

3 - AÇÕES DO VENTO EM EDIFICAÇÕES

3.1 – Introdução

O vento não é um problema em construções baixas e pesadas com paredes grossas, porém em estruturas esbeltas passa a ser uma das ações mais importantes a determinar no projeto de estruturas. As considerações para determinação das forças devidas ao vento são regidas e calculadas de acordo com a NBR 6123/1988 “Forças devidas ao vento em edificações”.

A maioria dos acidentes ocorre em construções leves, principalmente de grandes vãos livres, tais como hangares, pavilhões de feiras e de exposições, pavilhões industriais, coberturas de estádios, ginásios cobertos. Ensaio em túneis de vento mostram que o máximo de sucção média aparece em coberturas com inclinação entre 8° e 12° , para certas proporções da construção, exatamente as inclinações de uso corrente na arquitetura em um grande número de construções.

As principais causas dos acidentes devidos ao vento são:

- a) falta de ancoragem de terças;
- b) contraventamento insuficiente de estruturas de cobertura;
- c) fundações inadequadas;
- d) paredes inadequadas;
- e) deformabilidade excessiva da edificação

Muitos casos não são considerados dentro da NBR 6123, porém quando a edificação, seja por suas dimensões e ou forma, provoque perturbações importantes no escoamento ou por obstáculos na sua vizinhança, deve-se recorrer a ensaios em túnel de vento, onde possam ser simuladas as características do vento natural.

É importante definir alguns dos aspectos que regem as forças devidas ao vento, antes de passar a seu cálculo. O vento é produzido por diferenças de temperatura de massas de ar na atmosfera, o caso mais fácil de identificar é quando uma frente fria chega na área e choca-se com o ar quente produzindo vento, esse tipo de fenômeno pode ser observado antes do início de uma chuva. Define-se o termo barlavento com sendo a região de onde sopra o vento (em relação a edificação), e sotavento a região oposta àquela de onde sopra o vento (veja-se Fig. 3.1). Quando o vento sopra sobre uma superfície existe uma sobrepressão (sinal positivo), porém em alguns casos pode acontecer o contrário, ou seja existir sucção (sinal negativo) sobre a superfície. O vento sempre atua perpendicularmente a superfície que obstrói sua passagem (vide Fig. 3.1).

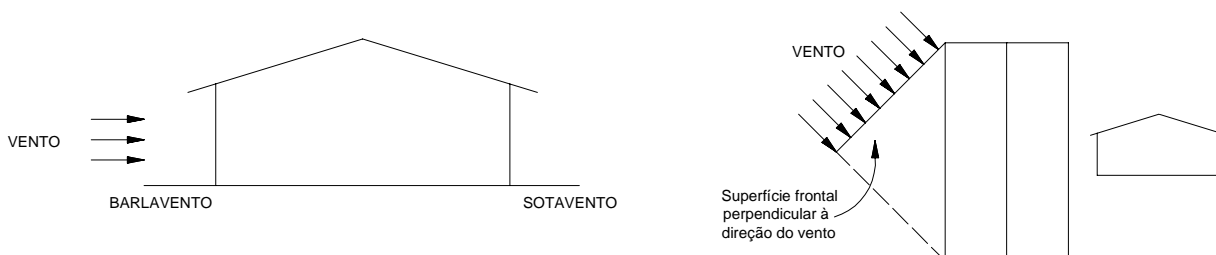


Figura 3.1 – Definições básicas do vento

Os cálculos são determinados a partir de velocidades básicas determinadas experimentalmente em torres de medição de ventos, e de acordo com a NBR6123 a 10 metros de

altura, em campo aberto e plano. A velocidade básica do vento é uma rajada de três segundos de duração, que ultrapassa em média esse valor uma vez em 50 anos, e se define por V_0 .

Essas velocidades foram processadas estatisticamente, com base nos valores de velocidades máximas anuais medidas em cerca de 49 cidades brasileiras. A NBR6123 desprezou velocidades inferiores a 30 m/s. Considera-se que o vento pode atuar em qualquer direção e no sentido horizontal. A Fig. 3.2 representa os valores de velocidade básica através de curvas isopleias (mesma velocidade do vento). Como uma indicação do que acontece na região de Passo Fundo, apresenta-se na Tab. 3.1 as velocidades máximas e médias medidas na Estação Agro - Meteorológica da EMBRAPA Trigo.

Tabela 3.1 – Velocidades máximas e médias medidas na Estação meteorológica da EMBRAPA Trigo, no período 1977-1994, tendo como referência a altura de 10m (Fonte: CUNHA, 1997).

Velocidade média (ms) e direção considerada												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Velocidade	4,1	3,9	3,8	4,0	3,9	4,2	4,7	4,4	4,7	4,5	4,3	4,2
Duração	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Velocidade máxima (m/s) e direção da velocidade máxima												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Velocidade	28,8	27,2	26,5	31,0	34,1	28,7	40,0	24,8	41,3	38,8	39,0	27,2
Duração	N	NW	NW	N	S	N	NW	W	N	S	SW	W

N=Norte, NE=Nordeste, NW=Noroeste, S=Sul, W=Oeste e SW=Sudoeste.

3.2 – Determinação da pressão dinâmica ou de obstrução

A Velocidade característica V_k : é a velocidade usada em projeto, sendo que são considerados os fatores topográficos (S_1), influência da rugosidade(obstáculos no entorno da edificação) e dimensões da edificação (S_2) e o fator de uso da edificação (que considera a vida útil e o tipo de uso). A velocidade característica pode ser expressa como:

$$V_k = V_0 S_1 S_2 S_3$$

Onde:

V_0 : velocidade básica

S_1 : fator topográfico

S_2 : fator de rugosidade e dimensões da edificação

S_3 : fator estatístico

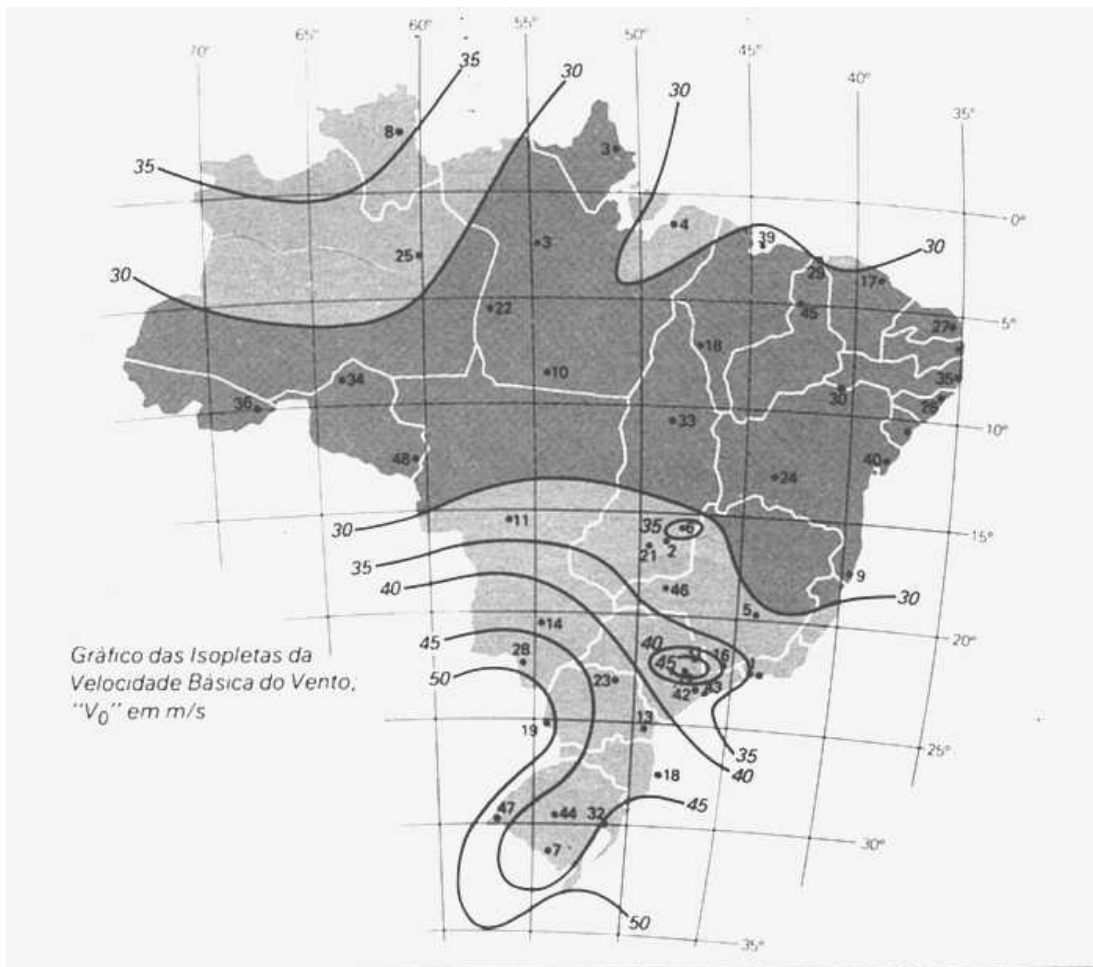
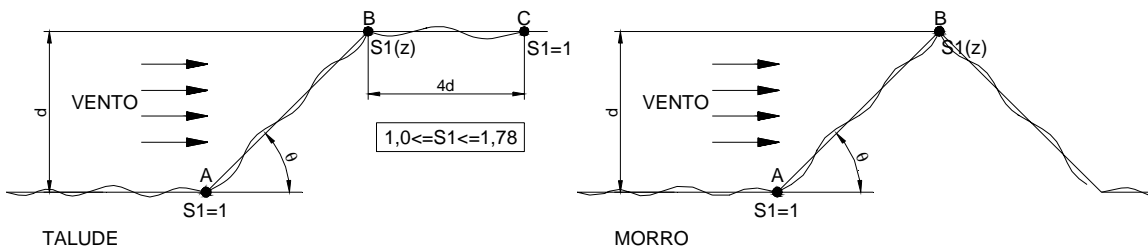


Figura 3.2 – Mapa de isopletas de vento, Velocidade Básica

Os valor do fator S_1 pode tomar os seguintes valores:

- a) Terreno plano ou quase plano : $S_1 = 1,0$
- b) Taludes e morros (veja-se NBR6123/1988)
- c) Vales protegidos : $S_1 = 0,9$



S_2 é determinado definindo uma categoria (rugosidade do terreno) e uma classe de acordo com as dimensões da edificação. As categorias são definidas, de acordo com a NBR6123, na Tab. 3.2.

Tabela 3.2 – Definição de categorias para determinação do coeficiente S_2

Definição de categorias de terreno segundo NBR6123/1988	
Categoria	Descrição do ambiente
I	mar calmo, lagos, rios, pântanos
II	campos de aviação, fazendas
III	casas de campo, fazendas com muros, subúrbios, com altura média dos obstáculos de 3,0m
IV	idades pequenas, subúrbios densamente construídos, áreas industriais desenvolvidas, com muros, subúrbios, com altura média dos obstáculos de 10,0m
V	florestas com árvores altas, centros de grandes cidades, com altura média igual ou superior a 25,0m

As classes definem-se através das dimensões da edificação de acordo com a Tab. 3.3.

Tabela 3.3 – definição de classes de edificação para determinação de S_2

Classe	Descrição
A	Maior dimensão da superfície frontal menor ou igual a 20 metros
B	Maior dimensão da superfície frontal entre 20 e 50 metros
C	Maior dimensão da superfície frontal que 50 metros

O cálculo de S_2 é expresso por

$$S_2 = b \cdot Fr \cdot (z/10)^p$$

onde z é a altura total da edificação (no caso, a cumeeira) e os parâmetros b , Fr e p são obtidos da Tab. 3.4.

Tabela 3.4 – Parâmetros meteorológicos (NBR6123)

Categoria	z_g	Parâmetros	Classes		
	(m)		A	B	C
I	250	b	1,10	1,11	1,12
		p	0,06	0,065	0,07
II	300	b	1,00	1,00	1,00
		Fr	1,00	0,98	0,95
		p	0,085	0,09	0,10
III	350	b	0,94	0,94	0,93
		p	0,10	0,105	0,115
IV	420	b	0,86	0,85	0,84
		p	0,12	0,125	0,135
V	500	b	0,74	0,73	0,71
		p	0,15	0,16	0,175

O fator estatístico S_3 é definido dependendo do uso da edificação, e normalmente especificando a vida útil da mesma para 50 anos. Os valores mínimos que podem ser adotados estão definidos na Tab. 3.5.

Tabela 3.5 – valores mínimos para o coeficiente 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, 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

A pressão dinâmica ou de obstrução do vento, em condições normais de pressão (1 Atm = 101320MPa) e temperatura a 15⁰, é dada pela expressão:

$$q = 0,613V_k^2 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

3.3 – Determinação das forças estáticas devidas ao vento

A força devido ao vento depende da diferença de pressão nas faces opostas da parte da edificação em estudo (coeficientes aerodinâmicos). A NBR6123 permite calcular as forças a partir de coeficientes de pressão ou coeficientes de força. Os coeficientes de forma têm valores definidos para diferentes tipos de construção na NBR6123, que foram obtidos através de estudos experimentais em túneis de vento. A força devida ao vento através dos coeficientes de forma pode ser expressa por:

$$F = (C_{pe} - C_{pi}) q A$$

Onde C_{pe} e C_{pi} são os coeficientes de pressão de acordo com as dimensões geométricas da edificação, q é a pressão dinâmica obtida de acordo com o item 3.2 e A a área frontal ou perpendicular a atuação do vento. Valores positivos dos coeficientes de forma ou pressão externo ou interno correspondem a sobrepções, e valores negativos correspondem a suções.

A força global do vento sobre uma edificação ou parte dela (F_g) é obtida pela soma vetorial das forças que aí atuam. A força global na direção do vento (F_a), é expressa por:

$$F_a = C_a q A_e$$

onde

C_a = coeficiente de arrasto (coeficiente de força)

A_e = área frontal efetiva

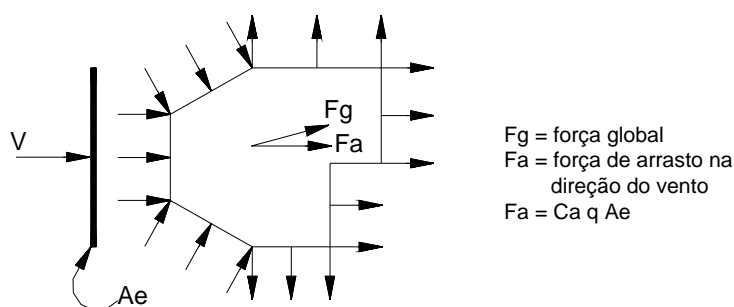


Figura 3.3 – descrição da força devida ao vento numa superfície

A NBR 6123 apresenta valores dos coeficientes de pressão e forma, externos e internos, para diversos tipos de edificação. Zonas com altas sucções aparecem junto às arestas de paredes e de telhados. Coeficientes de pressão e forma são apresentados nas tabelas 3.6 e 3.7 para edifícios de planta retangular e telhados a duas águas.

3.4 – Coeficientes de Pressão e Forma Aerodinâmicos

Ao incidir sobre uma edificação, o vento, devido a sua natureza, provoca pressões ou sucções. Essas sobrepressões ou sucções são apresentadas em forma de tabelas na NBR6123, assim como em normas estrangeiras, e dependem exclusivamente da forma e da proporção da construção e da localização das aberturas. Um exemplo simples seria aquele do vento atingindo perpendicularmente um a placa plana, veja-se Fig. 3.4, na qual a face de barlavento, o coeficiente de pressão na zona central chega a +1,0, decrescendo para as bordas, e é constante e igual a 0,5 na face a sotavento; assim sendo, esta placa estaria sujeita a uma pressão total, na zona central, de $C_p = 1,0 - (-0,5) = 1,5$.

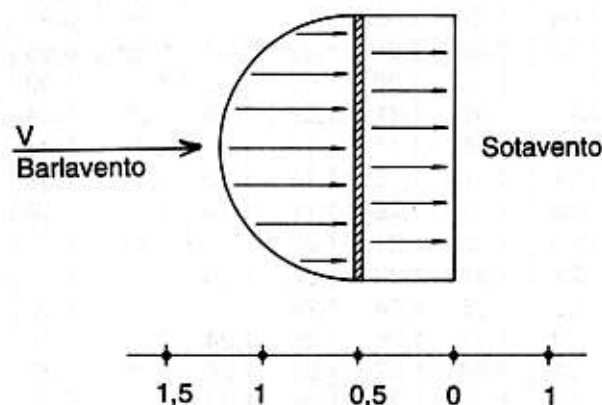


Figura 3.4 – Placa plana sujeita a vento perpendicular

Os coeficientes de pressão externa têm valores definidos para paredes para prédios com base retangular, telhados a uma ou duas águas com base retangular, telhados em arco com base retangular e outros. Para edificações que não constam na NBR6123, ou não podem ser extrapoladas a partir dos dados nela expressa, recomenda-se que sejam realizados ensaios em túnel de vento para determinar os valores de coeficientes de pressão externos.

Toda edificação tem aberturas, sua localização e tamanho determinam os coeficientes de pressão interna à edificação. A NBR6123, no seu anexo D, apresenta os detalhes necessários para determinação do coeficiente de pressão interna. Se a edificação for totalmente impermeável ao ar, a pressão no interior da mesma será invariável no tempo e independente da velocidade da corrente de ar externa. Portanto o coeficiente de pressão interna depende da permeabilidade da edificação, o índice de permeabilidade de uma parte da edificação é definido pela relação entre a área das aberturas e a área total desta parte. São considerados impermeáveis os seguintes elementos construtivos e vedações: lajes e cortinas de concreto armado ou protendido, paredes de alvenaria, de pedra, tijolos, de blocos de concreto e afins, sem portas, janelas ou quaisquer outras aberturas. Os demais elementos construtivos são considerados permeáveis. A permeabilidade deve-se à presença de aberturas tais como: juntas entre painéis de vedação e entre telhas, frestas em portas e janelas, ventilações em telha e telhados, vão abertos de portas e janelas, chaminés, lanternins, etc.

A própria NBR6123 apresenta para edificações com paredes internas permeáveis, valores que podem ser adotados para o coeficiente de pressão interna:

(a) duas faces opostas igualmente permeáveis; as outras duas 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, deve-se considerar o valor mais nocivo.

Nenhuma das faces poderá ter índice de permeabilidade maior que 30%, para poder usar as considerações acima expostas.

Coeficiente de arrasto C_a

Usado principalmente na avaliação da força global na estrutura, sendo determinado conforme item 6.3 da NBR6123 e pode variar de:

$$0,7 \leq C_a \leq 2,2, \text{ dependendo da forma da edificação.}$$

A força de arrasto é dada por:

$$F_a = C_a q A_o ,$$

onde: A_o = área de referência.

Coeficiente de atrito C_f

Em determinadas obras deve ser considerada a força de atrito representada por:

$$F' = C_f A q, \text{ onde } 0,01 \leq C_f \leq 0,04$$

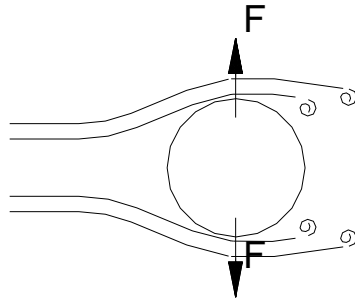
Esta força é usada para edificações com $l/h > 4$ ou $l1/l2 > 4$, sendo definida no item 6.4 d NB6123.

3.5 – Efeitos Dinâmicos e Edificações Esbeltas e Flexíveis

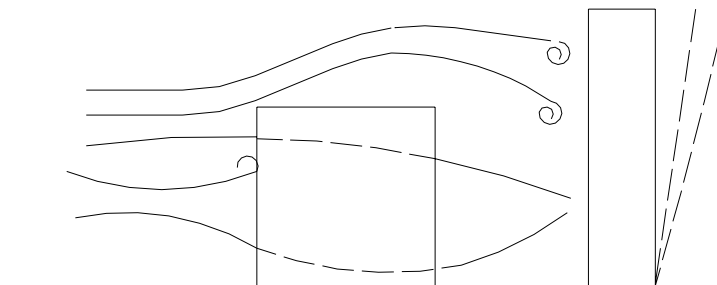
Os efeitos do vento são de carácter dinâmico, porém na maioria das construções esses efeitos podem ser substituídos por ações estáticas equivalentes. Em edificações esbeltas e flexíveis, principalmente aquelas com baixas frequências naturais de vibração

($f < 1,0$ Hz), os efeitos dinâmicos devem ser considerados. A seguir apresentam-se de maneira sucinta alguns dos possíveis efeitos dinâmicos devidos ao vento.

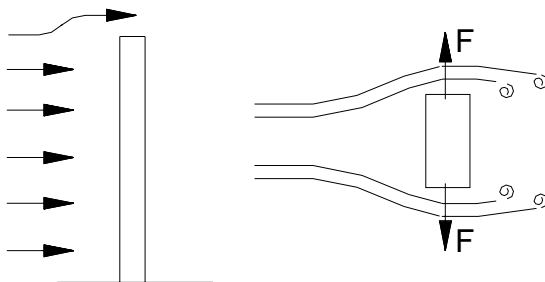
Desprendimento de vórtices



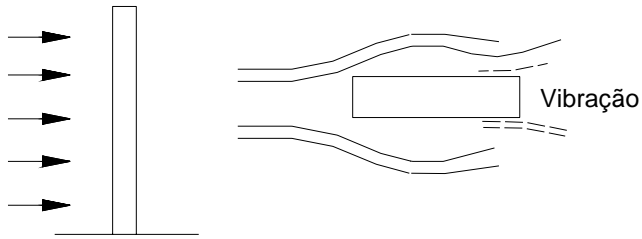
Efeitos de Golpe



Galope : movimento da edificação e forma. Maiores que os dos vórtices.



Drapejamento : acoplamento de vibrações em diferentes graus de liberdade. Ocorre em estruturas esbeltas (seção alongada).



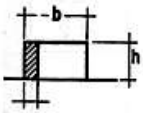
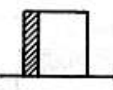
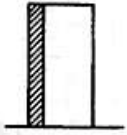
Maiores detalhes sobre as ações dinâmicas devidas ao vento, recomenda-se o livro:

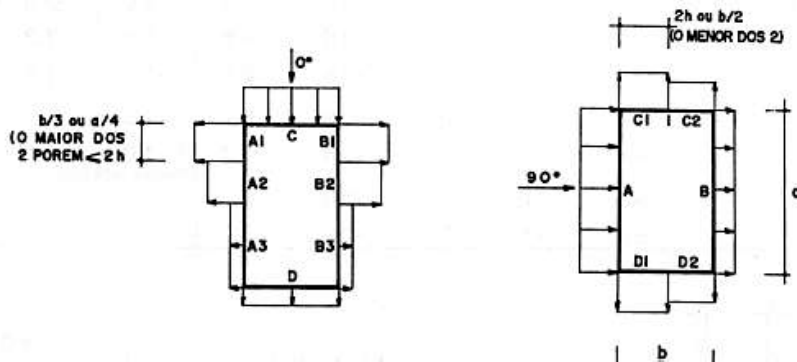
Blessmann, Joaquim, *Introdução ao Estudo das Ações Dinâmicas do Vento*. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, 1998

NOTA: *Existe um programa para cálculo de vento de uso gratuito para edificações a duas águas que pode ser encontrado no endereço:*

<http://www.ertools.upf.br>

Tabela 3.6 – Coeficientes de pressão e forma, externos, para paredes de edificações de planta retangular

Altura relativa		Valores de C_e para								C_{pe} médio
		$\alpha = 0^\circ$				$\alpha = 90^\circ$				
		A_1 e β_1	A_2 e β_2	C	D	A	B	C_1 e D_1	C_2 e D_2	
 $0,2b$ ou h (o menor dos 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.

a) Para vento a 0° , nas partes A_3 e B_3 o coeficiente de forma C_e tem os seguintes valores:

Para $a/b = 1$: o mesmo valor das partes A_2 e B_2





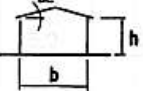
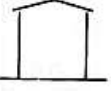

Para $a/b \Rightarrow 2$: $C_e = -0,2$

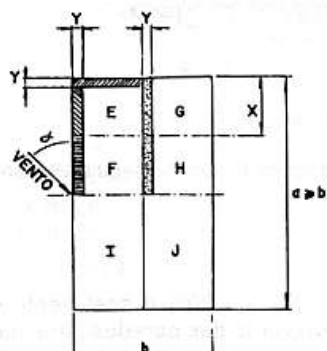
Para $1 < a/b < 2$: interpolar linearmente.

b) Para cada uma das duas incidências do vento (0° e 90°) o coeficiente de pressão médio externo, C_{pe} médio, é aplicado à parte de barlavento das paredes paralelas ao vento, em uma distância igual a $0,2B$ ou H , considerando-se o menor destes dois valores.

c) Para determinar o coeficiente de arrasto, C_a , deve ser usado o gráfico da Fig. XX (vento de baixa turbulência) ou da Fig. XX (vento de alta turbulência).

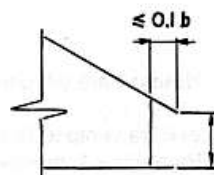
Tabela 3.7 – Coeficientes de pressão e forma, externos, para telhados com duas águas, simétricos, em edificações de planta retangular

Altura relativa	Graus	C_e				C_{pe} médio			
		$\alpha = 90^\circ$		$\alpha = 0^\circ$					
		EF	GH	EG	FH				
$\frac{h}{b} \leq \frac{1}{2}$ 	0	-0,8	-0,4	-0,8	-0,4	-2,0	-2,0	-2,0	-
	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
	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	
$\frac{1}{2} < \frac{h}{b} \leq \frac{3}{2}$ 	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	-1,0
	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					
$\frac{3}{2} < \frac{h}{b} \leq 6$ 	0	-0,7	-0,6	-0,9	-0,7	-2,0	-2,0	-2,0	-
	5	-0,7	-0,6	-0,8	-0,8	-2,0	-2,0	-1,5	-1,0
	10	-0,7	-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	+2,0	-0,5	-0,8	-0,7					
60	+0,5	-0,5	-0,8	-0,7					



$x = b/3$ ou $a/4$
tomar o maior dos 2,
porém $\leq 2h$

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



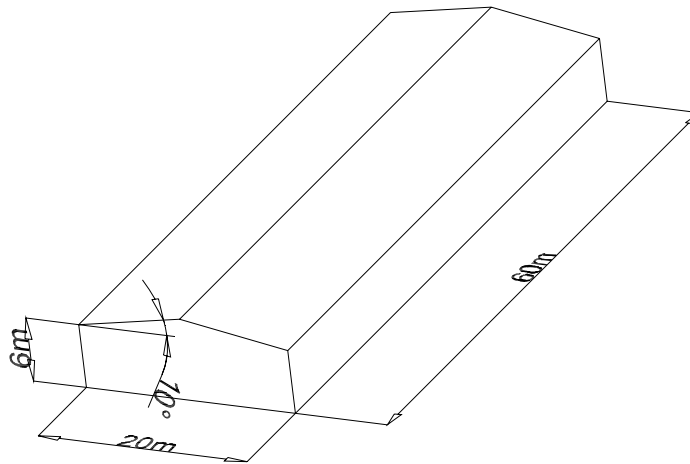
DETALHE I

Notas:

- O coeficiente de forma C_e na face inferior do beiral é igual ao da parede correspondente.
- Nas zonas em torno de partes de edificações salientes (chaminés, reservatórios, etc.) ao telhado deve ser considerado um coeficiente de forma de $C_e = 1,2$, até uma distância igual a metade da dimensão da diagonal da saliência vista em planta.
- Na cobertura de lanternins, C_{pe} médio = -2,0
- Para vento a 0° , nas partes I e J o coeficiente de forma C_e tem os seguintes valores:
 $a/b = 1$: mesmo valor das partes F e H;
 $a/b \Rightarrow 2$: $C_e = -0,2$. Interpolarmos linearmente para valores intermediários de a/b .

3.6 – Exemplo A

Determinar os coeficientes de pressão do vento para o galpão mostrado abaixo. O galpão localiza-se em Passo Fundo – RS e é usado como depósito. O tapamento e cobertura é em chapa zincada.



$$\theta = 10^\circ$$

- Considerar: Vento frontal (V1) e lateral (V2).

Solução:

a) Pressão dinâmica do vento

- 1- Velocidade básica V_o

$$V_o = 45 \text{ m/s} \quad - \text{ (Conforme Fig. 1 - NBR 6123)}$$

- 2- Velocidade Característica V_k

$$V_k = S_1 \times S_2 \times S_3 \times V_o$$

- fator topográfico S_1 :

$$S_1 = 1.0 \quad (\text{item 5.2.a - NBR 6123})$$

- fator rugosidade do terreno e dimensões da edificação S_2 :

- rugosidade do terreno: considerando terreno com poucos obstáculos.

Categoria III - (item 5.3.1 – NBR 6123)

- dimensões da edificação: uma das dimensões maior que 50m

Classe C (item 5.3.2 - NBR 6123)

- obtenção do fator S2: pode ser obtido pela fórmula

$S2 = b \times Fr \times (z / 10)^P$, considerando os valores da Tabela 1 ou diretamente da Tabela 2, do item 5.3.3 - NBR 6123.

$S2 = b \times Fr \times (z / 10)^P$, onde: z= altura da edificação
 $S2 = 0.93 \times 0.95 \times (7.76 / 10)^{0.115} = 0.858$

- fator estatístico S3: S3= 0.95 (edifício com baixo fator de ocupação – depósito Grupo 3 – Tabela 3 NBR 6123)

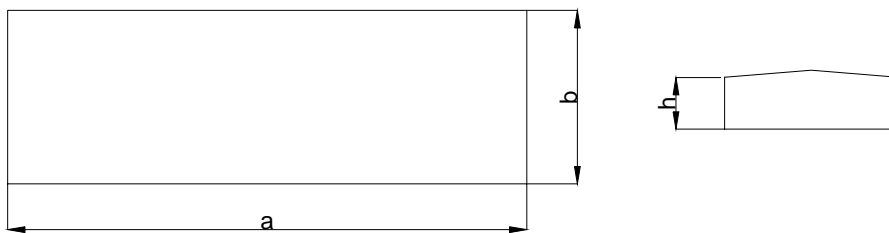
$$V_k = S1 \times S2 \times S3 \times V_0$$
$$V_k = 1.0 \times 0.858 \times 0.95 \times 45 = 36.68 \text{ m/s}$$

3- Pressão dinâmica q:

$$q = 0.613 \times V_k^2$$
$$q = 0.613 \times (36.68)^2$$
$$q = 825 \text{ N/m}^2$$

b) **Coefficientes de pressão e forma, externos, para as paredes laterais e frontais.**

- valores de acordo com Tabela 4 - NBR 6123



$$a = 60 \text{ m}$$
$$b = 20 \text{ m}$$
$$h = 6 \text{ m}$$

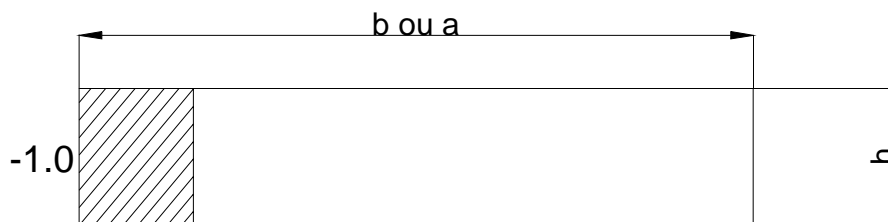
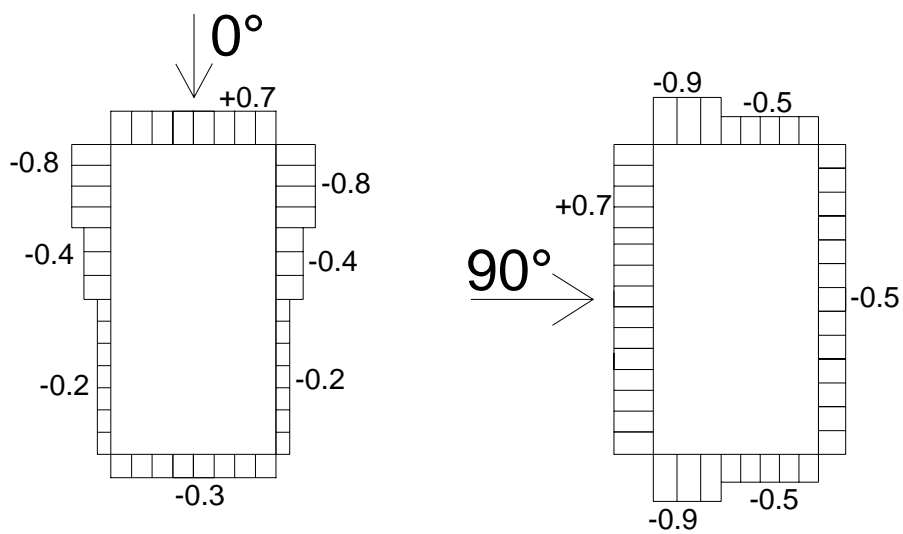
$$h/b = 6/20 = 0.3$$
$$a/b = 60/20 = 3.0$$

$$h/b \leq 1/2 \quad \text{e} \quad 2 < a/b \leq 4$$

(0.3) (3.0)

(0.4)

Valores de C_e								C_{pe} médio
$\alpha = 0^\circ$				$\alpha = 90^\circ$				
A1 e B1	A2 e B2	C	D	A	B	C1 e D1	C2 e D2	
-0.8	-0.4	+0.7	-0.3	+0.7	-0.5	-0.9	-0.5	-1.0



c) Coeficientes de pressão e forma, externos, para a cobertura

- valores de acordo com a Tabela 5 - NBR 6123

$$h/b = 0.3 \quad - \quad h/b \leq 1/2$$

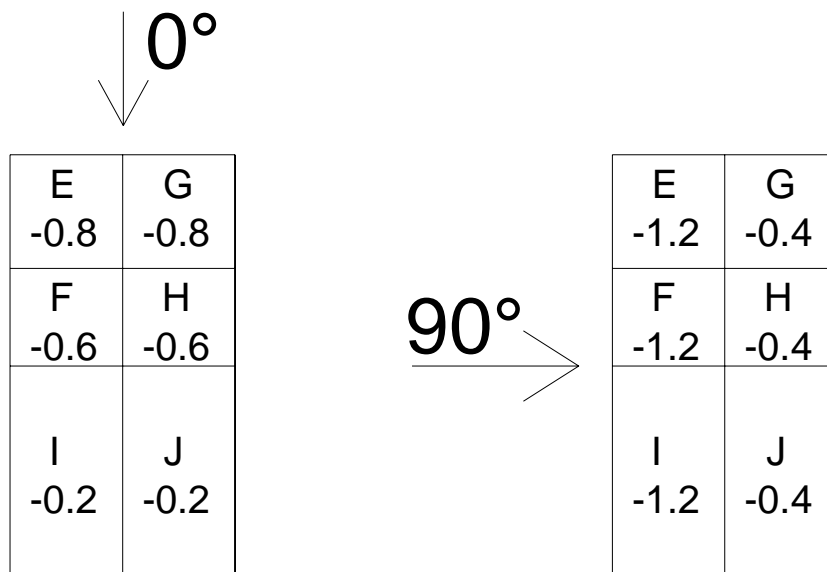
$$\theta = 10^\circ$$

θ	Valores de C_e				$C_{pe_{m\u00e9dio}}$			
	$\alpha = 90^\circ$		$\alpha = 0^\circ$					
	EF	GH	EG	FH				
10°	-1.2	-0.4	-0.8	-0.6	-1.4	-1.4	-	-1.2

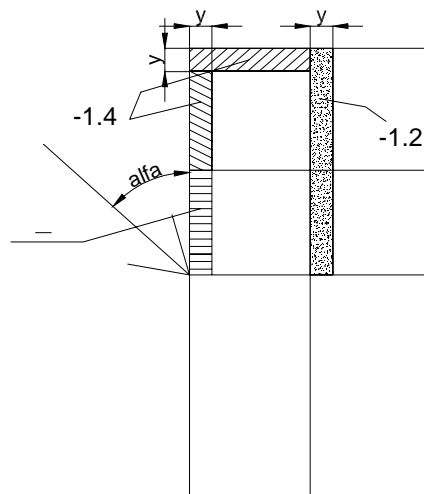
Valores utilizados para c\u00e1lculo da estrutura principal

Valores utilizados para c\u00e1lculo das ter\u00e7as, telhas e ancoragens

C_e :



C_{pe} :

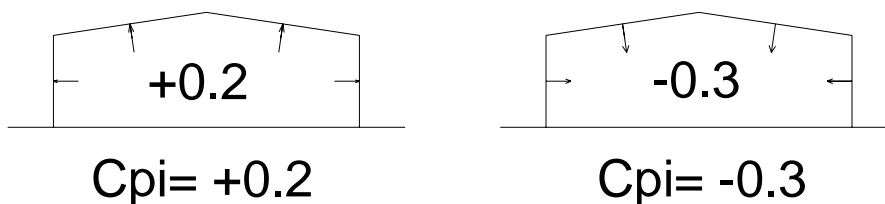


d) Press\u00e3o Interna

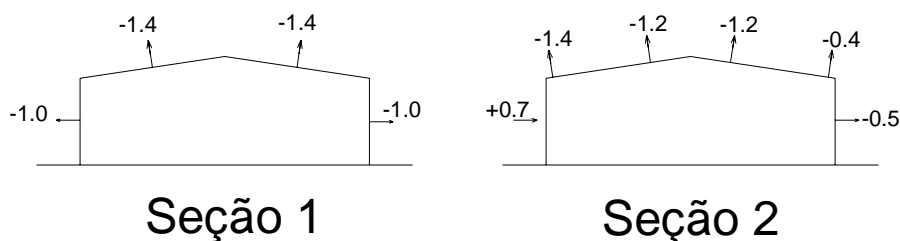
O c\u00e1lculo da press\u00e3o interna \u00e9 feito de acordo com o item 6.2 - NBR 6123.

Para efeito de cálculo deste exemplo, desprezamos a possibilidade de abertura dominante em qualquer face e consideramos conforme o item 6.2.5.a, que é geralmente o mais usado para galpão desde que as aberturas não sejam exageradas, logo:

$$C_{pi} = +0.2 \quad \text{ou} \quad C_{pi} = -0.3 \quad (\text{adotar o mais nocivo})$$

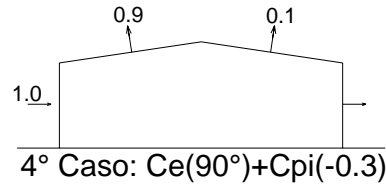
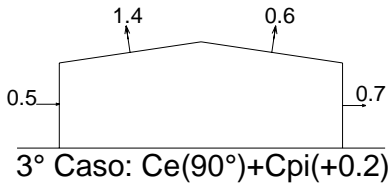
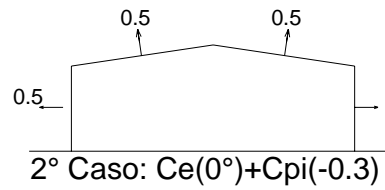
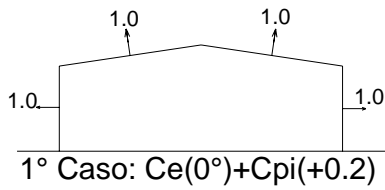


e) Coeficientes de pressão para dimensionamento de terças, telhas e ancoragens.



f) Coeficientes de pressão para estrutura principal (pórticos)

Para o dimensionamento da estrutura principal, adota-se a combinação entre as pressões externas e internas mais crítica.



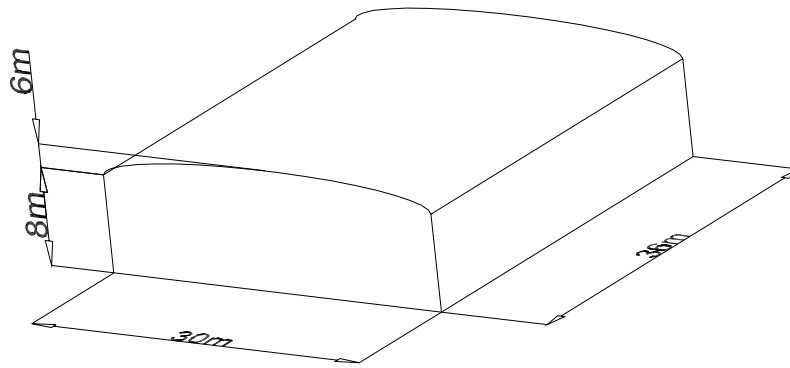
Obs.: Para o cálculo de um pórtico isolado, multiplica-se esses coeficientes pela pressão dinâmica q e pela distância entre os pórticos d .

Carga: Coeficiente $\times q \times d$ [N/m]

Para o contraventamento, adota-se os valores das pressões atuando perpendicularmente aos pórticos, ou seja, neste caso, $\alpha = 0^\circ$.

3.7 - Exemplo B

Determinar os coeficientes de pressão do vento para o prédio abaixo. O prédio localiza-se em Fortaleza – CE e será usado como ginásio poliesportivo. O tapamento será em alvenaria e terá janelas ao longo de toda a parede e a cobertura será em chapa zincada.



Solução:

a) Pressão dinâmica do vento

1- Velocidade básica do vento V_o

$$V_o = 30 \text{ m/s (Fig.1 – NBR6123)}$$

2- Velocidade característica V_k

$$V_k = S_1 \times S_2 \times S_3 \times V_o$$

- fator topográfico S_1 :
 $S_1 = 1,0$
- Fator S_2 :
 $S_2 = b \times Fr \times (z / 10)^p$
 $S_2 = 0,85 \times 0,98 \times (14 / 10)^{0,125}$
 $S_2 = 0,869$
- fator S_3 :
 $S_3 = 1,0$ (edifício com alto fator de ocupação)

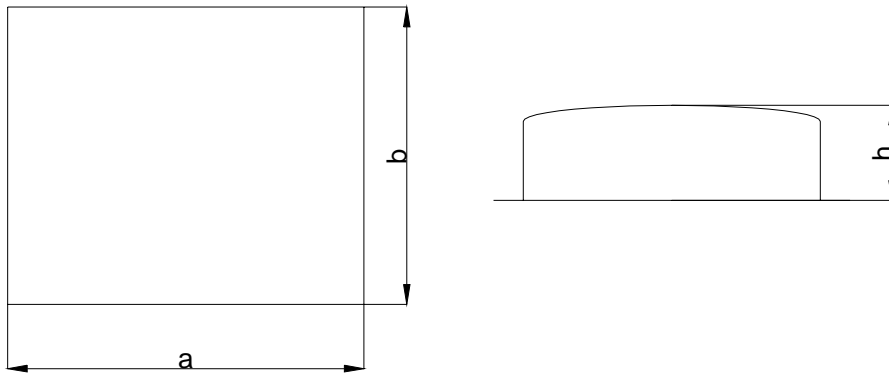
$$V_k = 1.0 \times 0.869 \times 1.0 \times 30 = 26.07 \text{ m/s}$$

3- Pressão dinâmica q

$$q = 0.613 \times V_k^2$$
$$q = 0.613 \times 26.07^2 = 417 \text{ N/m}^2$$

b) Coeficientes de pressão e forma, externos, para as paredes laterais e frontais

- Valores de acordo com a tabela 4 - NBR 6123



$a = 36\text{m}$

$b = 30\text{m}$

$c = 8 + 6 = 14\text{m}$

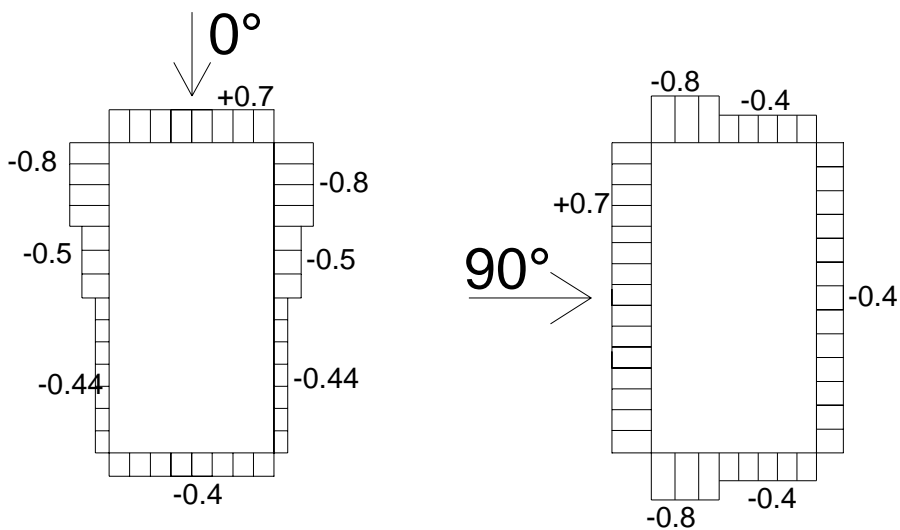
$h/b = 14/30 = 0.47$

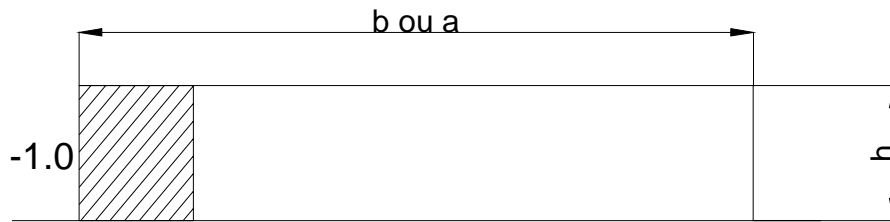
$a/b = 36/30 = 0.1.20$

$h/b < 1/2$

$1 \leq h/b \leq 3/2$

Valores de C_e								C_{pe} médio
$\alpha = 0^\circ$				$\alpha = 90^\circ$				
A1 e B1	A2 e B2	C	D	A	B	C1 e D1	C2 e D2	
-0.8	-0.5	+0.7	-0.4	+0.7	-0.4	-0.8	-0.4	-0.9



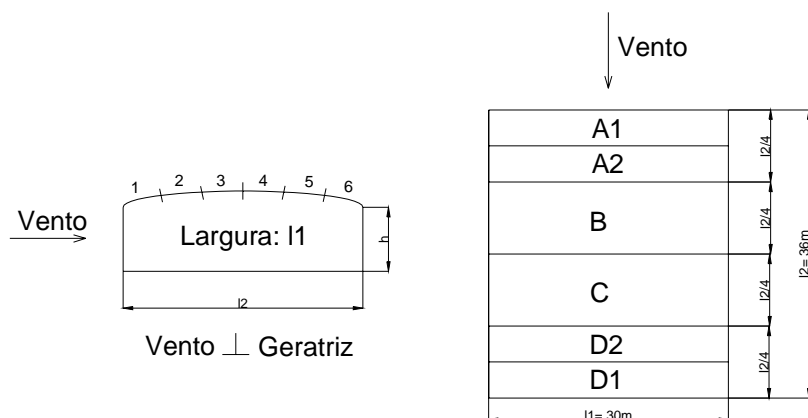


c) Coeficientes aerodinâmico para a cobertura

- Valores de acordo com o anexo E – NBR 6123

$$f / l^2 = 6 / 30 = 0,2 \text{ (1/5)} \quad h / l^2 = 8 / 30 = 0,267 \text{ (1/3,75)} \approx (1/4)$$

C _{pe}											
Vento ⊥ Geratriz						Vento // Geratriz				Vento Oblíquo	
1	2	3	4	5	6	A1+A2	B	C	D1+D2	A1	A2
-0,9	-0,6	-0,8	-0,8	-0,4	-0,2	-0,8	-0,6	-0,3	-0,2	-1,8	-1,8



$$l_2/4 = 36/4 = 9\text{m}$$

$$0.1 \times l_1 = 0.1 \times 30 = 3\text{m}$$

Vento // Geratriz

d) Pressão interna (item 6.2 – NBR 6123)

- Considerado conforme item 6.2.5.a

$C_{pi} = +0.2$ ou -0.3

e) Coeficientes de pressão para dimensionamento dos arcos

