

Esforços devido ao vento nas edificações NBR6123/88

Esforços devido ao vento



Esforços devido ao vento



Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas – Turma Noite 1º Sem 2017

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:

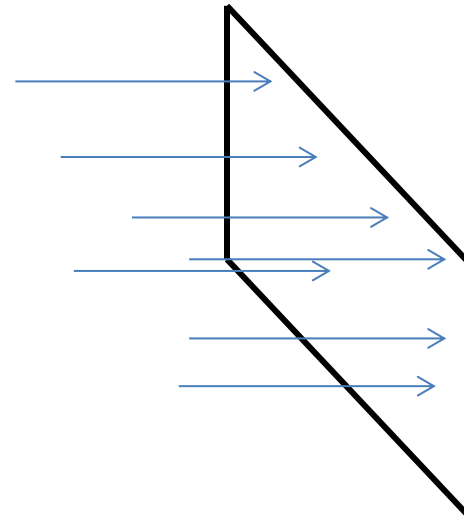
$$q = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2$$

Onde ρ é a densidade de massa do ar

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

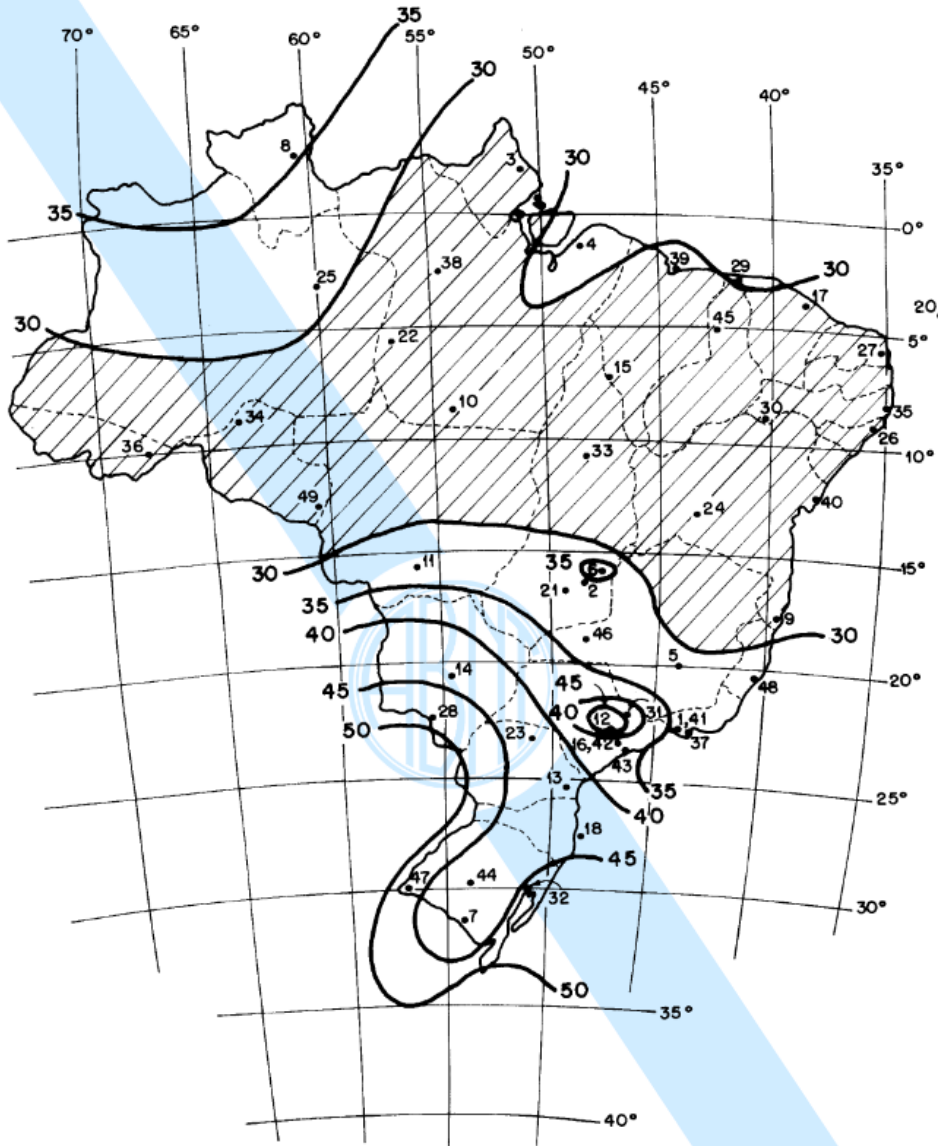
$$q = \frac{1}{2} \cdot \frac{12,02}{9,81} \cdot V^2$$

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



Esforços devido ao vento

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

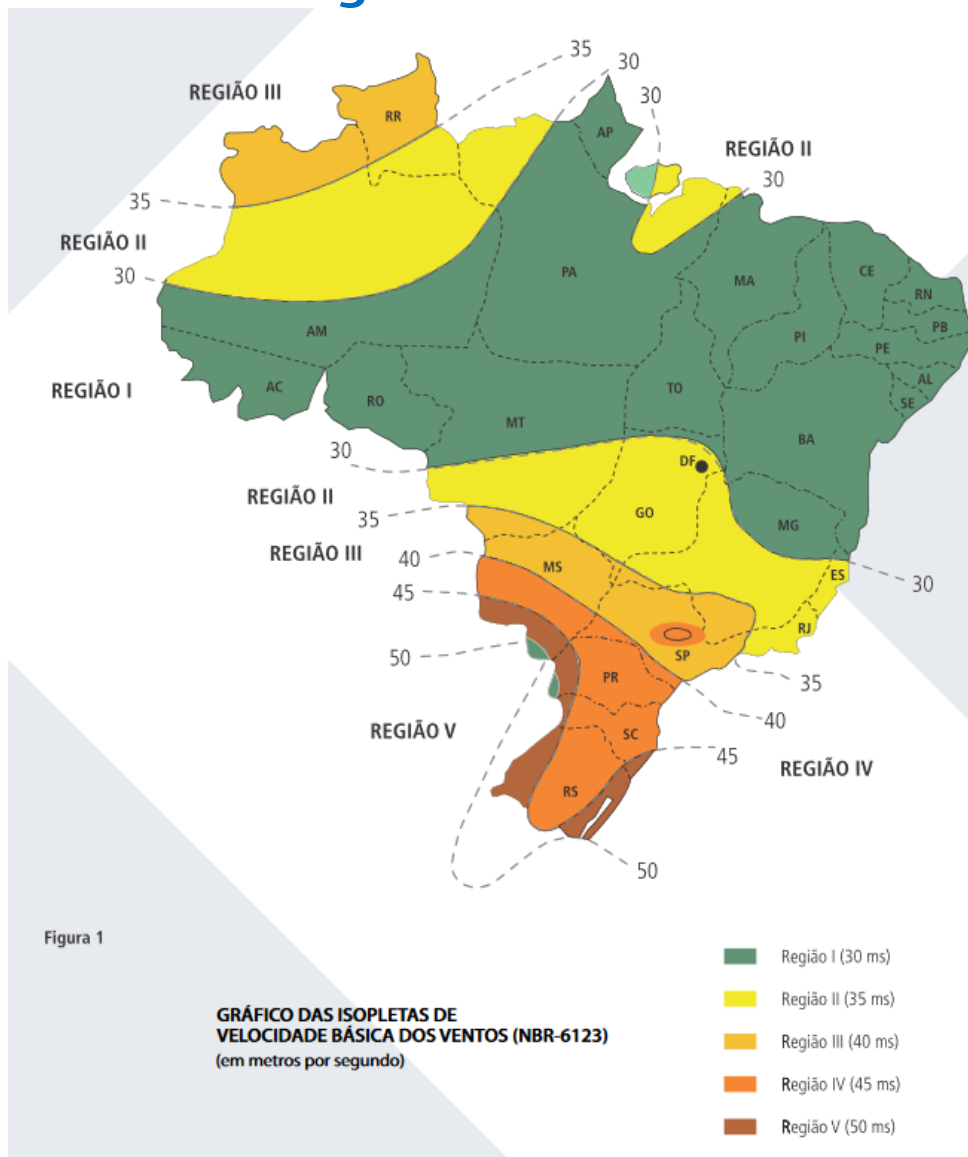


Esforços devido ao vento

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

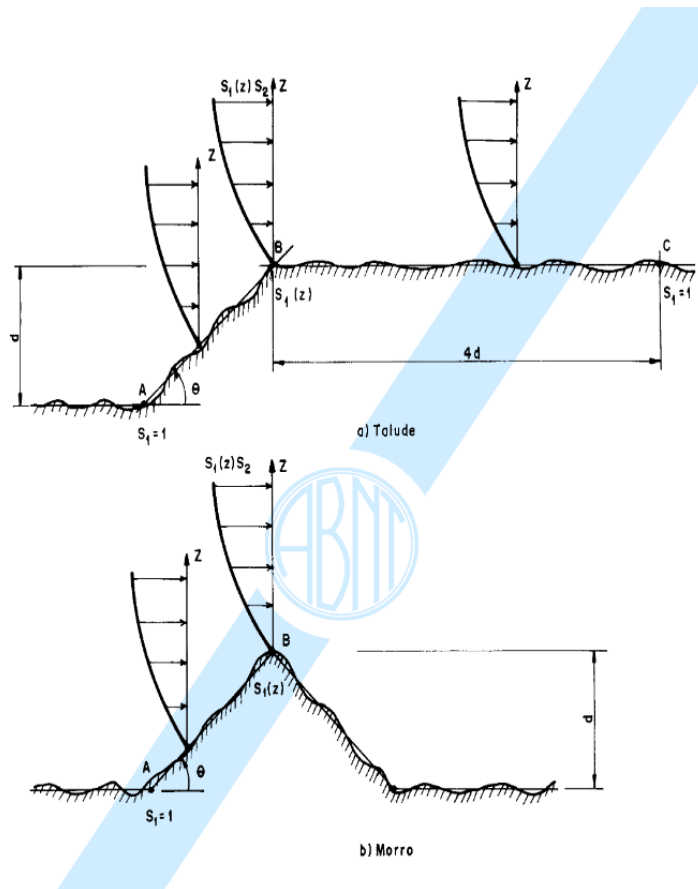
Se $6^\circ \leq \theta \leq 17^\circ$:

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

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

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

Interpolar 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

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

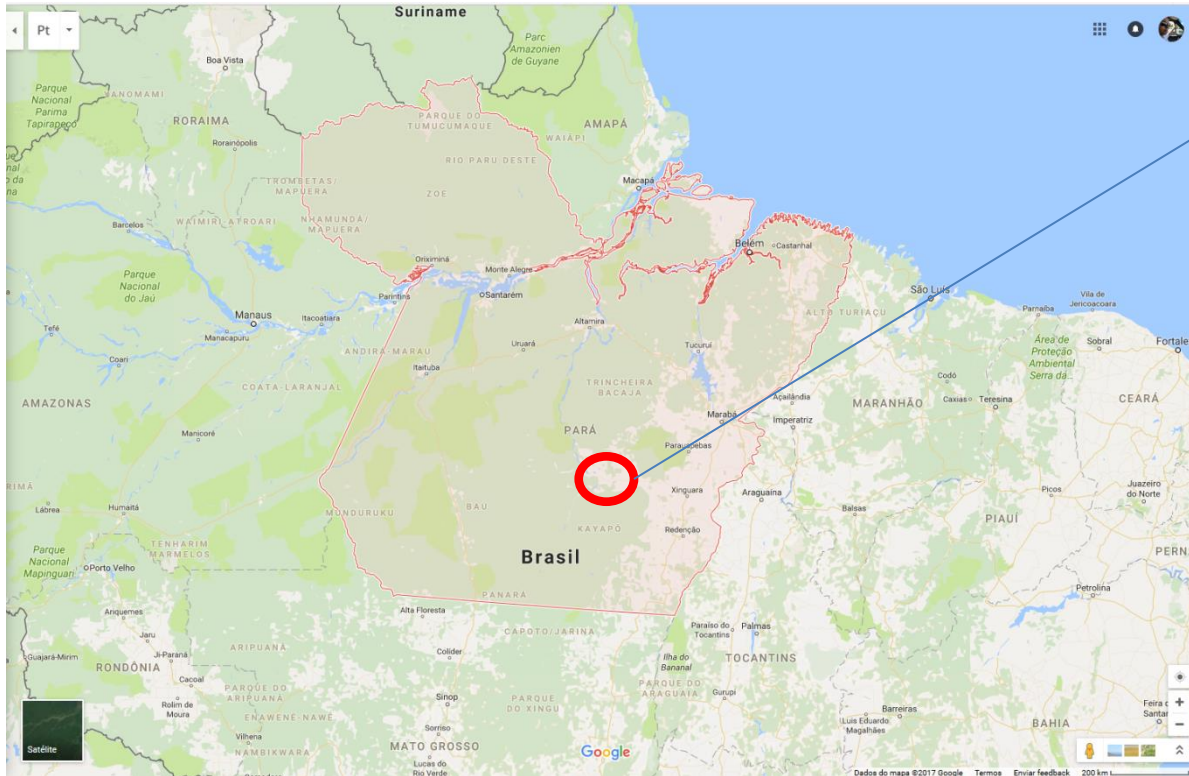
Determinar a pressão característica do vento para um galpão destinado ao estoque de cereais, em uma fazenda localizada em São Félix do Xingu no Pará.

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: $V_0 = 30\text{m/s}$

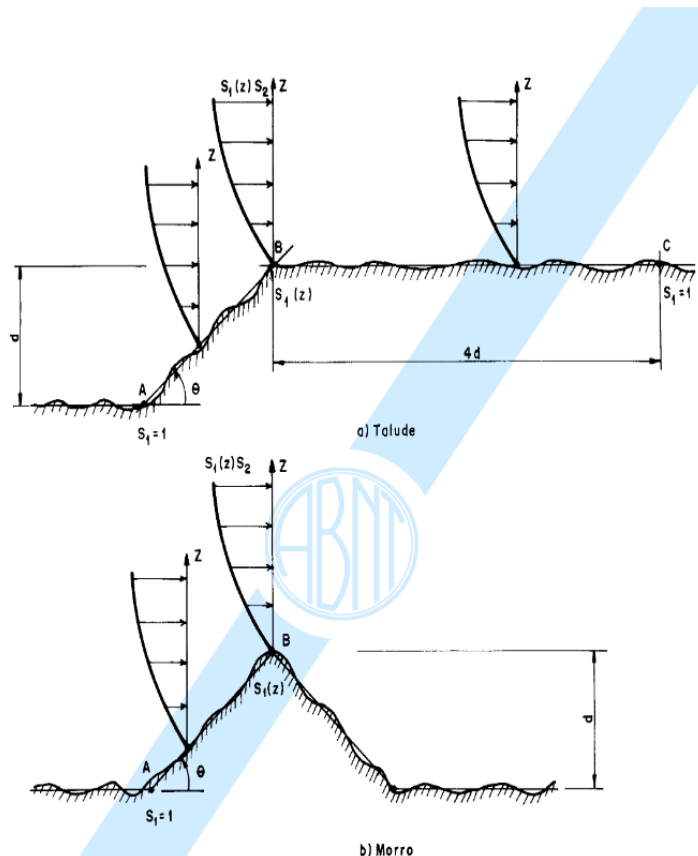
Esforços devido ao vento

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 $\theta \geq 45^\circ$:

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

Interpolar 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

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

$$V_k = 30.1,0.0,896.0,95$$

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

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

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

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

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

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

$$V_k = 30.1,0.0,86.0,95$$

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

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

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

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

Esforços devido ao vento

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

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”

A área da abertura dominante deve ser igual ou superior à metade da área total aberta da edificação

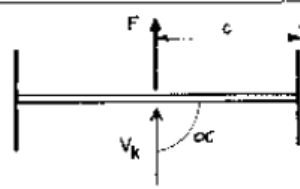
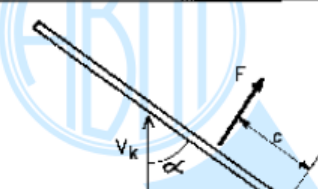
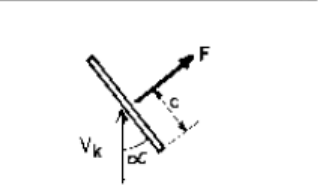
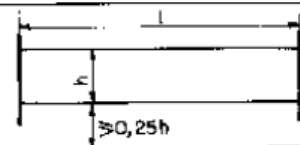
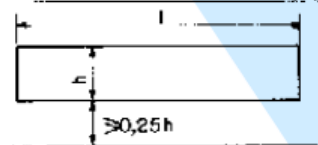
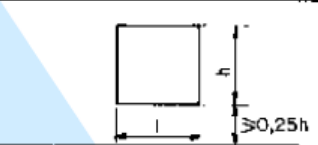
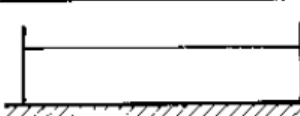
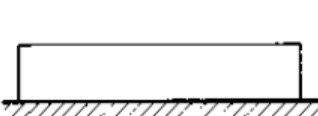
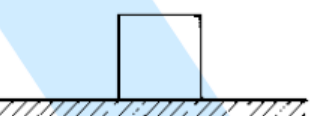
Esforços devido ao vento

Coeficientes aerodinâmicos

Força de vento em muro ou placa retangular

$$F = C_f \cdot q \cdot A$$

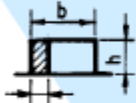
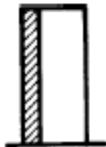
Tabela 16 - Coeficientes de força, C_f , para muros e placas retangulares

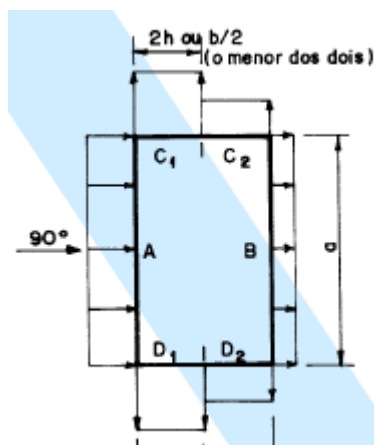
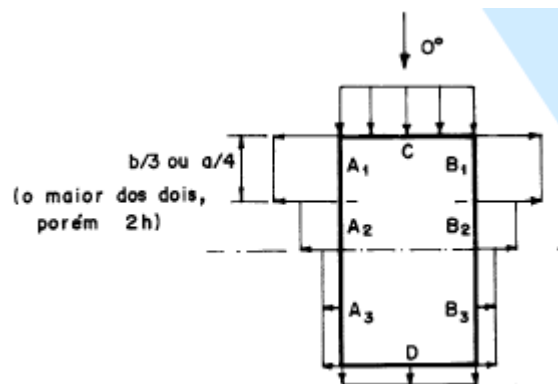
l/h 60 (sem placas de extremidade) l/h 10 (com placas de extremidade)	$l/h = 10$	$l/h = 1$
 $\alpha = 90^\circ$: $c = 0,5 l$	 $\alpha = 50^\circ$: $c = 0,3 l$	 $\alpha = 40^\circ$: $c = 0,4 l$
 $\alpha = 90^\circ$: $C_f = 2,0$	 $\alpha = 90^\circ$: $C_f = 1,3$ $\alpha = 50^\circ$: $C_f = 1,6$	 $\alpha = 90^\circ$: $C_f = 1,15$ $\alpha = 40^\circ$: $C_f = 1,8$
 $\alpha = 90^\circ$: $C = 1,2$	 $\alpha = 90^\circ$: $C_f = 1,2$ $\alpha = 50^\circ$: $C_f = 1,5$	 $\alpha = 90^\circ$: $C_f = 1,1$ $\alpha = 40^\circ$: $C_f = 1,5$

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:

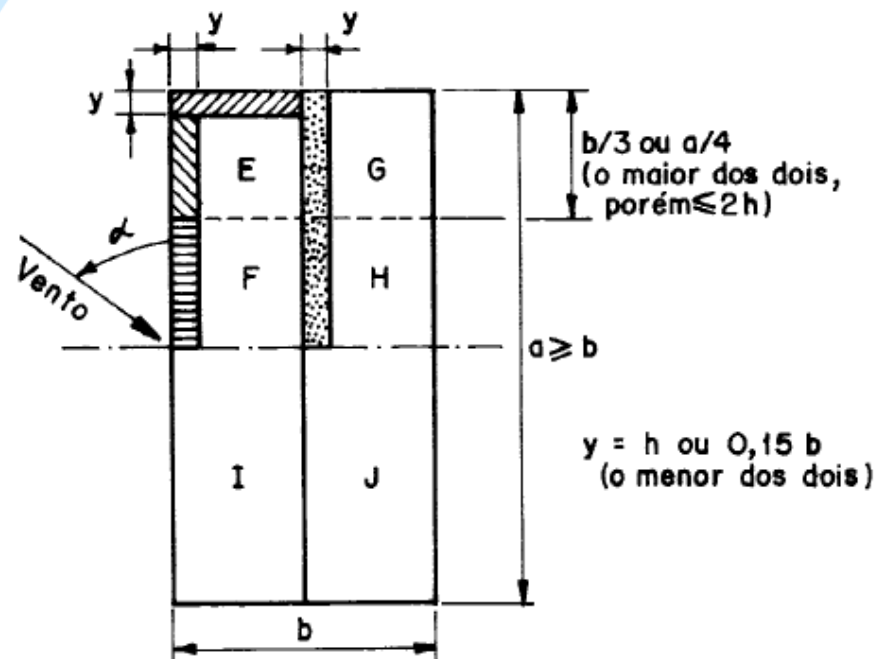
- para $a/b = 1$: mesmo valor das partes A_2 e B_2 ;
- para $a/b \geq 2$: $C_{pe} = -0,2$;
- para $1 < a/b < 2$: interpolar linearmente.

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.

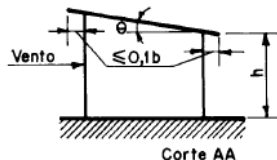
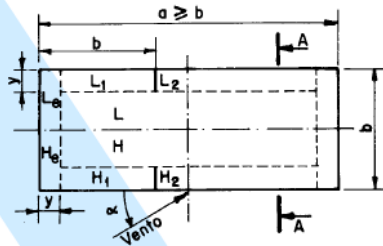
d) Para vento a 0° , nas partes I e J o coeficiente de forma C_{pe} tem os seguintes valores:

$a/b = 1$: 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

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



$y = h$ 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

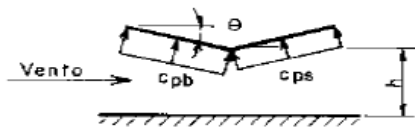
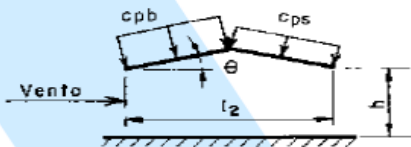
Tabela 17 - Coeficiente de pressão em coberturas isoladas a uma água plana

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

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}

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

Coeficientes aerodinâmicos

Determinação de C_{pi} em qualquer caso

Para um número de N aberturas, uma vez estabelecido o equilíbrio, a massa de ar que entra em uma edificação será igual à que sai.

Portanto podemos estabelecer o C_{pi} de qualquer edificação através da iteração (tentativa e erro) na expressão a seguir:

$$\sum A_i \cdot \sqrt{|(C_{pe} - C_{pi})|} = 0$$

Ou seja, atribuímos um valor qualquer a C_{pi} , e calculamos o somatório. Depois atribuímos outro valor e verificamos se o resultado se aproxima de zero, se sim, atribuímos outro valor na mesma "direção" do valor atribuído até a expressão resultar em zero. Esse valor será adotado como C_{pi} da construção.

Esforços devido ao vento

Exemplo determine as cargas de vento atuantes no galpão abaixo

Local: Porto Alegre, Rio Grande Do Sul

Categoria IV

Destinado a uma indústria

Na beira superior de um talude com inclinação 13° e comprimento 25m (face A voltada para o talude)

Área de aberturas:

$$A = 20\text{m}^2$$

$$B = 12\text{m}^2$$

$$C = 20\text{m}^2$$

$$D = 30\text{m}^2$$

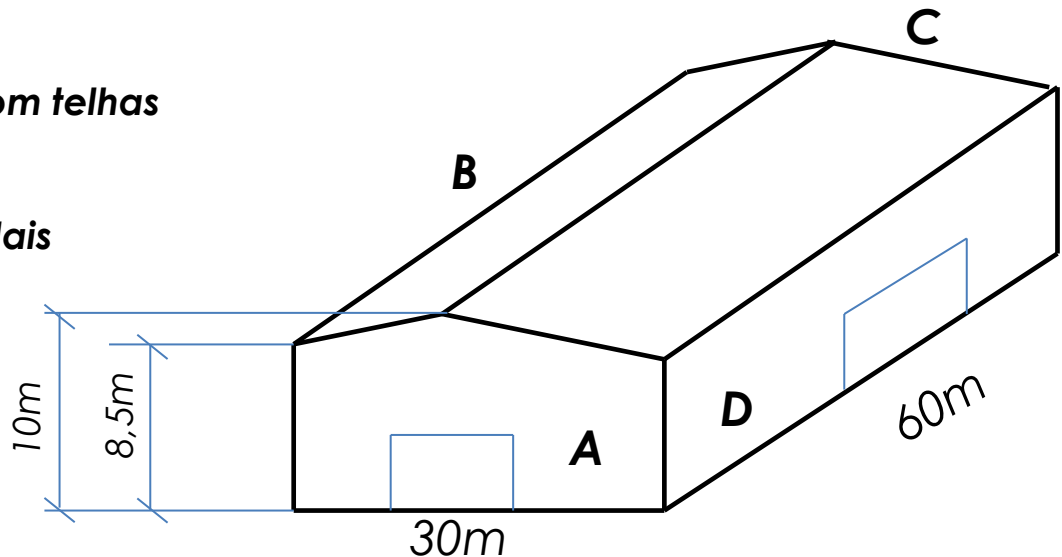
Fechamentos:

Faces A, B, C e D fechadas com telhas Trapezoidais

Cobertura de telhas trapezoidais

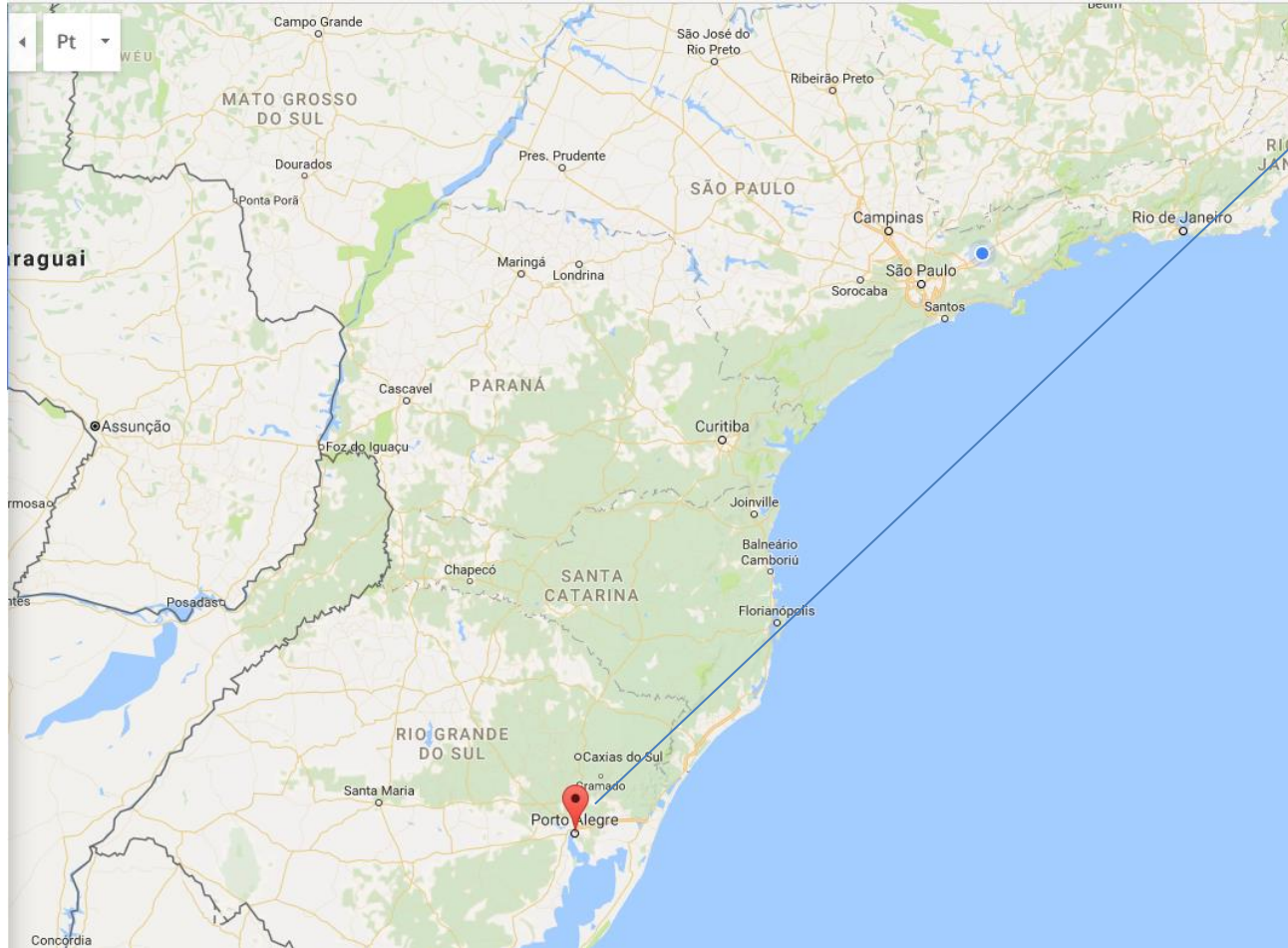
Distanciamento entre pórticos:
6m

Distancia entre terças da cobertura:
2,5m



Esforços devido ao vento

Passo 1: Determinar a velocidade básica do vento



Porto Alegre

Região V: $V_0 = 50\text{m/s}$

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**

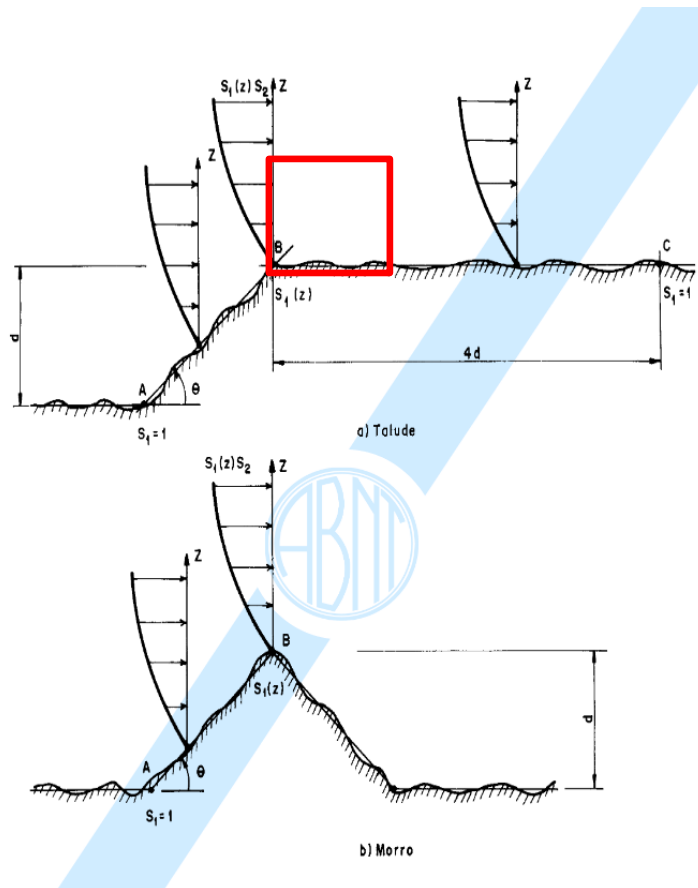
Se $6^\circ \leq \theta \leq 17^\circ$:

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

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

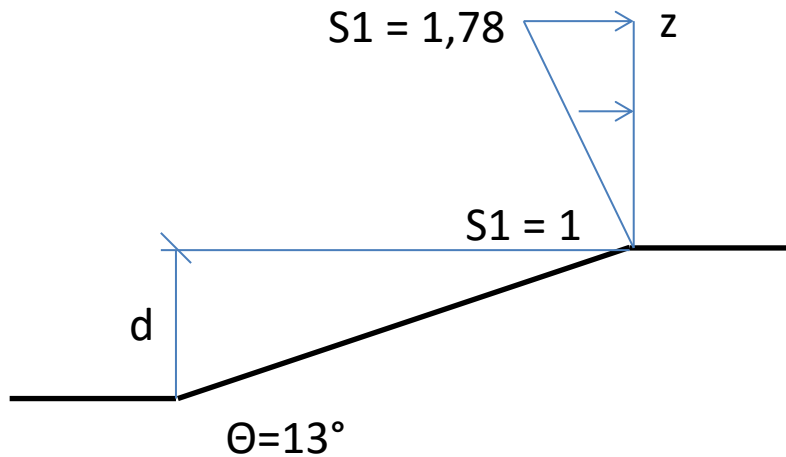
$$S1 = 1 + \left(2,5 \frac{Z}{d}\right) \cdot 0,31$$

Interpolarm linearmente para valores não compreendidos nessas equações



Esforços devido ao vento

Passo 2: Fator $S1$



$$d = 25m \cdot \sin(13^\circ) = 5,62m$$

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

Para $z = 0$

$$S1 = 1 + \left(2,5 - \frac{0}{5,62}\right) \cdot \operatorname{tg}(10^\circ) = 1,0$$

Para $z = 10m$

$$S1 = 1 + \left(2,5 - \frac{10}{5,62}\right) \cdot \operatorname{tg}(10^\circ) = 1,13$$

Esforços devido ao vento

Passo 2: Fator $S1$ para as faces B, C e D

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

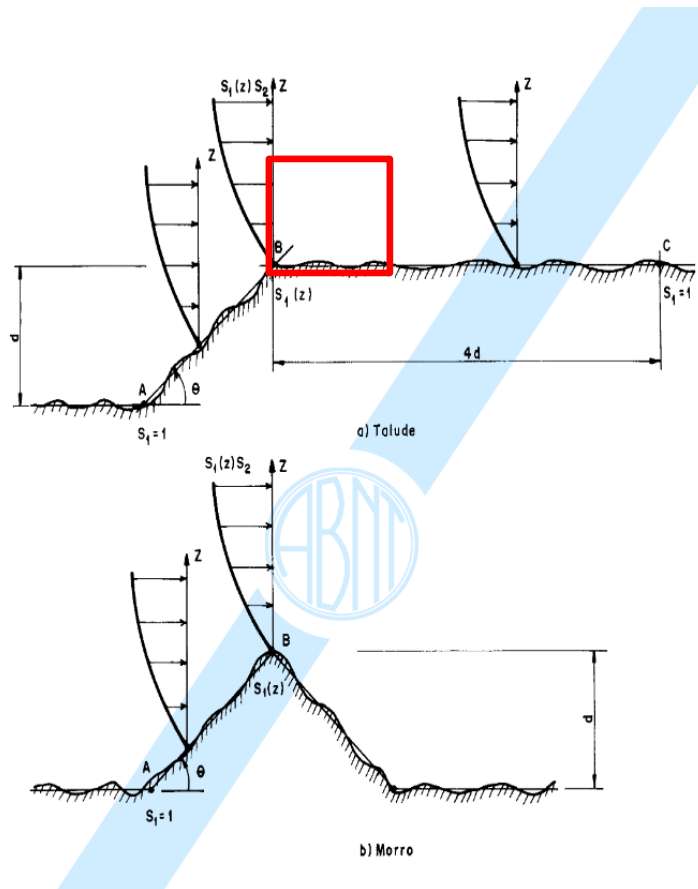
Se $6^\circ \leq \theta \leq 17^\circ$:

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

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

Para altura de 8,5m
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

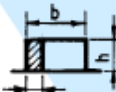
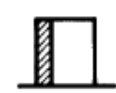
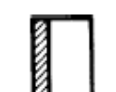
	Face A					Face B					Face C					Face D				
Altura	S1	S2	S3	Vk (m/s)	q (kN/m ²)	S1	S2	S3	Vk (m/s)	q (kN/m ²)	S1	S2	S3	Vk (m/s)	q (kN/m ²)	S1	S2	S3	Vk (m/s)	q (kN/m ²)
<5m	1,0	0,7	1,0	36,5	0,82	1,0	0,7	1,0	36,5	0,82	1,0	0,7	1,0	36,5	0,82	1,0	0,7	1,0	36,5	0,82
10m	1,1	0,8	1,0	45,2	1,25	1,1	0,8	1,0	45,2	1,25	1,1	0,8	1,0	45,2	1,25	1,1	0,8	1,0	45,2	1,25

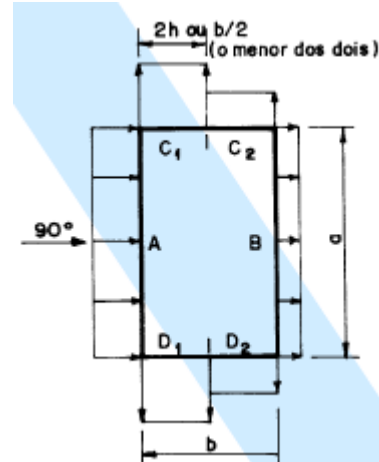
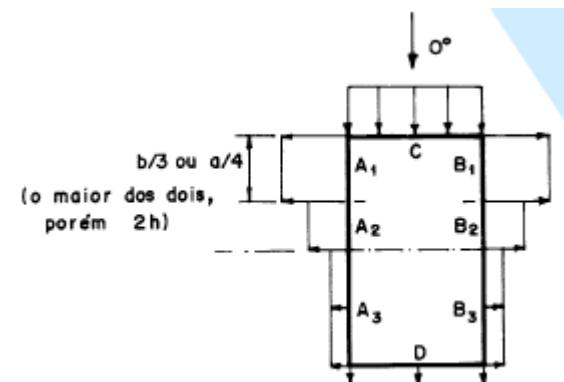
Esforços devido ao vento

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

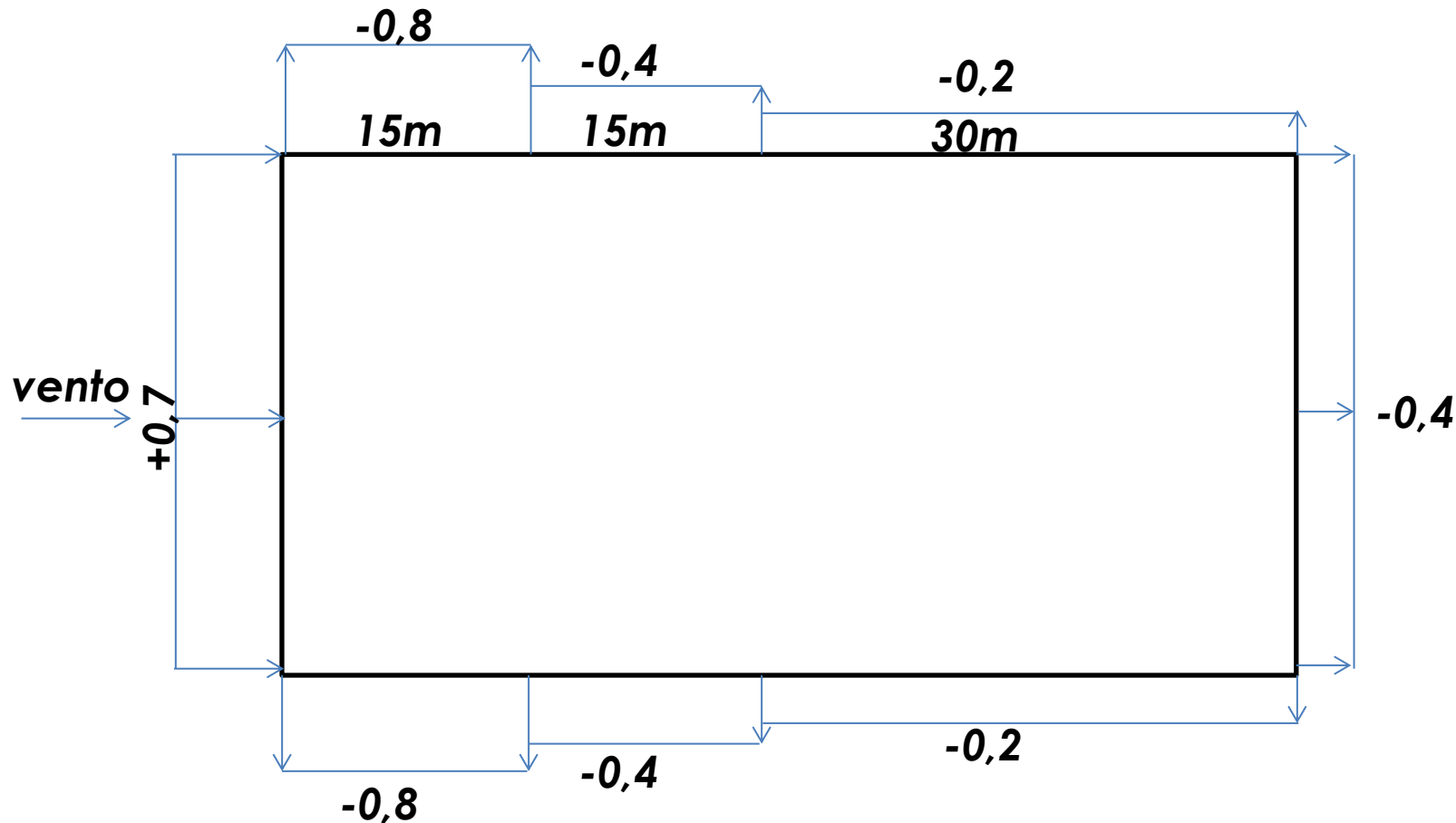
Altura relativa		Valores de C_{pe} para								C_{pe} médio 
		$\alpha = 0^\circ$				$\alpha = 90^\circ$				
		A_1 e B_1	A_2 e B_2	C	D	A	B	C_1 e D_1	C_2 e D_2	
 $0,2 b \leq h$ (o menor dos dois) $\frac{h}{b} \leq \frac{1}{2}$	$1 \leq \frac{a}{b} \leq \frac{3}{2}$	- 0,8	- 0,5	+ 0,7	- 0,4	+ 0,7	- 0,4	- 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



Esforços devido ao vento

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

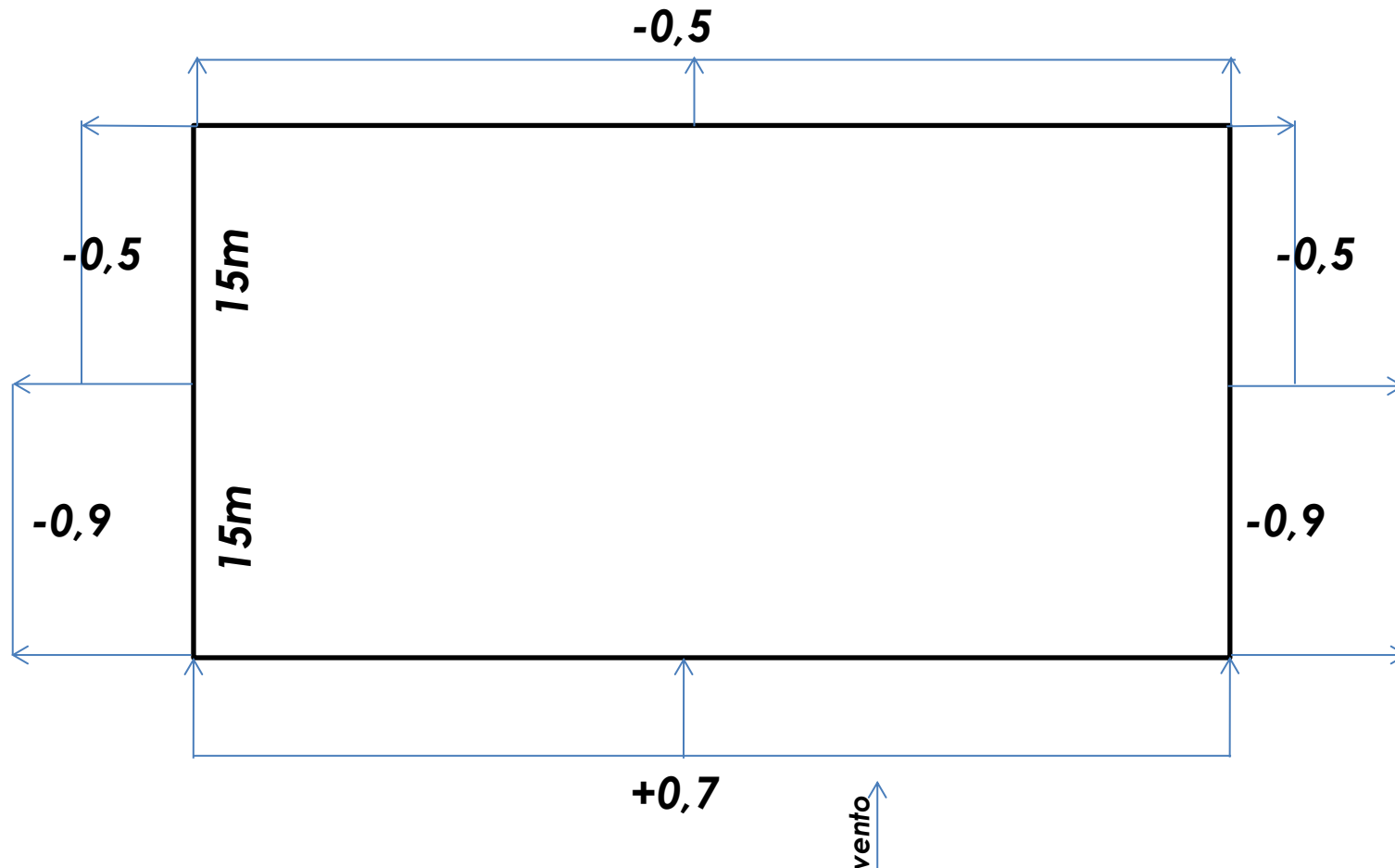
Para as paredes, Vento a 0°



Esforços devido ao vento

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

Para as paredes, Vento a 90°



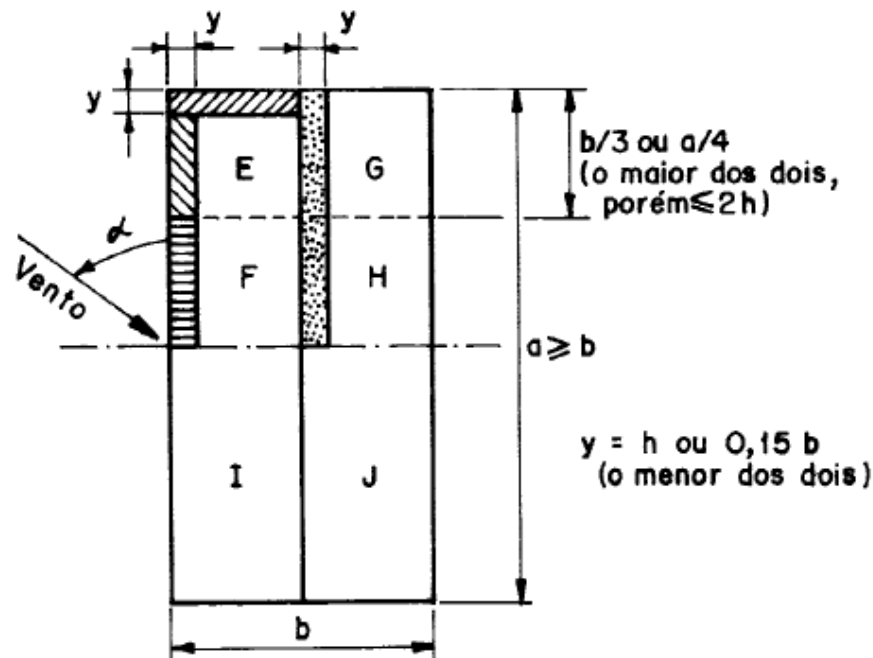
Esforços devido ao vento

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

Para a cobertura

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
	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				
	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	-1,5	-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			



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:

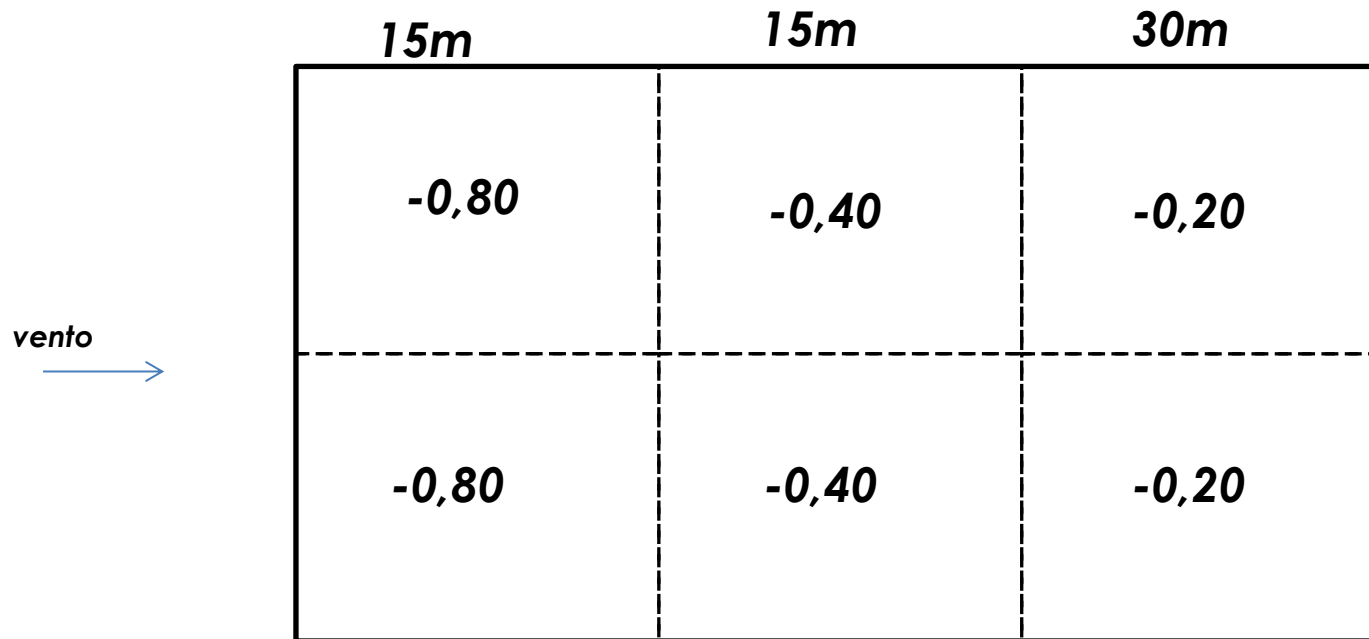
$a/b = 1$: mesmo valor das partes F e H; $a/b \geq 2$: $C_{pe} = -0,2$.

Interpol linearmente para valores intermediários de a/b .

Esforços devido ao vento

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

Para a cobertura, Vento a 0° (inclinação do telhado: $5,76^\circ$)



The diagram shows a rectangular building footprint divided into three sections by vertical dashed lines. The widths of the sections are labeled above the top row: 15m, 15m, and 30m. A horizontal dashed line divides the footprint into two rows. The wind direction is indicated by a blue arrow labeled 'vento' pointing from the left. The external pressure coefficients (C_{pe}) are listed in the cells of the grid.

15m	15m	30m
-0,80	-0,40	-0,20
-0,80	-0,40	-0,20

Esforços devido ao vento

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

Para a cobertura, Vento a 0° (inclinação do telhado: $5,76^\circ$)

15m	15m	30m
-0,40	-0,40	-0,40
-0,90	-0,90	-0,90

vento ↑

Esforços devido ao vento

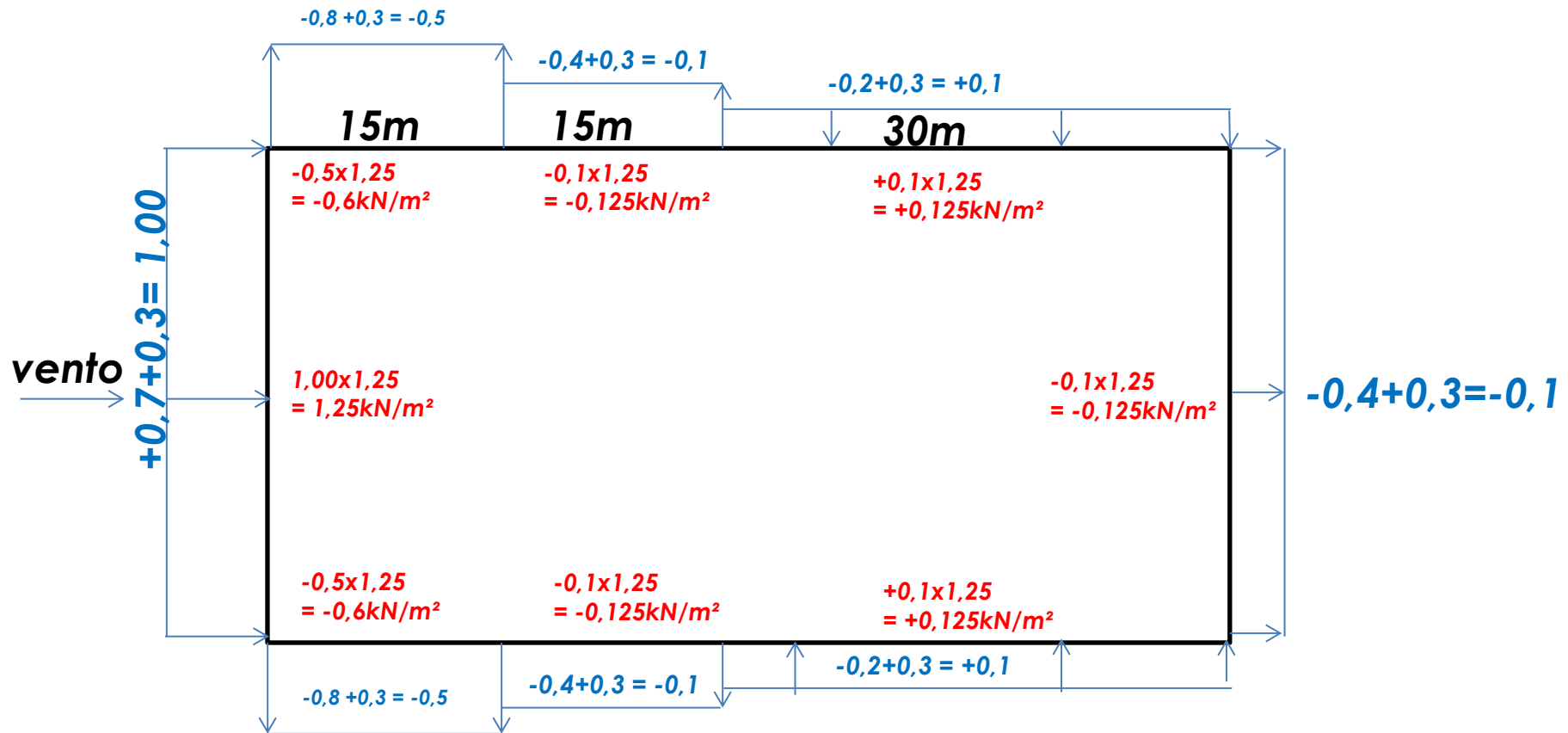
Passo 6: Determinar os coeficientes de forma internos

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

Esforços devido ao vento

Passo 6: Determinar os coeficientes de forma Internos C_{pi}

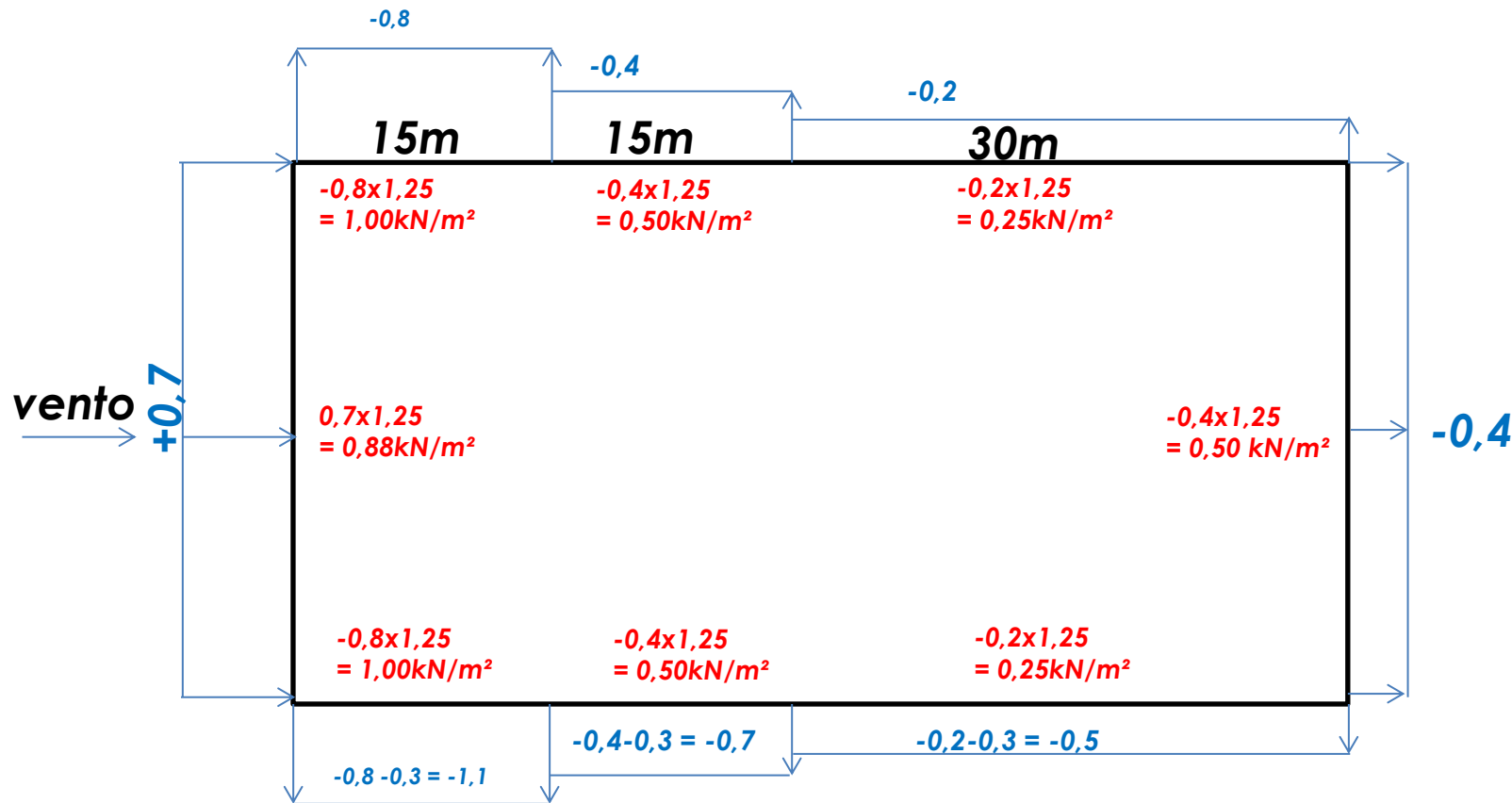
Para as paredes, Vento a 0° - $C_{pi} = -0,3$ (EFETUAR SOMA VETORIAL)



Esforços devido ao vento

Passo 6: Determinar os coeficientes de forma Internos C_{pi}

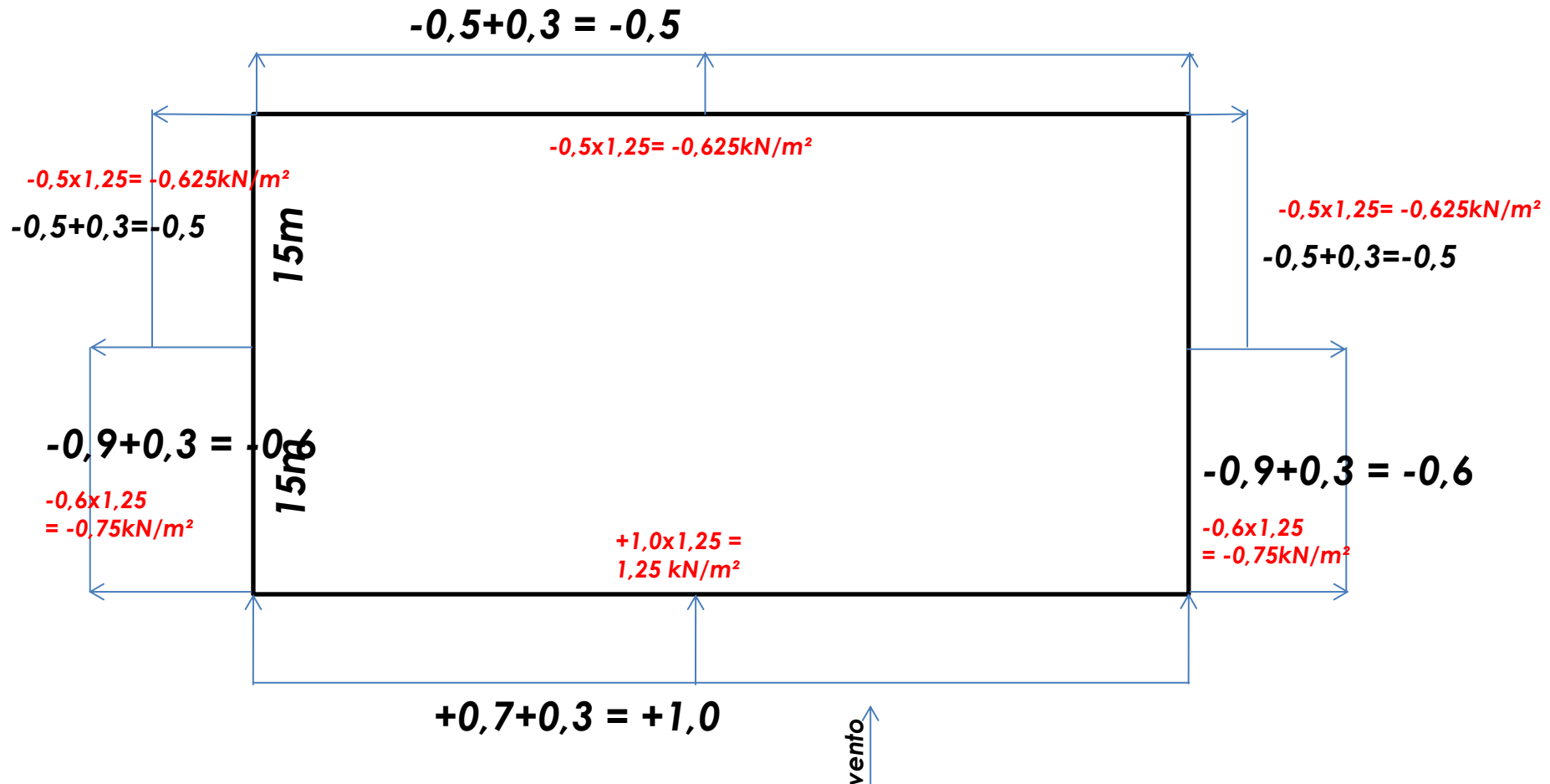
Para as paredes, Vento a 0° - $C_{pi} = -0,00$



Esforços devido ao vento

Passo 6: Determinar os coeficientes de forma Internos C_{pi}

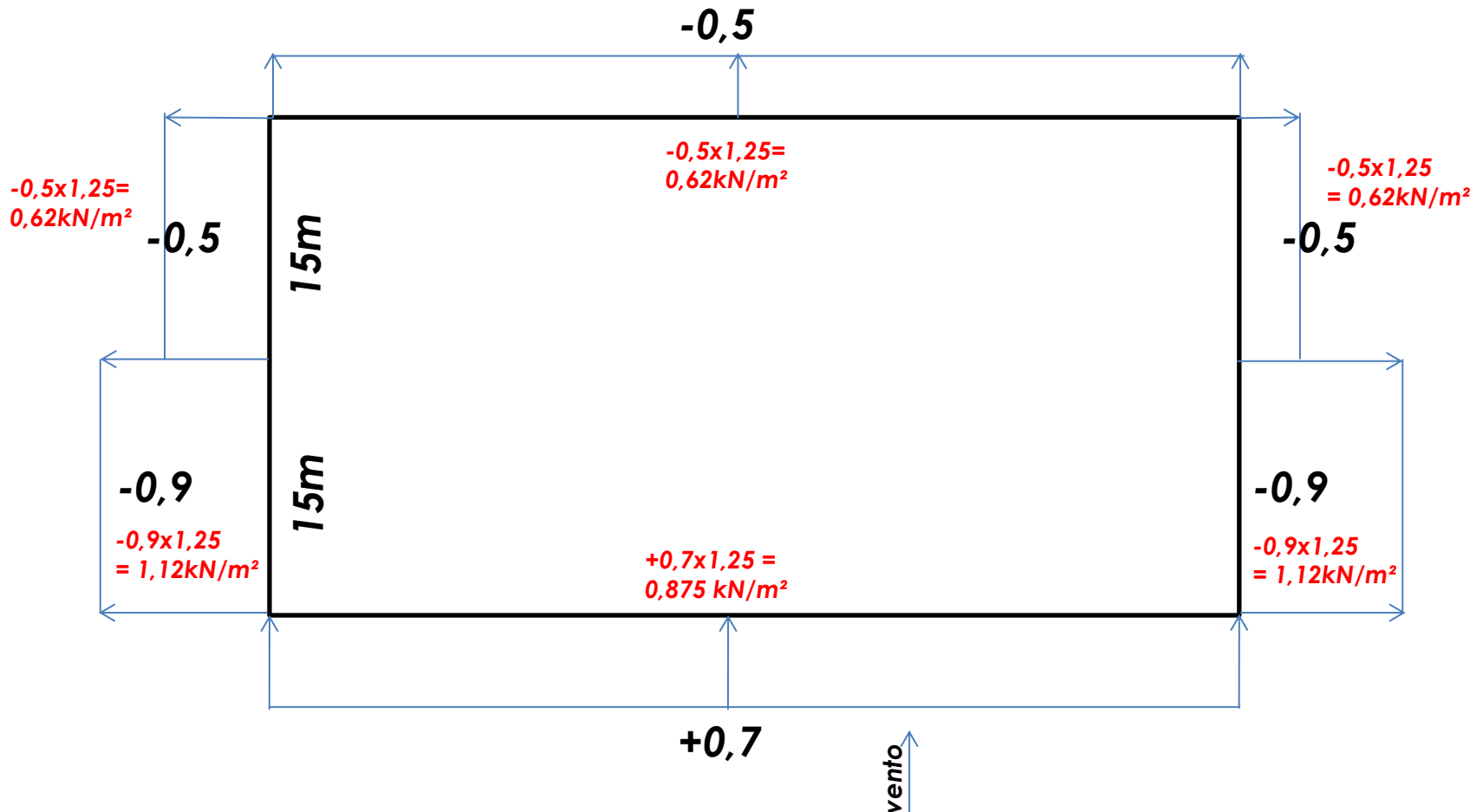
Para as paredes, Vento a 90° $C_{pi} = -0,3$ (EFETUAR SOMA VETORIAL)



Esforços devido ao vento

Passo 6: Determinar os coeficientes de forma Internos C_{pi}

Para as paredes, Vento a 90° $C_{pi} = -0,00$



Esforços devido ao vento

Passo 6: Determinar os coeficientes de forma Internos C_{pi}

Para a cobertura, Vento a 0° (inclinação do telhado: $5,76^\circ$)

$C_{PI} = -0,3$ (EFETUAR SOMA VETORIAL)

vento
→

$-0,80 + 0,3 = -0,5$ $-0,5 \times 1,25 = 0,625 \text{ kN/m}^2$	$-0,40 + 0,3 = -0,1$ $-0,1 \times 1,25 = 0,125 \text{ kN/m}^2$	$-0,20 + 0,3 = +0,1$ $+0,1 \times 1,25 = 0,125 \text{ kN/m}^2$
$-0,80 + 0,3 = -0,5$ $-0,5 \times 1,25 = 0,625 \text{ kN/m}^2$	$-0,40 + 0,3 = -0,1$ $-0,1 \times 1,25 = 0,125 \text{ kN/m}^2$	$-0,20 + 0,3 = +0,1$ $+0,1 \times 1,25 = 0,125 \text{ kN/m}^2$

Esforços devido ao vento

Passo 6: Determinar os coeficientes de forma Internos C_{pi}

Para a cobertura, Vento a 0° (inclinação do telhado: $5,76^\circ$)

$C_{pi} = -0,00$

vento →

-0,80 $-0,8 \times 1,25 =$ $1,00 \text{ kN/m}^2$	-0,40 $-0,8 \times 1,25 =$ $0,50 \text{ kN/m}^2$	-0,20 $-0,8 \times 1,25 =$ $0,25 \text{ kN/m}^2$
-0,80 $-0,8 \times 1,25 =$ $1,00 \text{ kN/m}^2$	-0,40 $-0,8 \times 1,25 =$ $0,50 \text{ kN/m}^2$	-0,20 $-0,8 \times 1,25 =$ $0,25 \text{ kN/m}^2$

Esforços devido ao vento

Passo 6: Determinar os coeficientes de forma Internos C_{pi}

Para a cobertura, Vento a 0° (inclinação do telhado: $5,76^\circ$)

$C_{PI} = -0,3$ (EFETUAR SOMA VETORIAL)

$-0,40+0,3=-0,1$ $-0,1 \times 1,25 =$ $0,125 \text{ kN/m}^2$	$-0,40+0,3=-0,1$ $-0,1 \times 1,25 =$ $0,125 \text{ kN/m}^2$	$-0,40+0,3=-0,1$ $-0,1 \times 1,25 =$ $0,125 \text{ kN/m}^2$
$-1,2 \times 1,25 =$ $0,75 \text{ kN/m}^2$ $-0,90+0,3=-0,6$	$-1,2 \times 1,25 =$ $0,75 \text{ kN/m}^2$ $-0,90+0,3=-0,6$	$-1,2 \times 1,25 =$ $0,75 \text{ kN/m}^2$ $-0,90+0,3=-0,6$

vento
↑

Esforços devido ao vento

Passo 6: Determinar os coeficientes de forma Internos C_{pi}

Para a cobertura, Vento a 0° (inclinação do telhado: $5,76^\circ$)

$C_{pi} = -0,00$

-0,40 -0,8x1,25= 0,50kN/m²	-0,40 -0,8x1,25= 0,50kN/m²	-0,40 -0,8x1,25= 0,50kN/m²
-0,8x1,25= 1,12kN/m² -0,90	-0,8x1,25= 1,12kN/m² -0,90	-0,8x1,25= 1,12kN/m² -0,90

vento
↑