

Esforços devido ao vento nas edificações NBR6123/23

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:

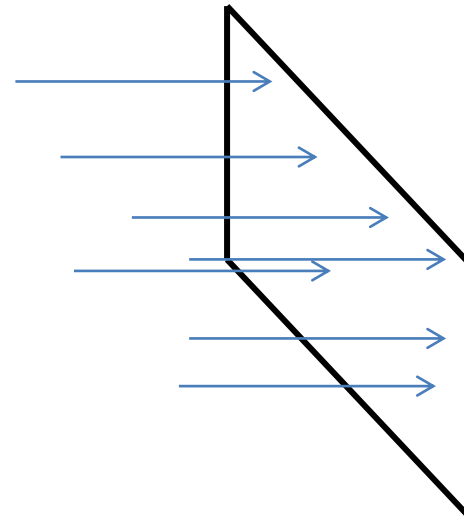
$$q = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2$$

Onde ρ é a densidade de massa do ar

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

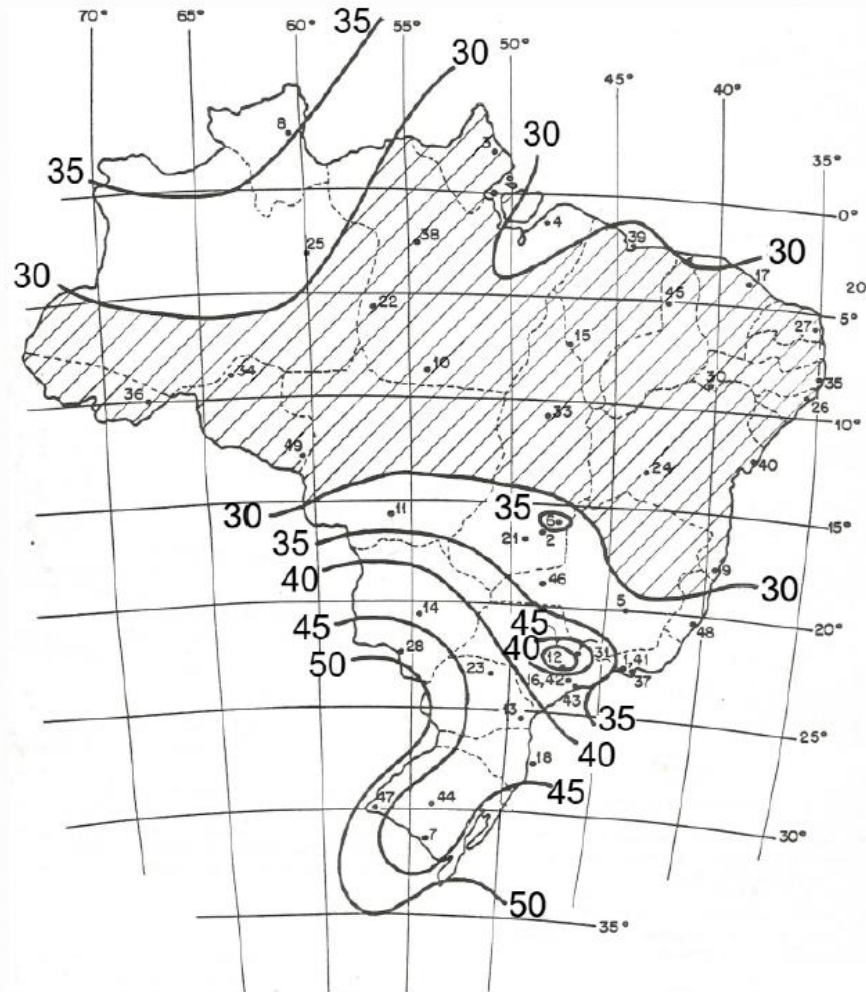
$$q = \frac{1}{2} \cdot \frac{12,02}{9,81} \cdot V^2$$

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



Esforços devido ao vento

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



Valores de V_0 mostrados nas extremidades das isopletas. Números associados a pontos no mapa identificam estações meteorológicas (ver o Anexo C). V_0 é a máxima velocidade média sobre 3 s, a 10 m sobre o nível do terreno em lugar aberto e plano, que pode ser excedida em média uma vez em 50 anos.

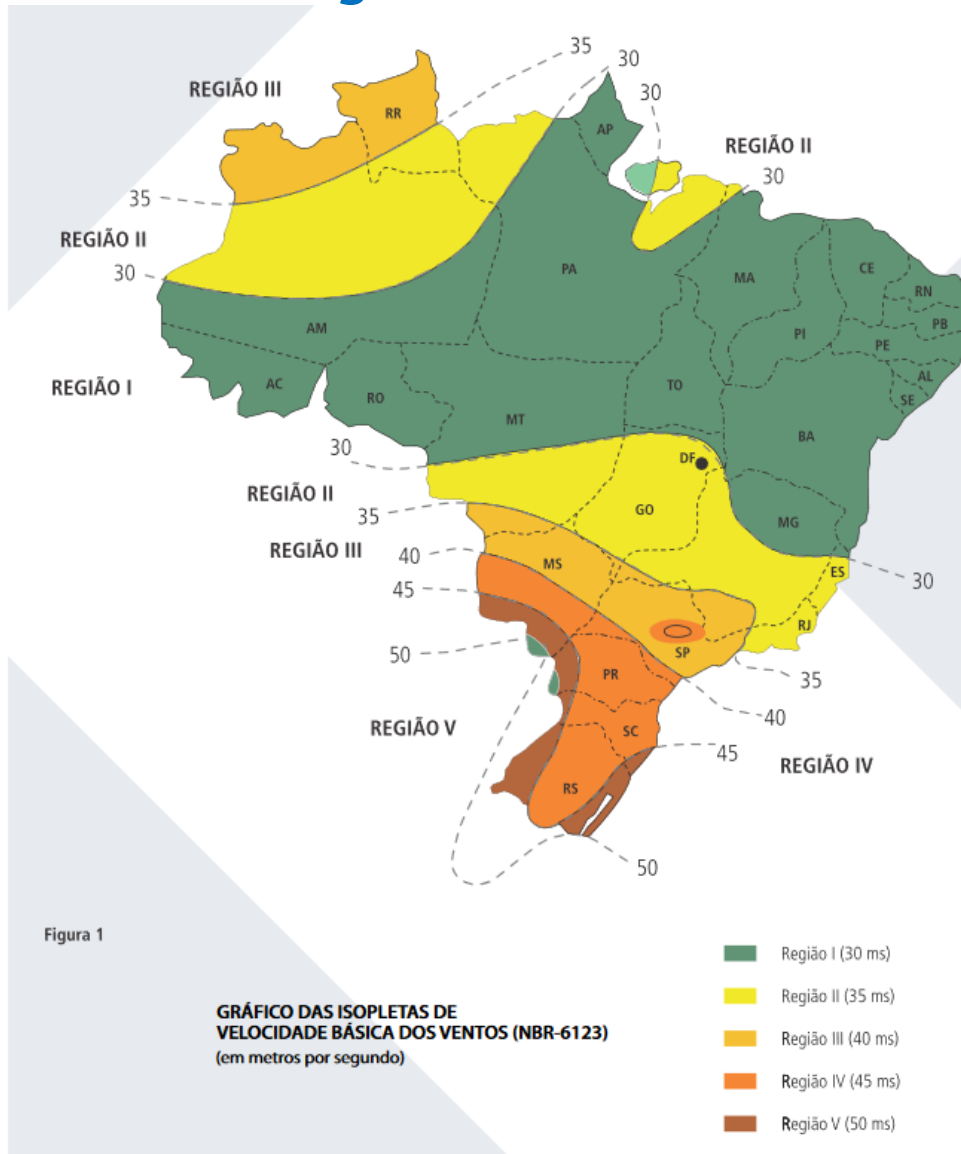
Figura 1 – Isopletras de velocidade básica V_0 (m/s)

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 $\theta \geq 45^\circ$:

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

Interpolar linearmente para valores não compreendidos nessas equações

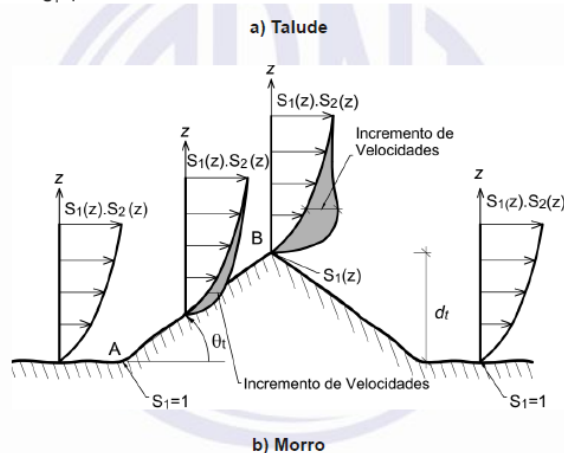
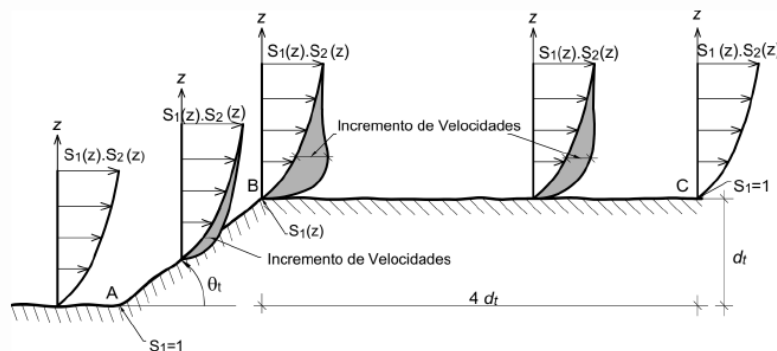


Figura 2 – Fator topográfico $S_1(z)$

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

Tabela 3 – 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	1,07	1,04	1,02	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	1,25	1,23	1,19	1,18	1,17	1,16	1,15	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	1,21	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	1,30	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	1,31	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	1,33	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	1,31	1,29	1,29	1,29
420										1,35	1,33	1,32	1,30	1,30	1,30
450													1,31	1,32	1,31
500													1,33	1,34	1,34

Altura sobre o terreno

Esforços devido ao vento

$$S_2 = B_m \cdot F_r \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^p$$

Tabela 1 – Parâmetros meteorológicos

Categoria	z _g (m)	Parâmetro	Classes		
			A	B	C
I	250	b _m	1,10	1,11	1,12
		p	0,06	0,065	0,07
II	300	b _m	1,00	1,00	1,00
		p	0,085	0,09	0,10
III	350	b _m	0,94	0,94	0,93
		p	0,10	0,105	0,115
IV	420	b _m	0,86	0,85	0,84
		p	0,12	0,125	0,135
V	500	b _m	0,74	0,73	0,71
		p	0,15	0,16	0,175

Tabela 2 – Fator de rajada

F _r	Classes		
	A	B	C
	1,00	0,98	0,95

Esforços devido ao vento

Passo 4: FATOR S_3

Tabela 4 – Valores mínimos do fator estatístico S_3

Grupo	Descrição	S_3	T_p (anos)
1	Estruturas 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, edifícios de centrais de controle, etc.). Pontes rodoviárias e ferroviárias. Estruturas que abrigam substâncias inflamáveis, tóxicas e/ou explosivas. Vedações das edificações do grupo 1 (telhas, vidros, painéis de vedação).	1,11	100
2	Estruturas cuja ruína represente substancial risco à vida humana, particularmente a pessoas em aglomerações, crianças e jovens, incluindo, mas não limitado a: <ul style="list-style-type: none">• edificações com capacidade de aglomeração de mais de 300 pessoas em um mesmo ambiente, como centros de convenções, ginásios, estádios etc.• creches com capacidade maior do que 150 pessoas;• escolas com capacidade maior do que 250 pessoas; Vedações das edificações do grupo 2 (telhas, vidros, painéis de vedação).	1,06	75
3	Edificações para residências, hotéis, comércio, indústrias. Estruturas ou elementos estruturais desmontáveis com vistas a reutilização. Vedações das edificações do grupo 3 (telhas, vidros, painéis de vedação).	1,00	50
4	Edificações não destinadas à ocupação humana (depósitos, silos) e sem circulação de pessoas no entorno. Vedações das edificações do grupo 4 (telhas, vidros, painéis de vedação).	0,95	37
5	Edificações temporárias não reutilizáveis. Estruturas dos Grupos 1 a 4 durante a construção (fator aplicável em um prazo máximo de 2 anos). Vedações das edificações do grupo 5 (telhas, vidros, painéis de vedação).	0,83	15
NOTA Exclusivamente para o projeto das vedações, se permite que a velocidade característica seja calculada com o fator $(0,92 \times S_3)$, em vez de S_3			

Esforços devido ao vento

Exemplo

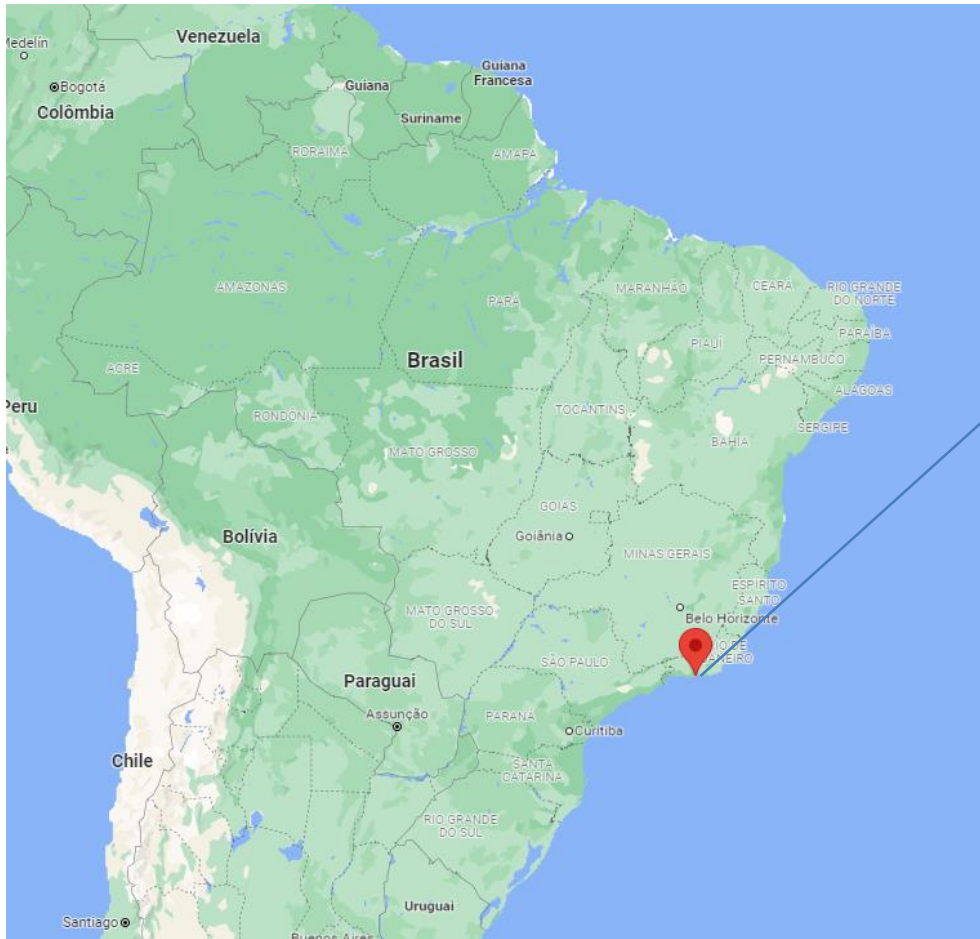
Determinar a pressão característica do vento para um galpão destinado ao estoque de cereais, em uma fazenda localizada em Na cidade de Itaperuna, Rio de Janeiro.

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

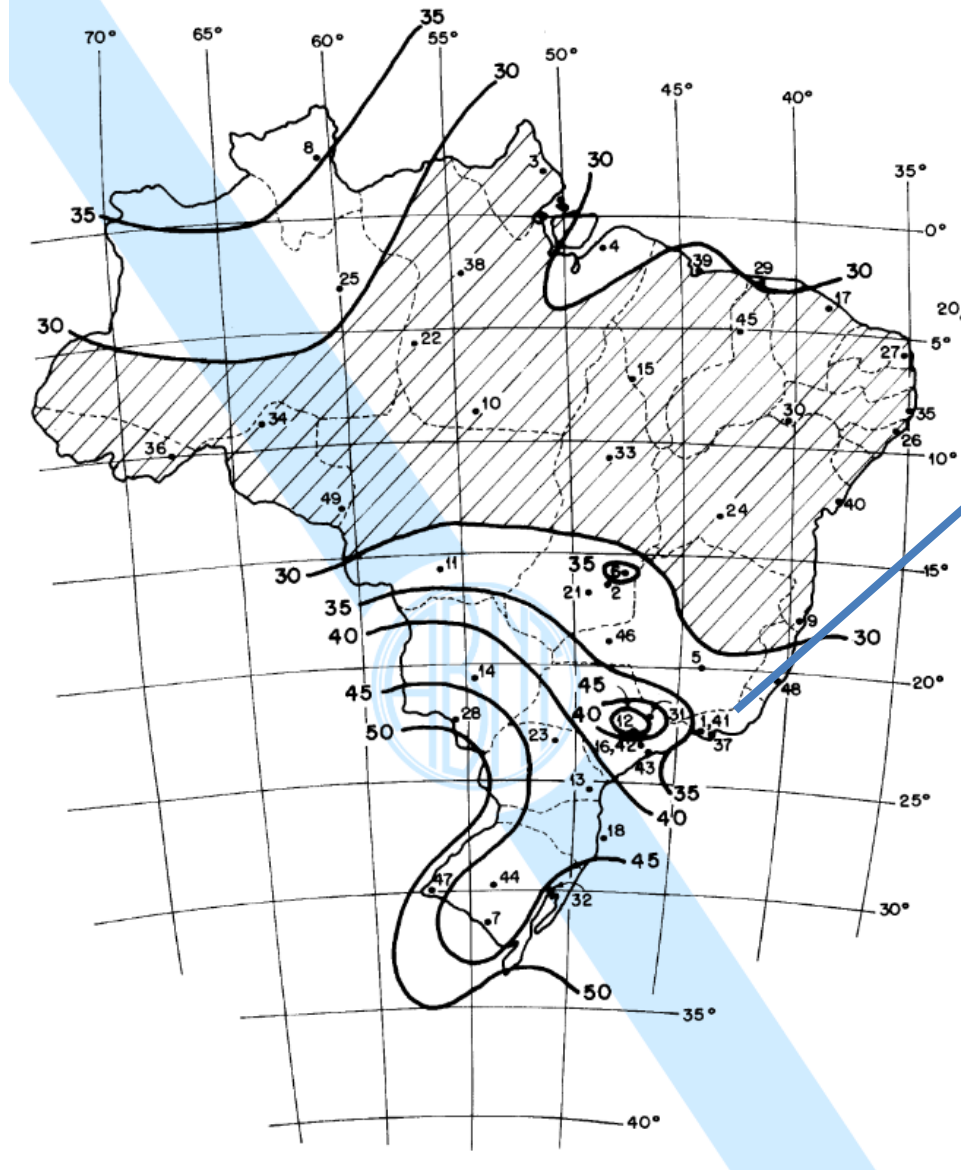
Esforços devido ao vento

Passo 1: Determinar a velocidade básica do vento



Itaperuna, RJ

Esforços devido ao vento



vento

Itaperuna

**Podemos interpolar
visualmente (aprox.
33m/s**

**Ou usar 35m/s de forma
conservadora**

Adotaremos 33m/s

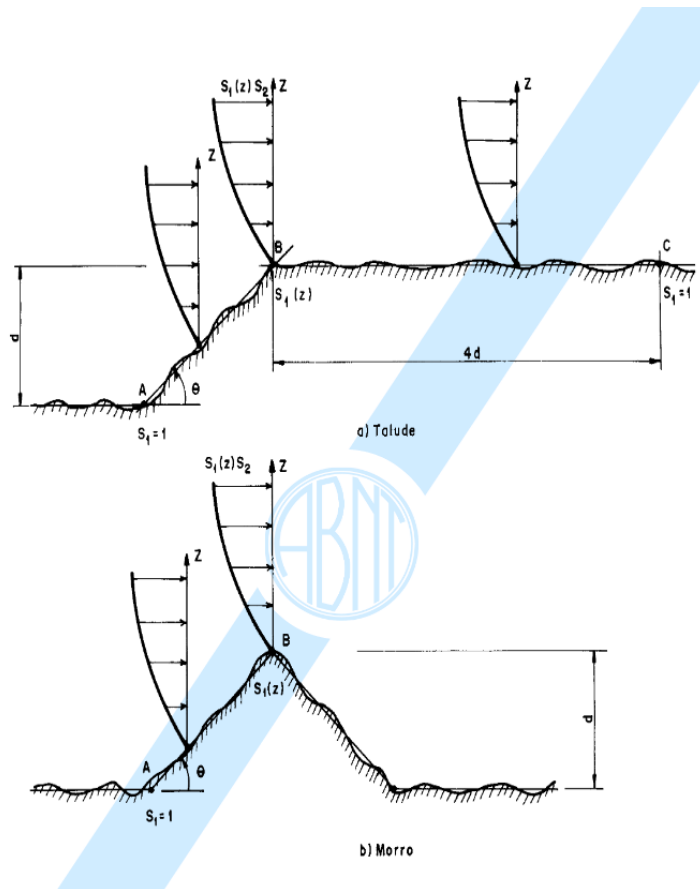
Esforços nas terças

Passo 2: Fator 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 nas terças

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 NAS TERÇAS

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 = 0,88

E em 10 m S₂ = 0,94

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:

$$S_2 = 0,88 + 3 \cdot 0,012 = 0,916$$

OU, ALTERNATIVAMENTE, PODERÍAMOS MANTER O VALOR DE 0,94, A FAVOR DA SEGURANÇA E PRATICIDADE DE CÁLCULO

ESFORÇOS NAS TERÇAS

Passo 3: FATOR S2

Altura sobre o terreno

Tabela 1 – Parâmetros meteorológicos

Categoria	z _g (m)	Parâmetro	Classes		
			A	B	C
I	250	b _m	1,10	1,11	1,12
		p	0,06	0,065	0,07
II	300	b _m	1,00	1,00	1,00
		p	0,085	0,09	0,10
III	350	b _m	0,94	0,94	0,93
		p	0,10	0,105	0,115
IV	420	b _m	0,86	0,85	0,84
		p	0,12	0,125	0,135
V	500	b _m	0,74	0,73	0,71
		p	0,15	0,16	0,175

Tabela 2 – Fator de rajada

F _r	Classes		
	A	B	C
	1,00	0,98	0,95

$$S_2 = b \cdot F_r \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^p$$

$$S_{2(5m)} = 0,94 \cdot 1 \cdot \left(\frac{5}{10}\right)^{0,10} = 0,88$$

$$S_{2(8m)} = 0,94 \cdot 1 \cdot \left(\frac{8}{10}\right)^{0,10} = 0,919$$

$$S_{2(10m)} = 0,94 \cdot 1 \cdot \left(\frac{10}{10}\right)^{0,10} = 0,94$$

Esforços devido ao vento

Passo 4: FATOR S_3

Tabela 4 – Valores mínimos do fator estatístico S_3

Grupo	Descrição	S_3	T_p (anos)
1	Estruturas 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, edifícios de centrais de controle, etc.). Pontes rodoviárias e ferroviárias. Estruturas que abrigam substâncias inflamáveis, tóxicas e/ou explosivas. Vedações das edificações do grupo 1 (telhas, vidros, painéis de vedação).	1,11	100
2	Estruturas cuja ruína represente substancial risco à vida humana, particularmente a pessoas em aglomerações, crianças e jovens, incluindo, mas não limitado a: <ul style="list-style-type: none">edificações com capacidade de aglomeração de mais de 300 pessoas em um mesmo ambiente, como centros de convenções, ginásios, estádios etc.creches com capacidade maior do que 150 pessoas;escolas com capacidade maior do que 250 pessoas; Vedações das edificações do grupo 2 (telhas, vidros, painéis de vedação).	1,06	75
3	Edificações para residências, hotéis, comércio, indústrias. Estruturas ou elementos estruturais desmontáveis com vistas a reutilização. Vedações das edificações do grupo 3 (telhas, vidros, painéis de vedação).	1,00	50
4	Edificações não destinadas à ocupação humana (depósitos, silos) e sem circulação de pessoas no entorno. Vedações das edificações do grupo 4 (telhas, vidros, painéis de vedação).	0,95	37
5	Edificações temporárias não reutilizáveis. Estruturas dos Grupos 1 a 4 durante a construção (fator aplicável em um prazo máximo de 2 anos). Vedações das edificações do grupo 5 (telhas, vidros, painéis de vedação).	0,83	15
NOTA Exclusivamente para o projeto das vedações, se permite que a velocidade característica seja calculada com o fator (0,92 x S_3), em vez de S_3			

$$S_3 = 0,92. 0,95 \ 0,88$$

ESFORÇOS NAS TERÇAS

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

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

$$V_k = 33 \cdot 1,0 \cdot 0,94 \cdot 0,88$$

$$V_k = 27,3 \text{ m/s}$$

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

$$q = 0,613 \cdot 27,3^2$$

$$q = 456,86 \text{ N/m}^2 \quad \mathbf{q = 0,46 \text{ kN/m}^2}$$

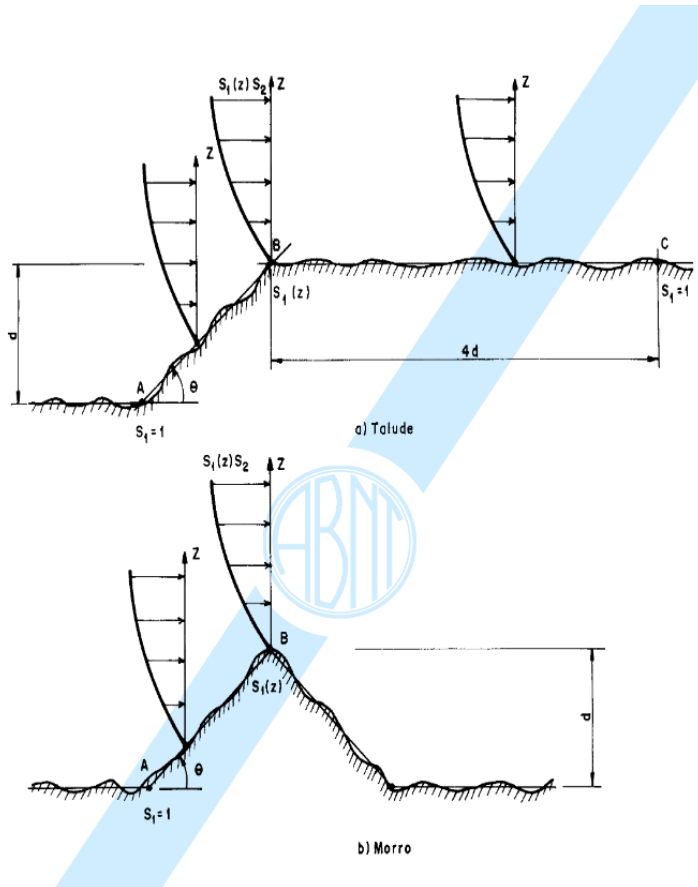
Esforços na estrutura Principal

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 na Estrutura Principal

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 NA ESTRUTURA PRINCIPAL

Passo 3: FATOR S2

Altura sobre o terreno

Tabela 1 – Parâmetros meteorológicos

Categoria	z _g (m)	Parâmetro	Classes		
			A	B	C
I	250	b _m	1,10	1,11	1,12
		p	0,06	0,065	0,07
II	300	b _m	1,00	1,00	1,00
		p	0,085	0,09	0,10
III	350	b _m	0,94	0,94	0,93
		p	0,10	0,105	0,115
IV	420	b _m	0,86	0,85	0,84
		p	0,12	0,125	0,135
V	500	b _m	0,74	0,73	0,71
		p	0,15	0,16	0,175

Tabela 2 – Fator de rajada

F _r	Classes		
	A	B	C
	1,00	0,98	0,95

$$S_2 = b \cdot F_r \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^p$$

$$S_{2(5m)} = 0,94 \cdot 0,98 \cdot \left(\frac{5}{10}\right)^{0,105} = 0,86$$

$$S_{2(8m)} = 0,94 \cdot 0,98 \cdot \left(\frac{8}{10}\right)^{0,105} = 0,90$$

$$S_{2(10m)} = 0,94 \cdot 0,98 \cdot \left(\frac{10}{10}\right)^{0,105} = 0,92$$

Esforços devido ao vento

Passo 4: FATOR S_3

Tabela 4 – Valores mínimos do fator estatístico S_3

Grupo	Descrição	S_3	T_p (anos)
1	Estruturas 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, edifícios de centrais de controle, etc.). Pontes rodoviárias e ferroviárias. Estruturas que abrigam substâncias inflamáveis, tóxicas e/ou explosivas. Vedações das edificações do grupo 1 (telhas, vidros, painéis de vedação).	1,11	100
2	Estruturas cuja ruína represente substancial risco à vida humana, particularmente a pessoas em aglomerações, crianças e jovens, incluindo, mas não limitado a: <ul style="list-style-type: none">• edificações com capacidade de aglomeração de mais de 300 pessoas em um mesmo ambiente, como centros de convenções, ginásios, estádios etc.• creches com capacidade maior do que 150 pessoas;• escolas com capacidade maior do que 250 pessoas; Vedações das edificações do grupo 2 (telhas, vidros, painéis de vedação).	1,06	75
3	Edificações para residências, hotéis, comércio, indústrias. Estruturas ou elementos estruturais desmontáveis com vistas a reutilização. Vedações das edificações do grupo 3 (telhas, vidros, painéis de vedação).	1,00	50
4	Edificações não destinadas à ocupação humana (depósitos, silos) e sem circulação de pessoas no entorno. Vedações das edificações do grupo 4 (telhas, vidros, painéis de vedação).	0,95	37
5	Edificações temporárias não reutilizáveis. Estruturas dos Grupos 1 a 4 durante a construção (fator aplicável em um prazo máximo de 2 anos). Vedações das edificações do grupo 5 (telhas, vidros, painéis de vedação).	0,83	15
NOTA Exclusivamente para o projeto das vedações, se permite que a velocidade característica seja calculada com o fator $(0,92 \times S_3)$, em vez de S_3			

$$S_3 = 0,95$$

ESFORÇOS NA ESTRUTURA PRINCIPAL

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

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

$$V_k = 33 \cdot 1,0 \cdot 0,90 \cdot 0,95$$

$$V_k = 28,21 \text{ m/s}$$

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

$$q = 0,613 \cdot 28,21^2$$

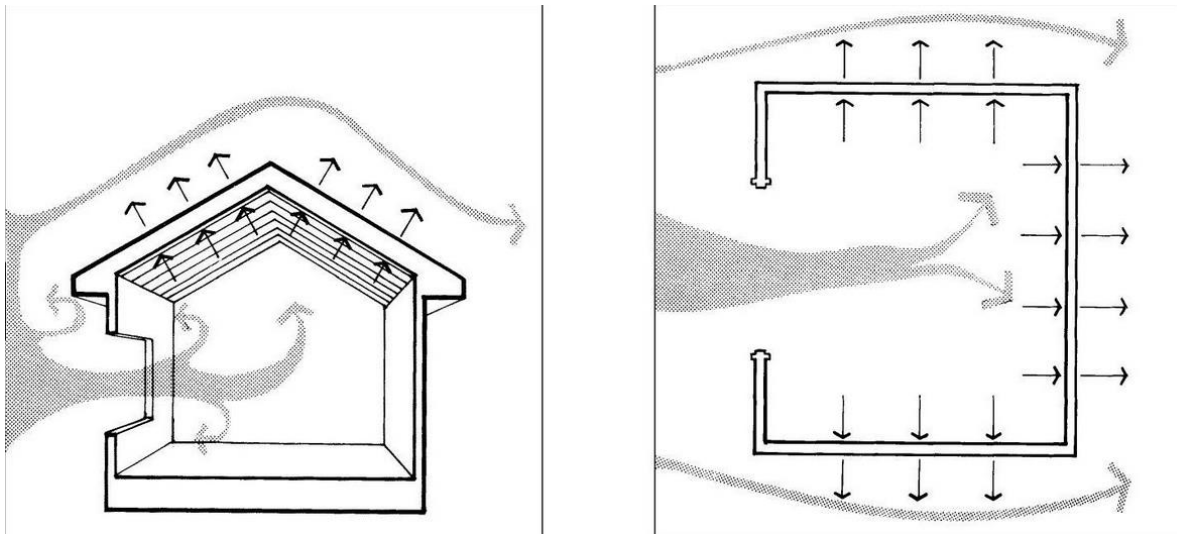
$$q = 488,00 \text{ N/m}^2 \quad \mathbf{q = 0,49 \text{ kN/m}^2}$$

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”

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

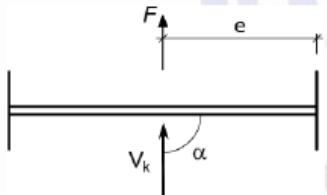
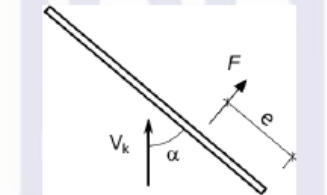
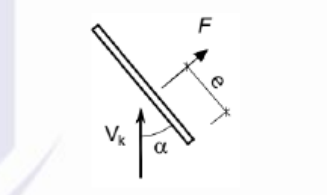
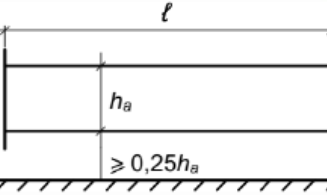
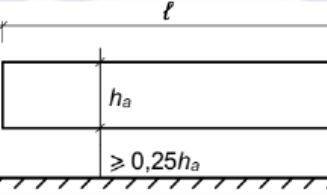
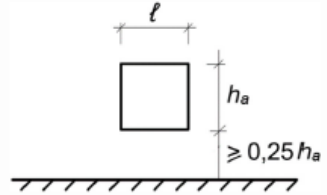
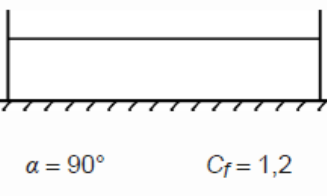
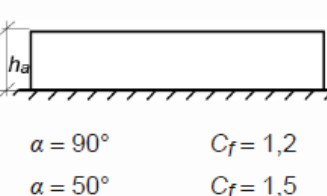
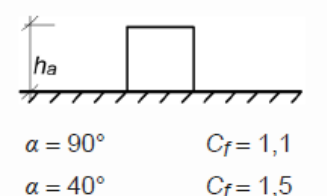
Esforços devido ao vento

Coeficientes aerodinâmicos

Força de vento em muro ou placa retangular

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


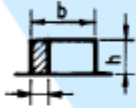
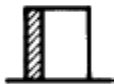
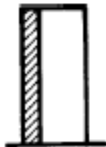
Tabela 23 – Coeficientes de força C_f para muros e placas retangulares

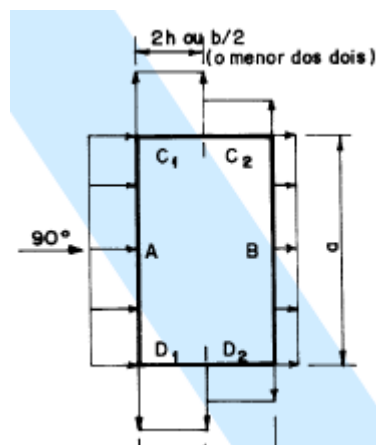
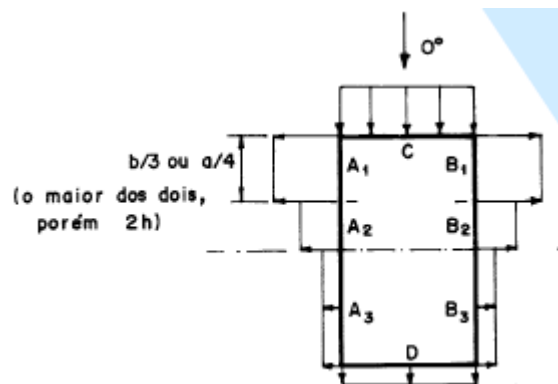
$\ell / h_a \geq 60$ (sem placas de extremidade) $\ell / h_a \geq 10$ (com placas de extremidade)	$\ell / h_a = 10$	$\ell / h_a = 1$
 $\alpha = 90^\circ$ $e = 0,5 \ell$	 $\alpha = 50^\circ$ $e = 0,3 \ell$	 $\alpha = 40^\circ$ $e = 0,4 \ell$
 $\alpha = 90^\circ$ $C_f = 2,0$	 $\alpha = 90^\circ$ $C_f = 1,3$ $\alpha = 50^\circ$ $C_f = 1,6$	 $\alpha = 90^\circ$ $C_f = 1,15$ $\alpha = 40^\circ$ $C_f = 1,8$
 $\alpha = 90^\circ$ $C_f = 1,2$	 $\alpha = 90^\circ$ $C_f = 1,2$ $\alpha = 50^\circ$ $C_f = 1,5$	 $\alpha = 90^\circ$ $C_f = 1,1$ $\alpha = 40^\circ$ $C_f = 1,5$

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.





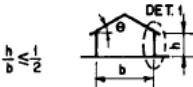
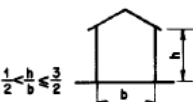
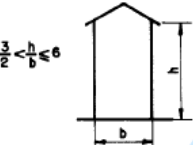
b) Para vento a 0° , nas partes A_3 e B_3 , o coeficiente de forma C_{pe} tem os seguintes valores:

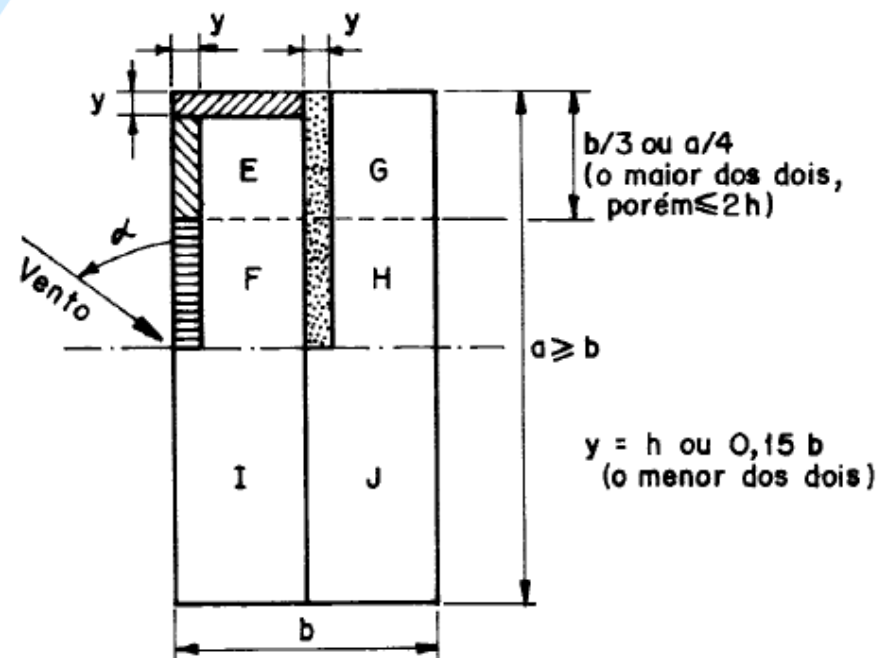
- para $a/b = 1$: mesmo valor das partes A_2 e B_2 ;
- para $a/b \geq 2$: $C_{pe} = -0,2$;
- para $1 < a/b < 2$: interpolar linearmente.

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.

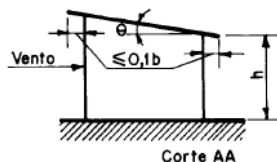
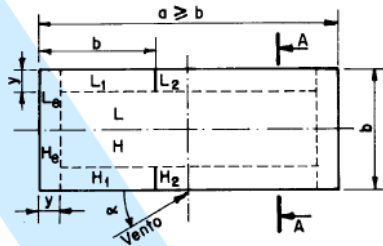
d) Para vento a 0° , nas partes I e J o coeficiente de forma C_{pe} tem os seguintes valores:

$a/b = 1$: 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

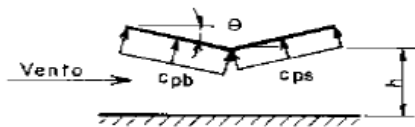
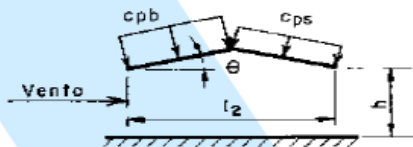
Tabela 17 - Coeficiente de pressão em coberturas isoladas a uma água plana

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

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 = 20m^2 móvel

B = 12m^2 móvel

C = 20m^2 móvel

D = 30m^2 móvel

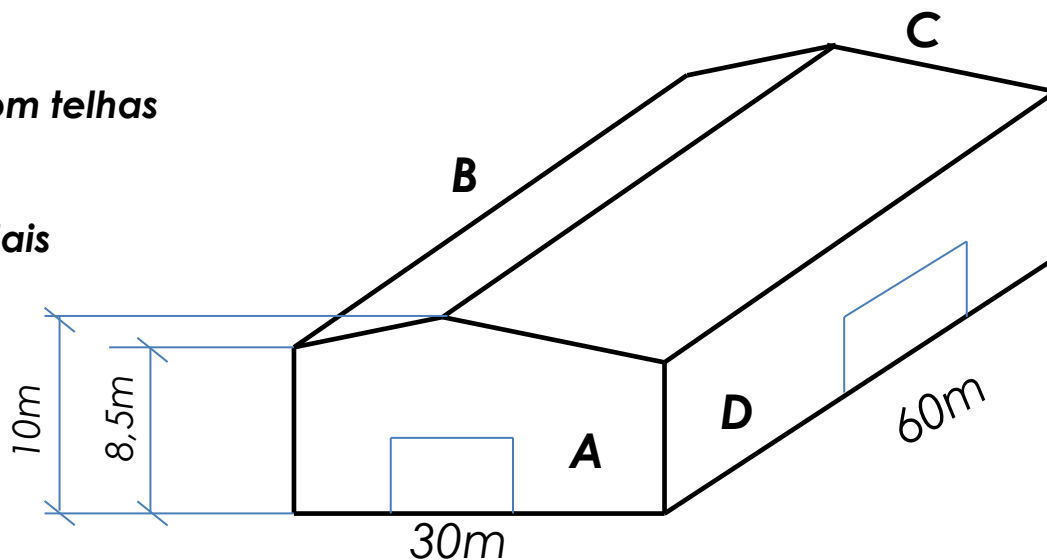
Fechamentos:

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

Cobertura de telhas trapezoidais

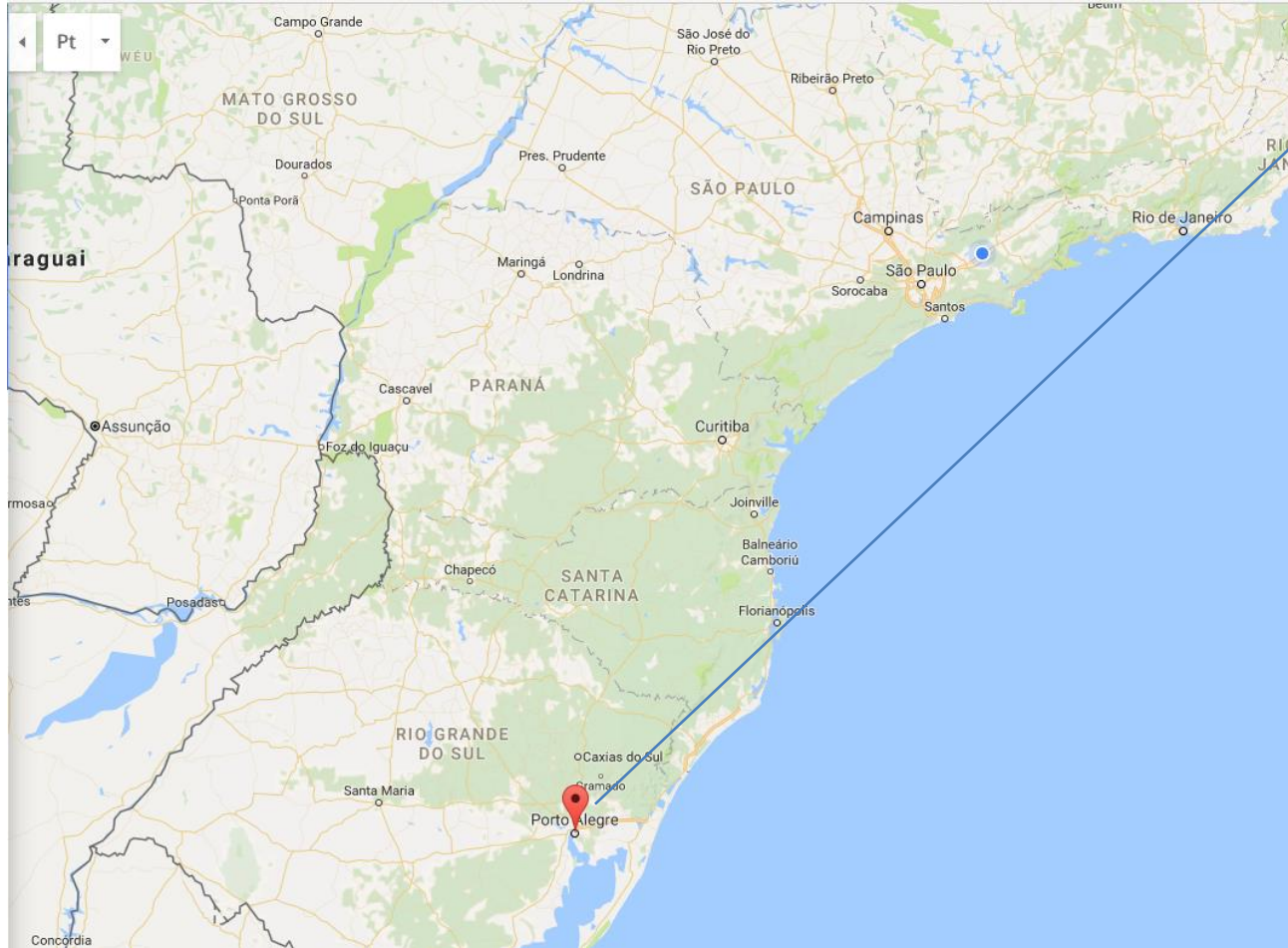
**Distanciamento entre pórticos:
6m**

**Distancia entre terças da cobertura:
2,5m**



Esforços devido ao vento

Passo 1: Determinar a velocidade básica do vento



Porto Alegre

Região V: $V_0 = 45\text{m/s}$

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**

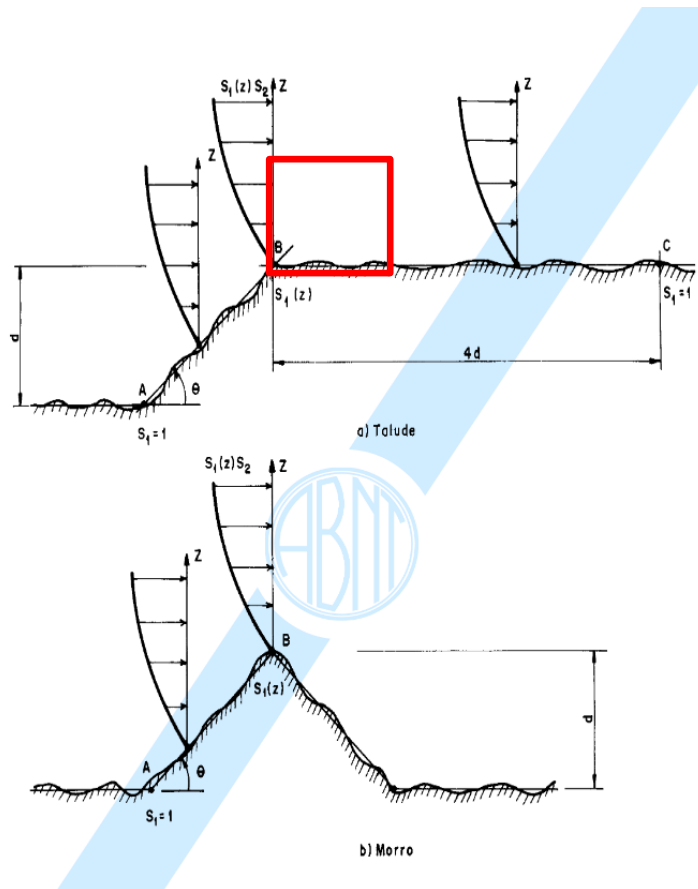
Se $6^\circ \leq \theta \leq 17^\circ$:

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

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

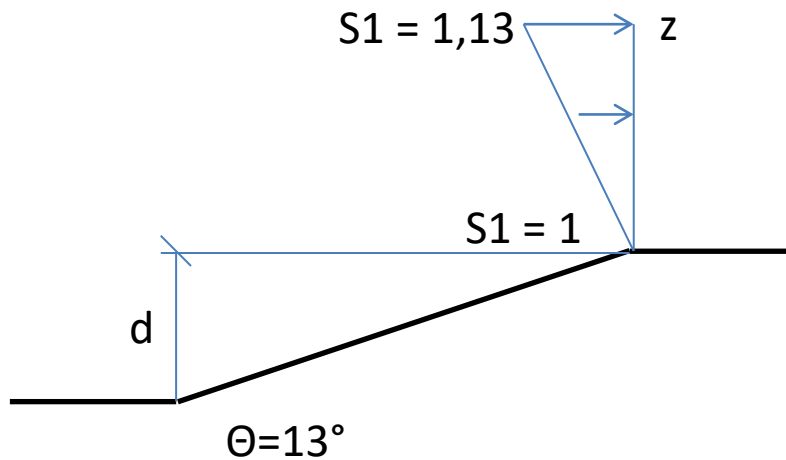
$$S1 = 1 + \left(2,5 \frac{Z}{d}\right) \cdot 0,31$$

Interpolarm linearmente para valores não compreendidos nessas equações



Esforços devido ao vento

Passo 2: Fator $S1$



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

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

Para $z = 0$

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

Para $z = 10m$

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

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

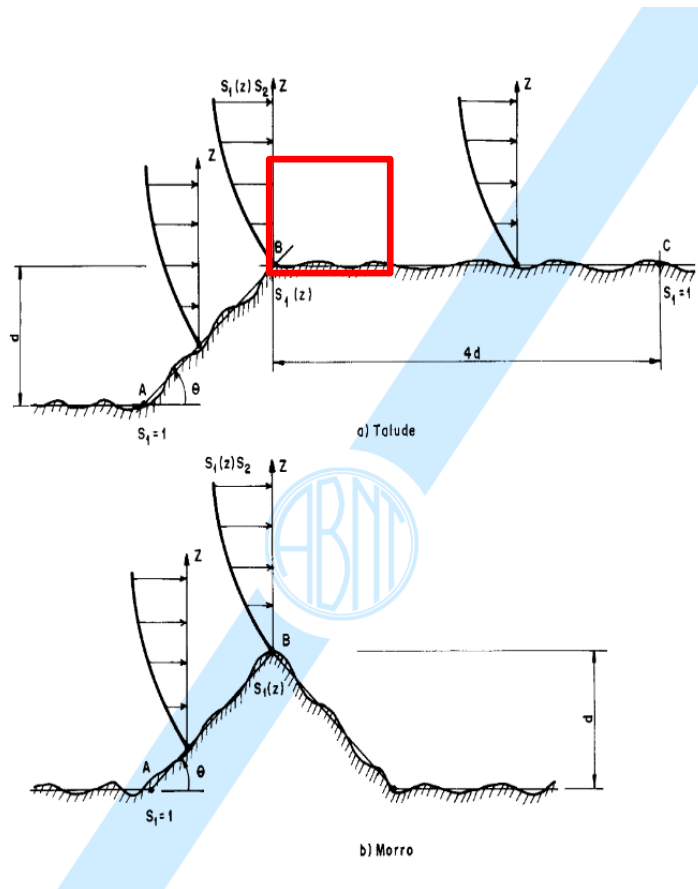
Se $6^\circ \leq \theta \leq 17^\circ$:

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

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

Estrutura principal

PAINEIS DE VEDAÇÃO

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 4 – Valores mínimos do fator estatístico S_3

Grupo	Descrição	S_3	T_p (anos)
1	Estruturas 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, edifícios de centrais de controle, etc.). Pontes rodoviárias e ferroviárias. Estruturas que abrigam substâncias inflamáveis, tóxicas e/ou explosivas. Vedações das edificações do grupo 1 (telhas, vidros, painéis de vedação).	1,11	100
2	Estruturas cuja ruína represente substancial risco à vida humana, particularmente a pessoas em aglomerações, crianças e jovens, incluindo, mas não limitado a: <ul style="list-style-type: none">• edificações com capacidade de aglomeração de mais de 300 pessoas em um mesmo ambiente, como centros de convenções, ginásios, estádios etc.• creches com capacidade maior do que 150 pessoas;• escolas com capacidade maior do que 250 pessoas; Vedações das edificações do grupo 2 (telhas, vidros, painéis de vedação).	1,06	75
3	Edificações para residências, hotéis, comércio, indústrias. Estruturas ou elementos estruturais desmontáveis com vistas a reutilização. Vedações das edificações do grupo 3 (telhas, vidros, painéis de vedação).	1,00	50
4	Edificações não destinadas à ocupação humana (depósitos, silos) e sem circulação de pessoas no entorno. Vedações das edificações do grupo 4 (telhas, vidros, painéis de vedação).	0,95	37
5	Edificações temporárias não reutilizáveis. Estruturas dos Grupos 1 a 4 durante a construção (fator aplicável em um prazo máximo de 2 anos). Vedações das edificações do grupo 5 (telhas, vidros, painéis de vedação).	0,83	15
NOTA Exclusivamente para o projeto das vedações, se permite que a velocidade característica seja calculada com o fator (0,92 x S_3), em vez de S_3			

Esforços devido ao vento

Estrutura principal

PAINEIS DE VEDAÇÃO

$$S1=1,13$$

$$S2 = 0,80 / 0,86$$

$$S3 = 1,00 / 0,92.1 = 0,92$$

$$V_k = 1,13 \cdot 0,80 \cdot 1,00 \cdot 45 = 40,32 \text{ m/s}$$

$$q = 0,613 \cdot 40,32^2 = 0,996 \text{ kN/m}^2$$

$$V_k = 1,13 \cdot 0,86 \cdot 0,92 \cdot 45 = 40,23 \text{ m/s}$$

$$q = 0,613 \cdot 40,23^2 = 0,992 \text{ kN/m}^2$$

$$S1=1,00$$

$$S2 = 0,80 / 0,86$$

$$S3 = 1,00 / 0,92.1 = 0,92$$

$$V_k = 1,00 \cdot 0,80 \cdot 1,00 \cdot 45 = 36 \text{ m/s}$$

$$q = 0,613 \cdot 36^2 = 0,794 \text{ kN/m}^2$$

$$V_k = 1,00 \cdot 0,86 \cdot 0,92 \cdot 45 = 35,6 \text{ m/s}$$

$$q = 0,613 \cdot 35,6^2 = 0,777 \text{ kN/m}^2$$



$$V_k = 1,00 \cdot 0,80 \cdot 1,00 \cdot 45 = 36 \text{ m/s}$$

$$q = 0,613 \cdot 36^2 = 0,794 \text{ kN/m}^2$$

$$V_k = 1,00 \cdot 0,86 \cdot 0,92 \cdot 45 = 35,6 \text{ m/s}$$

$$q = 0,613 \cdot 35,6^2 = 0,777 \text{ kN/m}^2$$

$$V_k = 1,00 \cdot 0,80 \cdot 1,00 \cdot 45 = 36 \text{ m/s}$$

$$q = 0,613 \cdot 36^2 = 0,794 \text{ kN/m}^2$$

$$V_k = 1,00 \cdot 0,86 \cdot 0,92 \cdot 45 = 35,6 \text{ m/s}$$




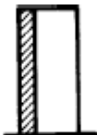
$$q = 0,613 \cdot 35,6^2 = 0,777 \text{ kN/m}^2$$

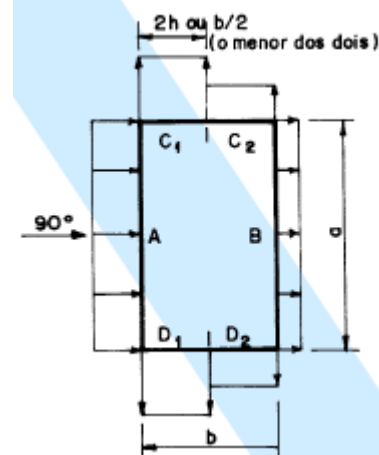
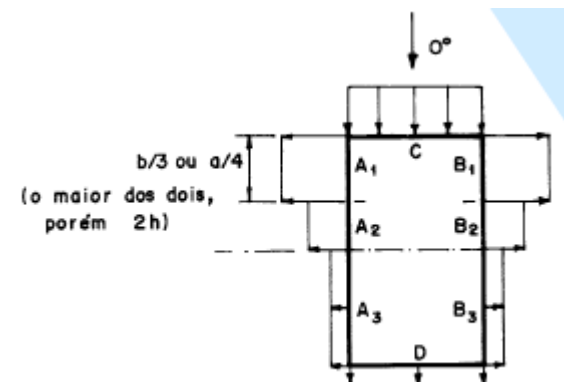
Esforços devido ao vento

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

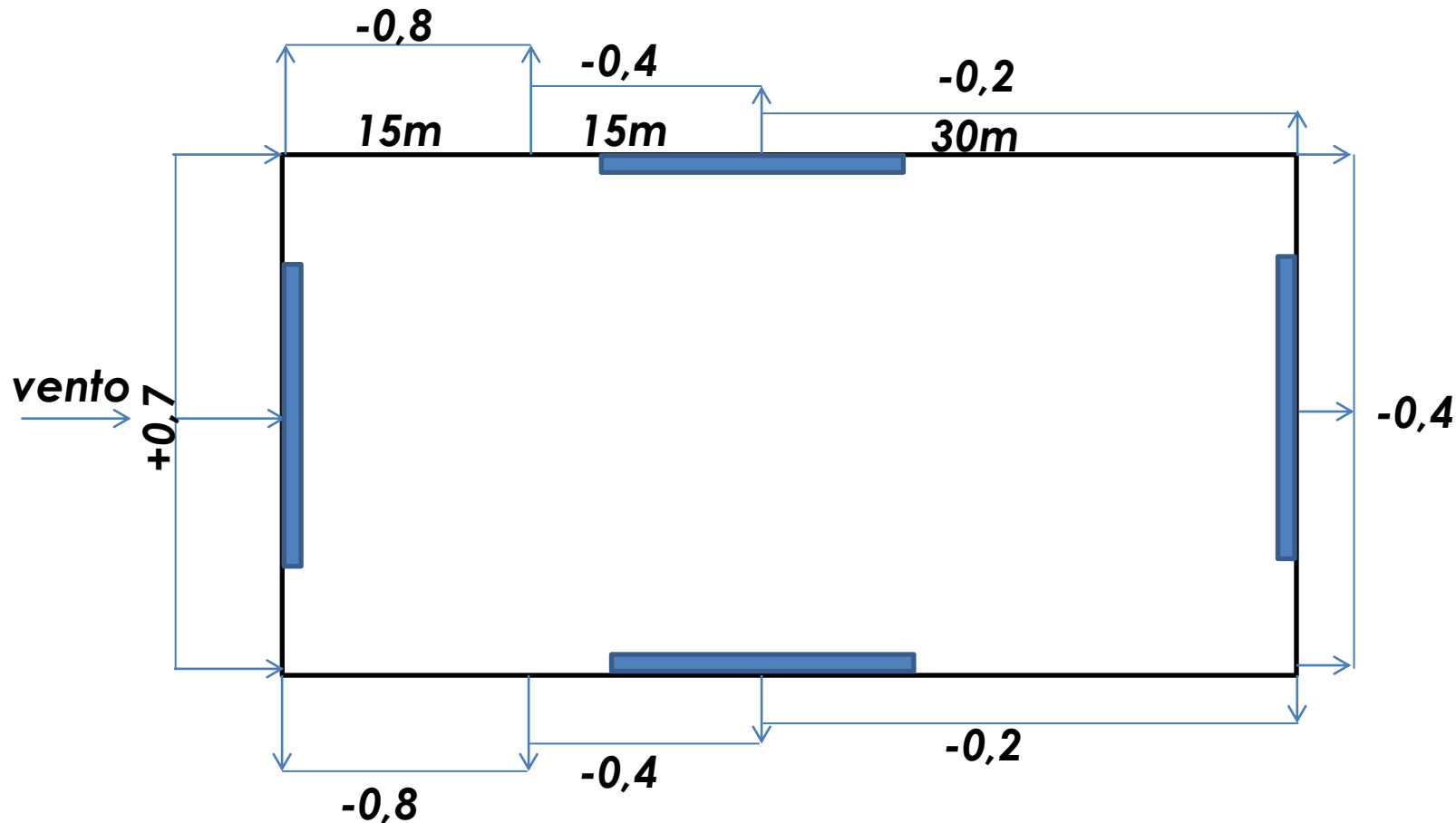
Altura relativa		Valores de C_{pe} para								C_{pe} médio 
		$\alpha = 0^\circ$				$\alpha = 90^\circ$				
		A_1 e B_1	A_2 e B_2	C	D	A	B	C_1 e D_1	C_2 e D_2	
 $0,2 b$ ou h (o menor dos dois) $\frac{h}{b} \leq \frac{1}{2}$	$1 \leq \frac{a}{b} \leq \frac{3}{2}$	- 0,8	- 0,5	+ 0,7	- 0,4	+ 0,7	- 0,4	- 0,8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



Esforços devido ao vento

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

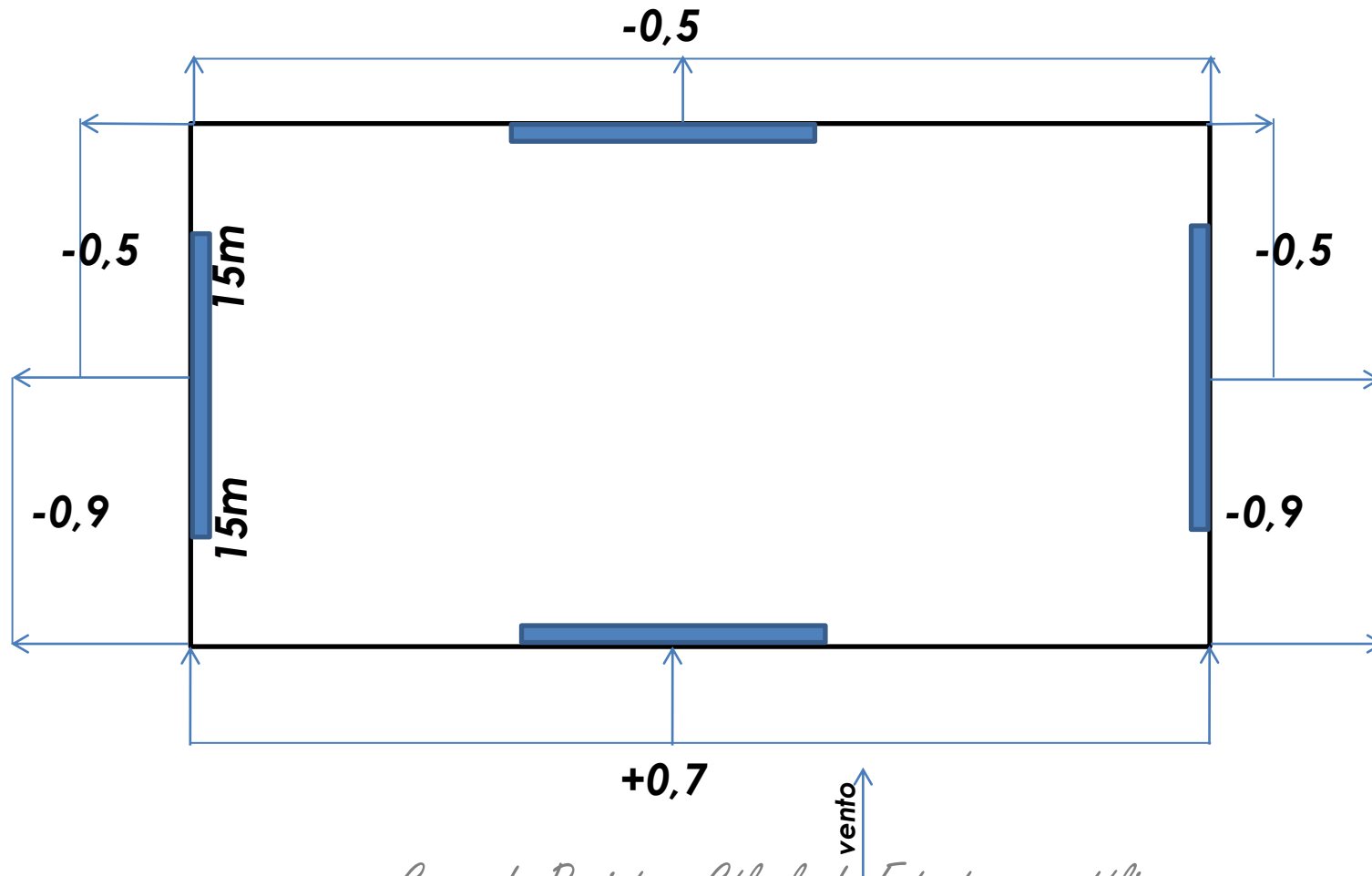
Para as paredes, Vento a 0°



Esforços devido ao vento

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

Para as paredes, Vento a 90°



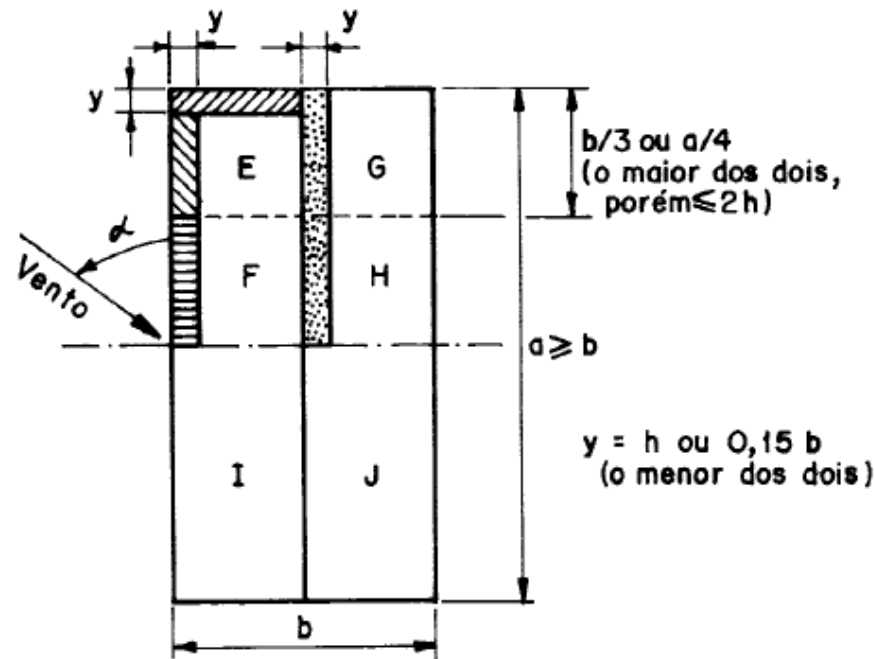
Esforços devido ao vento

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	-1,2	-1,2	-1,2
	15°	-1,0	-0,4	-0,8	-0,6	-1,4	-1,2	-1,2	-1,2
	20°	-0,4	-0,4	-0,7	-0,6	-1,0	-1,2	-1,2	-1,2
	30°	0	-0,4	-0,7	-0,6	-0,8	-1,2	-1,2	-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	-1,5	-1,5	-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	-1,5	-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	-1,5	-1,5	-1,2
	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; $a/b \geq 2$: $C_{pe} = -0,2$.

Interpolar 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: $5,76^\circ$)

	15m	15m	30m
	-0,80	-0,40	-0,20
vento →	-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 Pressão internos

Hipótese 1: todas as faces abertas ou fechadas

quatro faces igualmente permeáveis: **cpi = - 0,3**
ou **0** (considerar o valor mais nocivo);

Hipótese 2: Abertura dominante na face de barlavento:

CPI + 0,8

Hipótese 3: Abertura Dominante na face de sotavento.

Para vento em A ou C: CPI = -0,4

Para vento incidindo em B ou D: Cpi = -0,5

Hipótese 4: Abertura dominante paralela ao vento

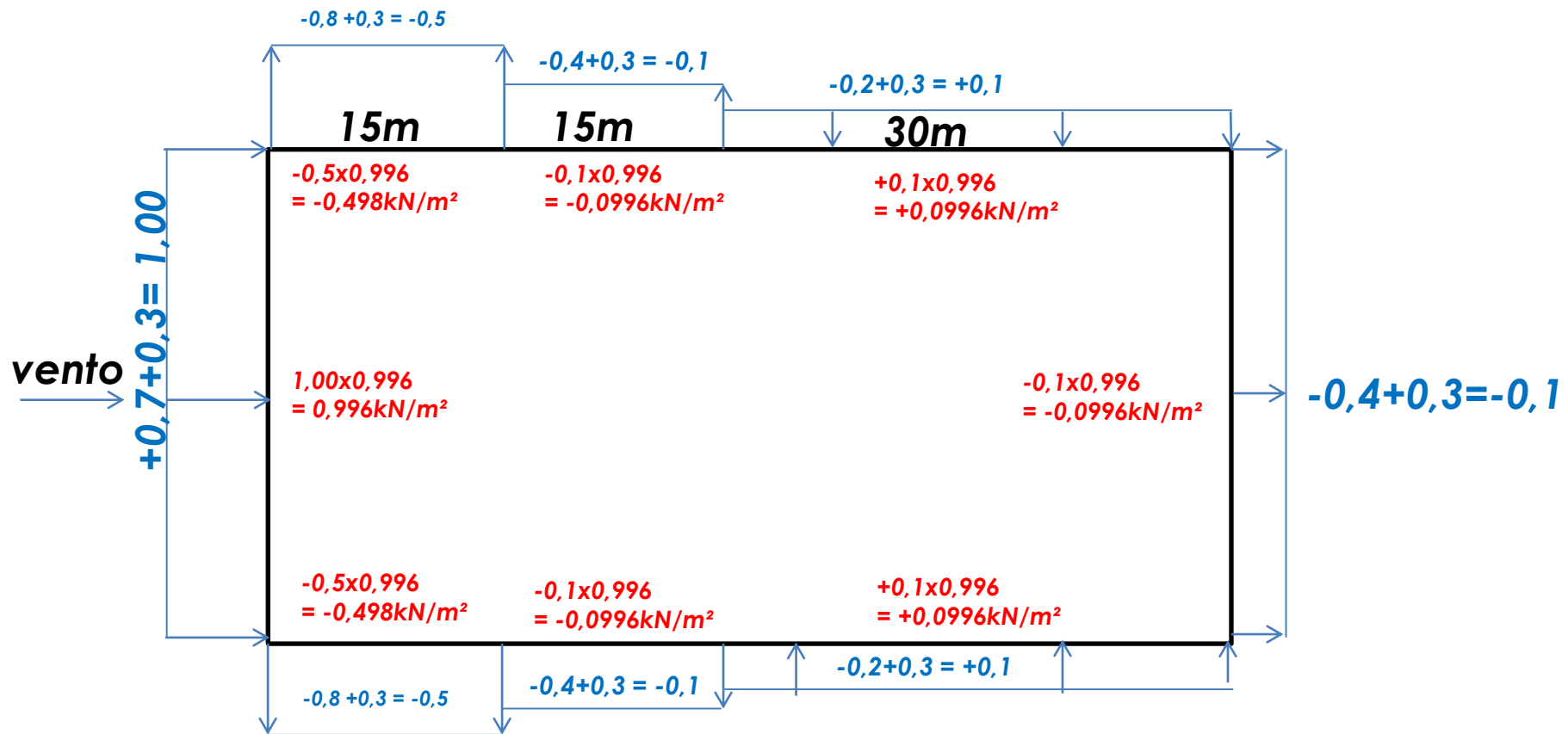
Para vento paralelo a A e C: Cpi = -0,4 (50% x 0,4 + 50% x 0,2 = -0,3)

Para vento paralelo a B e D: Cpi = -0,9 (50% x 0,9 + 50% x -0,5 = -0,7)

Esforços devido ao vento

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

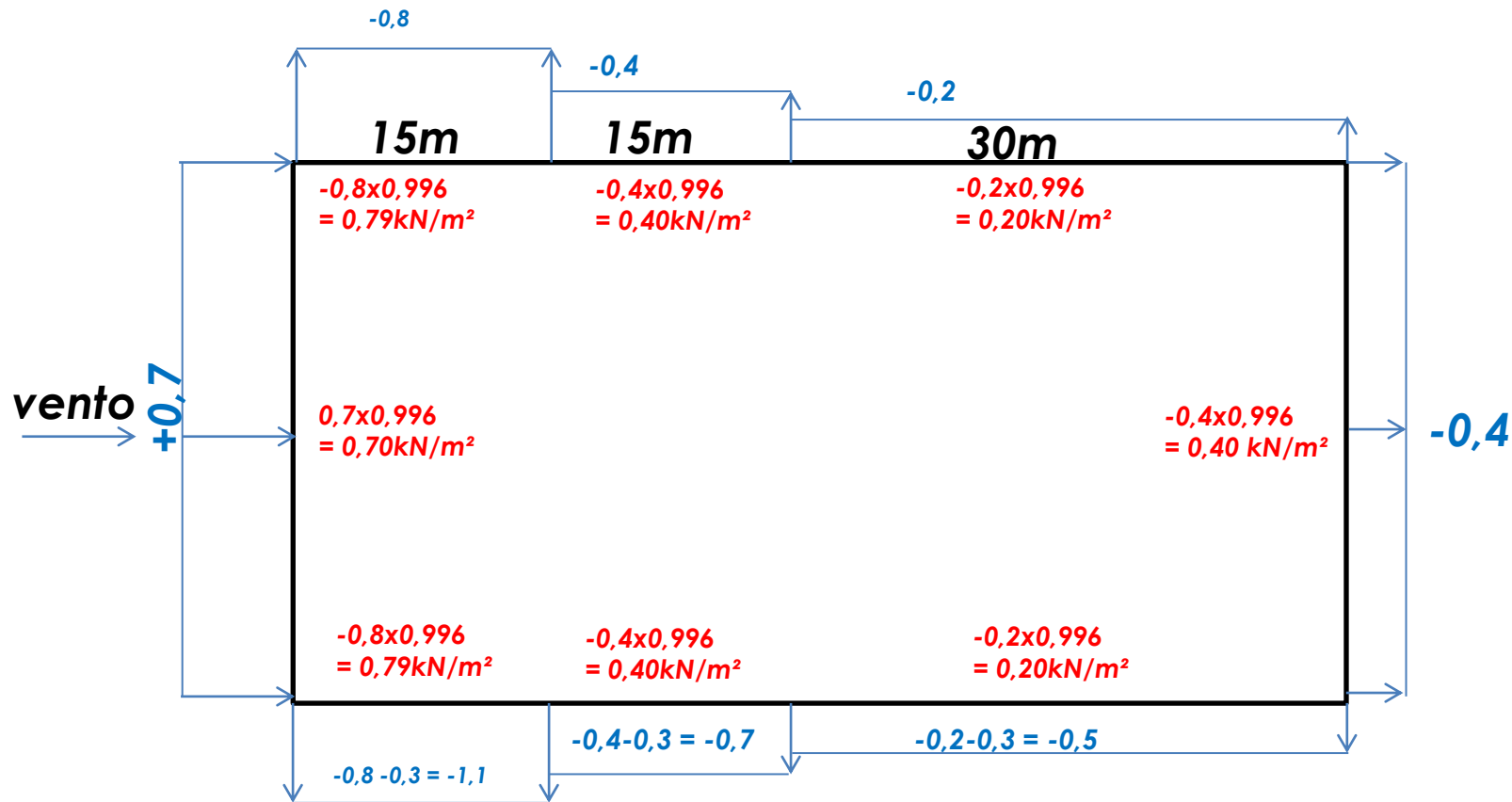
Para as paredes, Vento a 0° - $C_{pi} = -0,3$ (EFETUAR SOMA VETORIAL)



Esforços devido ao vento

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

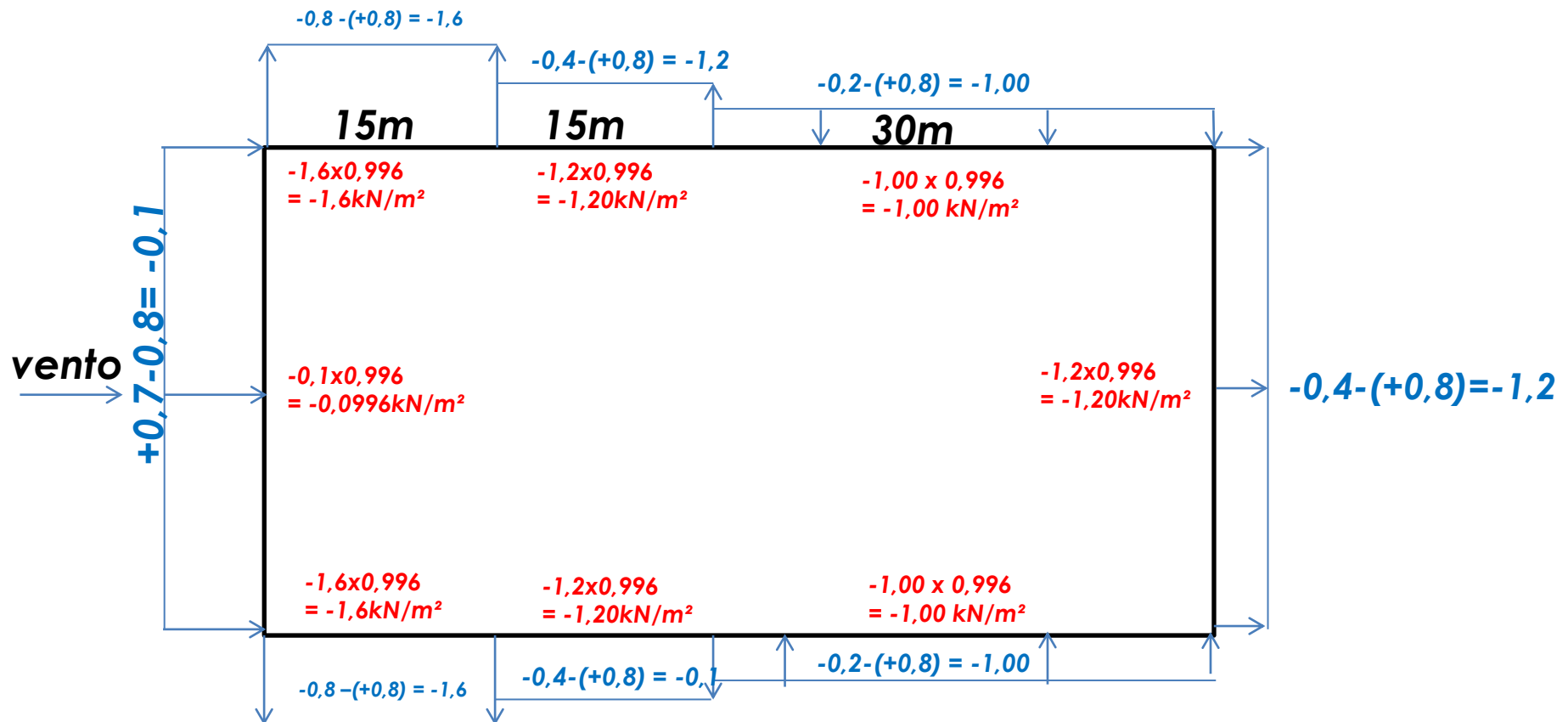
Para as paredes, Vento a 0° - $C_{pi} = 0,00$



Esforços devido ao vento

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

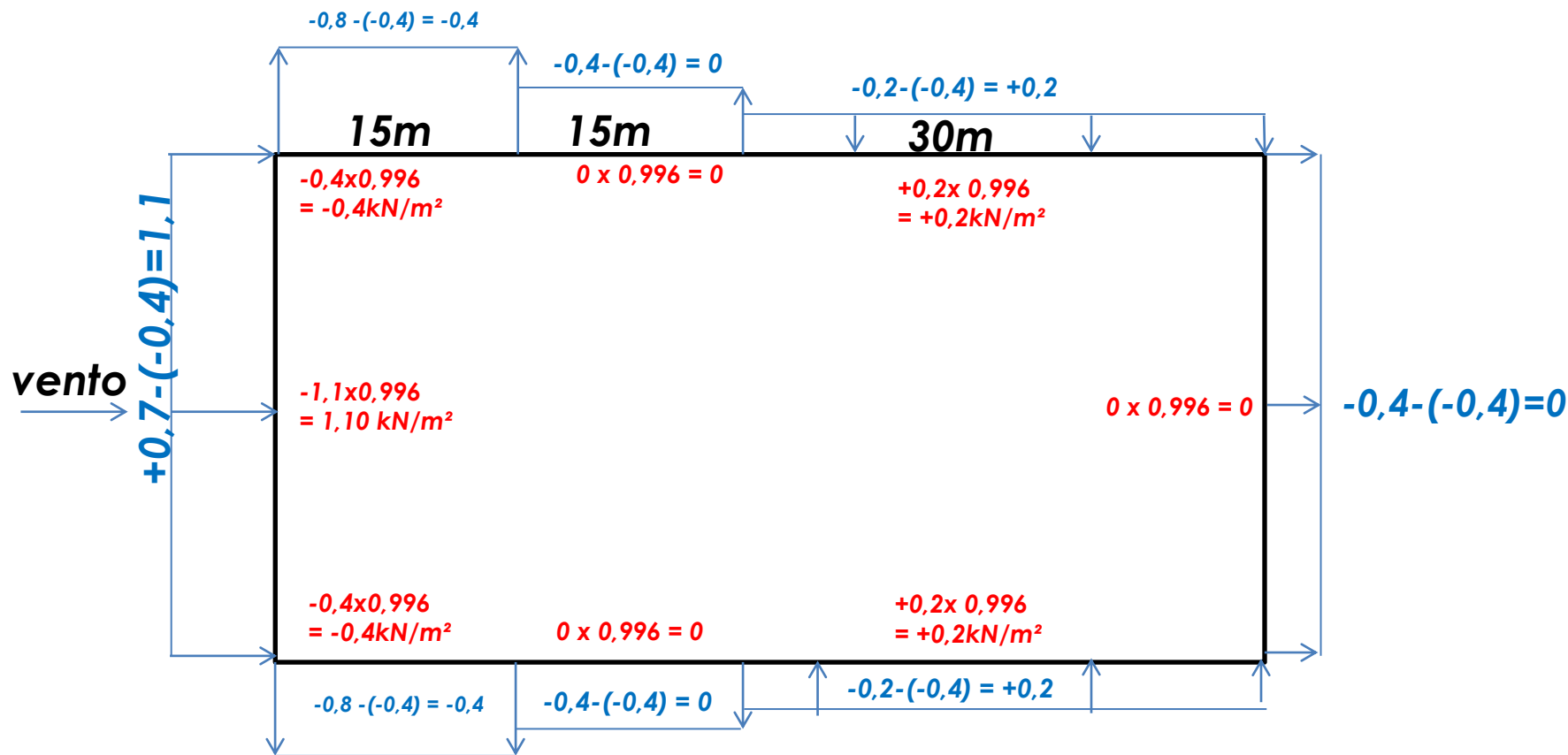
Para as paredes, Vento a 0° - $C_{pi} = +0,8$ (EFETUAR SOMA VETORIAL)



Esforços devido ao vento

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

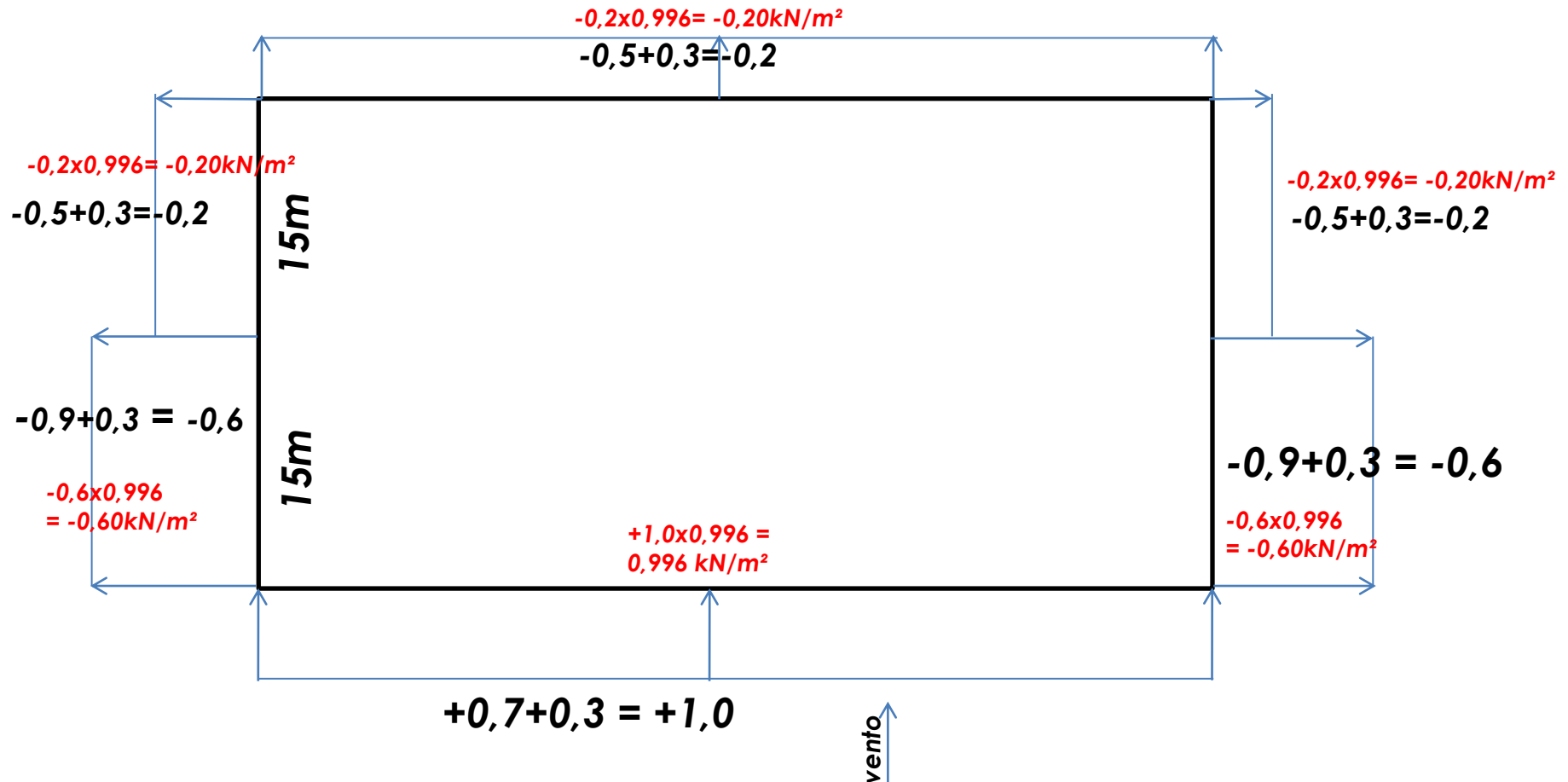
Para as paredes, Vento a 0° - $C_{pi} = -0,4$ (EFETUAR SOMA VETORIAL)



Esforços devido ao vento

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

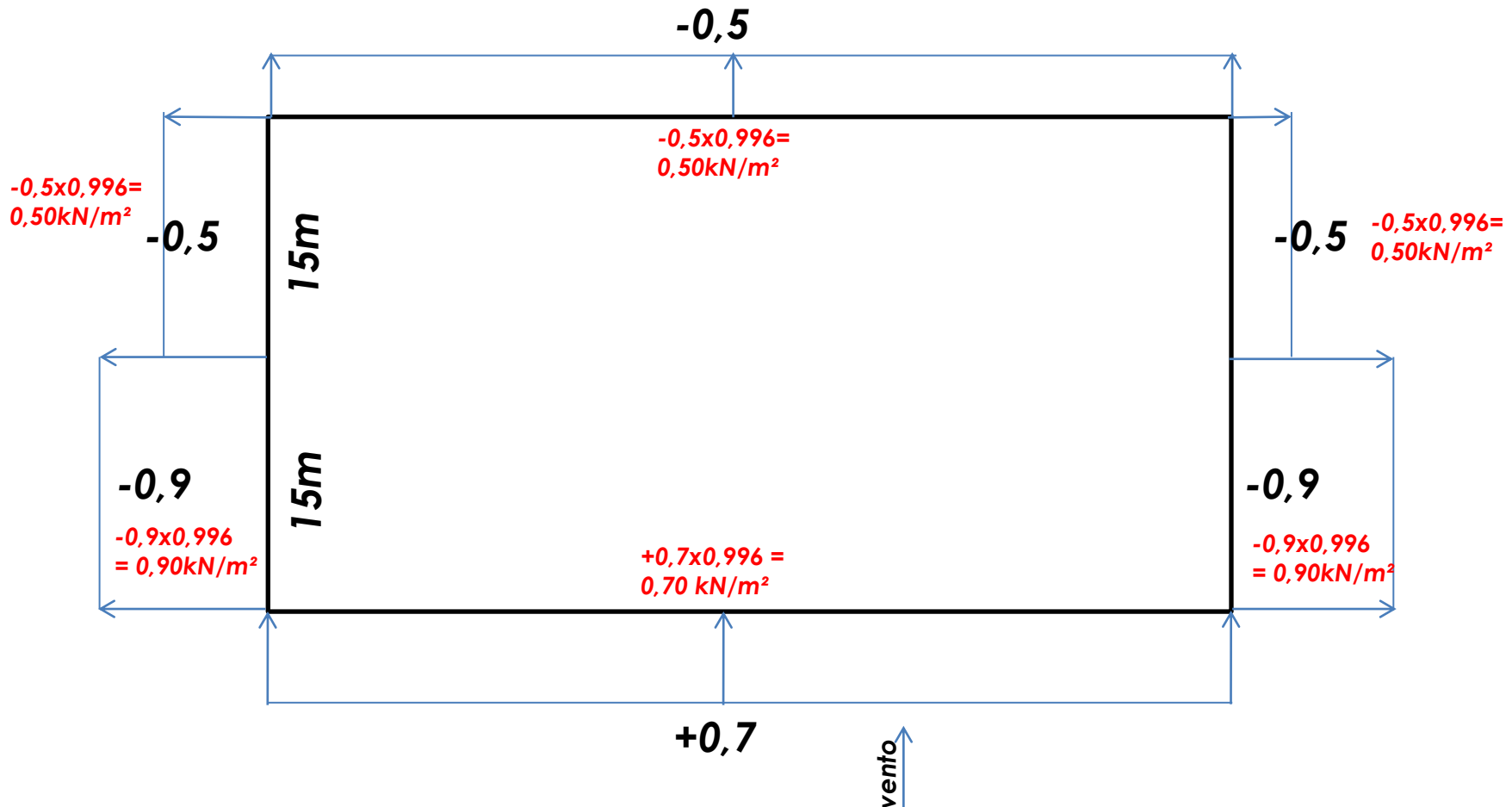
Para as paredes, Vento a 90° $C_{pi} = -0,3$ (EFETUAR SOMA VETORIAL)



Esforços devido ao vento

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

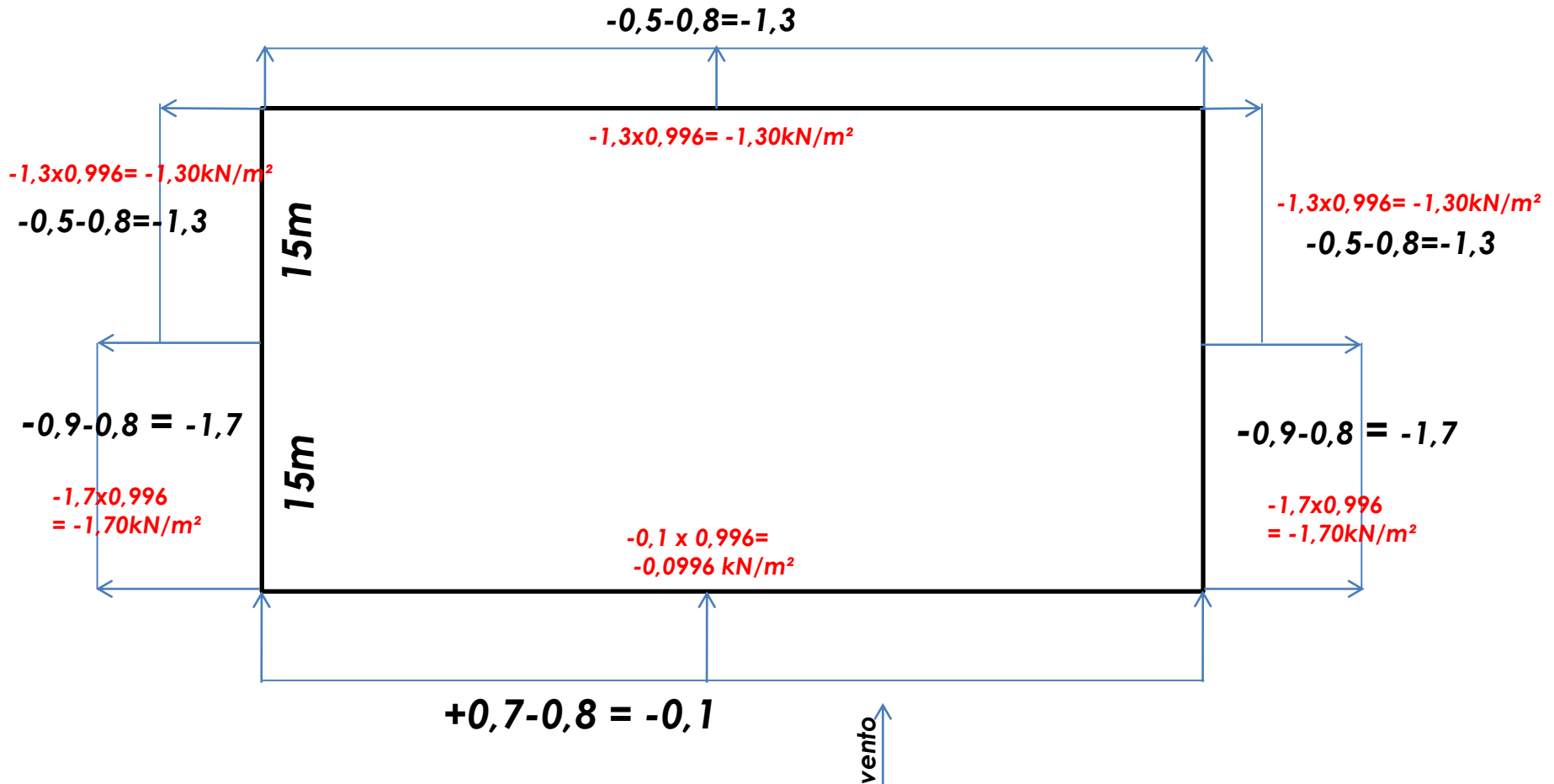
Para as paredes, Vento a 90° $C_{pi} = -0,00$



Esforços devido ao vento

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

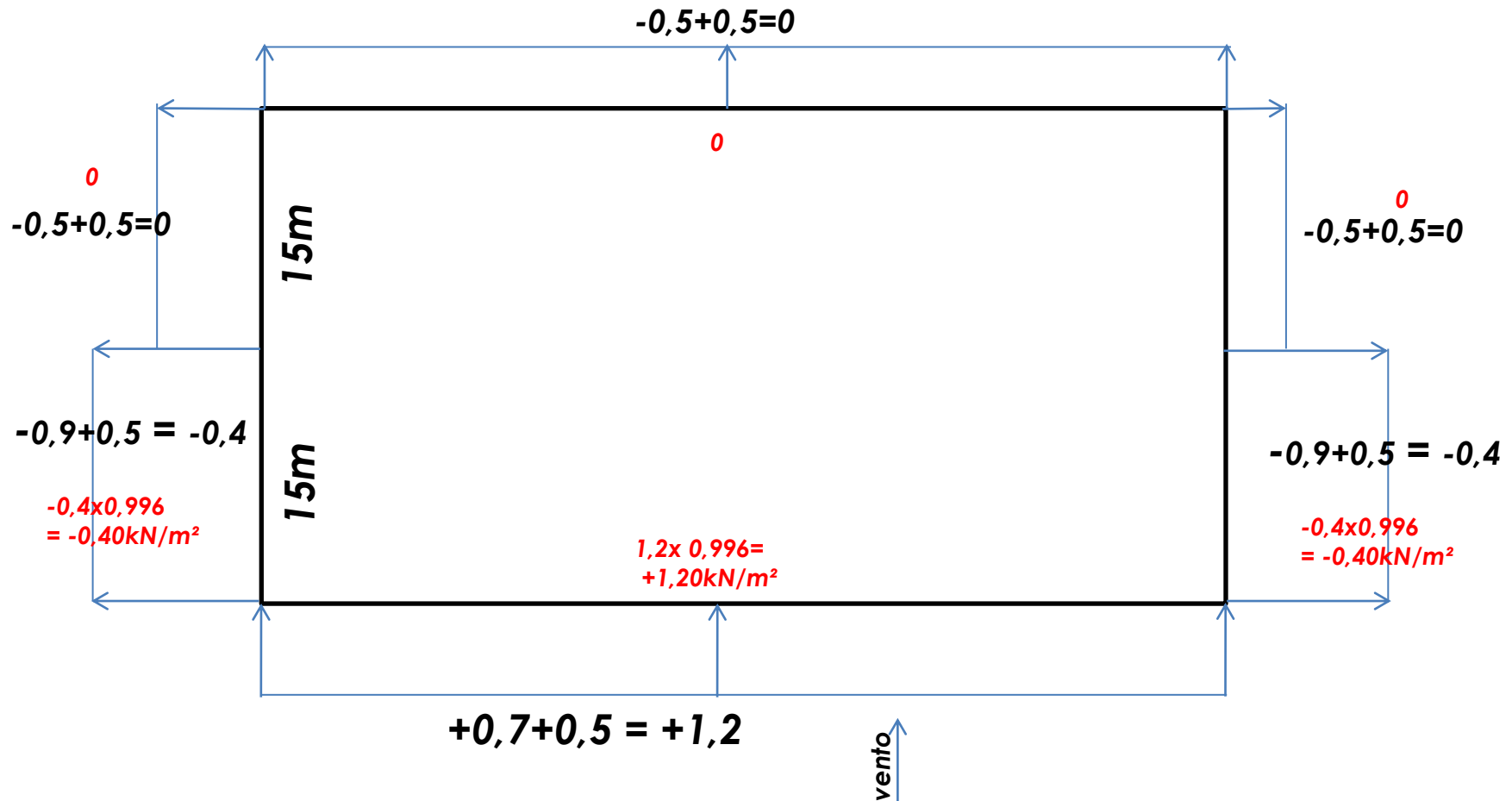
Para as paredes, Vento a 90° $C_{pi} = +0,8$ (EFETUAR SOMA VETORIAL)



Esforços devido ao vento

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

Para as paredes, Vento a 90° $C_{pi} = -0,5$ (EFETUAR SOMA VETORIAL)

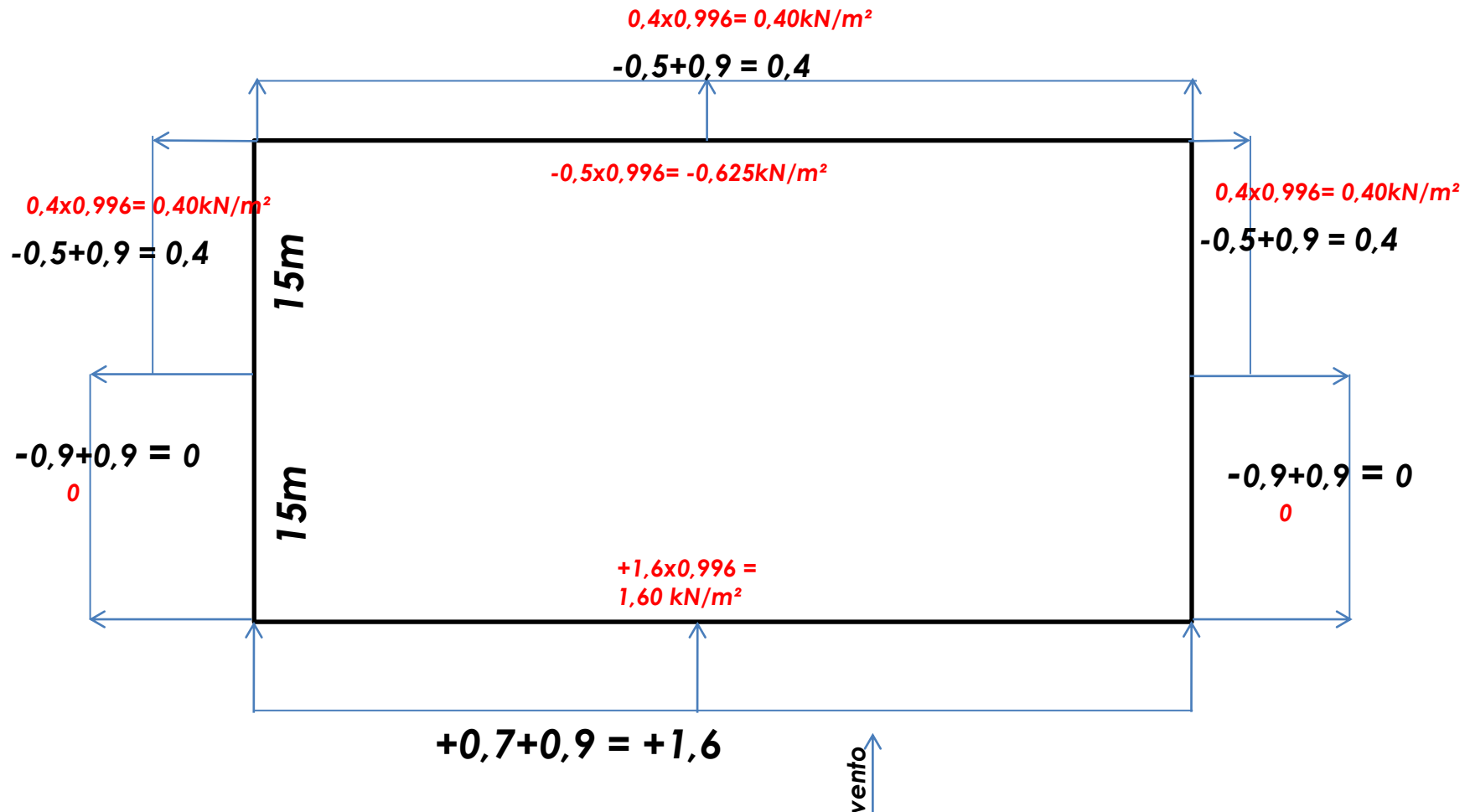


Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas

Esforços devido ao vento

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

Para as paredes, Vento a 90° $C_{pi} = -0,9$ (EFETUAR SOMA VETORIAL)



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
→

$-0,80 + 0,3 = -0,5$ $-0,5 \times 0,996 = 0,50 \text{ kN/m}^2$	$-0,40 + 0,3 = -0,1$ $-0,1 \times 0,996 = 0,10 \text{ kN/m}^2$	$-0,20 + 0,3 = +0,1$ $+0,1 \times 0,996 = 0,10 \text{ kN/m}^2$
$-0,80 + 0,3 = -0,5$ $-0,5 \times 0,996 = 0,50 \text{ kN/m}^2$	$-0,40 + 0,3 = -0,1$ $-0,1 \times 0,996 = 0,10 \text{ kN/m}^2$	$-0,20 + 0,3 = +0,1$ $+0,1 \times 0,996 = 0,10 \text{ kN/m}^2$

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 $-0,8 \times 0,996 =$ $0,80 \text{ kN/m}^2$	-0,40 $-0,4 \times 0,996 =$ $0,40 \text{ kN/m}^2$	-0,20 $-0,2 \times 0,996 =$ $0,20 \text{ kN/m}^2$
-0,80 $-0,8 \times 0,996 =$ $0,80 \text{ kN/m}^2$	-0,40 $-0,4 \times 0,996 =$ $0,40 \text{ kN/m}^2$	-0,20 $-0,2 \times 0,996 =$ $0,20 \text{ kN/m}^2$

Esforços devido ao vento

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

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

$C_{PI} = +0,8$ (EFETUAR SOMA VETORIAL)

$-0,80 - 0,8 = -1,6$ $-1,6 \times 0,996 =$ $-1,6 \text{ kN/m}^2$	$-0,40 - 0,8 = -1,20$ $-1,20 \times 0,996 =$ $-1,20 \text{ kN/m}^2$	$-0,20 - 0,8 = -1,00$ $-1,00 \times 0,996 =$ $-0,996 \text{ kN/m}^2$
$-0,80 - 0,8 = -1,6$ $-1,6 \times 0,996 =$ $-1,6 \text{ kN/m}^2$	$-0,40 - 0,8 = -1,20$ $-1,20 \times 0,996 =$ $-1,20 \text{ kN/m}^2$	$-0,20 - 0,8 = -1,00$ $-1,00 \times 0,996 =$ $-0,996 \text{ kN/m}^2$

vento
→

Esforços devido ao vento

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

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

$C_{PI} = -0,4$ (EFETUAR SOMA VETORIAL)

$-0,80 + 0,4 = -0,4$ $-0,4 \times 0,996 =$ $-0,40 \text{ kN/m}^2$	$-0,40 + 0,4 = 0,00$ 0	$-0,20 + 0,4 = +0,2$ $+0,2 \times 0,996 =$ $+0,20 \text{ kN/m}^2$
$-0,80 + 0,4 = -0,4$ $-0,4 \times 0,996 =$ $-0,40 \text{ kN/m}^2$	$-0,40 + 0,4 = 0,00$ 0	$-0,20 + 0,4 = +0,2$ $+0,2 \times 0,996 =$ $+0,20 \text{ kN/m}^2$

vento
→

Esforços devido ao vento

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

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

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

$-0,40+0,3=-0,1$ $-0,1 \times 0,996 =$ $0,01 \text{ kN/m}^2$	$-0,40+0,3=-0,1$ $-0,1 \times 0,996 =$ $0,01 \text{ kN/m}^2$	$-0,40+0,3=-0,1$ $-0,1 \times 0,996 =$ $0,01 \text{ kN/m}^2$
$-0,6 \times 0,996 =$ $0,60 \text{ kN/m}^2$ $-0,90+0,3=-0,6$	$-0,6 \times 0,996 =$ $0,60 \text{ kN/m}^2$ $-0,90+0,3=-0,6$	$-0,6 \times 0,996 =$ $0,60 \text{ kN/m}^2$ $-0,90+0,3=-0,6$

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 <small>$-0,4 \times 0,996 = 0,40 \text{ kN/m}^2$</small>	-0,40 <small>$-0,4 \times 0,996 = 0,40 \text{ kN/m}^2$</small>	-0,40 <small>$-0,4 \times 0,996 = 0,40 \text{ kN/m}^2$</small>
<small>$-0,9 \times 0,996 = -0,90 \text{ kN/m}^2$</small> -0,90	<small>$-0,9 \times 0,996 = -0,90 \text{ kN/m}^2$</small> -0,90	<small>$-0,9 \times 0,996 = -0,90 \text{ kN/m}^2$</small> -0,90

vento
↑

Esforços devido ao vento

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

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

$C_{PI} = +0,8$ (EFETUAR SOMA VETORIAL)

$-0,40-0,8=-1,2$ $-1,2 \times 0,996 =$ $-1,20 \text{ kN/m}^2$	$-0,40-0,8=-1,2$ $-1,2 \times 0,996 =$ $-1,20 \text{ kN/m}^2$	$-0,40-0,8=-1,2$ $-1,2 \times 0,996 =$ $-1,20 \text{ kN/m}^2$
$-1,7 \times 0,996 =$ $-1,7 \text{ kN/m}^2$ $-0,90-0,8=-1,7$	$-1,7 \times 0,996 =$ $-1,7 \text{ kN/m}^2$ $-0,90-0,8=-1,7$	$-1,7 \times 0,996 =$ $-1,7 \text{ kN/m}^2$ $-0,90-0,8=-1,7$

vento
↑

Esforços devido ao vento

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

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

$C_{PI} = -0,5$ (EFETUAR SOMA VETORIAL)

$-0,40+0,5=+0,1$ $+0,1 \times 0,996 =$ $0,996 \text{ kN/m}^2$	$-0,40+0,5=+0,1$ $+0,1 \times 0,996 =$ $0,996 \text{ kN/m}^2$	$-0,40+0,5=+0,1$ $+0,1 \times 0,996 =$ $0,996 \text{ kN/m}^2$
$-0,4 \times 0,996 =$ $-0,40 \text{ kN/m}^2$ $-0,90+0,5=-0,4$	$-0,4 \times 0,996 =$ $-0,40 \text{ kN/m}^2$ $-0,90+0,5=-0,4$	$-0,4 \times 0,996 =$ $-0,40 \text{ kN/m}^2$ $-0,90+0,5=-0,4$

vento
↑

Esforços devido ao vento

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

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

$C_{pi} = -0,9$ (EFETUAR SOMA VETORIAL)

$-0,40 + 0,9 = +0,5$ $+0,5 \times 0,996 = 0,50 \text{ kN/m}^2$	$-0,40 + 0,9 = +0,5$ $+0,5 \times 0,996 = 0,50 \text{ kN/m}^2$	$-0,40 + 0,9 = +0,5$ $+0,5 \times 0,996 = 0,50 \text{ kN/m}^2$
0 $-0,90 + 0,9 = 0$	0 $-0,90 + 0,9 = 0$	0 $-0,90 + 0,9 = 0$

vento
↑