

Esforços devido ao vento nas edificações NBR6123/88

Aula 1 – Primeiros Conceitos

Esforços devido ao vento



Esforços devido ao vento



Esforços devido ao vento

As cargas de vento ocorrem devido ao fluxo de ar nos arredores de uma edificação e dependem basicamente de três fatores:

- **Localização Geográfica da Edificação**
- **Obstáculos e características do local**
- **Geometria e características vibracionais da edificação**

Esforços devido ao vento

Praticamente todas as normas ao redor do mundo se baseiam na relação entre Velocidade do vento e Carga, estabelecida por Bernoulli:

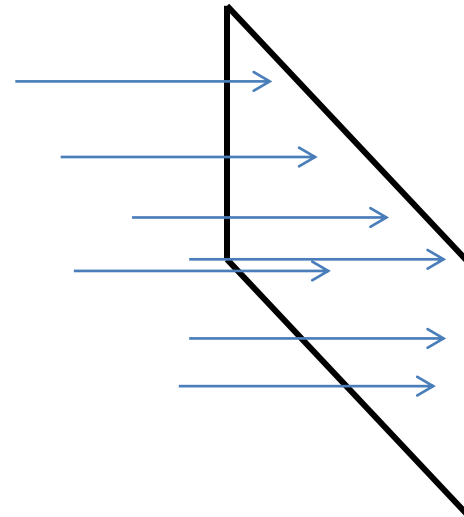
$$q = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2$$

Onde ρ é a densidade de massa do ar

$\rho = 12,02 \text{ N/m}^3$ ao nível do mar a 15°C

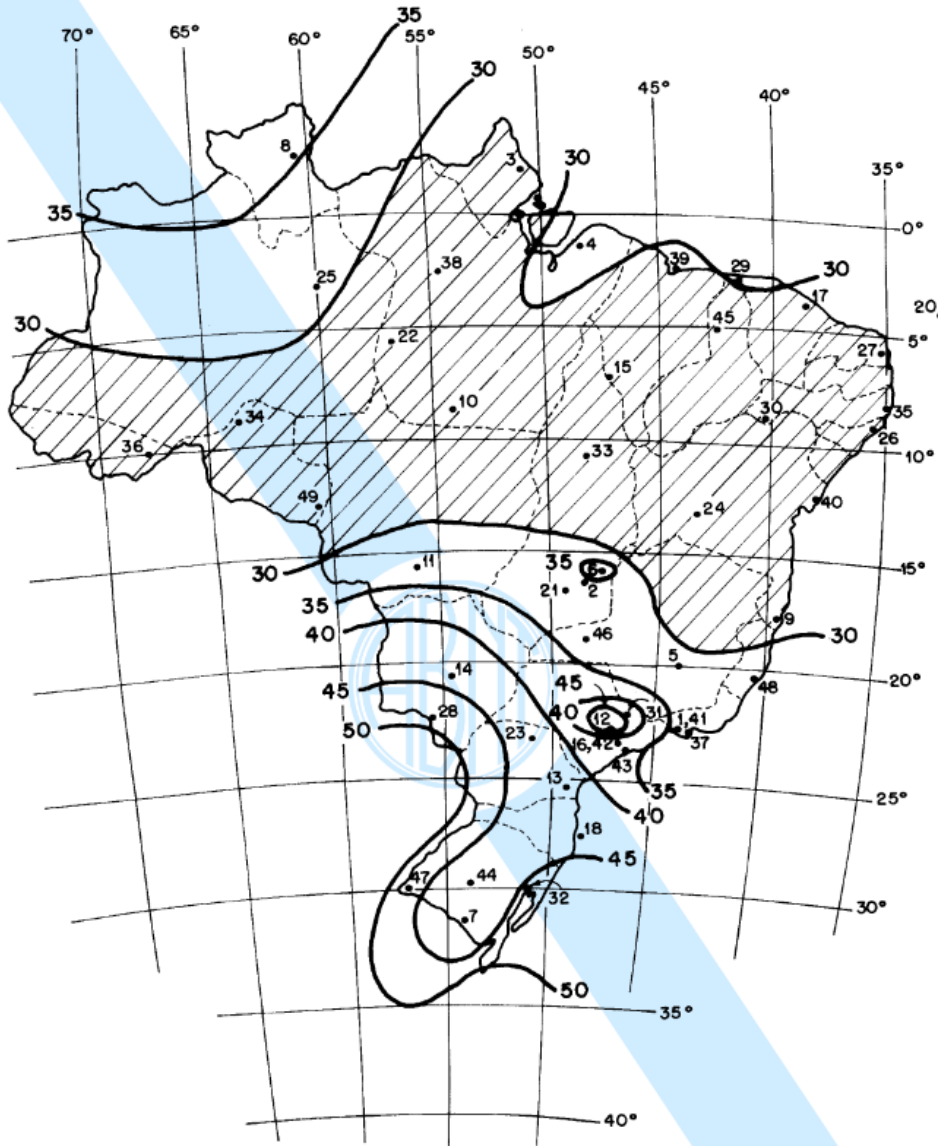
$$q = \frac{1}{2} \cdot \frac{12,02}{9,81} \cdot V^2$$

$$q = 0,613 \cdot V^2$$



Esforços devido ao vento

Passo 1: Devemos identificar a velocidade básica do vento na edificação

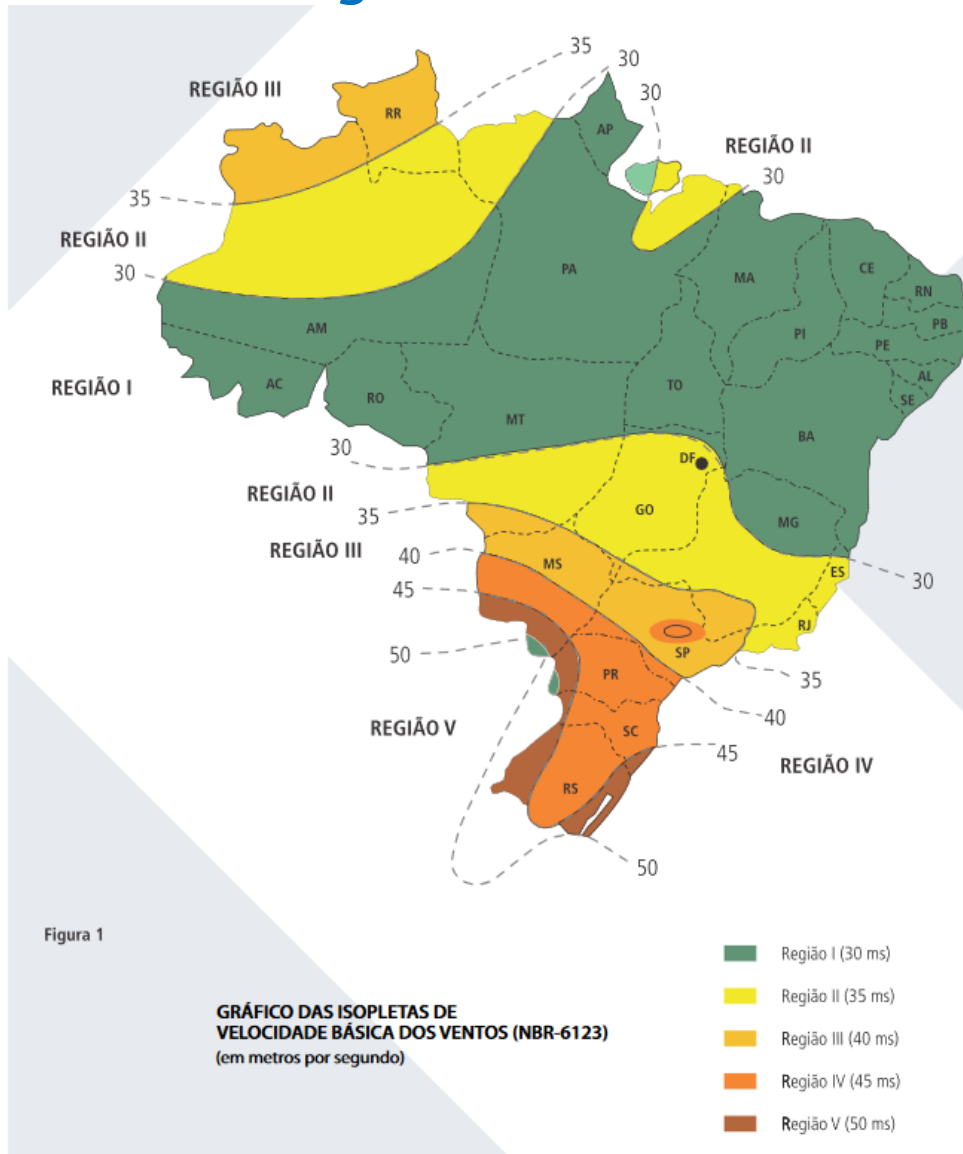


Esforços devido ao vento

Um mapa mais amigável

A velocidade básica do vento (V_0) encontrada nesse mapa é a velocidade do vento que pode se repetir (ou mesmo ser excedida) a cada 50 anos e durar mais que três segundos.

A probabilidade de ocorrência desse evento é de 63%



Esforços devido ao vento

Identificada a velocidade básica do vento, montamos a equação da seguinte forma

$$V_k = V_0 \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot S_3$$

Onde:

- V_k = Velocidade característica do Vento (que será usado no princípio de Bernoulli)
- V_0 = Velocidade básica do vento, obtido pelo mapa de Isopletas
- S_1 = Fator Topográfico – Leva em conta o relevo do terreno
- S_2 = Rugosidade e Dimensões – Leva em conta a rugosidade do terreno, a altura da rajada de vento e as dimensões da edificação
- S_3 = Fator Estatístico – Leva em consideração o uso e a criticidade da edificação

Esforços devido ao vento

Passo 2: FATOR TOPOGRÁFICO S_1

- a) Terreno plano ou fracamente acidentado: $S_1 = 1,0$
- b) Taludes e morros: ver nota ao lado
- c) Vales profundos protegidos de vento: $S_1 = 0,9$

Nos pontos A de morros e nos pontos A e C de Taludes: $S_1 = 1,0$

No ponto B:

Se $\theta \leq 3^\circ$, $S_1 = 1,0$

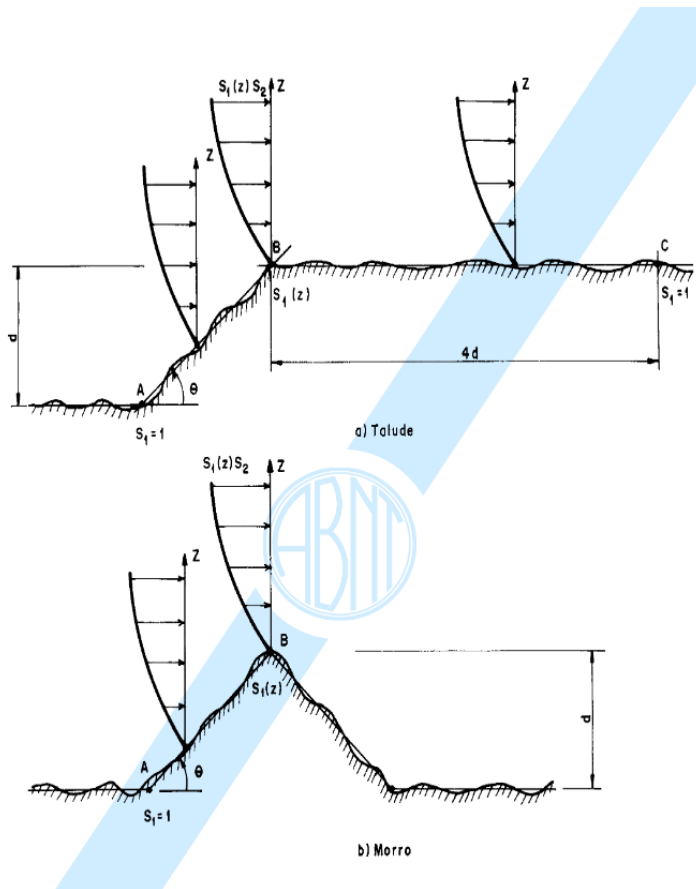
Se $6^\circ \leq \theta \leq 17^\circ$:

$$S_1 = 1 + \left(2,5 - \frac{Z}{d}\right) \cdot \text{tg}(\theta - 3^\circ)$$

Se $\theta \geq 45^\circ$:

$$S_1 = 1 + \left(2,5 - \frac{Z}{d}\right) \cdot 0,31$$

Interpolarm linearmente para valores não compreendidos nessas equações



Esforços devido ao vento

Passo 3: FATOR S2

Rugosidade do terreno

Categoria I – Superfícies lisas de grandes dimensões, com mais de 5km de extensão:

- Mar calmo
- Lagos e Rios
- Pântanos sem vegetação

Categoria II – Terrenos abertos, em nível com poucos obstáculos isolados, como árvores e edificações baixas:

- Zonas costeiras planas
- Pântanos com vegetação rala
- Campos de Aviação
- Pradarias e Charnecas
- Fazendas sem muros
- A cota média dos obstáculos é considerada como 1m

Categoria III – Terrenos planos com obstáculos tais como muros, edificações baixas e esparsas

- Granjas
- Fazendas com muros
- Subúrbios distantes dos centros com casas baixas e esparsas
- Cota média dos obstáculos 3m

Categoria IV – Terrenos cobertos por obstáculos numerosos em zona florestal ou industrial/ urbanizada

- Cidades pequenas
- Parques, bosques com muitas árvores
- Zonas densamente urbanizadas
- Áreas industriais desenvolvidas
- Cota média dos obstáculos 10m

Categoria V – Terrenos cobertos por obstáculos grandes, altos e numerosos

- Florestas nativas com árvores altas
- Centros de metrópoles
- Complexos industriais bem desenvolvidos
- Cota média dos obstáculos 25m

Classe A: Todas as unidades de vedação, seus elementos de fixação e peças individuais de estruturas sem vedação. Toda edificação na qual a maior dimensão horizontal ou vertical não exceda 20 m.

Classe B: Toda edificação ou parte de edificação para a qual a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal esteja entre 20 m e 50 m.

Classe C: Toda edificação ou parte de edificação para a qual a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal exceda 50 m.

Esforços devido ao vento

Passo 3: FATOR S2

Altura sobre o terreno

Tabela 2 - Fator S_2

z (m)	Categoria														
	I			II			III			IV			V		
	Classe			Classe			Classe			Classe			Classe		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
≤ 5	1,06	1,04	1,01	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82	0,79	0,76	0,73	0,74	0,72	0,67
10	1,10	1,09	1,06	1,00	0,98	0,95	0,94	0,92	0,88	0,86	0,83	0,80	0,74	0,72	0,67
15	1,13	1,12	1,09	1,04	1,02	0,99	0,98	0,96	0,93	0,90	0,88	0,84	0,79	0,76	0,72
20	1,15	1,14	1,12	1,06	1,04	1,02	1,01	0,99	0,96	0,93	0,91	0,88	0,82	0,80	0,76
30	1,17	1,17	1,15	1,10	1,08	1,06	1,05	1,03	1,00	0,98	0,96	0,93	0,87	0,85	0,82
40	1,20	1,19	1,17	1,13	1,11	1,09	1,08	1,06	1,04	1,01	0,99	0,96	0,91	0,89	0,86
50	1,21	1,21	1,19	1,15	1,13	1,12	1,10	1,09	1,06	1,04	1,02	0,99	0,94	0,93	0,89
60	1,22	1,22	1,21	1,16	1,15	1,14	1,12	1,11	1,09	1,07	1,04	1,02	0,97	0,95	0,92
80	1,25	1,24	1,23	1,19	1,18	1,17	1,16	1,14	1,12	1,10	1,08	1,06	1,01	1,00	0,97
100	1,26	1,26	1,25	1,22	1,21	1,20	1,18	1,17	1,15	1,13	1,11	1,09	1,05	1,03	1,01
120	1,28	1,28	1,27	1,24	1,23	1,22	1,20	1,20	1,18	1,16	1,14	1,12	1,07	1,06	1,04
140	1,29	1,29	1,28	1,25	1,24	1,24	1,22	1,22	1,20	1,18	1,16	1,14	1,10	1,09	1,07
160	1,30	1,30	1,29	1,27	1,26	1,25	1,24	1,23	1,22	1,20	1,18	1,16	1,12	1,11	1,10
180	1,31	1,31	1,31	1,28	1,27	1,27	1,26	1,25	1,23	1,22	1,20	1,18	1,14	1,14	1,12
200	1,32	1,32	1,32	1,29	1,28	1,28	1,27	1,26	1,25	1,23	1,21	1,20	1,16	1,16	1,14
250	1,34	1,34	1,33	1,31	1,31	1,31	1,30	1,29	1,28	1,27	1,25	1,23	1,20	1,20	1,18
300	-	-	-	1,34	1,33	1,33	1,32	1,32	1,31	1,29	1,27	1,26	1,23	1,23	1,22
350	-	-	-	-	-	-	1,34	1,34	1,33	1,32	1,30	1,29	1,26	1,26	1,26
400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,34	1,32	1,32	1,29	1,29	1,29
420	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,35	1,35	1,33	1,30	1,30	1,30
450	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,32	1,32	1,32
500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,34	1,34	1,34

Esforços devido ao vento

Passo 4: FATOR S_3

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

Esforços devido ao vento

Exemplo

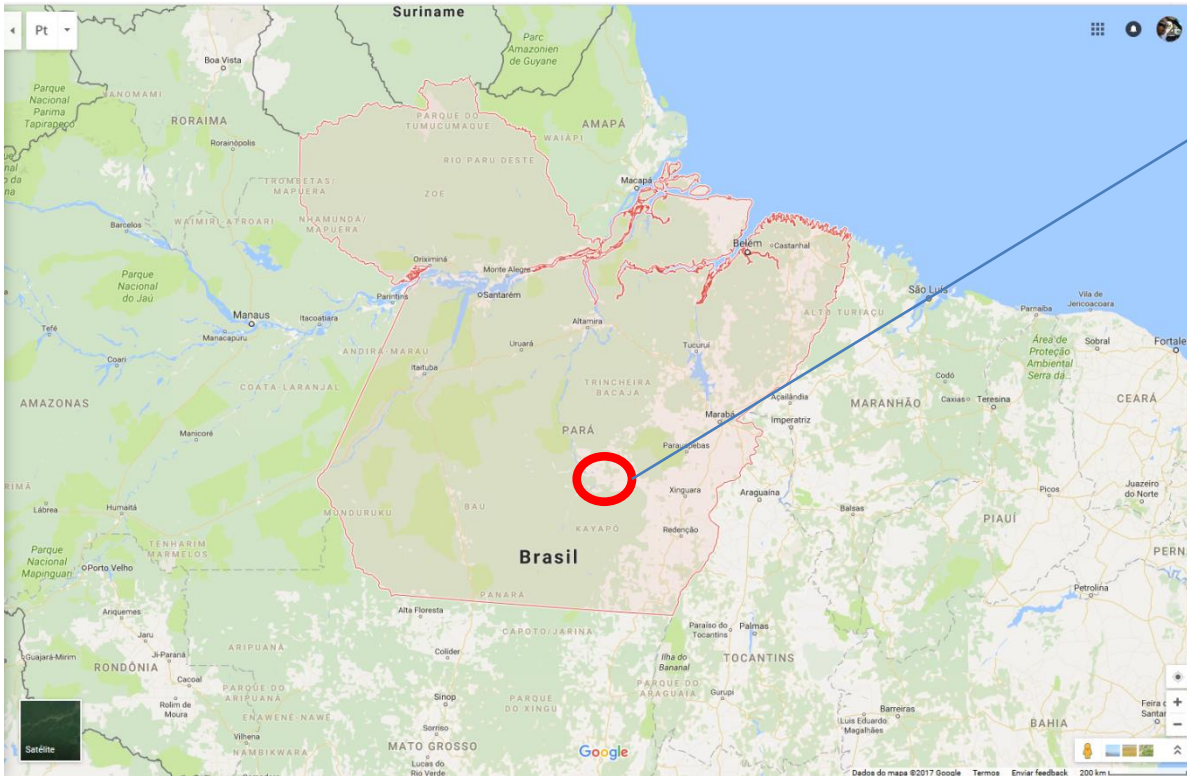
Determinar a pressão característica do vento para um galpão destinado ao estoque de cereais, em uma fazenda localizada em São Félix do Xingu no Pará.

O local é aberto, o terreno é plano e a cota média dos obstáculos é 3m

O galpão tem 20m X 45m e altura máxima de 8m

Esforços devido ao vento

Passo 1: Determinar a velocidade básica do vento



São Félix do Xingu

Região I: $V_0 = 30\text{m/s}$

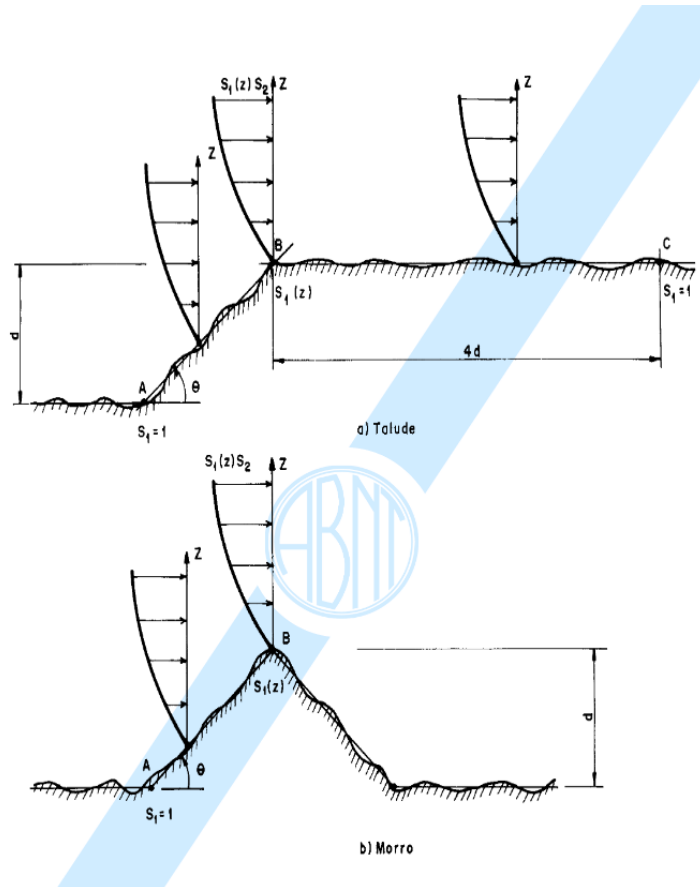
Esforços devido ao vento

Passo 2: Fator S1

a) **Terreno plano ou fracamente acidentado: $S1 = 1,0$**

b) Taludes e morros: ver nota ao lado

c) Vales profundos protegidos de vento: $S1 = 0,9$



Nos pontos A de morros e nos pontos A e C de Taludes: $S1 = 1,0$

No ponto B:

Se $\theta \leq 3^\circ$, $S1 = 1,0$

Se $6^\circ \leq \theta \leq 17^\circ$:

$$S1 = 1 + \left(2,5 - \frac{Z}{d}\right) \cdot \text{tg}(\theta - 3^\circ)$$

Se $\theta \geq 45^\circ$:

$$S1 = 1 + \left(2,5 - \frac{Z}{d}\right) \cdot 0,31$$

Interpolarm linearmente para valores não compreendidos nessas equações

Esforços devido ao vento

Passo 3: Fator S2

Rugosidade do terreno

Categoria I – Superfícies lisas de grandes dimensões, com mais de 5km de extensão:

- Mar calmo
- Lagos e Rios
- Pântanos sem vegetação

Categoria II – Terrenos abertos, em nível com poucos obstáculos isolados, como árvores e edificações baixas:

- Zonas costeiras planas
- Pântanos com vegetação rala
- Campos de Aviação
- Pradarias e Charnecas
- Fazendas sem muros
- A cota média dos obstáculos é considerada como 1m

Categoria III – Terrenos planos com obstáculos tais como muros, edificações baixas e esparsas

- Granjas
- Fazendas com muros
- Subúrbios distantes dos centros com casas baixas e esparsas
- Cota média dos obstáculos 3m

Categoria IV – Terrenos cobertos por obstáculos numerosos em zona florestal ou industrial/ urbanizada

- Cidades pequenas
- Parques, bosques com muitas árvores
- Zonas densamente urbanizadas
- Áreas industriais desenvolvidas
- Cota média dos obstáculos 10m

Categoria V – Terrenos cobertos por obstáculos grandes, altos e numerosos

- Florestas nativas com árvores altas
- Centros de metrópoles
- Complexos industriais bem desenvolvidos
- Cota média dos obstáculos 25m

Classe A: Todas as unidades de vedação, seus elementos de fixação e peças individuais de estruturas sem vedação. Toda edificação na qual a maior dimensão horizontal ou vertical não exceda 20 m.

Classe B: Toda edificação ou parte de edificação para a qual a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal esteja entre 20 m e 50 m.

Classe C: Toda edificação ou parte de edificação para a qual a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal exceda 50 m.

Esforços devido ao vento

Passo 3: FATOR S2

Altura sobre o terreno

Tabela 2 - Fator S₂

z (m)	Categoria														
	I			II			III			IV			V		
	Classe			Classe			Classe			Classe			Classe		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
≤ 5	1,06	1,04	1,01	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82	0,79	0,76	0,73	0,74	0,72	0,67
10	1,10	1,09	1,06	1,00	0,98	0,95	0,94	0,92	0,88	0,86	0,83	0,80	0,74	0,72	0,67
15	1,13	1,12	1,09	1,04	1,02	0,99	0,98	0,96	0,93	0,90	0,88	0,84	0,79	0,76	0,72
20	1,15	1,14	1,12	1,06	1,04	1,02	1,01	0,99	0,96	0,93	0,91	0,88	0,82	0,80	0,76
30	1,17	1,17	1,15	1,10	1,08	1,06	1,05	1,03	1,00	0,98	0,96	0,93	0,87	0,85	0,82
40	1,20	1,19	1,17	1,13	1,11	1,09	1,08	1,06	1,04	1,01	0,99	0,96	0,91	0,89	0,86
50	1,21	1,21	1,19	1,15	1,13	1,12	1,10	1,09	1,06	1,04	1,02	0,99	0,94	0,93	0,89
60	1,22	1,22	1,21	1,16	1,15	1,14	1,12	1,11	1,09	1,07	1,04	1,02	0,97	0,95	0,92
80	1,25	1,24	1,23	1,19	1,18	1,17	1,16	1,14	1,12	1,10	1,08	1,06	1,01	1,00	0,97
100	1,26	1,26	1,25	1,22	1,21	1,20	1,18	1,17	1,15	1,13	1,11	1,09	1,05	1,03	1,01
120	1,28	1,28	1,27	1,24	1,23	1,22	1,20	1,20	1,18	1,16	1,14	1,12	1,07	1,06	1,04
140	1,29	1,29	1,28	1,25	1,24	1,24	1,22	1,22	1,20	1,18	1,16	1,14	1,10	1,09	1,07
160	1,30	1,30	1,29	1,27	1,26	1,25	1,24	1,23	1,22	1,20	1,18	1,16	1,12	1,11	1,10
180	1,31	1,31	1,31	1,28	1,27	1,27	1,26	1,25	1,23	1,22	1,20	1,18	1,14	1,14	1,12
200	1,32	1,32	1,32	1,29	1,28	1,28	1,27	1,26	1,25	1,23	1,21	1,20	1,16	1,16	1,14
250	1,34	1,34	1,33	1,31	1,31	1,31	1,30	1,29	1,28	1,27	1,25	1,23	1,20	1,20	1,18
300	-	-	-	1,34	1,33	1,33	1,32	1,32	1,31	1,29	1,27	1,26	1,23	1,23	1,22
350	-	-	-	-	-	-	1,34	1,34	1,33	1,32	1,30	1,29	1,26	1,26	1,26
400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,34	1,32	1,32	1,29	1,29	1,29
420	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,35	1,35	1,33	1,30	1,30	1,30
450	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,32	1,32	1,32
500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,34	1,34	1,34

Para altura de 8m poderíamos interpolar linearmente:

Se em 5m S₂ = 0,86

E em 10 m S₂ = 0,92

Temos uma diferença de 0,06, que divididos por 5m resulta em 0,012 pontos por metro.

Para 8 metros teríamos então o fator para 5m adicionados de três metros vezes 0,012:

$$S_2 = 0,86 + 3 \cdot 0,012 = 0,896$$

OU, ALTERNATIVAMENTE, PODERÍAMOS MANTER O VALOR DE 0,92, A FAVOR DA SEGURANÇA E PRATICIDADE DE CÁLCULO

Esforços devido ao vento

Passo 4: FATOR S_3

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

Esforços devido ao vento

Identificada a velocidade básica do vento, montamos a equação da seguinte forma

$$V_k = V_0 \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot S_3$$

$$V_k = 30.1.0.896.0.95$$

$$V_k = 25,53 \text{ m/s}$$

$$q = 0,613 \cdot V^2$$

$$q = 0,613 \cdot 25,53^2$$

$$q = 399,54 \text{ N/m}^2$$

Para h entre 5m e 8m

$$\mathbf{q = 0,40 \text{ kN/m}^2}$$

Esforços devido ao vento

Identificada a velocidade básica do vento, montamos a equação da seguinte forma

$$V_k = V_0 \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot S_3$$

$$V_k = 30.1.0.86.0.95$$

$$V_k = 24,51 \text{ m/s}$$

$$q = 0,613 \cdot V^2$$

$$q = 0,613 \cdot 24,51^2 \quad \text{Para } h < 5\text{m}$$

$$q = 368,2 \text{ N/m}^2 \quad \mathbf{q = 0,37 \text{ kN/m}^2}$$

Esforços devido ao vento nas edificações NBR6123/88

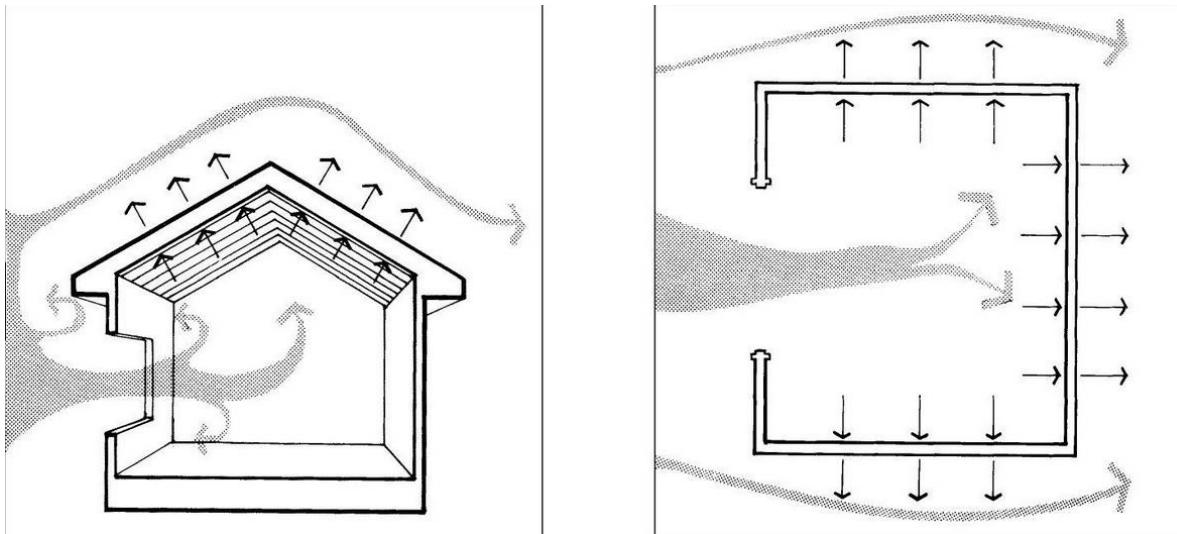
Aula 2 – Coeficientes de pressão interna

Esforços devido ao vento

Coeficientes aerodinâmicos

Coeficientes de pressão e forma externos e internos

São coeficientes que são aplicados à pressão dinâmica (V_k) calculada anteriormente



Se a edificação for totalmente impermeável ao ar, a pressão interna não terá variação, porém as edificações em geral possuem portas e janelas que permitem entrada do fluxo de ar

Esforços devido ao vento

Coeficientes aerodinâmicos

São considerados impermeáveis:

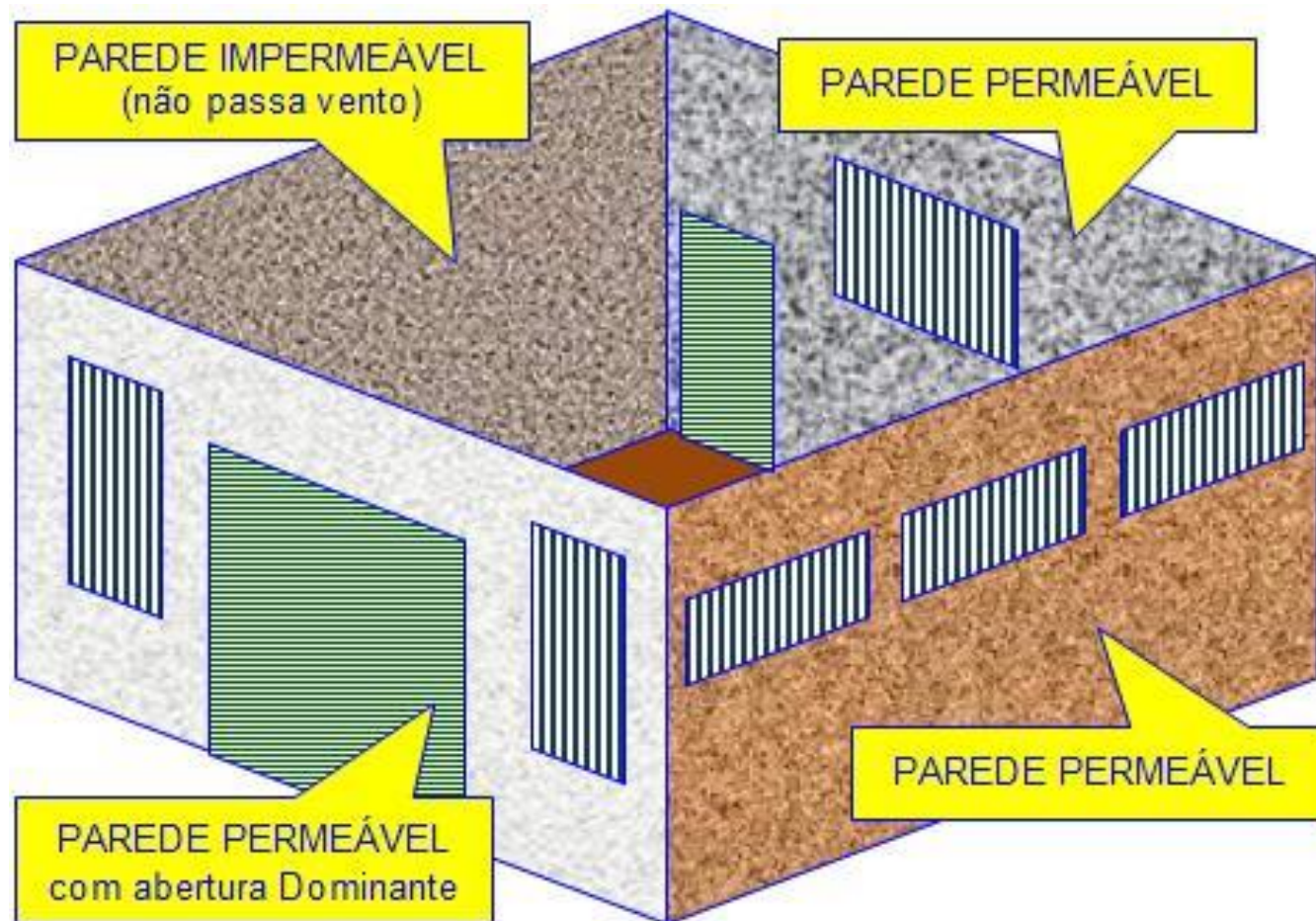
- Lajes e cortinas de concreto armado ou protendido
- Paredes de tijolos, alvenaria, pedra, etc. (sem portas ou janelas)

Todas as outras vedações são consideradas **PERMEÁVEIS**

- Fechamentos de telhas
- Painéis de vedação
- Telhas quaisquer
- Venezianas, fechamentos de chapas etc.

Esforços devido ao vento

Coeficientes aerodinâmicos



Esforços devido ao vento

Coeficientes aerodinâmicos C_{pi}

6.2.5 Para edificações com paredes internas permeáveis, a pressão interna pode ser considerada uniforme. Neste caso, devem ser adotados os seguintes valores para o coeficiente de pressão interna c_{pi} :

a) duas faces opostas igualmente permeáveis; as outras faces impermeáveis:

- vento perpendicular a uma face permeável:

$c_{pi} = + 0,2$;

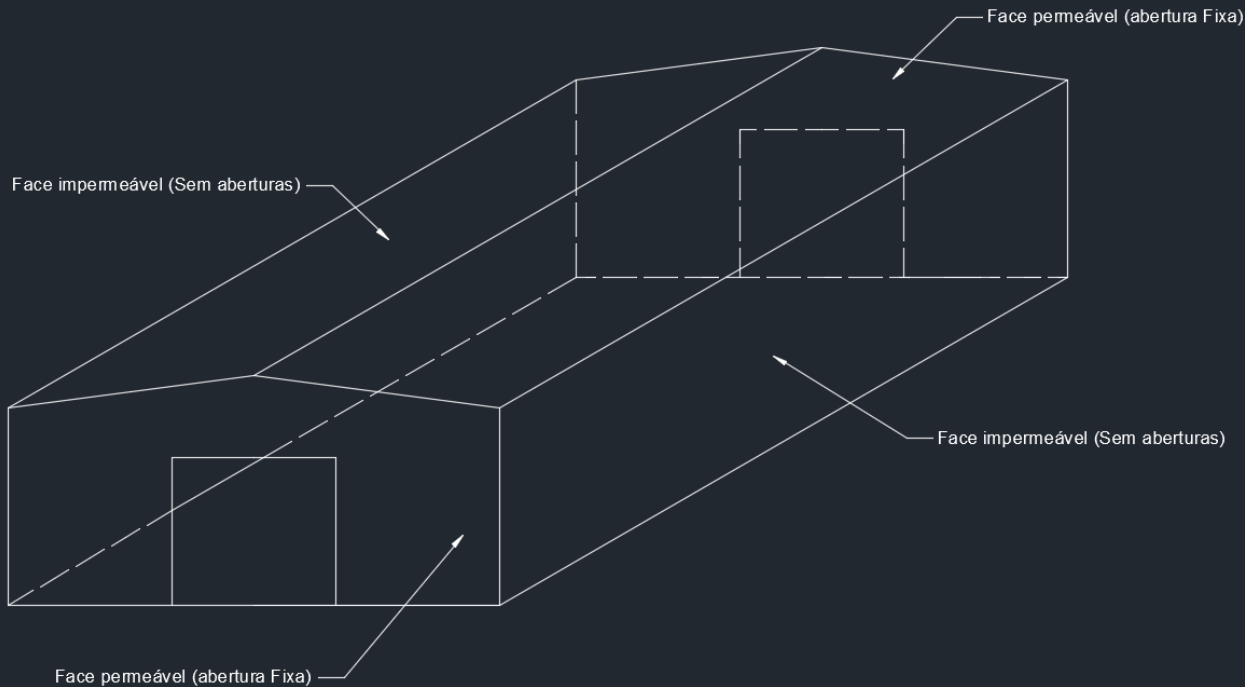
- vento perpendicular a uma face impermeável:

$c_{pi} = - 0,3$;

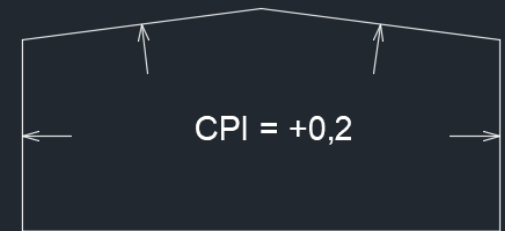
b) quatro faces igualmente permeáveis: **$c_{pi} = - 0,3$**
ou **0** (considerar o valor mais nocivo);

Esforços devido ao vento

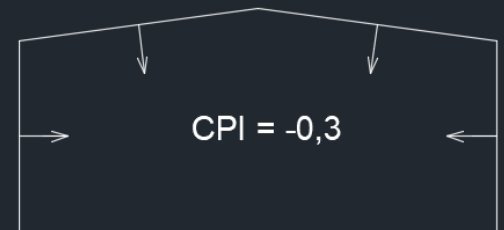
Coeficientes aerodinâmicos C_{pi}



Hipótese 1 - $V0^\circ$

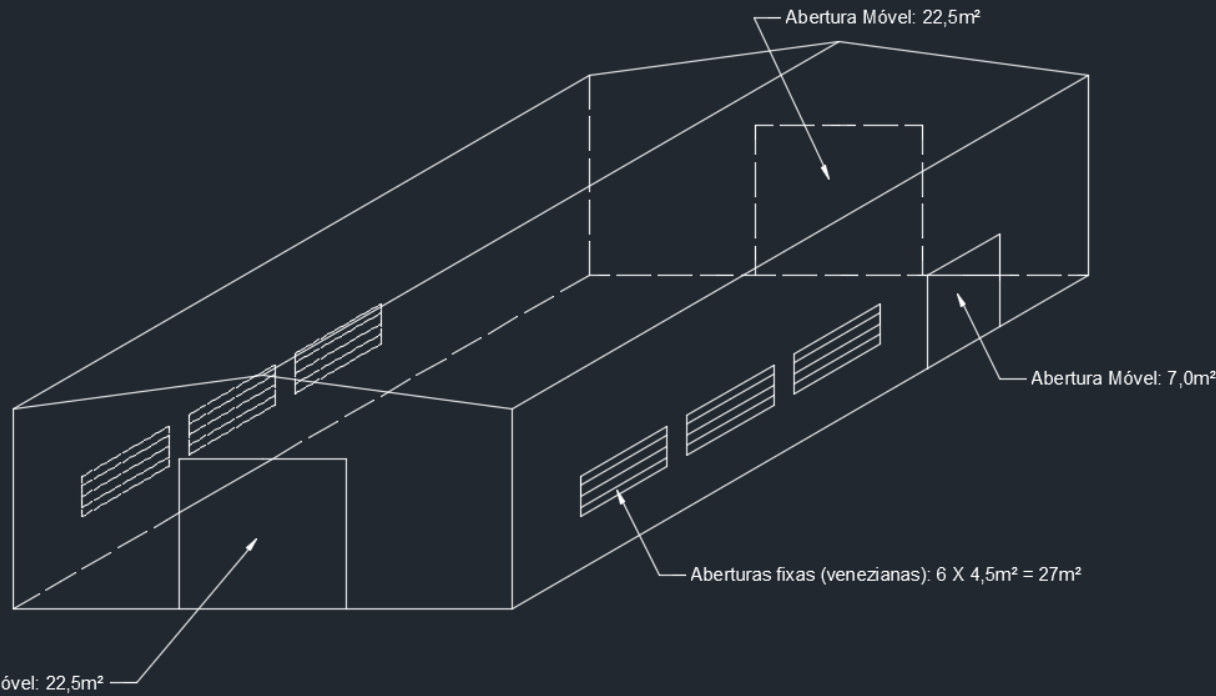


Hipótese 2 - $V90^\circ$



Esforços devido ao vento

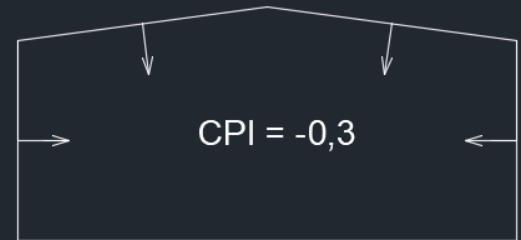
Coeficientes aerodinâmicos C_{pi}



Hipótese 1 (para V_0 e V_{90})



Hipótese 2 - (Para V_0 e V_{90})



Esforços devido ao vento

Coeficientes aerodinâmicos

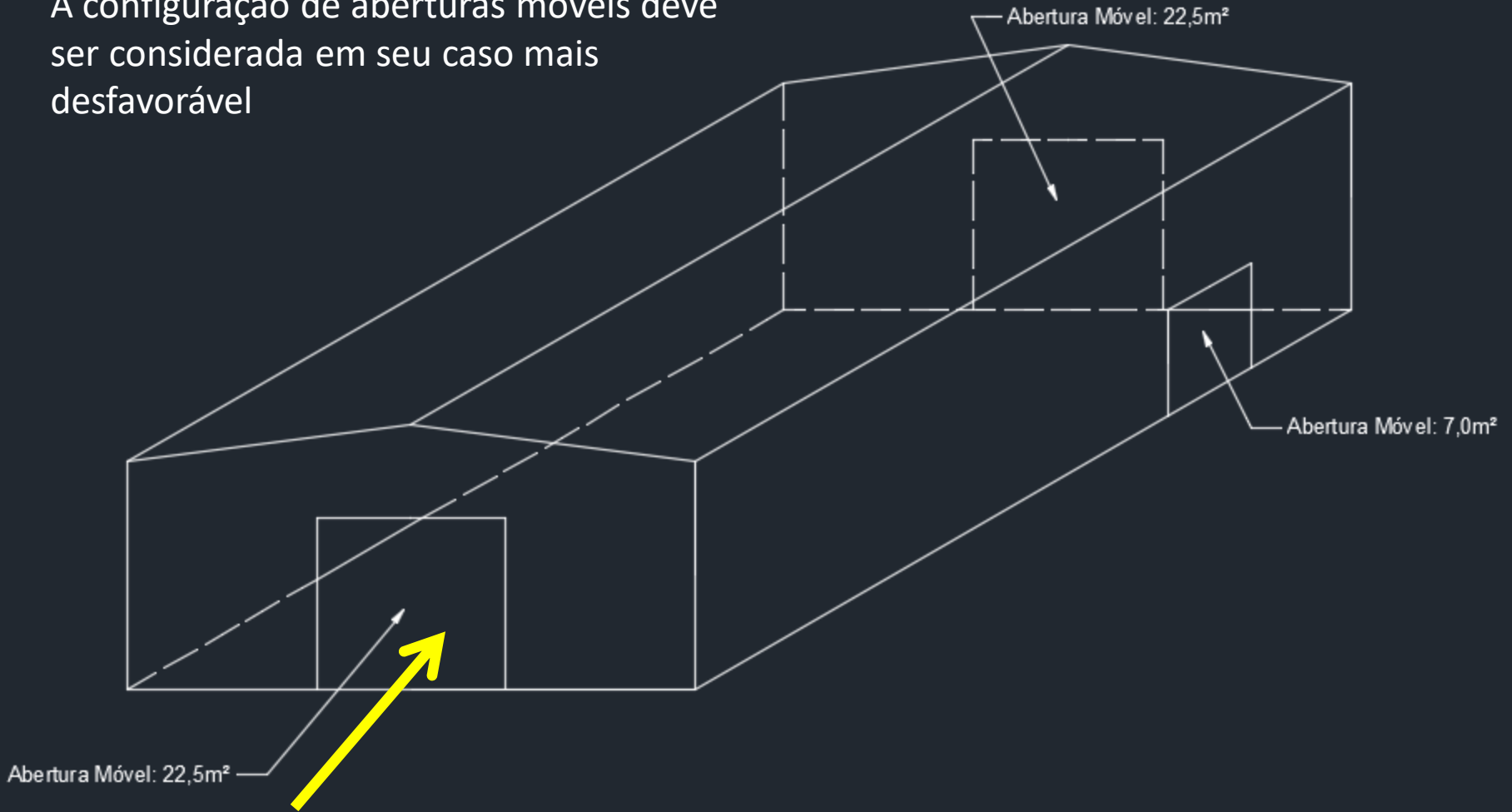
Abertura dominante:

“Para os fins desta Norma, a abertura dominante é uma abertura cuja área é igual ou superior à área total das outras aberturas que constituem a permeabilidade considerada sobre toda a superfície externa da edificação (incluindo a cobertura, se houver forro permeável ao ar ou na ausência de forro). Esta abertura dominante pode ocorrer por acidente, como a ruptura de vidros fixos causada pela pressão do vento (sobrepessão ou sucção), por objetos lançados pelo vento ou por outras causas”

Para ser considerada abertura dominante, deve representar mais de 50% de todas as aberturas da edificação

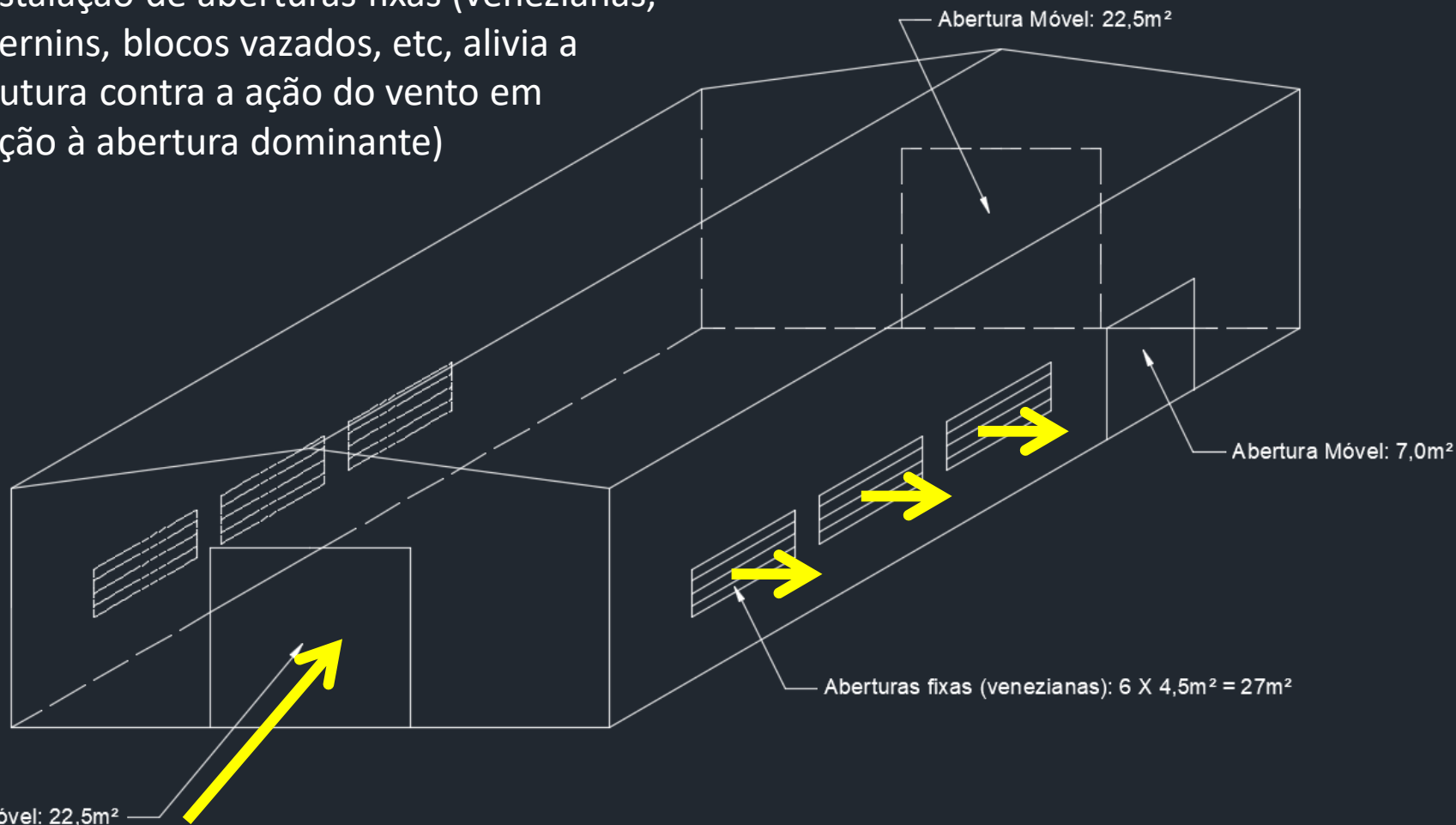
ABERTURA DOMINANTE

A configuração de aberturas móveis deve ser considerada em seu caso mais desfavorável



ABERTURA DOMINANTE

A instalação de aberturas fixas (venezianas, lanternins, blocos vazados, etc, alivia a estrutura contra a ação do vento em relação à abertura dominante)



Esforços devido ao vento

Coeficientes aerodinâmicos C_{pi}

c) abertura dominante em uma face; as outras faces de igual permeabilidade:

- abertura dominante na face de barlavento.

Proporção entre a área de todas as aberturas na face de barlavento e a área total das aberturas em todas as faces (paredes e cobertura, nas condições de 6.2.4) submetidas a sucções externas:

1 $c_{pi} = + 0,1$

1,5 $c_{pi} = + 0,3$

2 $c_{pi} = + 0,5$

3 $c_{pi} = + 0,6$

6 ou mais $c_{pi} = + 0,8$

- abertura dominante na face de sotavento.

Adotar o valor do coeficiente de forma externo, C_e , correspondente a esta face (ver Tabela 4).

- abertura dominante em uma face paralela ao vento.

- abertura dominante não situada em zona de alta sucção externa.

Adotar o valor do coeficiente de forma externo, C_e , correspondente ao local da abertura nesta face (ver Tabela 4).

- abertura dominante situada em zona de alta sucção externa.

Proporção entre a área da abertura dominante (ou área das aberturas situadas nesta zona) e a área total das outras aberturas situadas em todas as faces submetidas a sucções externas:

0,25 $c_{pi} = - 0,4$

0,50 $c_{pi} = - 0,5$

0,75 $c_{pi} = - 0,6$

1,0 $c_{pi} = - 0,7$

1,5 $c_{pi} = - 0,8$

3 ou mais $c_{pi} = - 0,9$

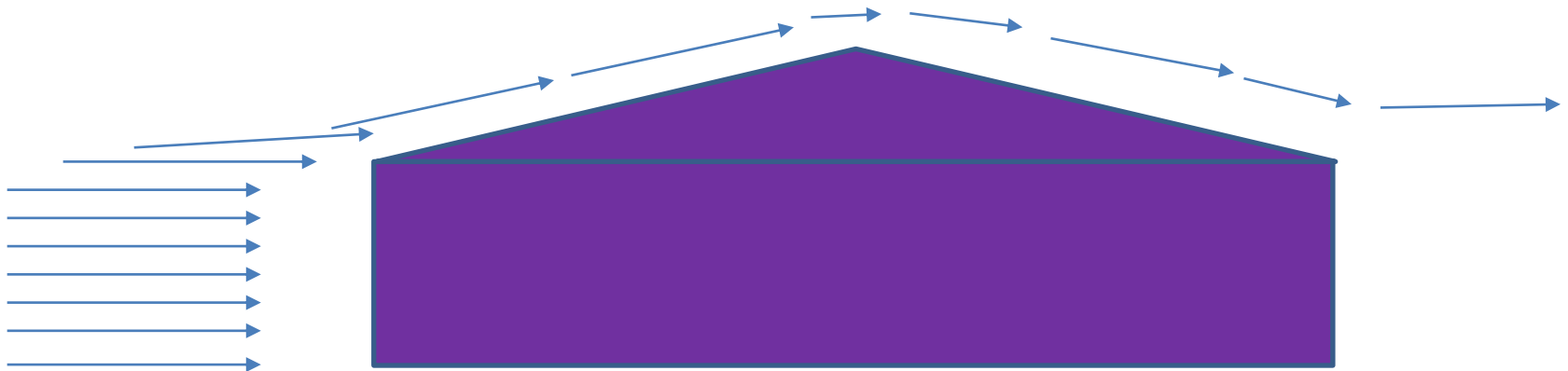
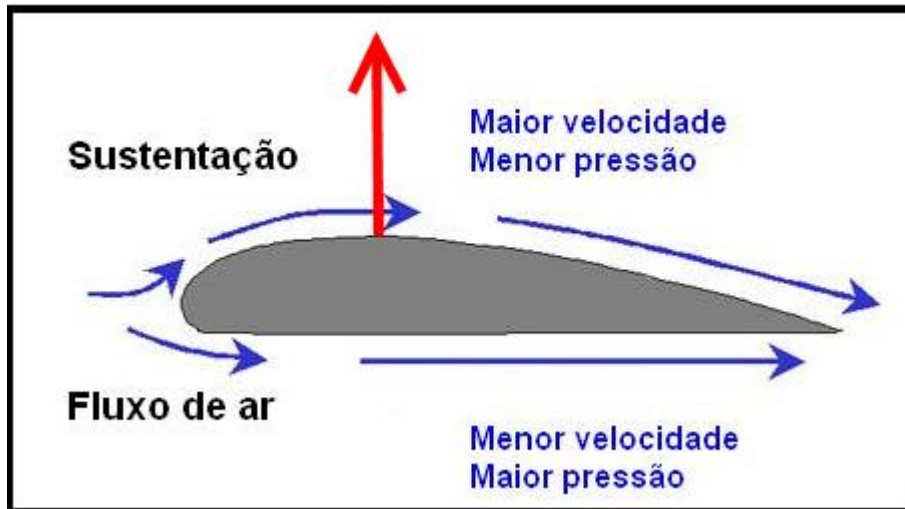
Zonas de alta sucção externa são as zonas hachuradas nas Tabelas 4 e 5 C_{pe} médio).

Esforços devido ao vento nas edificações NBR6123/88

Aula 3 – Coeficientes de pressão externa

Esforços devido ao vento

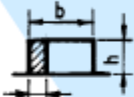
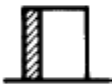
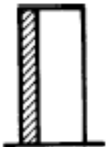
Coeficientes aerodinâmicos externos

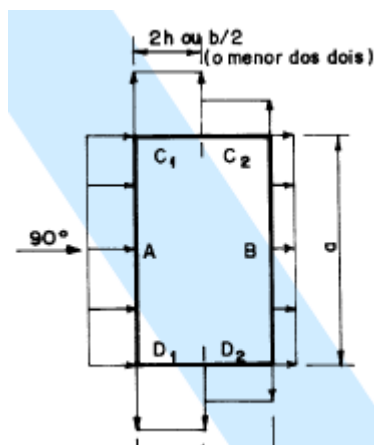
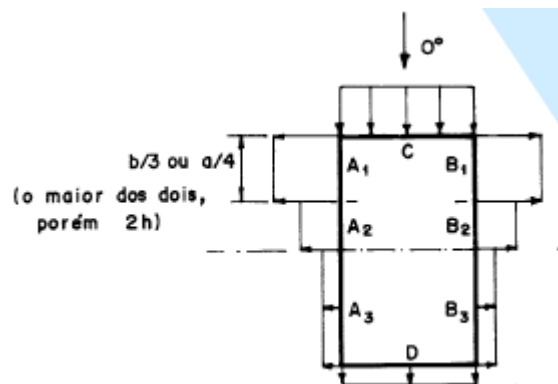


Esforços devido ao vento

Coeficientes aerodinâmicos C_{pe} para plantas retangulares

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 
		$\alpha = 0^\circ$				$\alpha = 90^\circ$				
		A_1 e B_1	A_2 e B_2	C	D	A	B	C_1 e D_1	C_2 e D_2	
 $0,2\ b$ ou h (o menor dos dois) $\frac{h}{b} \leq \frac{1}{2}$	$1 \leq \frac{a}{b} \leq \frac{3}{2}$	- 0,8	- 0,5	+ 0,7	- 0,4	+ 0,7	- 0,4	- 0,8	- 0,4	- 0,9
	$2 \leq \frac{a}{b} \leq 4$	- 0,8	- 0,4	+ 0,7	- 0,3	+ 0,7	- 0,5	- 0,9	- 0,5	- 1,0
 $\frac{1}{2} < \frac{h}{b} \leq \frac{3}{2}$	$1 \leq \frac{a}{b} \leq \frac{3}{2}$	- 0,9	- 0,5	+ 0,7	- 0,5	+ 0,7	- 0,5	- 0,9	- 0,5	- 1,1
	$2 \leq \frac{a}{b} \leq 4$	- 0,9	- 0,4	+ 0,7	- 0,3	+ 0,7	- 0,6	- 0,9	- 0,5	- 1,1
 $\frac{3}{2} < \frac{h}{b} \leq 6$	$1 \leq \frac{a}{b} \leq \frac{3}{2}$	- 1,0	- 0,6	+ 0,8	- 0,6	+ 0,8	- 0,6	- 1,0	- 0,6	- 1,2
	$2 \leq \frac{a}{b} \leq 4$	- 1,0	- 0,5	+ 0,8	- 0,3	+ 0,8	- 0,6	- 1,0	- 0,6	- 1,2



Notas: a) Para a/b entre $3/2$ e 2 , interpolar linearmente.

b) Para vento a 0° , nas partes A_3 e B_3 , o coeficiente de forma C_{pe} tem os seguintes valores:

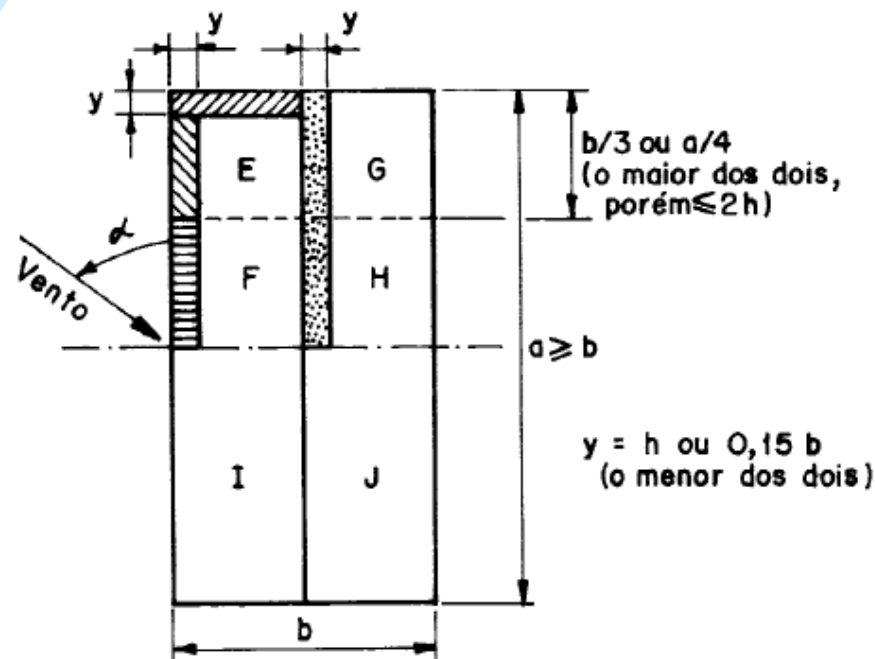
- para $a/b = 1$: mesmo valor das partes A_2 e B_2 ;
- para $a/b \geq 2$: $C_{pe} = -0,2$;
- para $1 < a/b < 2$: interpolar linearmente.

Esforços devido ao vento

Coeficientes aerodinâmicos C_{pe} para plantas retangulares

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_{pe} para				C_{pe} médio			
		$\alpha = 90^\circ$ (A)		$\alpha = 0^\circ$					
		EF	GH	EG	FH				
	0°	-0,8	-0,4	-0,8	-0,4	-2,0	-2,0	-2,0	--
	5°	-0,9	-0,4	-0,8	-0,4	-1,4	-1,2	-1,2	-1,0
	10°	-1,2	-0,4	-0,8	-0,6	-1,4	-1,4	-1,2	-1,2
	15°	-1,0	-0,4	-0,8	-0,6	-1,4	-1,2		-1,2
	20°	-0,4	-0,4	-0,7	-0,6	-1,0			-1,2
	30°	0	-0,4	-0,7	-0,6	-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
	0°	-0,8	-0,6	-1,0	-0,6	-2,0	-2,0	-2,0	--
	5°	-0,9	-0,6	-0,9	-0,6	-2,0	-2,0	-1,5	-1,0
	10°	-1,1	-0,6	-0,8	-0,6	-2,0	-2,0	-1,5	-1,2
	15°	-1,0	-0,6	-0,8	-0,6	-1,8	-1,5	-1,5	-1,2
	20°	-0,7	-0,5	-0,8	-0,6	-1,5	-1,5	-1,5	-1,0
	30°	-0,2	-0,5	-0,8	-0,8	-1,0			-1,0
	45°	+0,2	-0,5	-0,8	-0,8				
	60°	+0,6	-0,5	-0,8	-0,8				
	0°	-0,8	-0,6	-0,9	-0,7	-2,0	-2,0	-2,0	--
	5°	-0,8	-0,6	-0,8	-0,8	-2,0	-2,0	-1,5	-1,0
	10°	-0,8	-0,6	-0,8	-0,8	-2,0	-2,0	-1,5	-1,2
	15°	-0,8	-0,6	-0,8	-0,8	-1,8	-1,8	-1,5	-1,2
	20°	-0,8	-0,6	-0,8	-0,8	-1,5	-1,5	-1,5	-1,2
	30°	-1,0	-0,5	-0,8	-0,7	-1,5			
	40°	-0,2	-0,5	-0,8	-0,7	-1,0			
	50°	+0,2	-0,5	-0,8	-0,7				
	60°	+0,5	-0,5	-0,8	-0,7				



Notas: a) O coeficiente de forma C_{pe} 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 $C_{pe} = 1,2$, 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_{pe} tem os seguintes valores:

$a/b = 1$: mesmo valor das partes F e H; $a/b \geq 2$: $C_{pe} = - 0,2$. Interpol linearmente para valores intermediários de a/b .

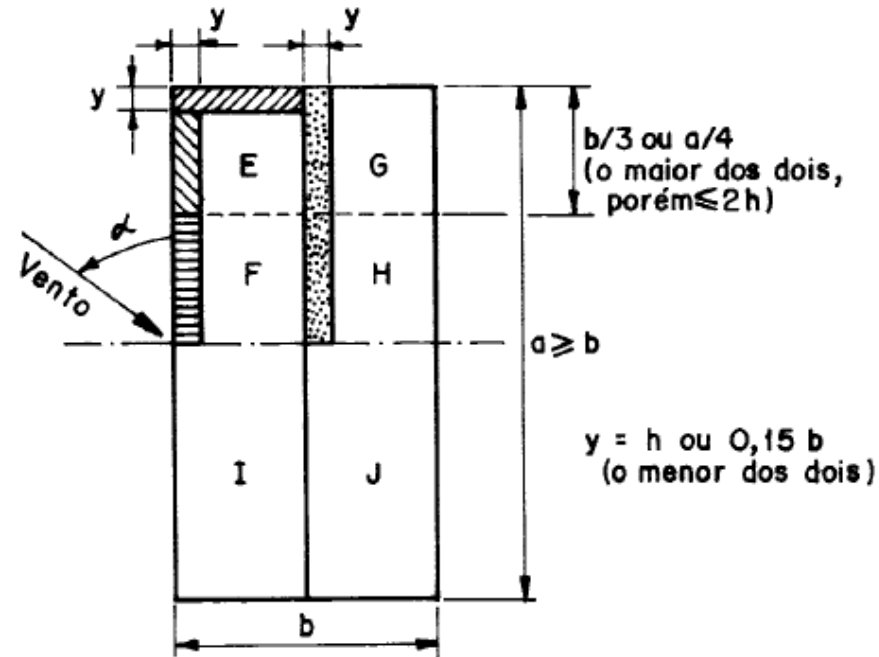
Esforços devido ao vento

Coeficientes aerodinâmicos C_{pe} para plantas retangulares

Zonas de alta sucção aparecem em regiões hachuradas no desenho ao lado...

Como essas regiões não aparecem simultaneamente e possuem comportamento aleatório, a norma apresenta valores médios para essas cargas

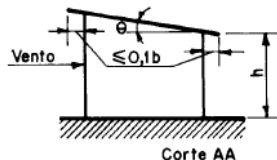
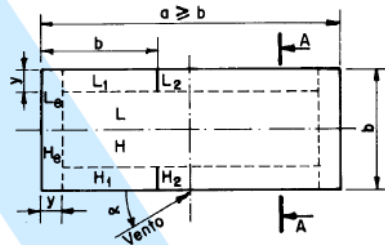
Essas cargas são usadas somente para cálculo de elementos de vedação e estruturas secundárias



Esforços devido ao vento

Coeficientes aerodinâmicos C_{pe} para plantas retangulares

Tabela 6 - Coeficientes de pressão e de forma, externos, para telhados com uma água, em edificações de planta retangular, com $h/b < 2$



(A) Até uma profundidade igual a $b/2$.

(B) De $b/2$ até $a/2$.

(C) Considerar valores simétricos do outro lado do eixo de simetria paralelo ao vento.

Nota: Para vento a 0° , nas partes I e J, que se referem aos respectivos quadrantes, o coeficiente de forma C_{pe} tem os seguintes valores: $a/b = 1$, mesmo valor das partes H e L $a/b = 2 - C_{pe} = -0,2$. Interpolarmos linearmente para valores intermediários de a/b .

$y = h$ ou $0,15b$ (tomar o menor dos dois valores)

As superfícies H e L referem-se a todo o respectivo quadrante.

θ	Valores de C_{pe} para ângulo de incidência do vento:									
	90° (C)		45°		0°		-45°		-90°	
	H	L	H	L	H e L (A)	H e L (B)	H	L	H	L
5°	-1,0	-0,5	-1,0	-0,9	-1,0	-0,5	-0,9	-1,0	-0,5	-1,0
10°	-1,0	-0,5	-1,0	-0,8	-1,0	-0,5	-0,8	-1,0	-0,4	-1,0
15°	-0,9	-0,5	-1,0	-0,7	-1,0	-0,5	-0,6	-1,0	-0,3	-1,0
20°	-0,8	-0,5	-1,0	-0,6	-0,9	-0,5	-0,5	-1,0	-0,2	-1,0
25°	-0,7	-0,5	-1,0	-0,6	-0,8	-0,5	-0,3	-0,9	-0,1	-0,9
30°	-0,5	-0,5	-1,0	-0,6	-0,8	-0,5	-0,1	-0,6	0	-0,6

θ	C_{pe} médio					
	H_1	H_2	L_1	L_2	H_e	L_e
5°	-2,0	-1,5	-2,0	-1,5	-2,0	-2,0
10°	-2,0	-1,5	-2,0	-1,5	-2,0	-2,0
15°	-1,8	-0,9	-1,8	-1,4	-2,0	-2,0
20°	-1,8	-0,8	-1,8	-1,4	-2,0	-2,0
25°	-1,8	-0,7	-0,9	-0,9	-2,0	-2,0
30°	-1,8	-0,5	-0,5	-0,5	-2,0	-2,0

Esforços devido ao vento

Coeficientes aerodinâmicos C_{pe} em coberturas de águas isoladas

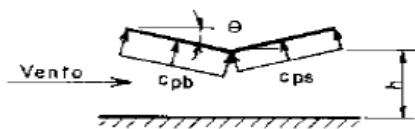
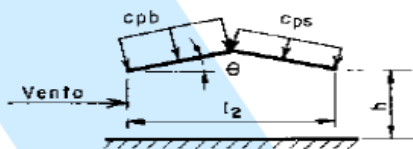
Tabela 17 - Coeficiente de pressão em coberturas isoladas a uma água plana

Vento	Primeiro carregamento	Segundo carregamento	
	$0 \leq \text{tg } \theta \leq 0,7$	$0 \leq \text{tg } \theta \leq 0,2$	$0,2 \leq \text{tg } \theta \leq 0,3$

Tabela 18 - Coeficiente de pressão em coberturas isoladas a duas águas planas simétricas

Coeficientes	Primeiro carregamento		Segundo carregamento	
	$0,07 \leq \text{tg } \theta \leq 0,4$	$0,4 \leq \text{tg } \theta \leq 0,6$	$0,07 \leq \text{tg } \theta \leq 0,4$	$0,4 \leq \text{tg } \theta \leq 0,6$
c_{pb}	$2,4 \text{ tg } \theta + 0,6$	$2,4 \text{ tg } \theta + 0,6 \leq 2,0$	$0,6 \text{ tg } \theta - 0,74$	$6,5 \text{ tg } \theta - 3,1$
c_{ps}	$3,0 \text{ tg } \theta - 0,5$	$+ 0,7$	$-1,0$	$5,0 \text{ tg } \theta - 3,0$

Sentidos positivos dos coeficientes de pressão



8.2.2 Para as coberturas isoladas a uma ou duas águas, planas em que a altura livre entre o piso e o nível da aresta horizontal mais baixa da cobertura satisfaça às condições de 8.2.3, e para vento incidindo perpendicularmente à geratriz da cobertura, aplicam-se os coeficientes indicados nas Tabelas 17 e 18. Estas tabelas fornecem os valores e os sentidos dos coeficientes de pressão, os quais englobam as ações que se exercem perpendicularmente às duas faces da cobertura. Nos casos em que são indicados dois carregamentos, as duas situações respectivas de forças devem ser consideradas independentemente.

8.2.3 Os coeficientes das Tabelas 17 e 18 aplicam-se somente quando forem satisfeitas as seguintes condições

- coberturas a uma água (Tabela 17): $0 \leq \text{tg } \theta \leq 0,7$, $h \geq 0,5 l_2$;

- coberturas a duas águas (Tabela 18): $0,07 \leq \text{tg } \theta \leq 0,6$, $h \geq 0,5 l_2$;

8.2.4 Para os casos em que a altura h seja inferior ao limite fixado em 8.2.3, ou em que obstruções possam ser colocadas sob a cobertura ou junto a ela, esta deve resistir à ação do vento, na zona de obstrução, calculada para uma edificação fechada e de mesma cobertura, com $c_{pe} = +0,8$, para obstruções na borda de sotavento, e com $c_{pe} = -0,3$, para obstruções na borda de barlavento.

8.2.5 Para vento paralelo à geratriz da cobertura, devem ser consideradas forças horizontais de atrito calculadas pela expressão:

$$F_{at} = 0,05 q a b$$

sendo a e b as dimensões em planta da cobertura. Estas forças englobam a ação do vento sobre as duas faces da cobertura.

Esforços devido ao vento nas edificações NBR6123/88

Aula 4 – Esforços de vento em galpões duas águas

Esforços devido ao vento

Exemplo determine as cargas de vento atuantes no galpão abaixo

Local: São Paulo - Capital

Categoria IV

Destinado a um armazém de peças automotivas usadas

Em terreno plano

Área de aberturas:

A = 20m² - Fixa

B = 12m² - Móvel

C = 20m² - Fixa

D = 30m² - Móvel

Fechamentos:

Faces A, B, C e D fechadas com telhas

Trapezoidais

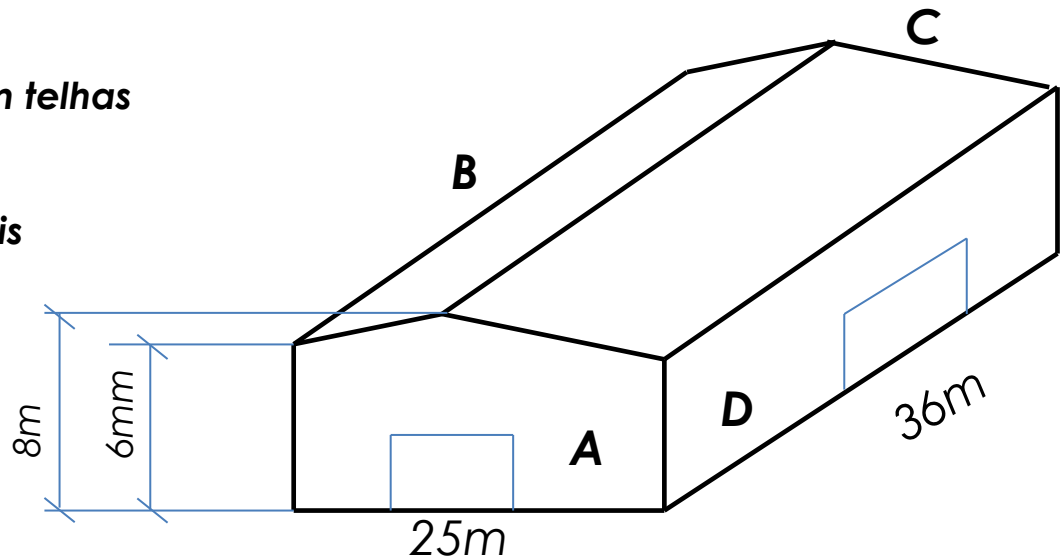
Cobertura de telhas trapezoidais

Distanciamento entre pórticos:

6m

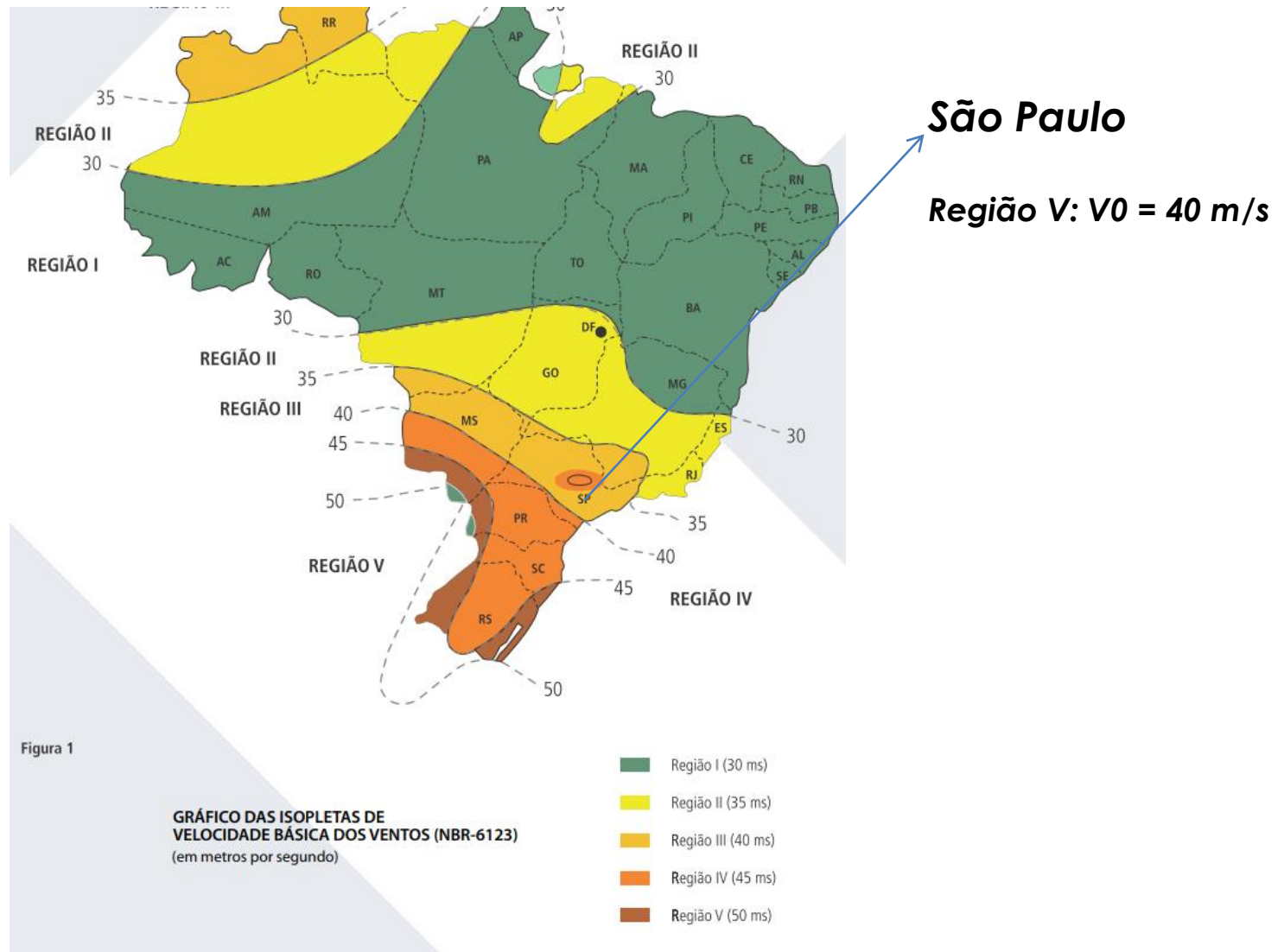
Distancia entre terças da cobertura:

2,5m



Esforços devido ao vento

Passo 1: Determinar a velocidade básica do vento



Esforços devido ao vento

Passo 2: Fator $S1$

- a) Terreno plano ou fracamente acidentado: **$S1 = 1,0$**
- b) Taludes e morros: ver nota ao lado
- c) Vales profundos protegidos de vento: **$S1 = 0,9$**

Esforços devido ao vento

Passo 3: Fator S2

Rugosidade do terreno

Categoria I – Superfícies lisas de grandes dimensões, com mais de 5km de extensão:

- Mar calmo
- Lagos e Rios
- Pântanos sem vegetação

Categoria II – Terrenos abertos, em nível com poucos obstáculos isolados, como árvores e edificações baixas:

- Zonas costeiras planas
- Pântanos com vegetação rala
- Campos de Aviação
- Pradarias e Charnecas
- Fazendas sem muros
- A cota média dos obstáculos é considerada como 1m

Categoria III – Terrenos planos com obstáculos tais como muros, edificações baixas e esparsas

- Granjas
- Fazendas com muros
- Subúrbios distantes dos centros com casas baixas e esparsas
- Cota média dos obstáculos 3m

Categoria IV – Terrenos cobertos por obstáculos numerosos em zona florestal ou industrial/ urbanizada

- Cidades pequenas
- Parques, bosques com muitas árvores
- Zonas densamente urbanizadas
- Áreas industriais desenvolvidas
- Cota média dos obstáculos 10m

Categoria V – Terrenos cobertos por obstáculos grandes, altos e numerosos

- Florestas nativas com árvores altas
- Centros de metrópoles
- Complexos industriais bem desenvolvidos
- Cota média dos obstáculos 25m

Classe A: Todas as unidades de vedação, seus elementos de fixação e peças individuais de estruturas sem vedação. Toda edificação na qual a maior dimensão horizontal ou vertical não exceda 20 m.

Classe B: Toda edificação ou parte de edificação para a qual a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal esteja entre 20 m e 50 m.

Classe C: Toda edificação ou parte de edificação para a qual a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal exceda 50 m.

Esforços devido ao vento

Passo 3: FATOR S2

Altura sobre o terreno

Para altura de 8m
poderíamos interpolar
linearmente, mas vamos
adotar por conveniência o
valor de 10m

Tabela 2 - Fator S_2

z (m)	Categoria														
	I			II			III			IV			V		
	Classe			Classe			Classe			Classe			Classe		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
≤ 5	1,06	1,04	1,01	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82	0,79	0,76	0,73	0,74	0,72	0,67
10	1,10	1,09	1,06	1,00	0,98	0,95	0,94	0,92	0,88	0,86	0,83	0,80	0,74	0,72	0,67
15	1,13	1,12	1,09	1,04	1,02	0,99	0,98	0,96	0,93	0,90	0,88	0,84	0,79	0,76	0,72
20	1,15	1,14	1,12	1,06	1,04	1,02	1,01	0,99	0,96	0,93	0,91	0,88	0,82	0,80	0,76
30	1,17	1,17	1,15	1,10	1,08	1,06	1,05	1,03	1,00	0,98	0,96	0,93	0,87	0,85	0,82
40	1,20	1,19	1,17	1,13	1,11	1,09	1,08	1,06	1,04	1,01	0,99	0,96	0,91	0,89	0,86
50	1,21	1,21	1,19	1,15	1,13	1,12	1,10	1,09	1,06	1,04	1,02	0,99	0,94	0,93	0,89
60	1,22	1,22	1,21	1,16	1,15	1,14	1,12	1,11	1,09	1,07	1,04	1,02	0,97	0,95	0,92
80	1,25	1,24	1,23	1,19	1,18	1,17	1,16	1,14	1,12	1,10	1,08	1,06	1,01	1,00	0,97
100	1,26	1,26	1,25	1,22	1,21	1,20	1,18	1,17	1,15	1,13	1,11	1,09	1,05	1,03	1,01
120	1,28	1,28	1,27	1,24	1,23	1,22	1,20	1,20	1,18	1,16	1,14	1,12	1,07	1,06	1,04
140	1,29	1,29	1,28	1,25	1,24	1,24	1,22	1,22	1,20	1,18	1,16	1,14	1,10	1,09	1,07
160	1,30	1,30	1,29	1,27	1,26	1,25	1,24	1,23	1,22	1,20	1,18	1,16	1,12	1,11	1,10
180	1,31	1,31	1,31	1,28	1,27	1,27	1,26	1,25	1,23	1,22	1,20	1,18	1,14	1,14	1,12
200	1,32	1,32	1,32	1,29	1,28	1,28	1,27	1,26	1,25	1,23	1,21	1,20	1,16	1,16	1,14
250	1,34	1,34	1,33	1,31	1,31	1,31	1,30	1,29	1,28	1,27	1,25	1,23	1,20	1,20	1,18
300	-	-	-	1,34	1,33	1,33	1,32	1,32	1,31	1,29	1,27	1,26	1,23	1,23	1,22
350	-	-	-	-	-	-	1,34	1,34	1,33	1,32	1,30	1,29	1,26	1,26	1,26
400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,34	1,32	1,32	1,29	1,29	1,29
420	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,35	1,35	1,33	1,30	1,30	1,30
450	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,32	1,32	1,32
500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,34	1,34	1,34

Esforços devido ao vento

Passo 4: FATOR S_3

Tabela 3 - Valores mínimos do fator estatístico S_3

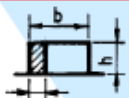
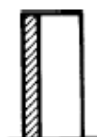
Grupo	Descrição	S_3
1	Edificações cuja ruína total ou parcial pode afetar a segurança ou possibilidade de socorro a pessoas após uma tempestade destrutiva (hospitais, quartéis de bombeiros e de forças de segurança, centrais de comunicação, etc.)	1,10
2	Edificações para hotéis e residências. Edificações 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

Esforços devido ao vento

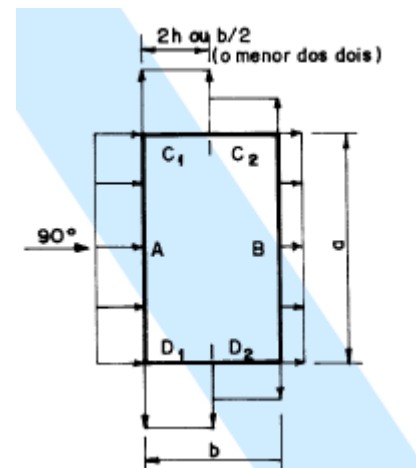
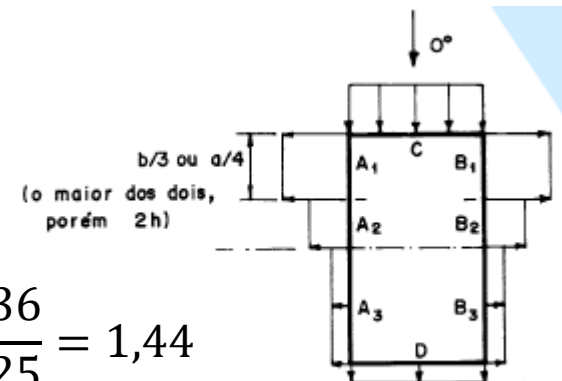
Passo 5: Determinar os coeficientes de forma Externos C_{pe}

Para as paredes

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 
		$\alpha = 0^\circ$				$\alpha = 90^\circ$				
		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)	$2 \leq \frac{a}{b} \leq 4$	- 0,8	- 0,4	+ 0,7	- 0,3	+ 0,7	- 0,5	- 0,9	- 0,5	- 1,0
$\frac{h}{b} \leq \frac{1}{2}$										
	$1 \leq \frac{a}{b} \leq \frac{3}{2}$	- 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

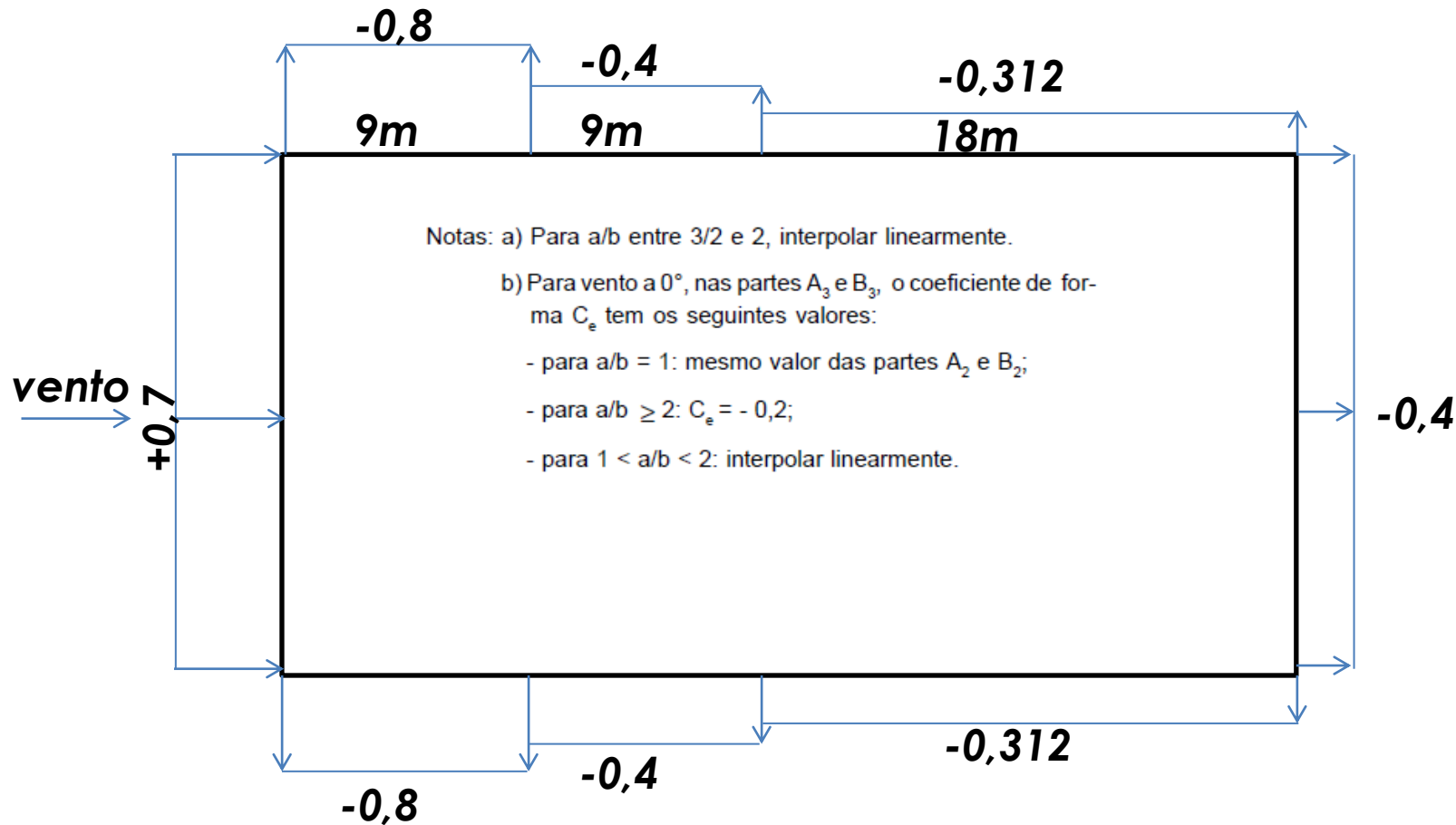
$$\frac{a}{b} = \frac{36}{25} = 1,44$$



Esforços devido ao vento

Passo 5: Determinar os coeficientes de forma Externos C_{pe}

Para as paredes, Vento a 0°



Esforços devido ao vento

interpolação:

$$\text{para } \frac{a}{b} = 1 \rightarrow -0,4$$

$$\text{para } \frac{a}{b} = 2 \rightarrow -0,2$$

cada incremento de 1 na relação $\frac{a}{b}$, gera um

acrécimo de 0,2 no coeficiente

portanto, ao acrescentar 0,44 temos um acréscimo de

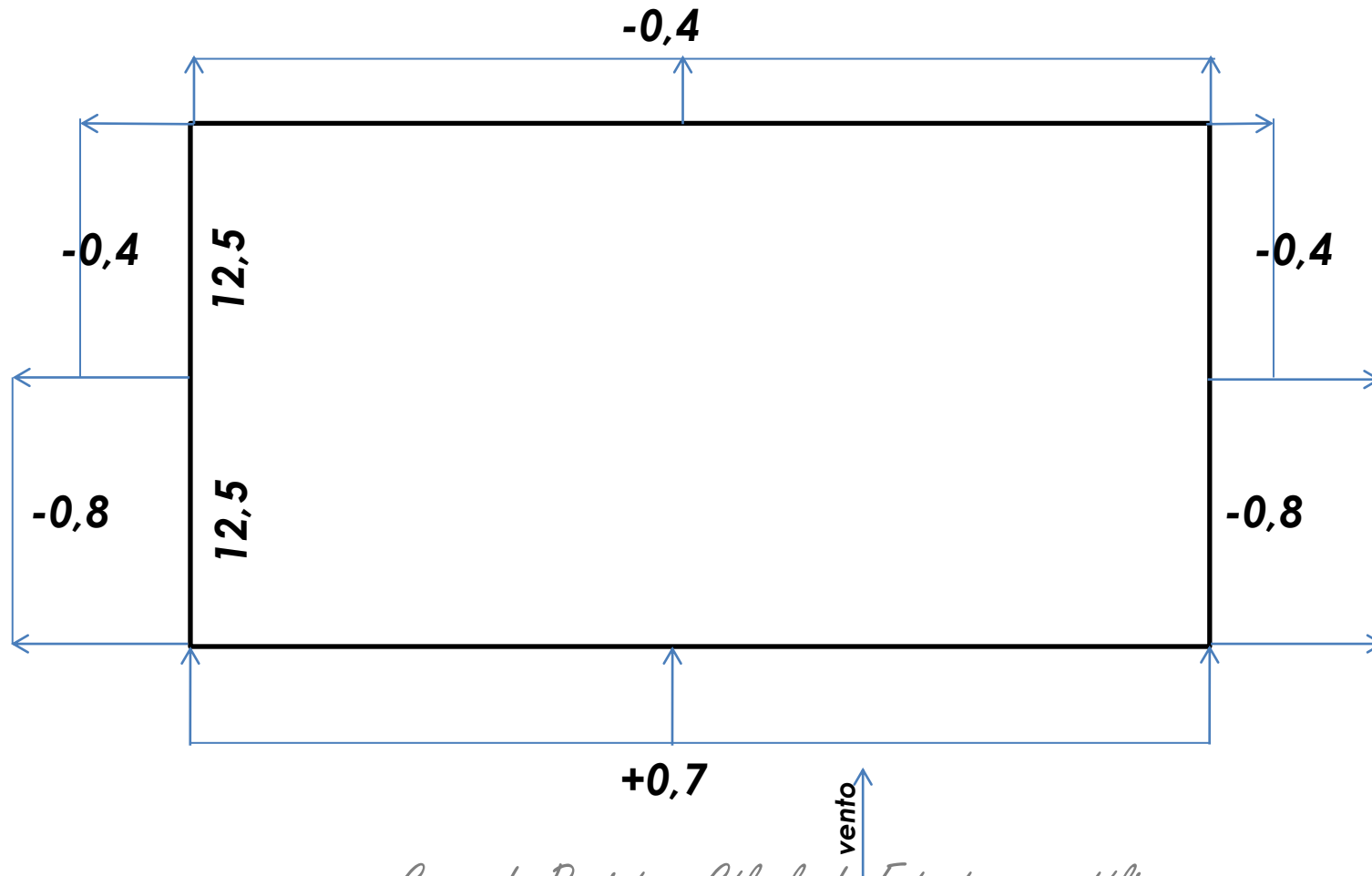
$$0,44 \cdot 0,2 = 0,088$$

$$C_{pe} = -0,4 + 0,088 = -0,312$$

Esforços devido ao vento

Passo 5: Determinar os coeficientes de forma Externos C_{pe}

Para as paredes, Vento a 90°



Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas

Esforços devido ao vento

Passo 5: Determinar os coeficientes de forma Externos C_{pe}

Para a cobertura, Vento a 0° (inclinação do telhado: 16%)

Vento 0°
→

9m	9m	18m
-0,80	-0,60	-0,42
-0,80	-0,60	-0,42

$$\text{Ângulo do telhado} = \arctg(0,16) = 9^\circ$$

interpolação:

$$\text{para } \frac{a}{b} = 1 \rightarrow -0,6$$

$$\text{para } \frac{a}{b} = 2 \rightarrow -0,2$$

cada incremento de 1 na relação $\frac{a}{b}$, gera um

acréscimo de 0,4 no coeficiente

portanto, ao acrescentar 0,44 temos um acréscimo de

$$0,44 \cdot 0,4 = 0,176$$

$$C_{pe} = -0,6 + 0,176 = -0,424$$

Esforços devido ao vento

Passo 5: Determinar os coeficientes de forma Externos C_{pe}

Para a cobertura, Vento a 90° (inclinação do telhado: 9°)

9m	9m	18m
-0,40	-0,40	-0,40
-1,20	-1,20	-1,20



6.1.2 Zonas com altas sucções aparecem junto às arestas de paredes e de telhados, e têm sua localização dependendo do ângulo de incidência do vento. Portanto, estas altas sucções não aparecem simultaneamente em todas estas zonas, para as quais as tabelas apresentam valores médios de coeficientes de pressão externa (c_{pe} médio). Estes coeficientes devem ser usados somente para o cálculo das forças do vento nas respectivas zonas, aplicando-se ao dimensionamento, verificação e ancoragem de elementos de vedação e da estrutura secundária.

Esforços devido ao vento

Passo 6: Determinar os Coeficientes de Pressão Interna (CPI)

6.2.5 Para edificações com paredes internas permeáveis, a pressão interna pode ser considerada uniforme. Neste caso, devem ser adotados os seguintes valores para o coeficiente de pressão interna c_{pi} :

a) duas faces opostas igualmente permeáveis; as outras faces impermeáveis:

- vento perpendicular a uma face permeável:
 $c_{pi} = + 0,2$;

- vento perpendicular a uma face impermeável:
 $c_{pi} = - 0,3$;

b) quatro faces igualmente permeáveis: $c_{pi} = - 0,3$ ou 0 (considerar o valor mais nocivo);

c) abertura dominante em uma face; as outras faces de igual permeabilidade:

- abertura dominante na face de barlavento.

Proporção entre a área de todas as aberturas na face de barlavento e a área total das aberturas em todas as faces (paredes e cobertura, nas condições de 6.2.4) submetidas a sucções externas:

1 $c_{pi} = + 0,1$

1,5 $c_{pi} = + 0,3$

2 $c_{pi} = + 0,5$

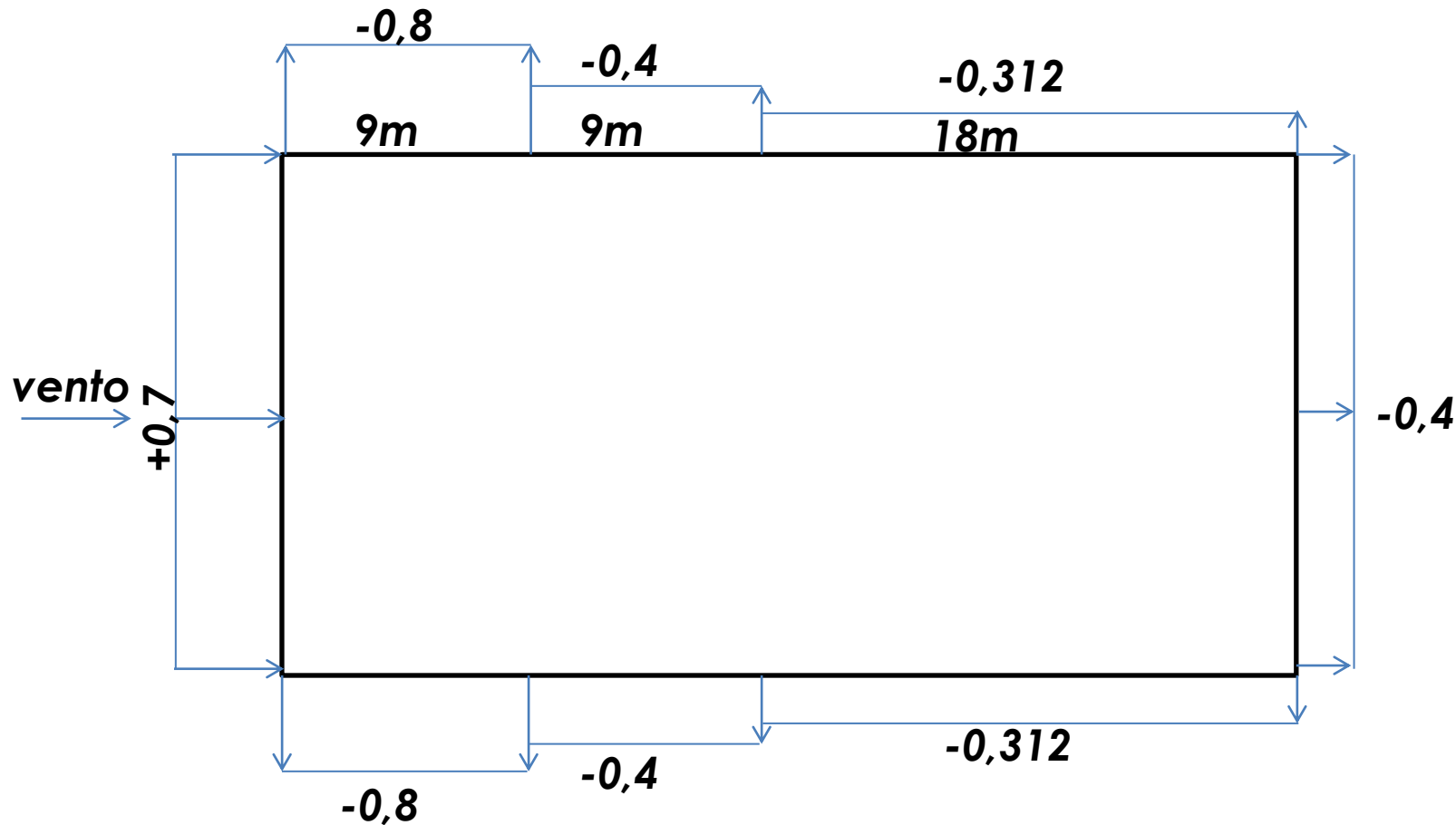
3 $c_{pi} = + 0,6$

6 ou mais $c_{pi} = + 0,8$

Esforços devido ao vento

Passo 6: Determinar os Coeficientes de Pressão Interna (CPI)

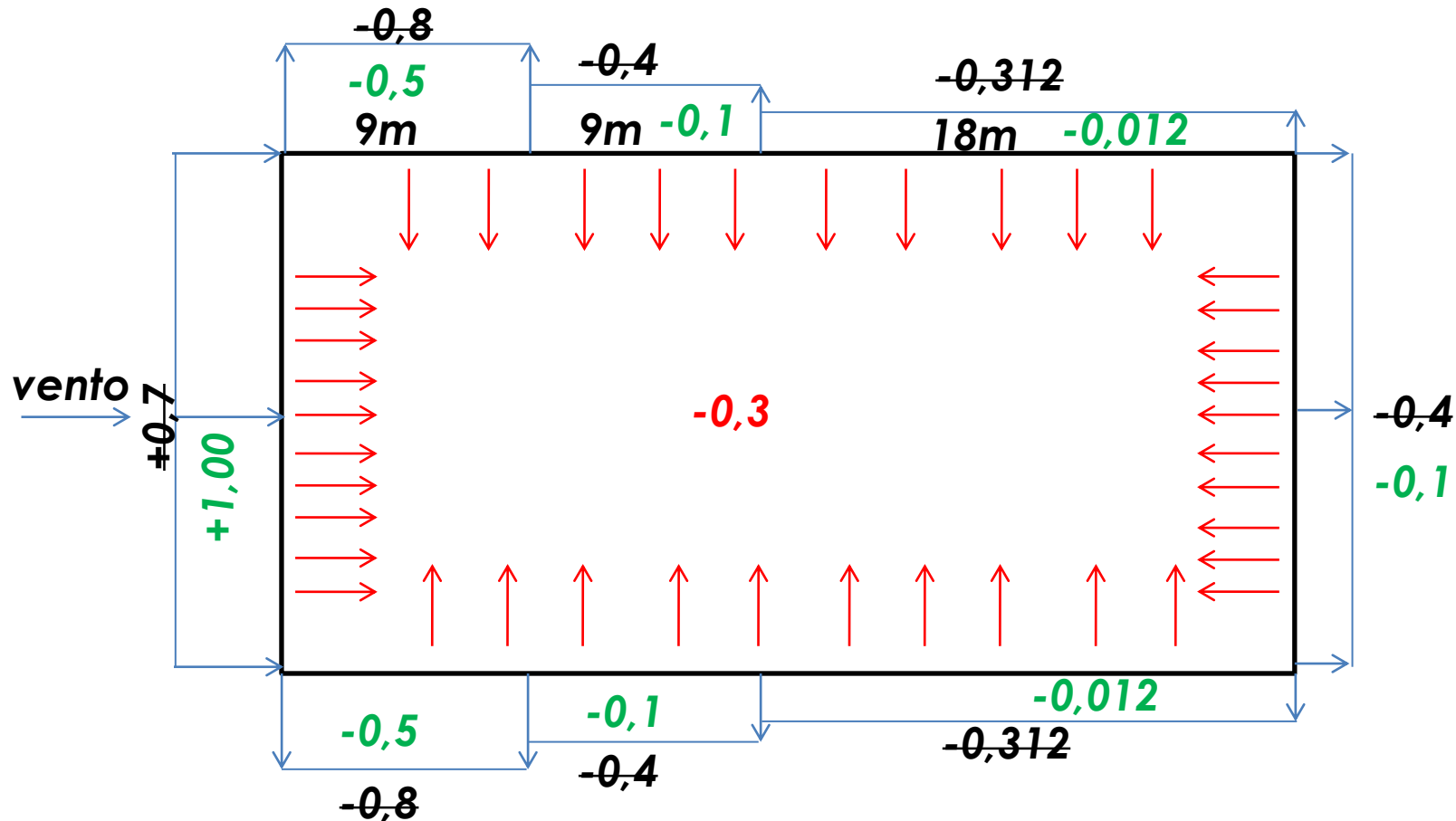
V_0 – CPI 0,00



Esforços devido ao vento

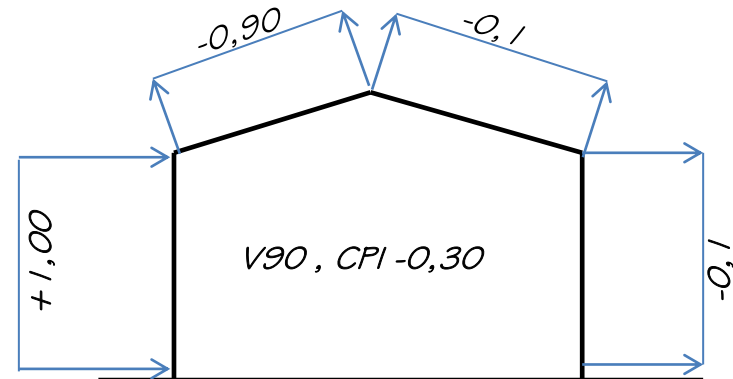
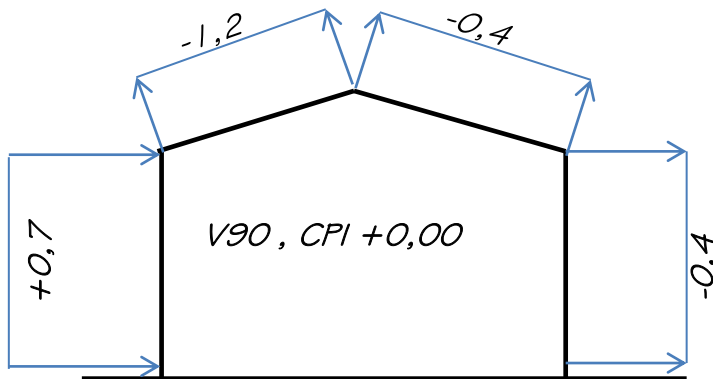
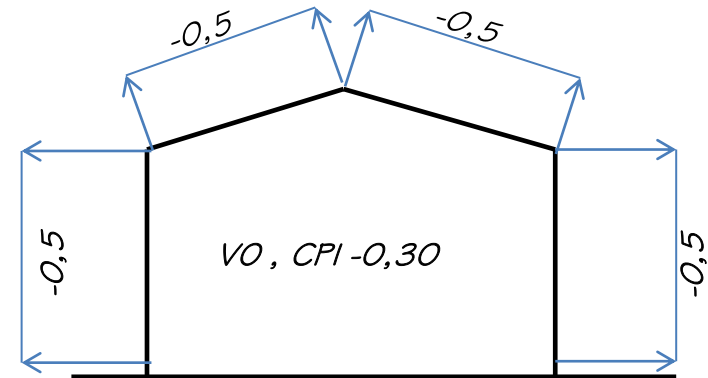
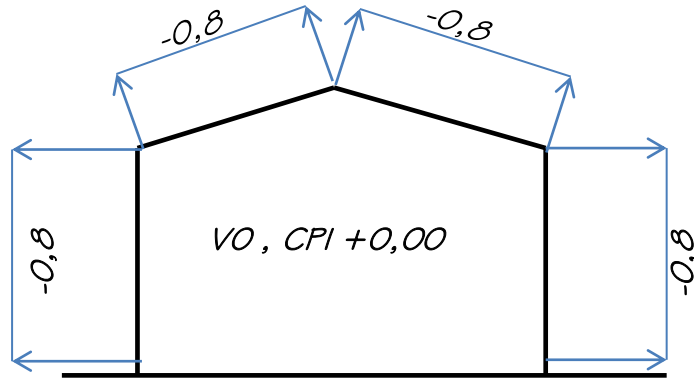
Passo 7: Encontrar os Coeficientes aerodinâmicas resultantes

$V_0 - CPI - 0,3$



Esforços devido ao vento

Passo 7: Encontrar os Coeficientes aerodinâmicos resultantes



Esforços devido ao vento

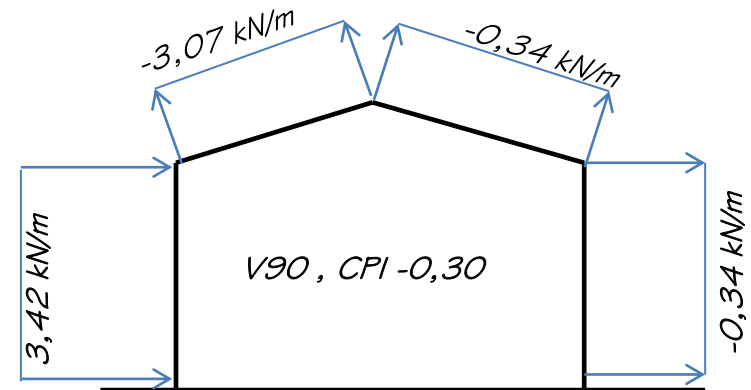
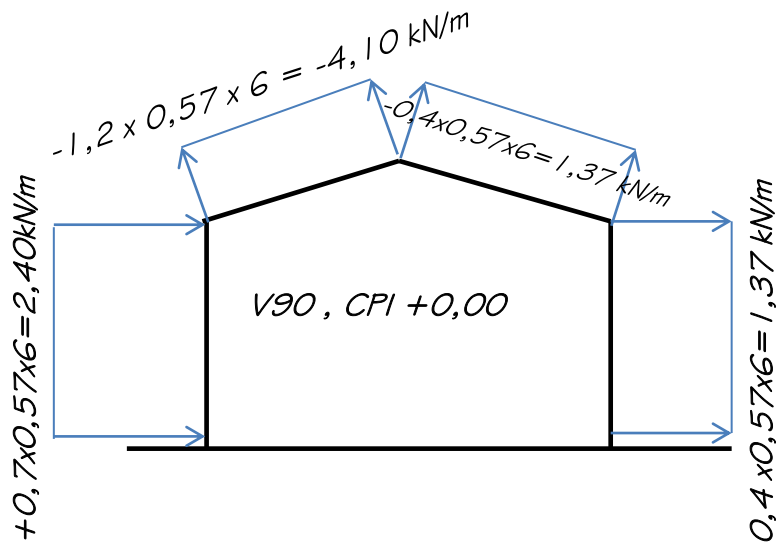
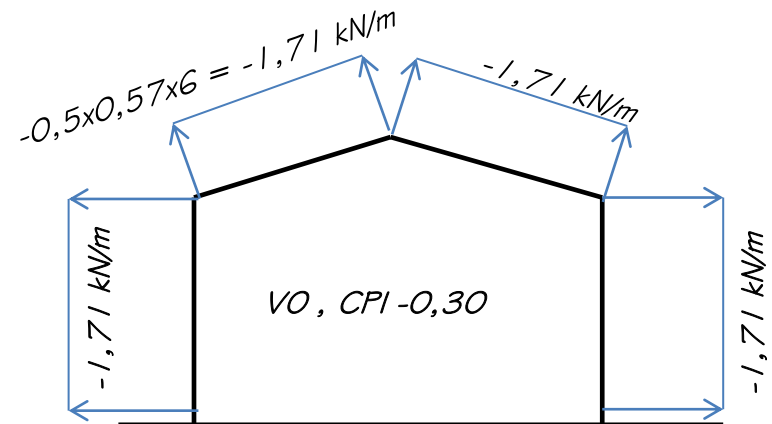
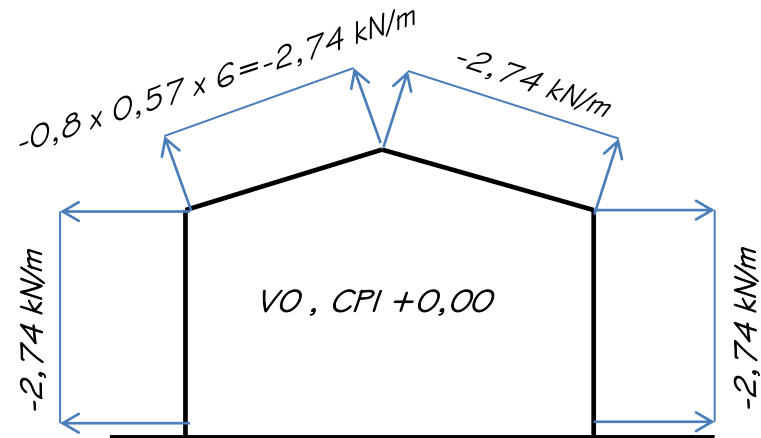
Passo 8: Calcular carga dinâmica do vento V_k

$$V_k = V_0 \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 = 40 \cdot 1 \cdot 0,83 \cdot 0,95 = 30,4 \text{ m/s}$$

$$q = 0,613 V_k^2 = 0,613 \cdot 30,4^2 = 566,51 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 0,57 \text{ kN/m}^2$$

Esforços devido ao vento

Passo 8: Encontrar os esforços linearizados



Esforços devido ao vento

Passo 8: Encontrar os esforços linearizados

Esforços nas terças da Cobertura:

Maior Coeficiente: -1,20 (Combinação V90, CPI +0,00)

$$q = 0,57 \cdot 1,20 \cdot 2,5m = 1,71 \text{ kN/m}$$

Esforços nas terças do fechamento

Maior Coeficiente: -1,00 (Combinação V90, CPI -0,3 e também combinação VO, CPI -0,3)

$$q = 0,57 \cdot 1,00 \cdot 2,5m = 1,42 \text{ kN/m}$$

Esforços devido ao vento nas edificações NBR6123/88

Aula 5 – Esforços de vento em galpões em arco

Esforços devido ao vento

Exemplo determine as cargas de vento atuantes no galpão abaixo

Local: São Paulo - Capital

Categoria IV

Destinado a um armazém de peças automotivas usadas

Em terreno plano

Área de aberturas:

A = 20m² - Fixa

B = 12m² - Móvel

C = 20m² - Fixa

D = 30m² - Móvel

Fechamentos:

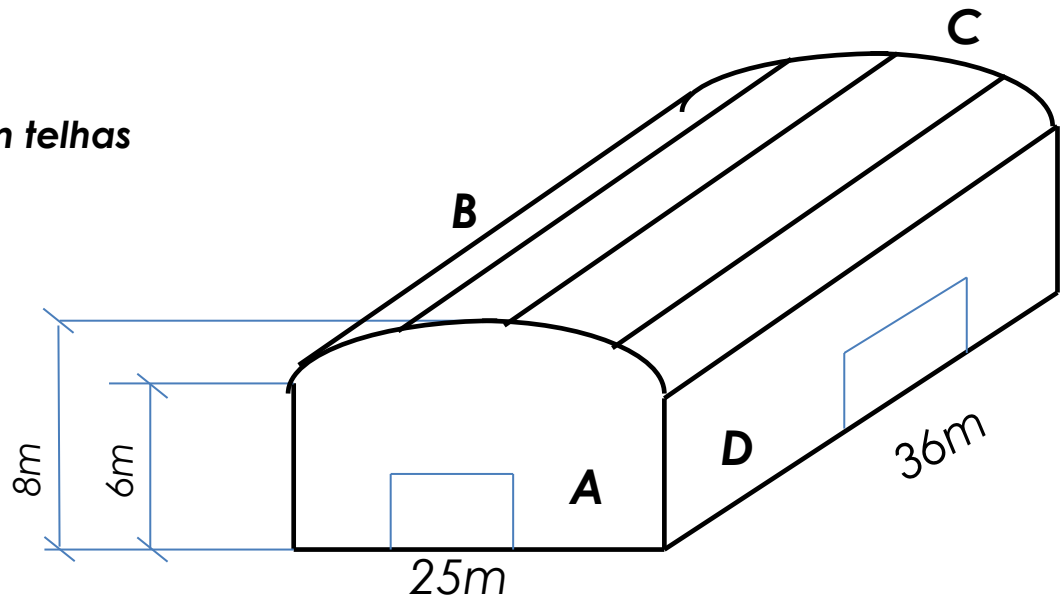
Faces A, B, C e D fechadas com telhas

Trapezoidais

Cobertura de telhas onduladas

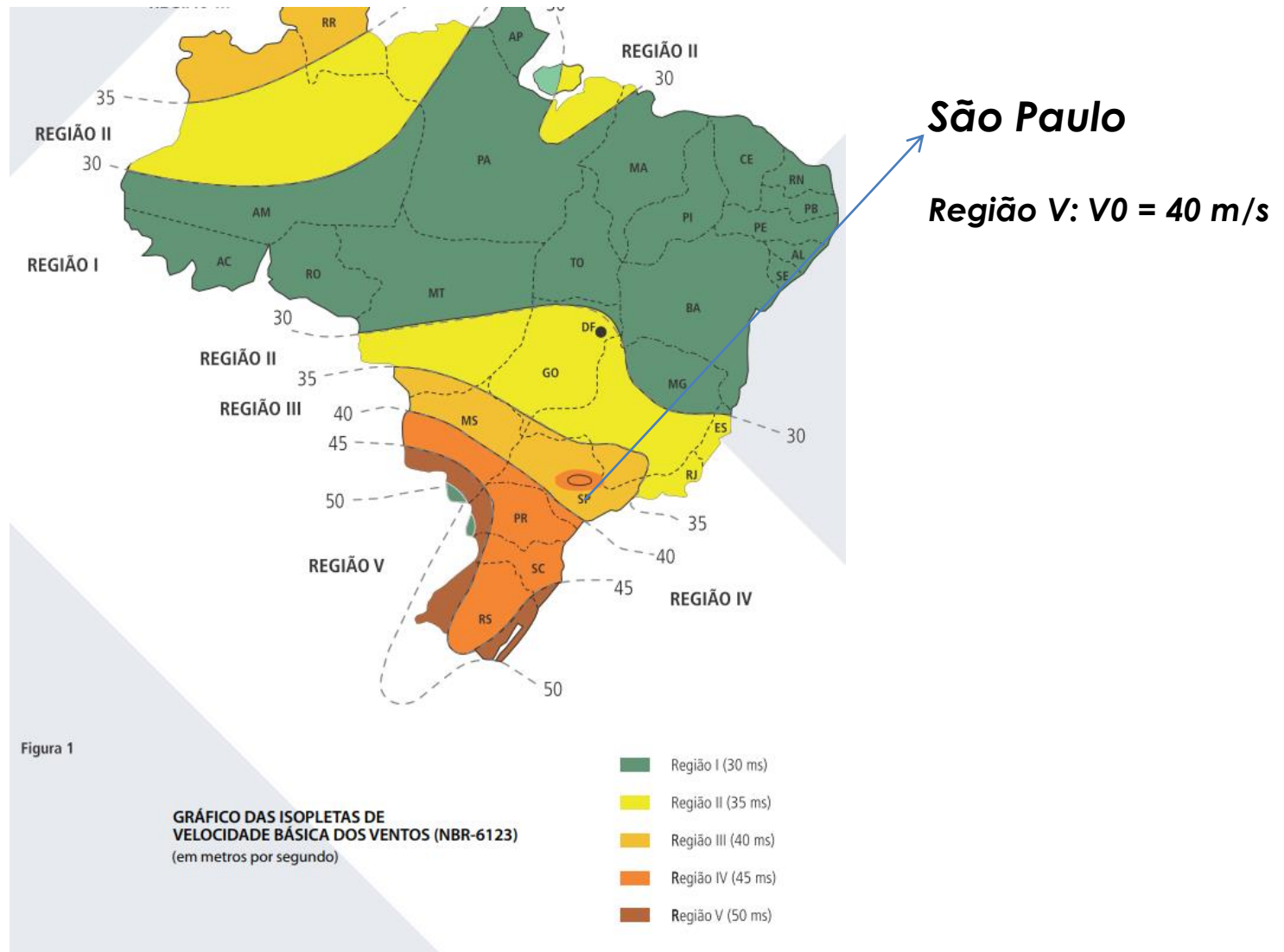
Distanciamento entre pórticos:
6m

Distancia entre terças da cobertura:
2,5m



Esforços devido ao vento

Passo 1: Determinar a velocidade básica do vento



Esforços devido ao vento

Passo 2: Fator $S1$

- a) Terreno plano ou fracamente acidentado: **$S1 = 1,0$**
- b) Taludes e morros: ver nota ao lado
- c) Vales profundos protegidos de vento: **$S1 = 0,9$**

Esforços devido ao vento

Passo 3: Fator S2

Rugosidade do terreno

Categoria I – Superfícies lisas de grandes dimensões, com mais de 5km de extensão:

- Mar calmo
- Lagos e Rios
- Pântanos sem vegetação

Categoria II – Terrenos abertos, em nível com poucos obstáculos isolados, como árvores e edificações baixas:

- Zonas costeiras planas
- Pântanos com vegetação rala
- Campos de Aviação
- Pradarias e Charnecas
- Fazendas sem muros
- A cota média dos obstáculos é considerada como 1m

Categoria III – Terrenos planos com obstáculos tais como muros, edificações baixas e esparsas

- Granjas
- Fazendas com muros
- Subúrbios distantes dos centros com casas baixas e esparsas
- Cota média dos obstáculos 3m

Categoria IV – Terrenos cobertos por obstáculos numerosos em zona florestal ou industrial/ urbanizada

- Cidades pequenas
- Parques, bosques com muitas árvores
- Zonas densamente urbanizadas
- Áreas industriais desenvolvidas
- Cota média dos obstáculos 10m

Categoria V – Terrenos cobertos por obstáculos grandes, altos e numerosos

- Florestas nativas com árvores altas
- Centros de metrópoles
- Complexos industriais bem desenvolvidos
- Cota média dos obstáculos 25m

Classe A: Todas as unidades de vedação, seus elementos de fixação e peças individuais de estruturas sem vedação. Toda edificação na qual a maior dimensão horizontal ou vertical não exceda 20 m.

Classe B: Toda edificação ou parte de edificação para a qual a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal esteja entre 20 m e 50 m.

Classe C: Toda edificação ou parte de edificação para a qual a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal exceda 50 m.

Esforços devido ao vento

Passo 3: FATOR S2

Altura sobre o terreno

Para altura de 8m
poderíamos interpolar
linearmente, mas vamos
adotar por conveniência o
valor de 10m

Tabela 2 - Fator S_2

z (m)	Categoria														
	I			II			III			IV			V		
	Classe			Classe			Classe			Classe			Classe		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
≤ 5	1,06	1,04	1,01	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82	0,79	0,76	0,73	0,74	0,72	0,67
10	1,10	1,09	1,06	1,00	0,98	0,95	0,94	0,92	0,88	0,86	0,83	0,80	0,74	0,72	0,67
15	1,13	1,12	1,09	1,04	1,02	0,99	0,98	0,96	0,93	0,90	0,88	0,84	0,79	0,76	0,72
20	1,15	1,14	1,12	1,06	1,04	1,02	1,01	0,99	0,96	0,93	0,91	0,88	0,82	0,80	0,76
30	1,17	1,17	1,15	1,10	1,08	1,06	1,05	1,03	1,00	0,98	0,96	0,93	0,87	0,85	0,82
40	1,20	1,19	1,17	1,13	1,11	1,09	1,08	1,06	1,04	1,01	0,99	0,96	0,91	0,89	0,86
50	1,21	1,21	1,19	1,15	1,13	1,12	1,10	1,09	1,06	1,04	1,02	0,99	0,94	0,93	0,89
60	1,22	1,22	1,21	1,16	1,15	1,14	1,12	1,11	1,09	1,07	1,04	1,02	0,97	0,95	0,92
80	1,25	1,24	1,23	1,19	1,18	1,17	1,16	1,14	1,12	1,10	1,08	1,06	1,01	1,00	0,97
100	1,26	1,26	1,25	1,22	1,21	1,20	1,18	1,17	1,15	1,13	1,11	1,09	1,05	1,03	1,01
120	1,28	1,28	1,27	1,24	1,23	1,22	1,20	1,20	1,18	1,16	1,14	1,12	1,07	1,06	1,04
140	1,29	1,29	1,28	1,25	1,24	1,24	1,22	1,22	1,20	1,18	1,16	1,14	1,10	1,09	1,07
160	1,30	1,30	1,29	1,27	1,26	1,25	1,24	1,23	1,22	1,20	1,18	1,16	1,12	1,11	1,10
180	1,31	1,31	1,31	1,28	1,27	1,27	1,26	1,25	1,23	1,22	1,20	1,18	1,14	1,14	1,12
200	1,32	1,32	1,32	1,29	1,28	1,28	1,27	1,26	1,25	1,23	1,21	1,20	1,16	1,16	1,14
250	1,34	1,34	1,33	1,31	1,31	1,31	1,30	1,29	1,28	1,27	1,25	1,23	1,20	1,20	1,18
300	-	-	-	1,34	1,33	1,33	1,32	1,32	1,31	1,29	1,27	1,26	1,23	1,23	1,22
350	-	-	-	-	-	-	1,34	1,34	1,33	1,32	1,30	1,29	1,26	1,26	1,26
400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,34	1,32	1,32	1,29	1,29	1,29
420	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,35	1,35	1,33	1,30	1,30	1,30
450	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,32	1,32	1,32
500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,34	1,34	1,34

Esforços devido ao vento

Passo 4: FATOR S_3

Tabela 3 - Valores mínimos do fator estatístico S_3

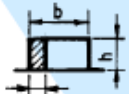
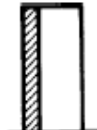
Grupo	Descrição	S_3
1	Edificações cuja ruína total ou parcial pode afetar a segurança ou possibilidade de socorro a pessoas após uma tempestade destrutiva (hospitais, quartéis de bombeiros e de forças de segurança, centrais de comunicação, etc.)	1,10
2	Edificações para hotéis e residências. Edificações 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

Esforços devido ao vento

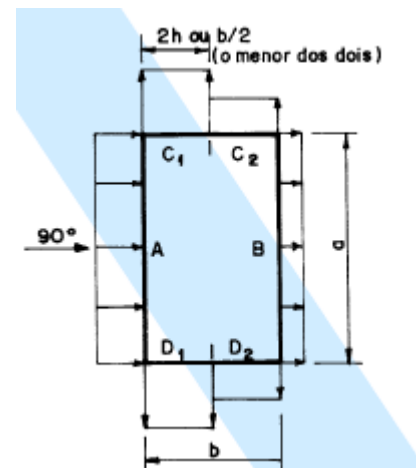
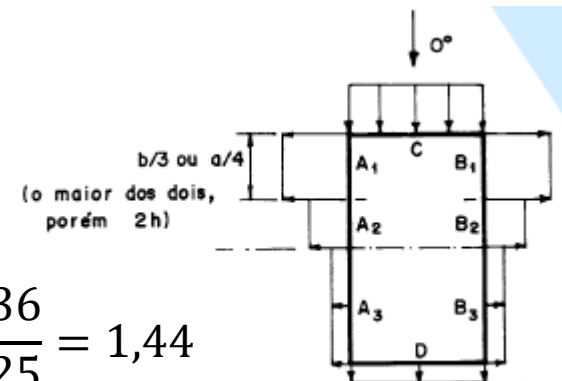
Passo 5: Determinar os coeficientes de forma Externos C_{pe}

Para as paredes

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 
		$\alpha = 0^\circ$				$\alpha = 90^\circ$				
		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

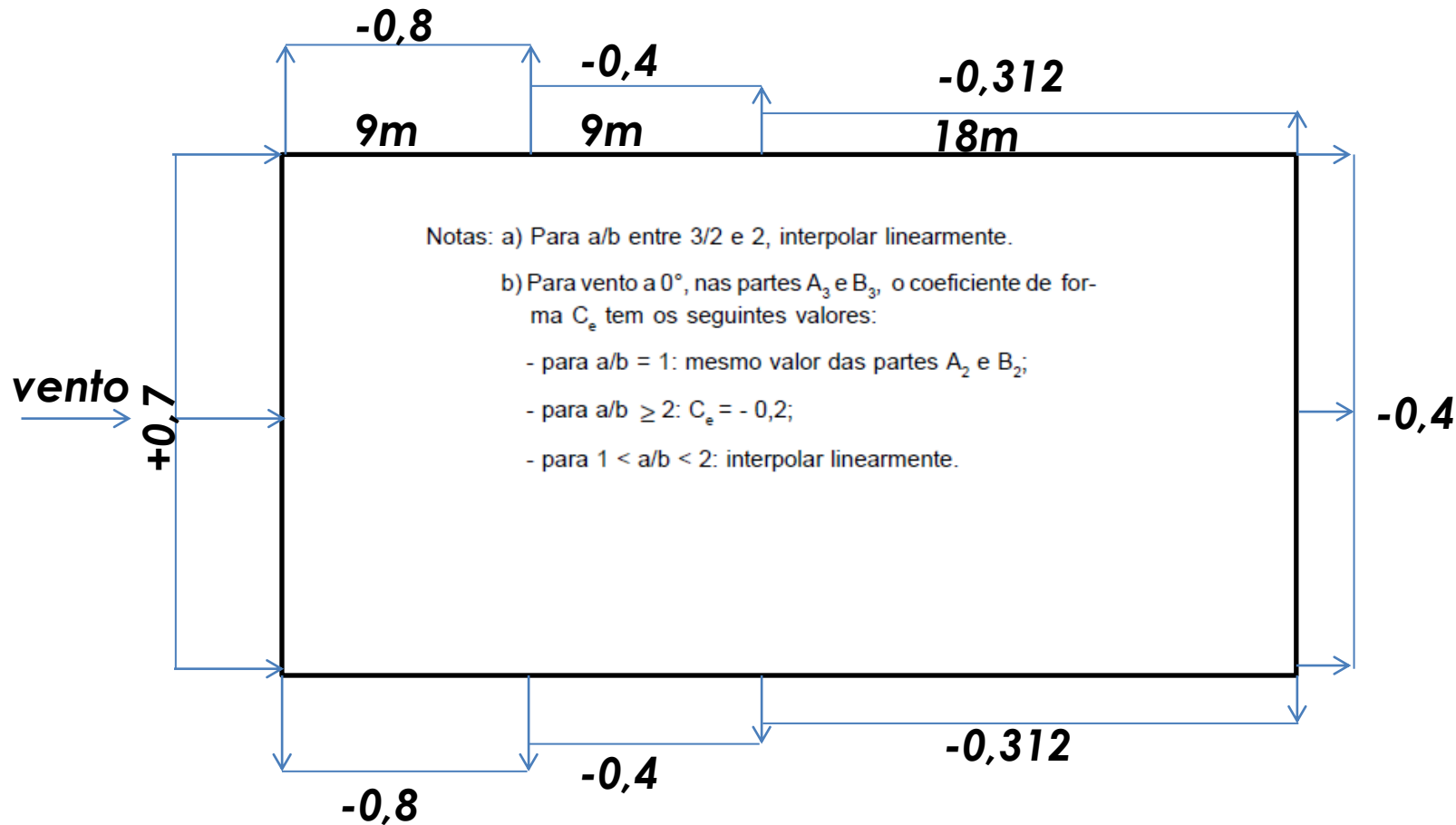
$$\frac{a}{b} = \frac{36}{25} = 1,44$$



Esforços devido ao vento

Passo 5: Determinar os coeficientes de forma Externos C_{pe}

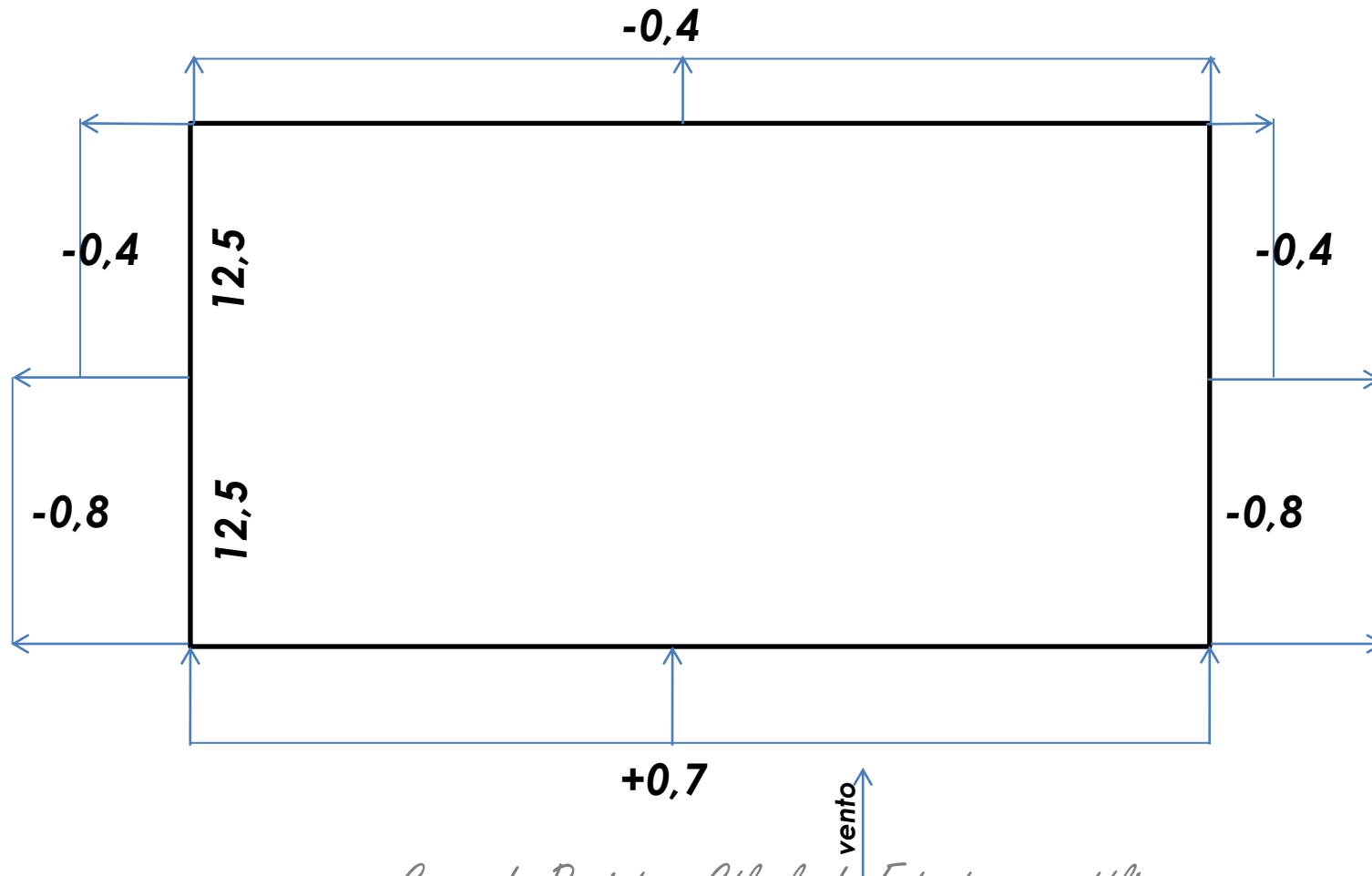
Para as paredes, Vento a 0°



Esforços devido ao vento

Passo 5: Determinar os coeficientes de forma Externos C_{pe}

Para as paredes, Vento a 90°



Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas

Esforços devido ao vento

Passo 5: Determinar os coeficientes de forma Externos C_{pe}

Método 1 – Modelo de baixa turbulência

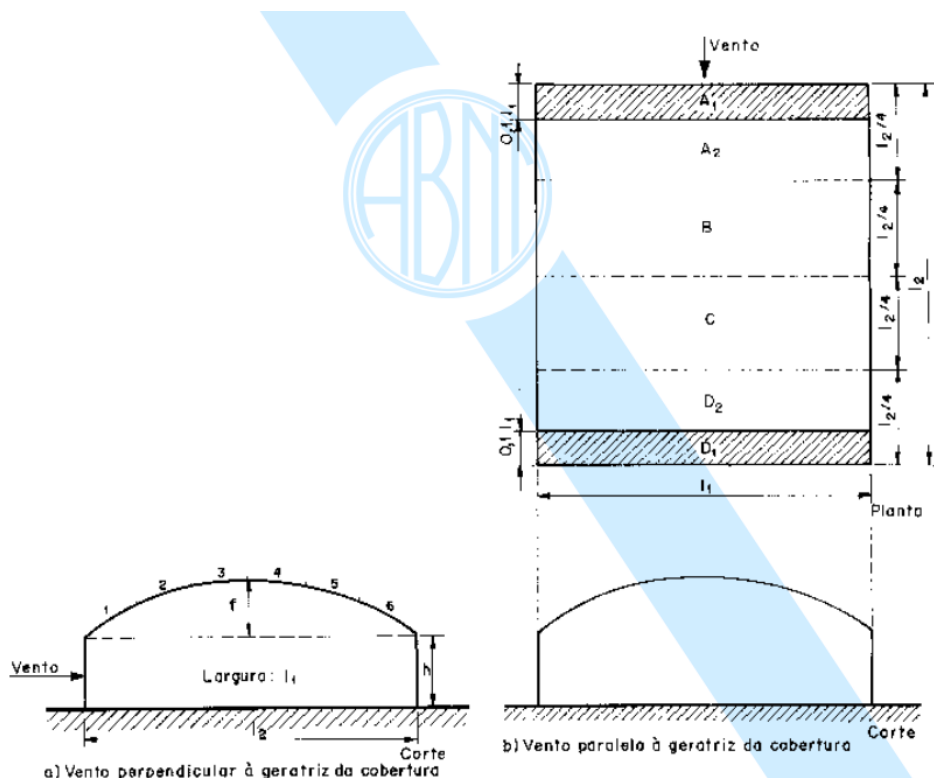


Figura 21 - Abóbadas cilíndricas de seção circular com $0,5 l_2 < l_1 < 3 l_2$ (l_1 e l_2 da parte "a" desta figura)

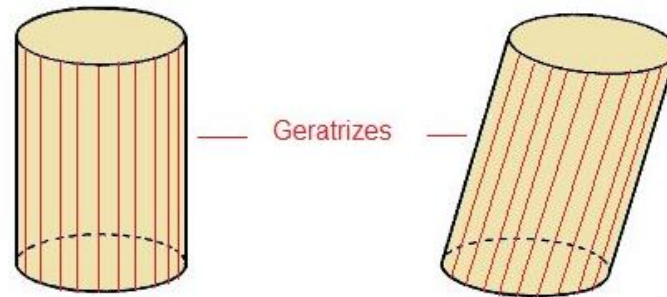
E.1.2 Os coeficientes de pressão apresentados nas Tabelas 24 a 26 são baseados em ensaios realizados em fluxo aproximadamente uniforme e de baixa turbulência, com número de Reynolds subcrítico, porém com a cobertura do modelo dotada de superfície externa rugosa. Estes valores, portanto, não são inteiramente válidos para as edificações reais, mas podem ser considerados com orientação para o projeto. Estudos especiais devem ser feitos no caso de edificações de grandes dimensões ou que se afastem da forma simples indicada na Figura 21.

Esforços devido ao vento

Passo 5: Determinar os coeficientes de forma Externos C_{pe}

Geratrizes

Geratrizes do cilindro são segmentos paralelos ao eixo cujas extremidades são pontos das circunferências das bases. Seguindo os exemplos de cilindro acima, observe algumas de suas geratrizes:



Observação: No caso do cilindro reto, o eixo, a altura e a geratriz têm a mesma medida.

Esforços devido ao vento

Passo 5: Determinar os coeficientes de forma Externos C_{pe}

Tabela 24 - Coeficientes de pressão externa, c_{pe} , para vento soprando perpendicularmente à geratriz da cobertura

f/l_2	h/l_2	c_{pe} para a parte					
		1	2	3	4	5	6
1/5	0	+0,3	-0,3	-0,6	-0,7	-0,6	-0,2
	1/8	-0,5	-0,5	-0,7	-0,7	-0,5	-0,2
	1/4	-0,9	-0,6	-0,8	-0,8	-0,4	-0,2
	1/2	-1,2	-0,7	-0,9	-0,8	-0,3	-0,2
	1	-1,4	-0,8	-0,9	-0,9	-0,4	-0,4
	5	-1,8	-1,0	-1,1	-1,2	-0,8	-0,7
1/10	1/8	-1,0	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,3
	1/4	-1,2	-0,5	-0,4	-0,4	-0,4	-0,3
	1/2	-1,5	-1,0	-0,7	-0,5	-0,4	-0,3
	1	-1,6	-1,0	-0,8	-0,6	-0,4	-0,3

$$\frac{h}{l_2} = \frac{6}{25} = 0,24 \sim 1/4$$

$$\frac{f}{l_2} = \frac{2}{25} = 0,08 \sim 1/10$$

Tabela 25 - Coeficientes de pressão externa, c_{pe} , para vento soprando paralelamente à geratriz da cobertura

Parte da cobertura	$A_1 + A_2$	B	C	$D_1 + D_2$
c_{pe}	-0,8	-0,6	-0,3	-0,2

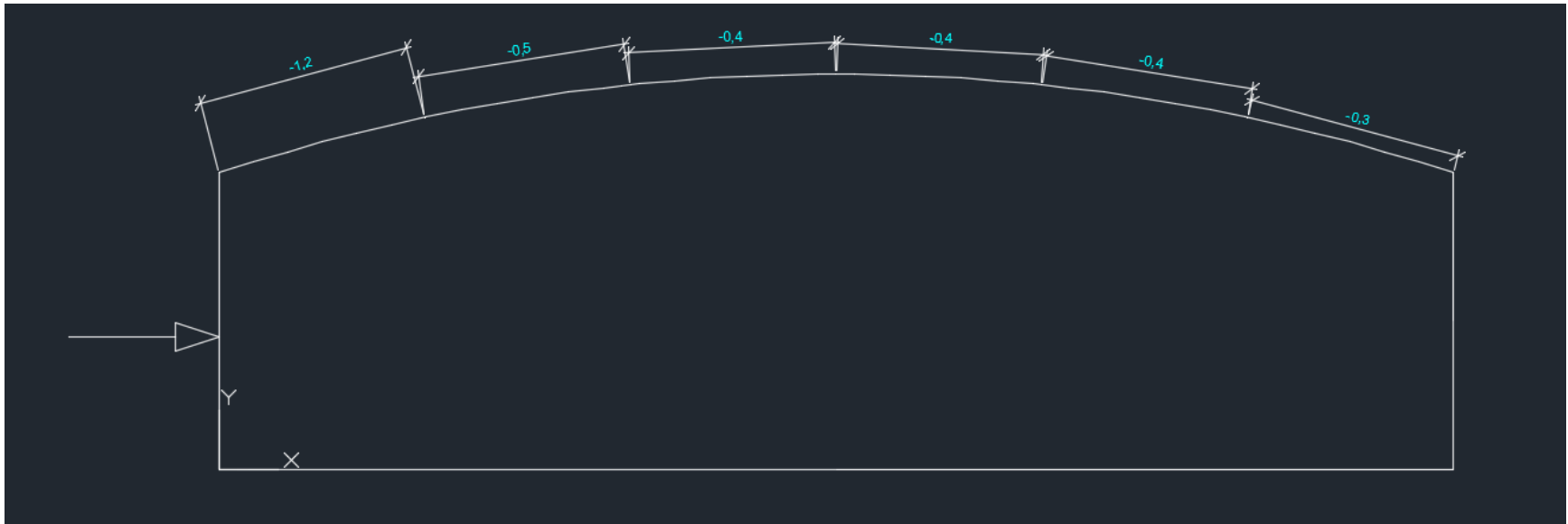
Tabela 26 - Coeficientes de pressão externa, c_{pe} , para vento soprando obliquamente à geratriz da cobertura

Parte da cobertura	A_1	D_1
c_{pe}	-1,8	-1,8

Esforços devido ao vento

Passo 5: Determinar os coeficientes de forma Externos C_{pe}

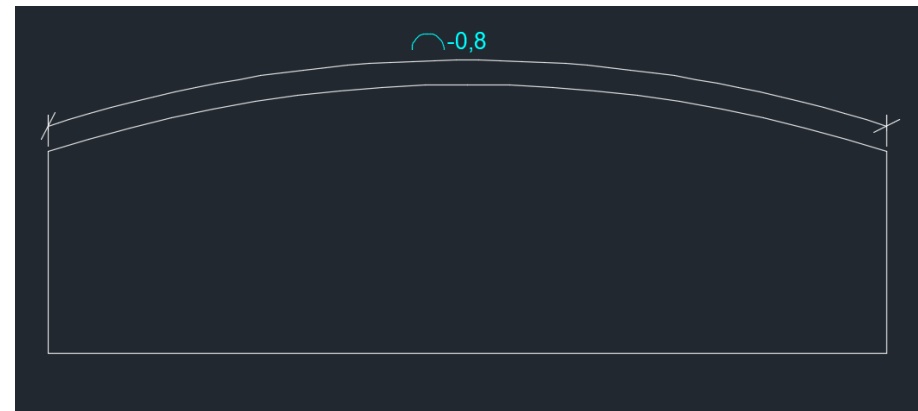
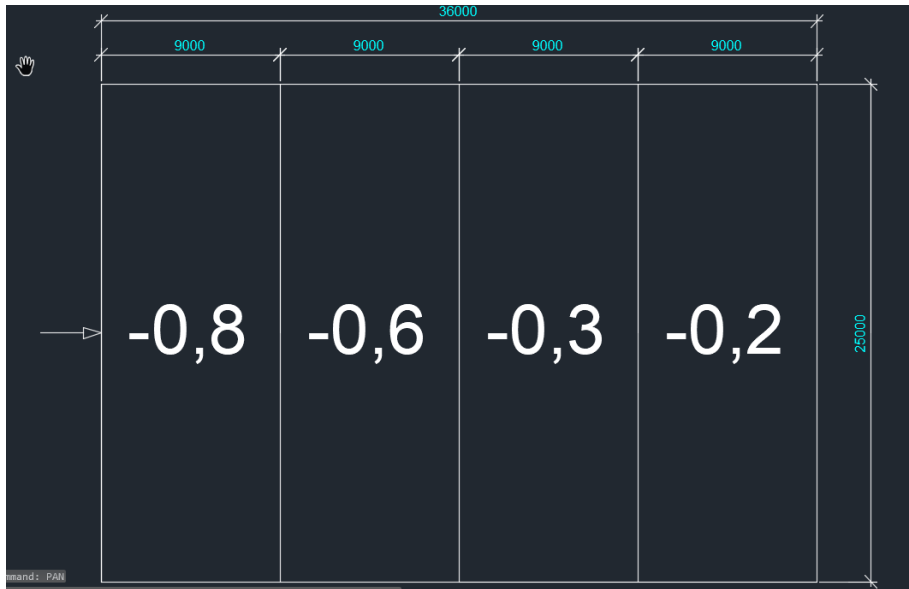
V90



Esforços devido ao vento

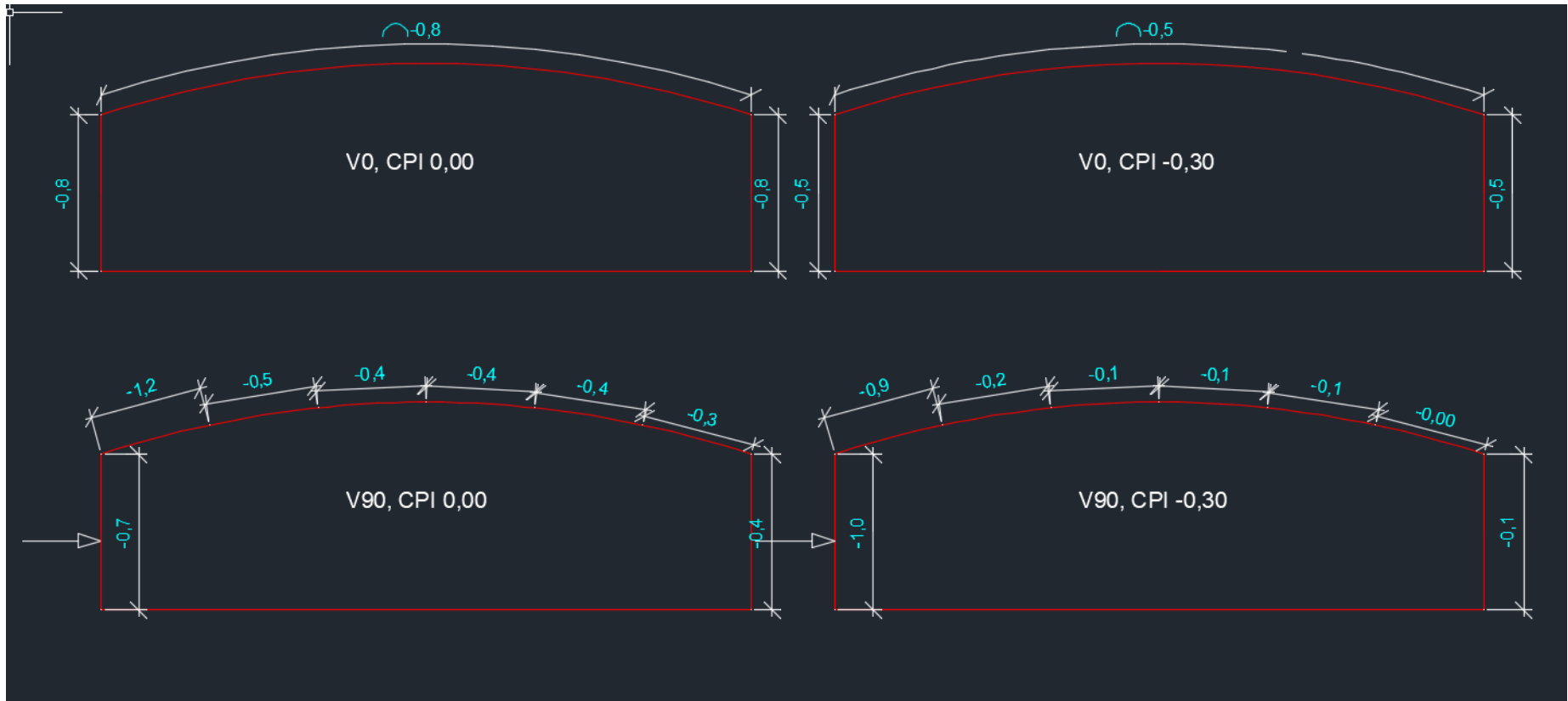
Passo 5: Determinar os coeficientes de forma Externos C_{pe}

V_0



Esforços devido ao vento

Passo 5: Introduzir os coeficientes CPI



Esforços devido ao vento

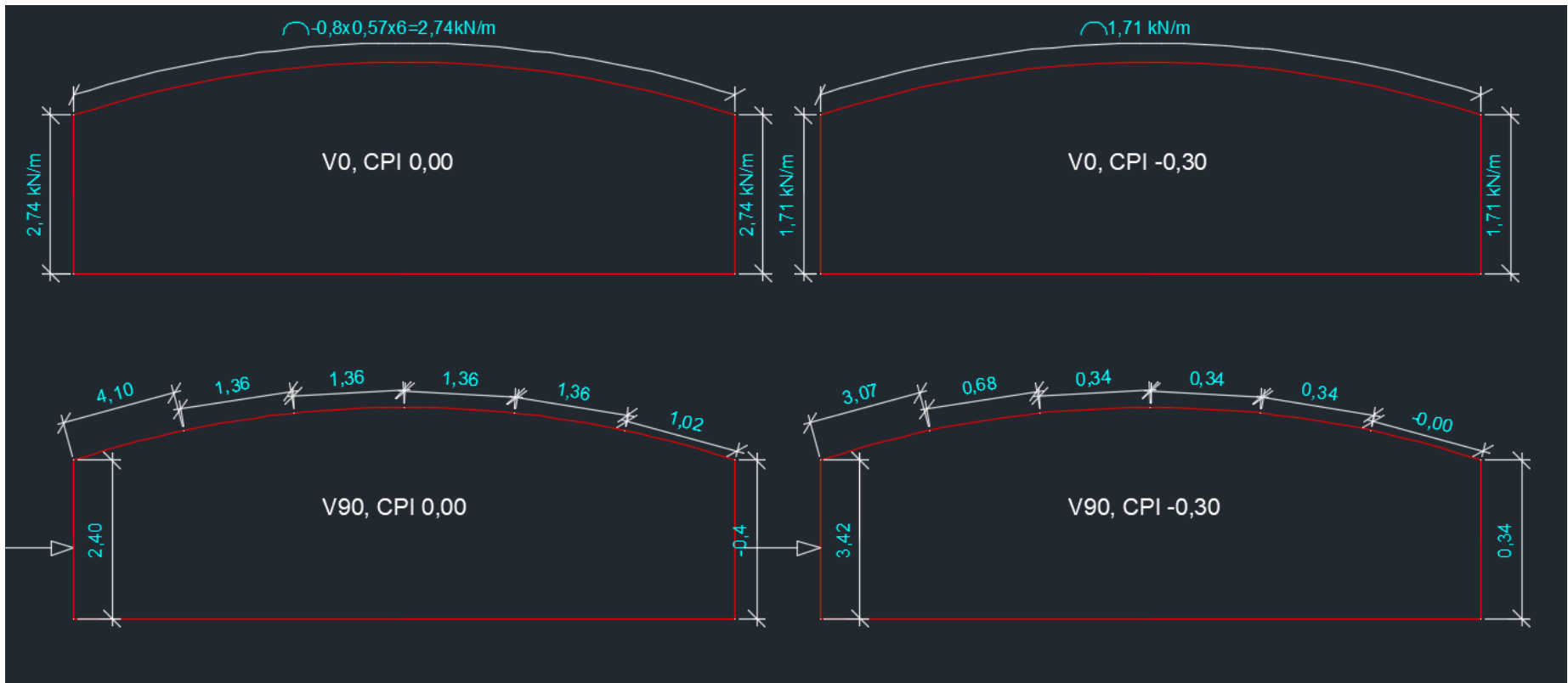
Passo 8: Calcular carga dinâmica do vento V_k

$$V_k = V_0 \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 = 40 \cdot 1 \cdot 0,83 \cdot 0,95 = 30,4 \text{ m/s}$$

$$q = 0,613 V_k^2 = 0,613 \cdot 30,4^2 = 566,51 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 0,57 \text{ kN/m}^2$$

Esforços devido ao vento

Calcular as cargas nos pórticos



Esforços devido ao vento nas edificações NBR6123/88

Aula 6 – Coberturas Isoladas

Esforços devido ao vento

Coberturas isoladas



Esforços devido ao vento

Exemplo determine as cargas de vento atuantes na cobertura abaixo

Local: São Paulo - Capital

Categoria IV

Destinado a quadra poliesportiva

Em terreno plano

Fechamentos:

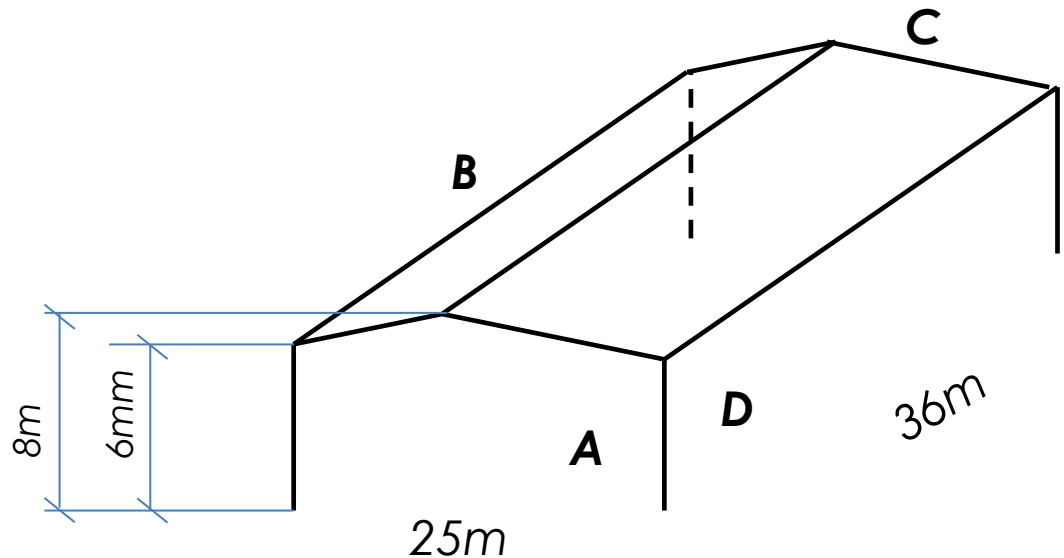
Cobertura de telhas trapezoidais

Distanciamento entre pórticos:

6m

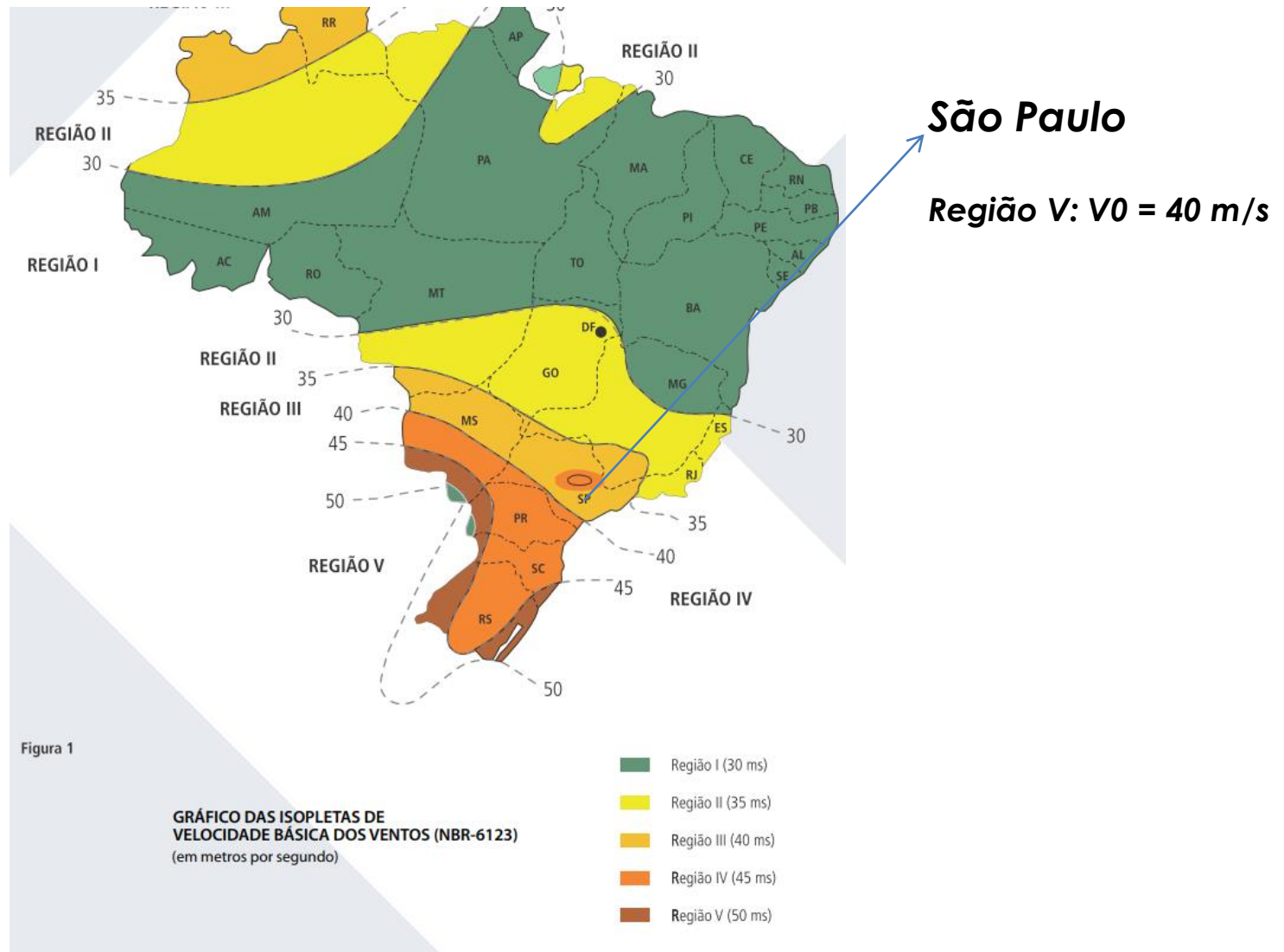
Distancia entre terças da cobertura:

2,5m



Esforços devido ao vento

Passo 1: Determinar a velocidade básica do vento



Esforços devido ao vento

Passo 2: Fator $S1$

- a) Terreno plano ou fracamente acidentado: **$S1 = 1,0$**
- b) Taludes e morros: ver nota ao lado
- c) Vales profundos protegidos de vento: **$S1 = 0,9$**

Esforços devido ao vento

Passo 3: Fator S2

Rugosidade do terreno

Categoria I – Superfícies lisas de grandes dimensões, com mais de 5km de extensão:

- Mar calmo
- Lagos e Rios
- Pântanos sem vegetação

Categoria II – Terrenos abertos, em nível com poucos obstáculos isolados, como árvores e edificações baixas:

- Zonas costeiras planas
- Pântanos com vegetação rala
- Campos de Aviação
- Pradarias e Charnecas
- Fazendas sem muros
- A cota média dos obstáculos é considerada como 1m

Categoria III – Terrenos planos com obstáculos tais como muros, edificações baixas e esparsas

- Granjas
- Fazendas com muros
- Subúrbios distantes dos centros com casas baixas e esparsas
- Cota média dos obstáculos 3m

Categoria IV – Terrenos cobertos por obstáculos numerosos em zona florestal ou industrial/ urbanizada

- Cidades pequenas
- Parques, bosques com muitas árvores
- Zonas densamente urbanizadas
- Áreas industriais desenvolvidas
- Cota média dos obstáculos 10m

Categoria V – Terrenos cobertos por obstáculos grandes, altos e numerosos

- Florestas nativas com árvores altas
- Centros de metrópoles
- Complexos industriais bem desenvolvidos
- Cota média dos obstáculos 25m

Classe A: Todas as unidades de vedação, seus elementos de fixação e peças individuais de estruturas sem vedação. Toda edificação na qual a maior dimensão horizontal ou vertical não exceda 20 m.

Classe B: Toda edificação ou parte de edificação para a qual a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal esteja entre 20 m e 50 m.

Classe C: Toda edificação ou parte de edificação para a qual a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal exceda 50 m.

Esforços devido ao vento

Passo 3: FATOR S2

Altura sobre o terreno

Para altura de 8m
podíamos interpolar
linearmente, mas vamos
adotar por conveniência o
valor de 10m

Tabela 2 - Fator S_2

z (m)	Categoria														
	I			II			III			IV			V		
	Classe			Classe			Classe			Classe			Classe		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
≤ 5	1,06	1,04	1,01	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82	0,79	0,76	0,73	0,74	0,72	0,67
10	1,10	1,09	1,06	1,00	0,98	0,95	0,94	0,92	0,88	0,86	0,83	0,80	0,74	0,72	0,67
15	1,13	1,12	1,09	1,04	1,02	0,99	0,98	0,96	0,93	0,90	0,88	0,84	0,79	0,76	0,72
20	1,15	1,14	1,12	1,06	1,04	1,02	1,01	0,99	0,96	0,93	0,91	0,88	0,82	0,80	0,76
30	1,17	1,17	1,15	1,10	1,08	1,06	1,05	1,03	1,00	0,98	0,96	0,93	0,87	0,85	0,82
40	1,20	1,19	1,17	1,13	1,11	1,09	1,08	1,06	1,04	1,01	0,99	0,96	0,91	0,89	0,86
50	1,21	1,21	1,19	1,15	1,13	1,12	1,10	1,09	1,06	1,04	1,02	0,99	0,94	0,93	0,89
60	1,22	1,22	1,21	1,16	1,15	1,14	1,12	1,11	1,09	1,07	1,04	1,02	0,97	0,95	0,92
80	1,25	1,24	1,23	1,19	1,18	1,17	1,16	1,14	1,12	1,10	1,08	1,06	1,01	1,00	0,97
100	1,26	1,26	1,25	1,22	1,21	1,20	1,18	1,17	1,15	1,13	1,11	1,09	1,05	1,03	1,01
120	1,28	1,28	1,27	1,24	1,23	1,22	1,20	1,20	1,18	1,16	1,14	1,12	1,07	1,06	1,04
140	1,29	1,29	1,28	1,25	1,24	1,24	1,22	1,22	1,20	1,18	1,16	1,14	1,10	1,09	1,07
160	1,30	1,30	1,29	1,27	1,26	1,25	1,24	1,23	1,22	1,20	1,18	1,16	1,12	1,11	1,10
180	1,31	1,31	1,31	1,28	1,27	1,27	1,26	1,25	1,23	1,22	1,20	1,18	1,14	1,14	1,12
200	1,32	1,32	1,32	1,29	1,28	1,28	1,27	1,26	1,25	1,23	1,21	1,20	1,16	1,16	1,14
250	1,34	1,34	1,33	1,31	1,31	1,31	1,30	1,29	1,28	1,27	1,25	1,23	1,20	1,20	1,18
300	-	-	-	1,34	1,33	1,33	1,32	1,32	1,31	1,29	1,27	1,26	1,23	1,23	1,22
350	-	-	-	-	-	-	1,34	1,34	1,33	1,32	1,30	1,29	1,26	1,26	1,26
400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,34	1,32	1,32	1,29	1,29	1,29
420	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,35	1,35	1,33	1,30	1,30	1,30
450	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,32	1,32	1,32
500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,34	1,34	1,34

Esforços devido ao vento

Passo 4: FATOR S_3

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

Esforços devido ao vento

Passo 5: Calcular os coeficientes C_{pe}

Tabela 17 - Coeficiente de pressão em coberturas isoladas a uma água plana

Vento	Primeiro carregamento	Segundo carregamento	
	$0 \leq \operatorname{tg} \theta \leq 0,7$	$0 \leq \operatorname{tg} \theta \leq 0,2$	$0,2 \leq \operatorname{tg} \theta \leq 0,3$

Tabela 18 - Coeficiente de pressão em coberturas isoladas a duas águas planas simétricas

Coeficientes	Primeiro carregamento		Segundo carregamento	
	$0,07 \leq \operatorname{tg} \theta \leq 0,4$	$0,4 \leq \operatorname{tg} \theta \leq 0,6$	$0,07 \leq \operatorname{tg} \theta \leq 0,4$	$0,4 \leq \operatorname{tg} \theta \leq 0,6$
c_{pb}	$2,4 \operatorname{tg} \theta + 0,6$	$2,4 \operatorname{tg} \theta + 0,6 \leq 2,0$	$0,6 \operatorname{tg} \theta - 0,74$	$6,5 \operatorname{tg} \theta - 3,1$
c_{ps}	$3,0 \operatorname{tg} \theta - 0,5$	$+ 0,7$	$- 1,0$	$5,0 \operatorname{tg} \theta - 3,0$

Sentidos positivos dos coeficientes de pressão



8.2.3 Os coeficientes das Tabelas 17 e 18 aplicam-se somente quando forem satisfeitas as seguintes condições

- coberturas a uma água (Tabela 17): $0 \leq \operatorname{tg} \theta \leq 0,7$, $h \geq 0,5 l_2$;

- coberturas a duas águas (Tabela 18): $0,07 \leq \operatorname{tg} \theta \leq 0,6$, $h \geq 0,5 l_2$;

Onde:

h = altura livre entre o piso e o nível da aresta horizontal mais baixa da cobertura

l_2 = profundidade da cobertura

θ = ângulo de inclinação das águas da cobertura

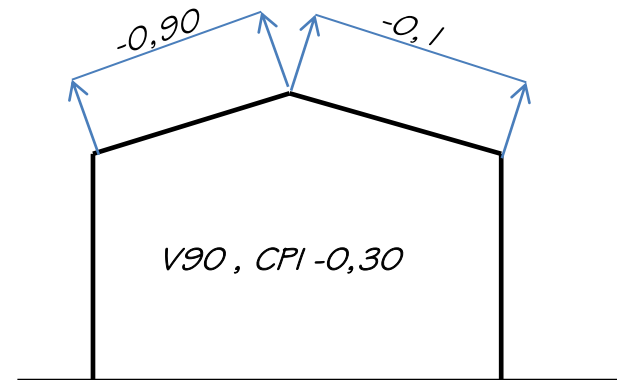
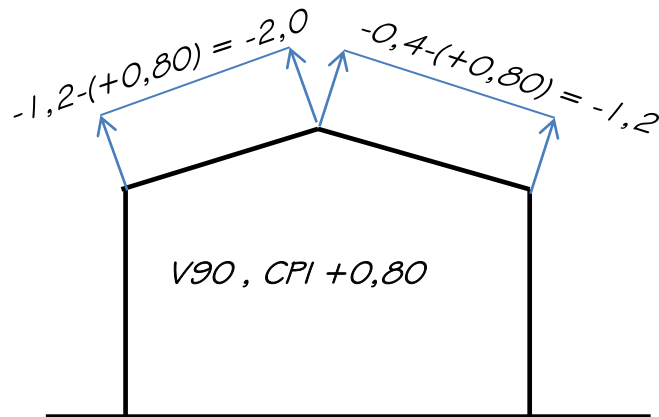
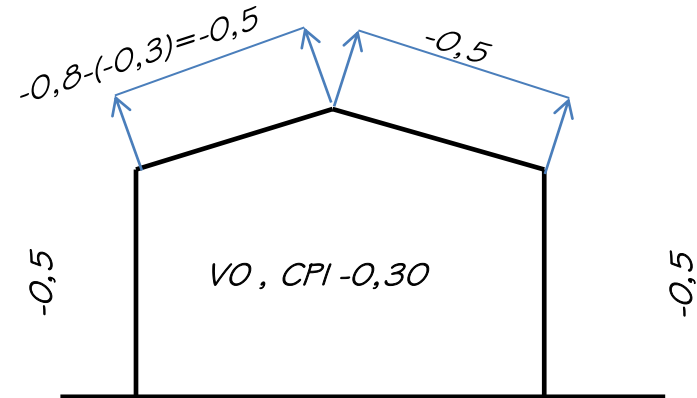
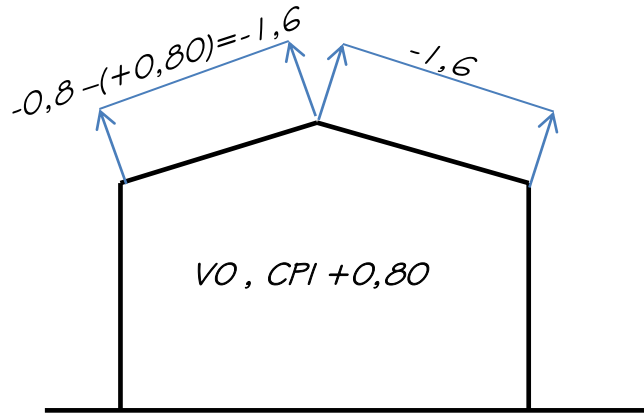
8.2.4 Para os casos em que a altura h seja inferior ao limite fixado em 8.23, ou em que obstruções possam ser colocadas sob a cobertura ou junto a ela, esta deve resistir à ação do vento, na zona de obstrução, calculada para uma edificação fechada e de mesma cobertura, com $c_{pi} = +0,8$, para obstruções na borda de sotavento, e com $c_{pi} = -0,3$, para obstruções na borda de barlavento.

$$h = 6m < 0,5l_2 = \frac{25}{2} = 12,5m$$

Não atende critérios para uso
Das tabelas 17 e 18

Esforços devido ao vento

Passo 7: Encontrar os Coeficientes aerodinâmicas resultantes



Esforços devido ao vento

Passo 8: Calcular carga dinâmica do vento V_k

$$V_k = V_0 \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 = 40 \cdot 1 \cdot 0,83 \cdot 1,0 = 33,2 \text{ m/s}$$

$$q = 0,613 V_k^2 = 0,613 \cdot 33,2^2 = 566,51 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 0,67 \text{ kN/m}^2$$

Esforços devido ao vento

Caso a cobertura se enquadrasse na condição de 8.2.3

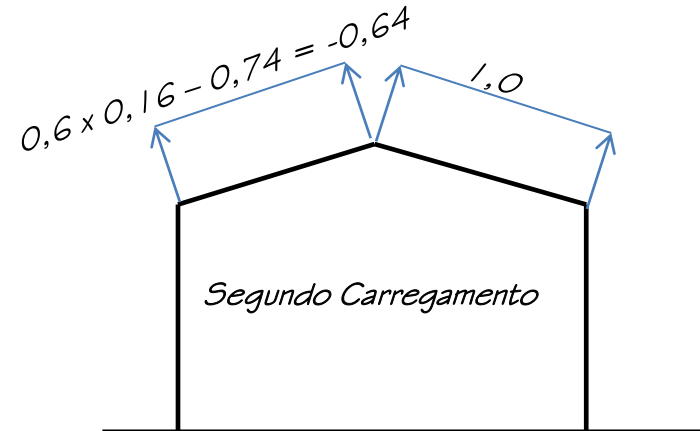
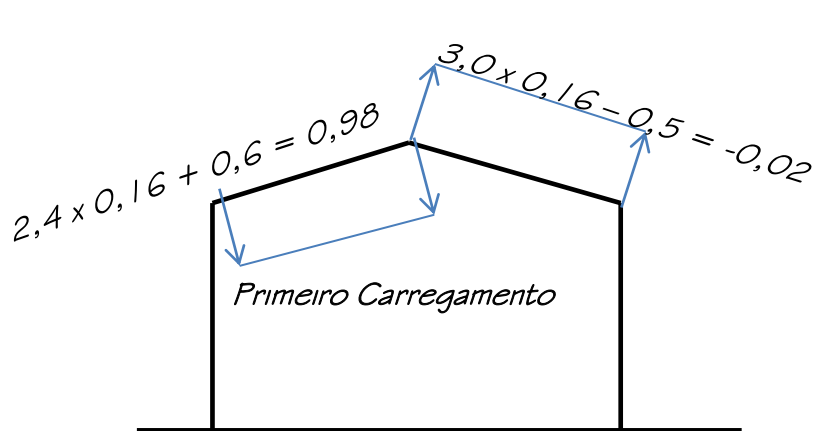
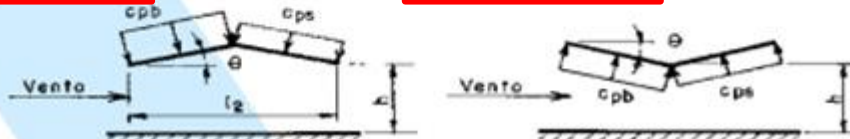


Tabela 18 - Coeficiente de pressão em coberturas isoladas a duas águas planas simétricas

Coeficientes	Primeiro carregamento		Segundo carregamento	
	$0,07 \leq \text{tg } \theta \leq 0,4$	$0,4 \leq \text{tg } \theta \leq 0,6$	$0,07 \leq \text{tg } \theta \leq 0,4$	$0,4 \leq \text{tg } \theta \leq 0,6$
c_{pb}	$2,4 \text{ tg } \theta + 0,6$	$2,4 \text{ tg } \theta + 0,6 \leq 2,0$	$0,6 \text{ tg } \theta - 0,74$	$6,5 \text{ tg } \theta - 3,1$
c_{ps}	$3,0 \text{ tg } \theta - 0,5$	$+ 0,7$	$-1,0$	$5,0 \text{ tg } \theta - 3,0$

$$\text{tg } \theta = \frac{2}{12,5} = 0,16 < 0,4$$

Sentidos positivos dos coeficientes de pressão



Esforços devido ao vento

Caso a cobertura se enquadrasse na condição de 8.2.3

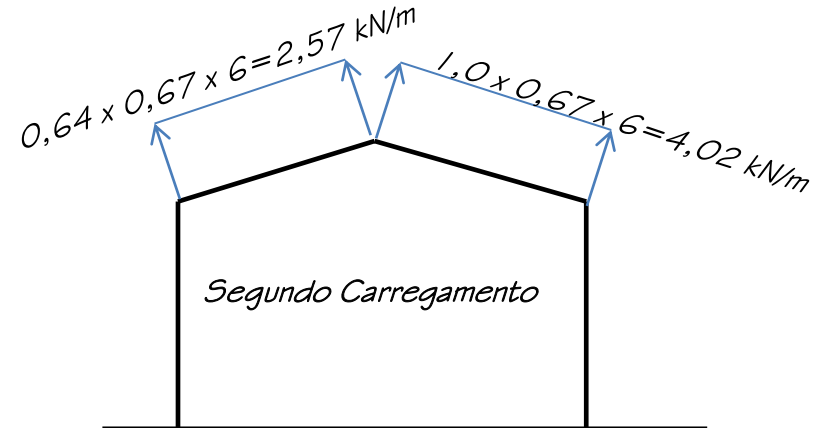
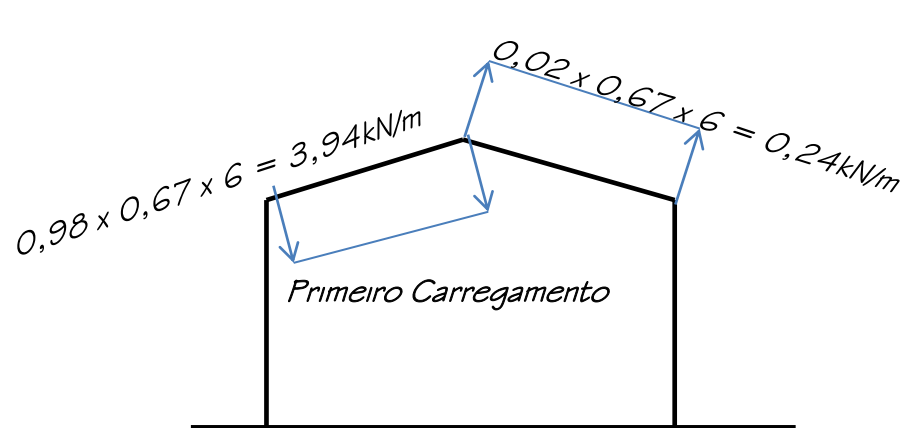
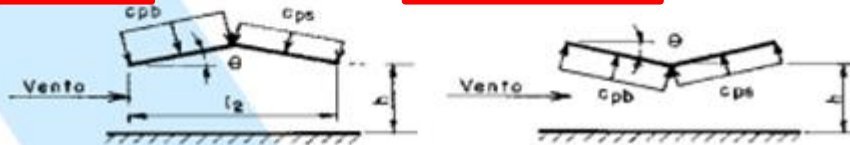


Tabela 18 - Coeficiente de pressão em coberturas isoladas a duas águas planas simétricas

Coeficientes	Primeiro carregamento		Segundo carregamento	
	$0,07 \leq \text{tg } \theta \leq 0,4$	$0,4 \leq \text{tg } \theta \leq 0,6$	$0,07 \leq \text{tg } \theta \leq 0,4$	$0,4 \leq \text{tg } \theta \leq 0,6$
c_{pb}	$2,4 \text{ tg } \theta + 0,6$	$2,4 \text{ tg } \theta + 0,6 \leq 2,0$	$0,6 \text{ tg } \theta - 0,74$	$6,5 \text{ tg } \theta - 3,1$
c_{ps}	$3,0 \text{ tg } \theta - 0,5$	$+ 0,7$	$-1,0$	$5,0 \text{ tg } \theta - 3,0$

Sentidos positivos dos coeficientes de pressão



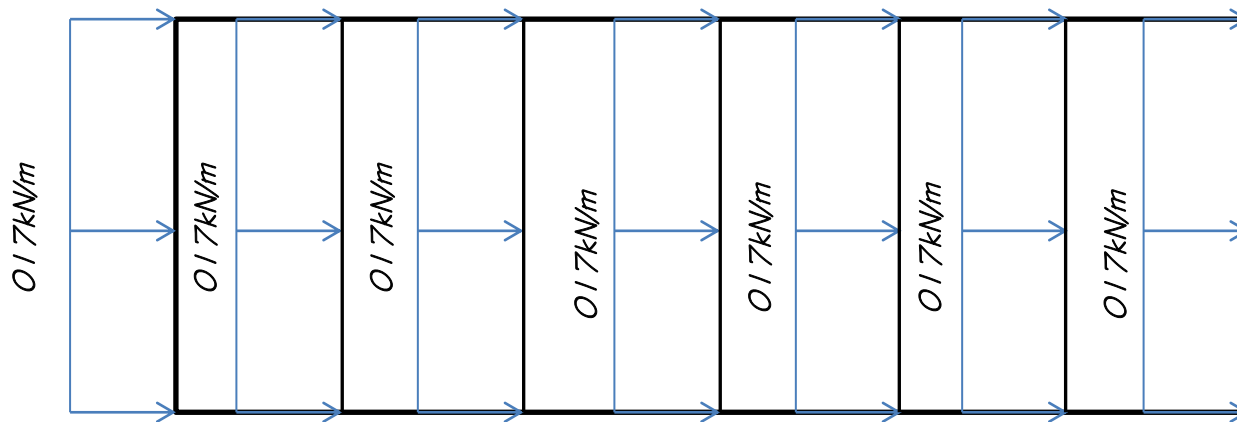
$$\text{tg } \theta = \frac{2}{12,5} = 0,16 < 0,4$$

Esforços devido ao vento

Carga Horizontal a ser aplicada devido à força horizontal de atrito

$$q = 0,05 \cdot q \cdot a \cdot b = 0,05 \cdot 0,67 \cdot 25 \cdot 36 = 30,15 \text{ kN}$$

Cada pórtico recebe $\frac{30,15}{7} = 4,30$ divididos em 25m = 0,17 kN/m



Cada pilar recebe: $0,17 \times 25 / 2 = 2,12$ kN no topo, para efeito do dimensionamento dos contraventamentos