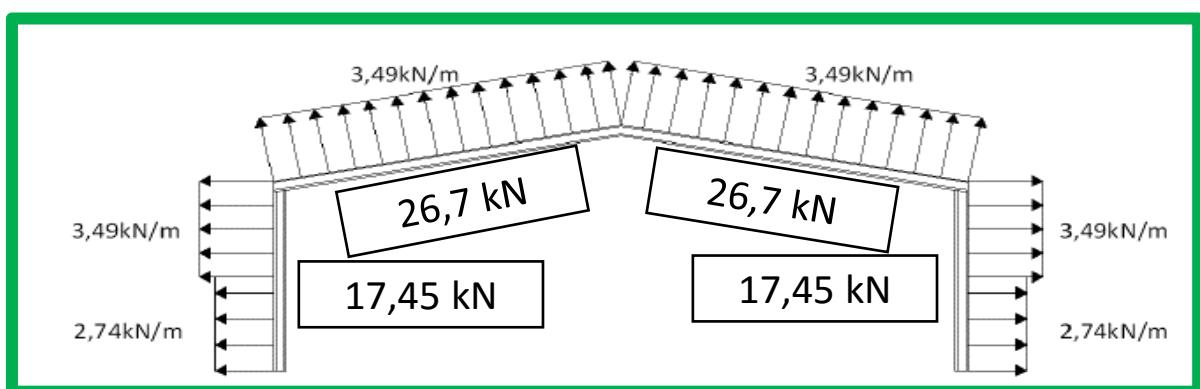
$$q_{(6,6m)} = 699,07N/m^2 \text{ ou } 0,6991kN/m^2$$

6. DEFINIÇÃO DAS CARGAS TOTAIS

Levando-se em conta todas as cargas calculadas e assumidas até o momento, chegam-se nos valores abaixo:



Selecionando a situação mais crítica (em verde), a carga resultante é:



7. SELEÇÃO DA VIGA

Com o auxílio da tabela abaixo, é possível encontrar, através dos dados encontrados neste projeto, uma viga que suporte todas as cargas previstas.

| Designação | Área A | Altura d | Espessura da alma t_{alma} | Aba | | Eixo $x-x$ | | | Eixo $y-y$ | | |
|--------------------------------|---------------|---------------|------------------------------------|----------------------|------------------------|---------------------|---------------------|------|---------------------|---------------------|------|
| | | | | Largura b_{aba} | Espessura t_{aba} | I | W | r | I | W | r |
| $\text{mm} \times \text{kg/m}$ | mm^2 | mm | mm | mm | mm | 10^6 mm^4 | 10^3 mm^3 | mm | 10^6 mm^4 | 10^3 mm^3 | mm |
| W200 × 100 | 12.700 | 229 | 14,50 | 210,0 | 23,7 | 113 | 987 | 94,3 | 36,6 | 349 | 53,7 |
| W200 × 86 | 11.000 | 222 | 13,00 | 209,0 | 20,6 | 94,7 | 853 | 92,8 | 31,4 | 300 | 53,4 |
| W200 × 71 | 9.100 | 216 | 10,20 | 206,0 | 17,4 | 76,6 | 709 | 91,7 | 25,4 | 247 | 52,8 |
| W200 × 59 | 7.580 | 210 | 9,14 | 205,0 | 14,2 | 61,2 | 583 | 89,9 | 20,4 | 199 | 51,9 |
| W200 × 46 | 5.890 | 203 | 7,24 | 203,0 | 11,0 | 45,5 | 448 | 87,9 | 15,3 | 151 | 51,0 |
| W200 × 36 | 4.570 | 201 | 6,22 | 165,0 | 10,2 | 34,4 | 342 | 86,8 | 7,64 | 92,6 | 40,9 |
| W200 × 22 | 2.860 | 206 | 6,22 | 102,0 | 8,0 | 20,0 | 194 | 83,6 | 1,42 | 27,8 | 22,3 |
| W150 × 37 | 4.730 | 162 | 8,13 | 154,0 | 11,6 | 22,2 | 274 | 68,5 | 7,07 | 91,8 | 38,7 |
| W150 × 30 | 3.790 | 157 | 6,60 | 153,0 | 9,3 | 17,1 | 218 | 67,2 | 5,54 | 72,4 | 38,2 |
| W150 × 22 | 2.860 | 152 | 5,84 | 152,0 | 6,6 | 12,1 | 159 | 65,0 | 3,87 | 50,9 | 36,8 |
| W150 × 24 | 3.060 | 160 | 6,60 | 102,0 | 10,3 | 13,4 | 168 | 66,2 | 1,83 | 35,9 | 24,5 |
| W150 × 18 | 2.290 | 153 | 5,84 | 102,0 | 7,1 | 9,19 | 120 | 63,3 | 1,26 | 24,7 | 23,5 |
| W150 × 14 | 1.730 | 150 | 4,32 | 100,0 | 5,5 | 6,84 | 91,2 | 62,9 | 0,912 | 18,2 | 23,0 |

Assim, uma pré-escolha do material da viga é feita, considerando os dados abaixo:

AÇO 1040 LAMINADO A FRIO

TENSÃO ESCOAMENTO: 440,00 Mpa

FORÇA: 26.700,00 N

PERFIL \ 200 x 71 648,00 mm²

TENSÃO ADMISSÍVEL: 41,20 MPa

CS 5,00

TENSÃO NO AÇO: 206,02 MPa

Fazendo uma iteração com um aço disponível no mercado e presente na NBR8800, encontramos um perfil de viga com as seguintes especificações:

| ABNT NBR 7007 | | | ABNT NBR 6648 | | | ABNT NBR 6649 / ABNT NBR 6650 | | |
|---|--------------|---|---------------|--------------|---|-------------------------------|--------------|--------------|
| Aços-carbono e microligados para uso estrutural e geral | | Chapas grossas de aço-carbono para uso estrutural | | | Chapas finas (a frio/a quente) de aço-carbono para uso estrutural | | | |
| Denominação | f_y MPa | f_u MPa | Denominação | f_y MPa | f_u MPa | Denominação | f_y MPa | f_u MPa |
| MR 250 | 250 | 400-560 | CG-26 | 255 | 410 | CF-26 | 260/260 | 400/410 |
| AR 350 | 350 | 450 | CG-28 | 275 | 440 | CF-28 | 280/280 | 440/440 |
| AR 350 COR | 350 | 485 | | | | CF-30 | --- | --- |
| AR 415 | 415 | 520 | | | | | 300 | 490 |

Aço carbono e microligados para uso estrutura e geral

Denominação: **MR 250**

Tensão escoamento: 250 MPa

Tensão ruptura: 560 MPa

Com isso, se chega a um novo coeficiente de segurança.

CS novo: **6,07**

8. CONCLUSÕES

- Galpão com sete colunas espaçadas em 5 metros uma das outras, assim como o número de pórticos no telhado.
- Para o selecionamento, escolheu-se a viga que apresentava o valor de esforços mais crítico, replicando para as outras vigas do galpão.
- Ao final, selecionou-se uma viga com perfil em I.

