

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO**  
**CENTRO TECNOLÓGICO**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**WENDEL SCARDUA**

**DESENVOLVIMENTO DE PROGRAMA PARA  
CÁLCULO DE AÇÕES DE VENTO EM GALPÃO**

**VITÓRIA**  
**2022**

**WENDEL SCARDUA**

# **DESENVOLVIMENTO DE PROGRAMA PARA CÁLCULO DE AÇÕES DE VENTO EM GALPÃO**

Projeto de Graduação apresentado ao departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, como requisito para obtenção do grau de bacharel em engenharia civil.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Silveira Camargo.

**VITÓRIA**

**2022**

## RESUMO

Este trabalho estuda a determinação de ações de vento atuantes em um galpão, de acordo com os procedimentos da norma brasileira ABNT NBR 6123:1988. Para este estudo, foi desenvolvido um programa utilizando o software Wolfram Mathematica (Wolfram Language), que calcula os coeficientes de pressão devido ao vento, calcula a carga resultante nas paredes e as ações resultantes no pórtico (foi desenvolvido um modelo padrão de pórtico para este estudo), de acordo com dados informados pelo usuário. O programa desenvolvido foi validado por softwares conhecidos no mercado e no meio acadêmico (TQS e VisualVentos), apresentando resultados satisfatórios e confirmando a confiabilidade de seus resultados.

**Palavras-chave:** Vento, galpão, Mathematica.

## **ABSTRACT**

This work studies the determination of wind loads acting on sheds, according to the procedures of the ABNT NBR 6123:1988 Brazilian standard. For this study, a program was developed using the software Wolfram Mathematica (Wolfram Language), that calculates the pressure coefficients due to wind, calculates the resulting load in the walls and the resulting loads in the frame (a standard frame model was developed for this study), according to data provided by the user. The developed program was validated by known software in the market and in academia (TQS and VisualVentos), presenting satisfactory results and confirming the reliability of its results.

**Keywords:** Wind, shed, Mathematica.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Isopletas da velocidade básica (m/s) .....	4
Figura 2: Fator Topográfico $S1(z)$ .....	5
Figura 3: Visualização do código do software .....	16
Figura 4: Visualização do código do software junto com o resultado .....	17
Figura 5: Visualização do resultado do software com código ocultado.....	17
Figura 6: Cálculo da pressão dinâmica do vento.....	19
Figura 7: Cálculo dos coeficientes de pressão do vento atuando a $0^\circ$ e $90^\circ$ .....	21
Figura 8: Exibição das cargas finais atuantes no pórtico (em kN/m nas paredes e kN na cobertura) .....	23
Figura 9: Definição da geometria do galpão no VisualVentos .....	24
Figura 10: Definição da geometria do galpão no programa desenvolvido .....	25
Figura 11: Definição do fator topográfico no VisualVentos.....	25
Figura 12: Definição do fator de rugosidade no VisualVentos.....	26
Figura 13: Definição do fator estatístico no VisualVentos .....	27
Figura 14: Definição da velocidade básica do vento no TQS .....	27
Figura 15: Cálculo da pressão dinâmica e da velocidade básica do vento, calculado pelo programa desenvolvido.....	28
Figura 16: Definição da velocidade básica do vento no VisualVentos.....	28
Figura 17: Cálculo dos coeficientes de pressão externo nas paredes calculado pelo VisualVentos.....	29
Figura 18: Cálculo dos coeficientes de pressão externo na cobertura calculado pelo VisualVentos.....	29
Figura 19: Cálculo dos coeficientes de pressão externo para vento a $0^\circ$ nas paredes calculado no programa desenvolvido.....	30
Figura 20: Cálculo dos coeficientes de pressão externo para vento a $90^\circ$ (ou $-90^\circ$ ) nas paredes calculado no programa desenvolvido .....	30
Figura 21: Definição dos coeficientes de pressão interna no VisualVentos.....	31
Figura 22: Casos de combinações de coeficientes de pressão exibido no VisualVentos ..	31
Figura 23: Esforços resultantes exibido no VisualVentos.....	32
Figura 24: Esforços resultantes (vento a $0^\circ$ , pórtico 2, $C_{pi} = 0$ ) exibido no programa desenvolvido.....	32
Figura 25: Esforços resultantes (vento a $0^\circ$ , pórtico 2, $C_{pi} = -0,3$ ) exibido no programa desenvolvido.....	33
Figura 26: Esforços resultantes (vento a $90^\circ$ , pórtico 2, $C_{pi} = 0$ ) exibido no programa desenvolvido.....	33
Figura 27: Esforços resultantes (vento a $90^\circ$ , pórtico 2, $C_{pi} = -0,3$ ) exibido no programa desenvolvido.....	34
Figura 28: Esforços resultantes (vento a $-90^\circ$ , pórtico 2, $C_{pi} = 0$ ) exibido no programa desenvolvido.....	34
Figura 29: Esforços resultantes (vento a $-90^\circ$ , pórtico 2, $C_{pi} = -0,3$ ) exibido no programa desenvolvido.....	35
Figura 30: Esforços resultantes (vento a $0^\circ$ , pórtico 1, $C_{pi} = 0$ ) exibido no programa desenvolvido.....	37
Figura 31: Esforços resultantes (vento a $0^\circ$ , pórtico 1, $C_{pi} = -0,3$ ) exibido no programa desenvolvido.....	37
Figura 32: Exemplo de interpolação para cálculo de coeficientes de pressão.....	44

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Parâmetros meteorológicos .....	7
Tabela 2: Fator $S_2$ .....	8
Tabela 3: Coeficientes de pressão e de forma externos ( $C_e$ ) para paredes de edificações de planta retangular .....	11
Tabela 4: Coeficientes de pressão e de forma externos ( $C_e$ ) para telhados com duas águas, simétricos, de edificações de planta retangular .....	13
Tabela 5: Coeficientes de pressão e de forma externos ( $C_e$ ) para telhados com uma água, em edificações de planta retangular, com $h/b < 2$ .....	14
Tabela 6: Dados dos galpões .....	38
Tabela 7: Velocidade básica do vento e coeficientes de pressão dinâmica do vento nos galpões.....	39
Tabela 8: Áreas de atuação dos coeficientes de pressão externa .....	39
Tabela 9: Coeficientes de pressão externos para vento a $0^\circ$ .....	39
Tabela 10: Coeficientes de pressão externos para vento a $90^\circ$ .....	39
Tabela 11: Cargas resultantes para o vento a $0^\circ$ - Pórtico 1 .....	40
Tabela 12: Cargas resultantes para o vento a $0^\circ$ - Pórtico 2 .....	40
Tabela 13: Cargas resultantes para o vento a $90^\circ$ - Pórtico 2 .....	40
Tabela 14: Coeficientes de pressão externos para o vento a $0^\circ$ .....	41
Tabela 15: Coeficientes de pressão externos para o vento a $90^\circ$ .....	41
Tabela 16: Cargas resultantes para o vento a $0^\circ$ - Pórtico 1 .....	41
Tabela 17: Cargas resultantes para o vento a $0^\circ$ - Pórtico 2 .....	41
Tabela 18: Cargas resultantes para o vento a $90^\circ$ - Pórtico 2 .....	41
Tabela 19: Diferença nos coeficientes de pressão externos para o vento a $0^\circ$ .....	42
Tabela 20: Diferença nos coeficientes de pressão externos para o vento a $90^\circ$ .....	42
Tabela 21: Diferença nas cargas resultantes para o vento a $0^\circ$ - Pórtico 1 .....	42
Tabela 22: Diferença nas cargas resultantes para o vento a $0^\circ$ - Pórtico 2 .....	42
Tabela 23: Diferença nas cargas resultantes para o vento a $90^\circ$ - Pórtico 2 .....	42
Tabela 24: Exemplos adicionais – Geometria dos galpões .....	43
Tabela 25: Exemplos adicionais – Coeficientes de pressão nas paredes centrais (paredes A2 e B2), para vento a $0^\circ$ .....	43
Tabela 26: Exemplos adicionais – Coeficientes de pressão nas paredes dos fundos (parede B), para vento a $90^\circ$ .....	43

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	Objetivo geral .....	2
1.2	Objetivos específicos.....	2
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1	Velocidade característica do vento .....	3
2.1.1	Velocidade básica do vento.....	3
2.1.2	Fator topográfico (S1) .....	4
2.1.3	Rugosidade do terreno, dimensões da edificação e altura sobre o terreno (S2) .....	5
2.1.4	Fator estatístico (S3) .....	8
2.2	Pressão dinâmica do vento.....	9
2.3	Coeficientes de pressão e de forma .....	9
2.3.1	Coeficientes de pressão interna.....	9
2.3.2	Coeficientes de pressão e de forma externos .....	10
2.3.3	Determinação das forças estáticas devido ao vento .....	15
3	FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA DESENVOLVIDO .....	16
3.1	Definição do galpão.....	18
3.2	Pressão dinâmica do vento.....	19
3.3	Coeficientes de pressão .....	20
3.4	Criar pórtico.....	22
4	VALIDAÇÃO DO PROGRAMA .....	23
4.1	Exemplo comentado .....	24
4.2	Outros exemplos .....	38
4.2.1	Dados dos Galpões .....	38
4.2.2	Resultados do VisualVentos .....	39
4.2.3	Resultados do programa desenvolvido.....	40
4.2.4	Comparação dos resultados .....	42
4.2.5	Análise dos resultados.....	43
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	45
5.1	Conclusões.....	45
5.2	Sugestões de trabalhos futuros .....	45
	REFERÊNCIAS .....	46
	APÊNDICE A – CAPTURAS DE TELA DOS EXEMPLOS .....	47
	A.1 Galpão 1 .....	47
	A.2 Galpão 2 .....	58
	A.3 Galpão 3 .....	67
	A.4 Galpão 4 .....	74
	A.5 Galpão 5 .....	82

# 1 INTRODUÇÃO

Toda edificação precisa ser projetada de forma que garanta segurança e comportamento adequado. A segurança está relacionada à integridade da edificação (o empreendimento não pode colapsar), enquanto o comportamento adequado está relacionado à utilização (a edificação não pode vibrar muito, nem sofrer grandes deformações), geralmente associado ao conforto de quem utiliza a edificação.

O engenheiro civil é responsável por projetar edificações que atendam a esses requisitos. Uma parte extremamente importante do trabalho é o levantamento de cargas atuantes na edificação.

Em uma edificação comum, costumam atuar cargas gravitacionais (peso próprio dos elementos da estrutura, alvenarias, revestimentos etc.) e vento, apesar de haver diversas cargas especiais para projetos e locais específicos (movimentações sísmicas, cargas móveis, entre outras).

As cargas gravitacionais costumam ser fáceis de se obter. Geralmente, só é necessário saber o peso próprio dos materiais utilizados na edificação. A norma ABNT NBR 6120:2020 orienta o engenheiro na obtenção de cargas gravitacionais.

O vento, por outro lado, depende de diversos fatores para se definir um valor, como a localização, o tipo de edificação, a direção do vento, e a própria geometria da edificação. Ou seja, cada empreendimento terá seu valor de carga de vento atuante, exigindo que o engenheiro faça esse cálculo para cada projeto. A norma que define os procedimentos para obtenção de esforços de vento é a ABNT NBR 6123:1988.

Atualmente, existem diversas ferramentas computacionais que auxiliam na obtenção desses esforços, dando mais produtividade aos engenheiros no desenvolvimento de seus projetos.

Este trabalho tem como objetivo desenvolver um programa de cálculo de ações de vento atuantes em um galpão, utilizando os coeficientes de forma da NBR 6123:1988.

Inicialmente será apresentada uma revisão bibliográfica da NBR 6123:1988, para em seguida mostrar o programa desenvolvido e a validação dos resultados do programa, comparando com softwares de mercado e educacionais, além de cálculos manuais com auxílio de planilhas eletrônicas.

### **1.1 Objetivo geral**

Desenvolver um programa utilizando o Wolfram Mathematica para determinação de ações de vento em um galpão de acordo com os procedimentos da norma ABNT NBR 6123:1988.

### **1.2 Objetivos específicos**

- Realizar uma revisão bibliográfica sobre o tema de obtenção e determinação de esforços devido ao vento em edificações;
- Criar maneiras interativas de realizar as etapas de cálculo de cargas de vento por meio de um programa;
- Validar os cálculos obtidos pelo programa.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O fundamento teórico deste trabalho é a norma brasileira ABNT NBR 6123:1988. É a partir dela será desenvolvido o programa para cálculo de ações de vento em galpão metálico.

Portanto, antes de apresentar o programa desenvolvido, será feita uma revisão bibliográfica na NBR 6123:1988, explicando conceitos importantes e apresentando os métodos de cálculo para obtenção dos coeficientes de pressão e cargas de vento.

### 2.1 Velocidade característica do vento

A *velocidade característica do vento* ( $V_k$ ) é determinada a partir da velocidade básica do vento e de três fatores ( $S_1$ ,  $S_2$  e  $S_3$ ), que levam em consideração a topografia do terreno, dimensões da edificação e da vizinhança e dados estatísticos. Sua obtenção se dá pela fórmula 1:

$$V_k = V_0 S_1 S_2 S_3 \quad (1)$$

#### 2.1.1 Velocidade básica do vento

Segundo a NBR 6123:1988, a velocidade básica do vento ( $V_0$ ) é a velocidade de uma rajada de 3 segundos, excedida em média uma vez em 50 anos, a 10 metros acima do terreno, em campo aberto e plano.

Seu valor é obtido a partir do gráfico das isopletas da velocidade básica no Brasil, disponível na NBR 6123:1988 (Figura 1).

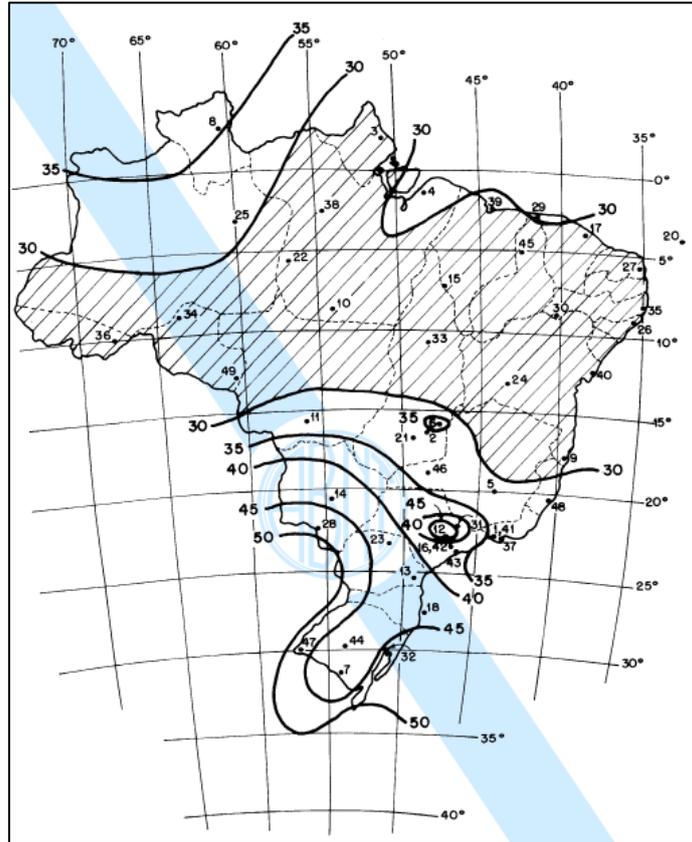


Figura 1: Isopletas da velocidade básica (m/s). Fonte: NBR 6123:1988.

### 2.1.2 Fator topográfico ( $S_1$ )

O fator topográfico leva em consideração as variações do relevo do terreno, como presença de morros e taludes.

Determinação do fator  $S_1$ :

- a) Terreno plano ou fracamente acidentado:  $S_1 = 1,0$ ;
- b) Taludes e morros (ver Figura 2):
  - i. No ponto A (morros) e nos pontos A e C (taludes):  $S_1 = 1,0$ ;
  - ii. No ponto B:  $S_1$  varia em função da altitude em relação à base da edificação ( $z$ ) e da inclinação do terreno ( $\theta$ ):
    - $\theta \leq 3^\circ$ :  $S_1(z) = 1,0$
    - $6^\circ \leq \theta \leq 17^\circ$ :  $S_1(z) = 1,0 + (2,5 - z/d) \text{tg}(\theta - 3^\circ) \geq 1,0$  (2)
    - $\theta \geq 45^\circ$ :  $S_1(z) = 1,0 + (2,5 - z/d) 0,31 \geq 1,0$  (3)
    - Interpolar linearmente para  $3^\circ \leq \theta \leq 6^\circ$  e  $17^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$

Onde  $d$  é a diferença de nível entre a base e o topo do talude ou morro.

- iii. Entre A e B e entre B e C, o fator  $S_1$  é obtido por interpolação linear;
- c) Vales profundos, protegidos de ventos de qualquer direção:  $S_1 = 0,9$ .

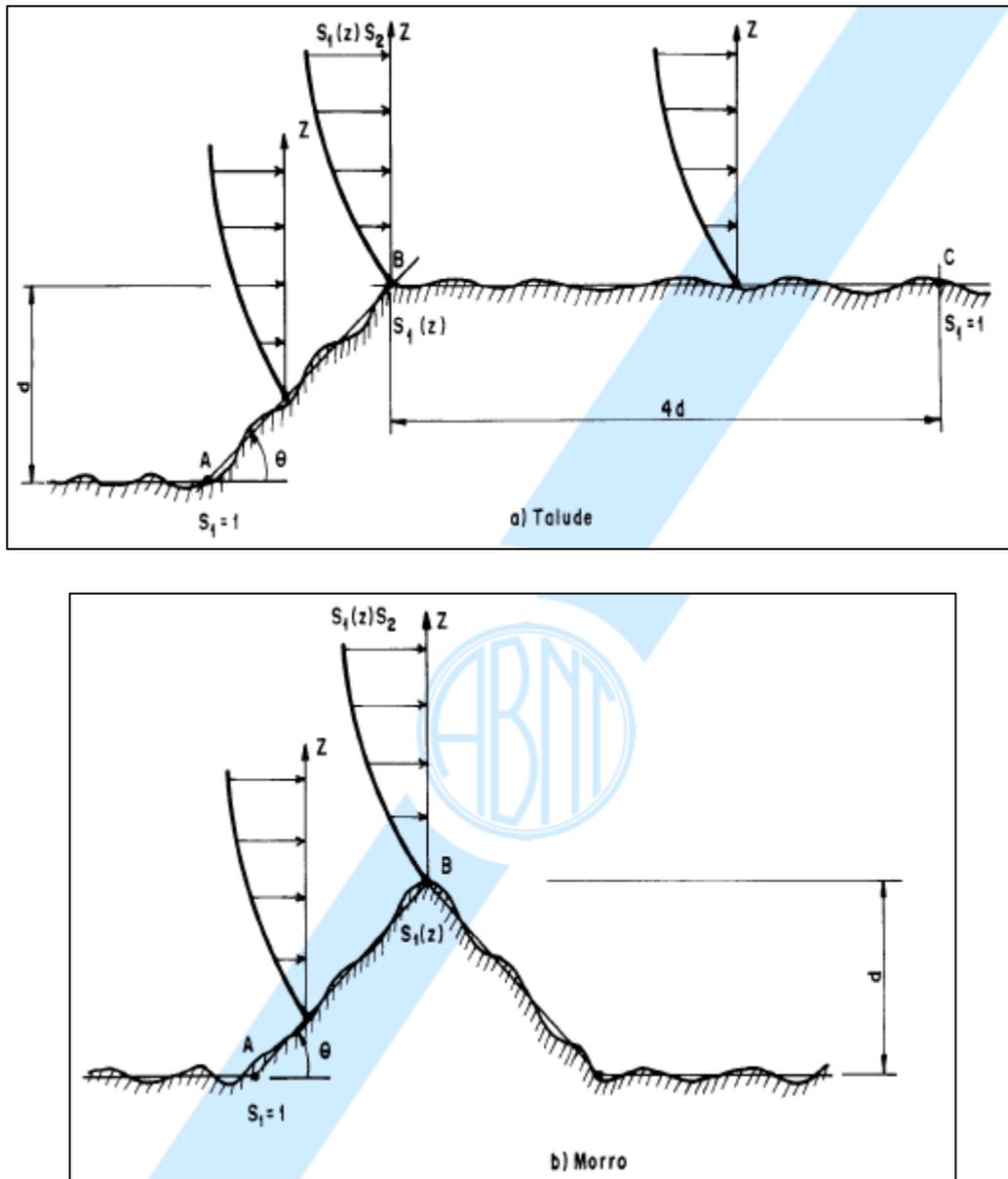


Figura 2: Fator Topográfico  $S_1(z)$ . Fonte: NBR 6123:1988.

### 2.1.3 Rugosidade do terreno, dimensões da edificação e altura sobre o terreno ( $S_2$ )

O fator  $S_2$  considera os efeitos da rugosidade do terreno (presença de edificações vizinhas), da variação da velocidade do vento com a altura acima do terreno e das dimensões da edificação.

A rugosidade do terreno é dividida em 5 categorias:

a) *Categoria I*: Superfícies lisas de grandes dimensões, com mais de 5 km de extensão, medida na direção e sentido do vento incidente. Exemplos: mar calmo; lagos e rios; pântanos sem vegetação.

b) *Categoria II*: Terrenos abertos em nível ou aproximadamente em nível, com poucos obstáculos isolados, como árvores e edificações baixas. Exemplos: zonas costeiras planas; pântanos com vegetação rala; campos de aviação; pradarias e charnecas; fazendas sem sebes (cerca de plantas ou arbustos) ou muros.

A cota média do topo dos obstáculos é de no máximo 1 m.

c) *Categoria III*: Terrenos planos ou ondulados com obstáculos, como sebes e muros, poucos quebra-ventos de árvores, edificações baixas e esparsas. Exemplos: granjas e casas de campo, com exceção das partes com matos; fazendas com sebes e muros; subúrbios a considerável distância do centro, com casas baixas e esparsas.

A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual a 3 m.

d) *Categoria IV*: Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e poucos espaçados, em zona florestal, industrial ou urbanizada. Exemplos: zonas de parques e bosques com muitas árvores; cidades pequenas e seus arredores; subúrbios densamente construídos de grandes cidades; áreas industriais plena ou parcialmente desenvolvidas.

A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual a 10 m, ou obstáculos maiores que ainda não possam ser considerados na categoria V.

e) *Categoria V*: terrenos cobertos por obstáculos numerosos, grandes, altos e poucos espaçados. Exemplos: florestas com árvores altas, de copas isoladas; centros de grandes cidades; complexos industriais bem desenvolvidos.

A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual a 25 m.

Como já foi mencionado, a velocidade básica do vento considera uma rajada de 3 s, cujas dimensões envolvem convenientemente obstáculos de até 20 m na direção do vento. Por isso, as edificações são separadas em três classes, com

intervalos de tempo para cálculo da velocidade média de, respectivamente, 3 s, 5 s e 10 s:

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

Para toda edificação ou parte de edificação para a qual a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal exceda 80 m, o intervalo de tempo correspondente poderá ser determinado de acordo com as indicações do Anexo A da norma NBR 6123:1988 (o anexo não será estudado neste trabalho).

O fator  $S_2$  é calculado a partir da fórmula:

$$S_2 = b F_r \left(\frac{z}{10}\right)^p \quad (4)$$

Onde  $b$ ,  $F_r$  e  $p$  são parâmetros obtidos através da Tabela 1, sendo o fator  $F_r$  sempre correspondente à categoria II.

Categoria	$z_s$ (m)	Parâmetro	Classes		
			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
		$F_r$	1,00	0,98	0,95
III	350	p	0,085	0,09	0,10
		b	0,94	0,94	0,93
IV	420	p	0,10	0,105	0,115
		b	0,86	0,85	0,84
V	500	p	0,12	0,125	0,135
		b	0,74	0,73	0,71
		p	0,15	0,16	0,175

Tabela 1: Parâmetros meteorológicos. Fonte: NBR 6123:1988.

A norma possui também uma tabela onde é possível obter o fator  $S_2$  sem o uso da fórmula, que é a Tabela 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

Tabela 2: Fator  $S_2$ . Fonte: NBR 6123:1988.

### 2.1.4 Fator estatístico ( $S_3$ )

O fator  $S_3$  é definido a partir de conceitos estatísticos e leva em consideração o grau de segurança requerido e a vida útil da edificação. A velocidade básica do vento é definida para um período de recorrência de 50 anos, e a probabilidade de que essa velocidade seja igualada ou excedida neste período é de 63%.

Tais considerações são adequadas para edificações normais (grupo 2). Por isso, deve-se utilizar o fator  $S_3$  para cada grupo diferente de edificação.

- a) *Grupo 1*: Edificações cuja ruína total ou parcial pode afetar a segurança ou a possibilidade de socorro a pessoas após a tempestade destrutiva (hospitais, quartéis de bombeiros e de forças de segurança, centrais de comunicação etc.).  $S_3 = 1,10$ .
- b) *Grupo 2*: Edificações para hotéis e residências. Edificações para comércio e indústria com alto fator de ocupação.  $S_3 = 1,00$ .

- c) *Grupo 3*: Edificações e instalações industriais com baixo fator de ocupação (depósitos, silos, construções rurais etc.).  $S_3 = 0,95$ .
- d) *Grupo 4*: Vedação (telhas, vidros, painéis de vedação etc.).  $S_3 = 0,83$ .
- e) *Grupo 5*: Edificações temporárias. Estruturas dos grupos 1 a 3 durante a construção.  $S_3 = 0,83$ .

## **2.2 Pressão dinâmica do vento**

A partir da velocidade característica do vento, é possível calcular a pressão dinâmica ( $q$ ) a partir da equação:

$$q = 0,613 V_k^2 \quad (5)$$

Com  $q$  em  $N/m^2$  e  $V_k$  em  $m/s$ .

## **2.3 Coeficientes de pressão e de forma**

Uma das formas de se calcular as ações de vento em uma edificação é utilizando os coeficientes de pressão e de forma. Geralmente utilizado para edificações de pequeno porte (para edifícios de grande porte costuma-se utilizar o Coeficiente de Arrasto, que não será estudado neste trabalho), o método define coeficientes de pressão atuantes nas paredes do empreendimento, e a partir desses coeficientes e da pressão dinâmica do vento, obtêm-se as cargas de vento atuantes nas paredes e cobertura, e, por área de influência, esses esforços são transmitidos para a estrutura do galpão.

A força do vento atuante depende da diferença de pressão nas faces opostas da parte da edificação em estudo, e os coeficientes de pressão são dados para superfícies externas e internas, e as superfícies externas são ainda divididas em paredes e coberturas.

### **2.3.1 Coeficientes de pressão interna**

Havendo aberturas na fachada (janelas, portas, aberturas entre paredes e treliças de cobertura metálica, etc), o vento consegue entrar na edificação e gerar pressões internas nas paredes e na cobertura.

Considera-se que as pressões nas paredes internas se anulam. Então, os coeficientes de pressão interna atuam, para efeitos práticos, apenas nas paredes externas.

Para edificações com paredes internas permeáveis, adota-se 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  $0,0$  (considerar o pior caso)
- c) Abertura dominante: os casos que possuem abertura dominante necessitam saber a localização e área das aberturas, e a partir da localização e da proporção das áreas de abertura em cada parede, define-se um valor de  $c_{pi}$ . Porém, esses casos não serão estudados neste trabalho.
- d) Edificações efetivamente estanques:  $c_{pi} = -0,2$  ou  $0,0$  (adotar o pior caso).

### **2.3.2 Coeficientes de pressão e de forma externos**

Na fachada de incidência do vento (parede de barlavento), o vento “empurra” a parede (sobrepessão) gerando vórtices que “puxam” as paredes laterais (sucção), com intensidade maior próximo à parede de barlavento e intensidade menor próximo às paredes de sotavento (parede dos fundos).

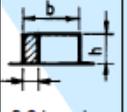
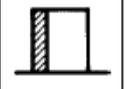
Os coeficientes de pressão são obtidos a partir de tabelas, e seus valores variam em função da geometria da edificação e, no caso da cobertura, do número de águas.

#### *2.3.2.1 Coeficientes de pressão e forma externos em paredes*

O vento exerce pressões diferentes em cada parte da edificação. Por isso, a edificação é dividida em partes com coeficientes de pressão externo individuais, que variam em função das dimensões da edificação e da direção do vento.

A Tabela 3 explica como são calculados os coeficientes de pressão externos em paredes. Os coeficientes de pressão ( $c_{pe}$ ) são usados para definir as cargas de vento atuantes nas paredes e que são transferidas para a estrutura. Os coeficientes de pressão médio ( $c_{pe}$  médio) são utilizados para cálculos de

esforços localizados em elementos não estruturais (algum elemento de fachada, porta de vidro, entre outros), que possuem concentrações de pressão de vento maiores que a parede como um todo, mas a carga de vento resultante não é transferida para a estrutura. O mesmo coeficiente de pressão médio será mostrado também no cálculo de vento na cobertura, utilizado para o mesmo princípio (verificação de elementos na cobertura, como chaminés, exaustor eólico, etc).

Altura relativa		Valores de $C_e$ para								$c_{pe}$ médio 
		$\alpha = 0^\circ$				$\alpha = 90^\circ$				
		$A_1$ e $B_1$	$A_2$ e $B_2$	C	D	A	B	$C_1$ e $D_1$	$C_2$ e $D_2$	
 $1 \leq \frac{a}{b} \leq \frac{3}{2}$ $0,2b$ 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

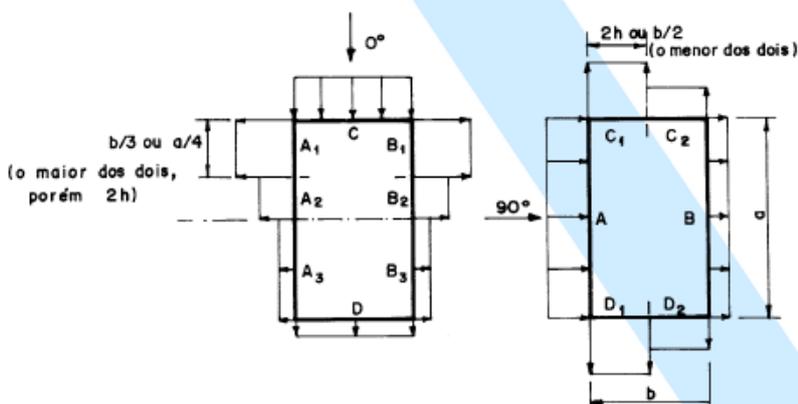


Tabela 3: Coeficientes de pressão e de forma externos ( $C_e$ ) para paredes de edificações de planta retangular. Fonte: NBR 6123:1988.

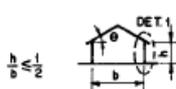
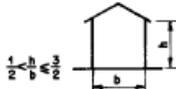
Onde  $\alpha$  é a direção do vento ( $0^\circ$  é o vento incidente na parede de menor dimensão e  $90^\circ$  é o vento incidente na parede de maior dimensão).

Notas:

- Para  $a/b$  entre 1,5 e 2, interpolar linearmente.
- Para vento a  $0^\circ$ , nas partes  $A_3$  e  $B_3$ , o coeficiente de forma  $C_e$  tem os seguintes valores:
  - $a/b = 1$ : mesmo valor das partes  $A_2$  e  $B_2$ ;
  - $a/b \geq 2$ :  $C_e = -0,2$ ;
  - $1 < a/b < 2$ : interpolar linearmente.
- Para cada direção do vento, o coeficiente de pressão médio externo  $c_{pe}$  médio é aplicado à parte de barlavento das paredes paralelas ao vento (região hachurada indicada na Tabela 3).

### 2.3.2.2 Coeficientes de pressão e forma externos em coberturas com 2 águas

Os coeficientes de pressão externo da cobertura são obtidos de forma semelhante às paredes, a partir da Tabela 4.

Altura relativa	$\theta$	Valores de $C_e$ para				$c_{pe}$ médio			
		$\alpha = 90^\circ (A)$		$\alpha = 0^\circ$					
		EF	GH	EG	FH				
 $\frac{h}{b} \geq \frac{1}{2}$	$0^\circ$	-0,8	-0,4	-0,8	-0,4	-2,0	-2,0	-2,0	--
	$5^\circ$	-0,9	-0,4	-0,8	-0,4	-1,4	-1,2	-1,2	-1,0
	$10^\circ$	-1,2	-0,4	-0,8	-0,6	-1,4	-1,4		-1,2
	$15^\circ$	-1,0	-0,4	-0,8	-0,6	-1,4	-1,2		-1,2
	$20^\circ$	-0,4	-0,4	-0,7	-0,6	-1,0			-1,2
	$30^\circ$	0	-0,4	-0,7	-0,6	-0,8			-1,1
	$45^\circ$	+0,3	-0,5	-0,7	-0,6				-1,1
$60^\circ$	+0,7	-0,6	-0,7	-0,6				-1,1	
 $\frac{1}{2} < \frac{h}{b} < \frac{1}{1,5}$	$0^\circ$	-0,8	-0,6	-1,0	-0,6	-2,0	-2,0	-2,0	--
	$5^\circ$	-0,9	-0,6	-0,9	-0,6	-2,0	-2,0	-1,5	-1,0
	$10^\circ$	-1,1	-0,6	-0,8	-0,6	-2,0	-2,0	-1,5	-1,2
	$15^\circ$	-1,0	-0,6	-0,8	-0,6	-1,8	-1,5	-1,5	-1,2
	$20^\circ$	-0,7	-0,5	-0,8	-0,6	-1,5	-1,5	-1,5	-1,0
	$30^\circ$	-0,2	-0,5	-0,8	-0,8	-1,0			-1,0
	$45^\circ$	+0,2	-0,5	-0,8	-0,8				
$60^\circ$	+0,6	-0,5	-0,8	-0,8					
 $\frac{3}{2} < \frac{h}{b} < \frac{5}{6}$	$0^\circ$	-0,8	-0,6	-0,9	-0,7	-2,0	-2,0	-2,0	--
	$5^\circ$	-0,8	-0,6	-0,8	-0,8	-2,0	-2,0	-1,5	-1,0
	$10^\circ$	-0,8	-0,6	-0,8	-0,8	-2,0	-2,0	-1,5	-1,2
	$15^\circ$	-0,8	-0,6	-0,8	-0,8	-1,8	-1,8	-1,5	-1,2
	$20^\circ$	-0,8	-0,6	-0,8	-0,8	-1,5	-1,5	-1,5	-1,2
	$30^\circ$	-1,0	-0,5	-0,8	-0,7	-1,5			
	$40^\circ$	-0,2	-0,5	-0,8	-0,7	-1,0			
$50^\circ$	+0,2	-0,5	-0,8	-0,7					
$60^\circ$	+0,5	-0,5	-0,8	-0,7					

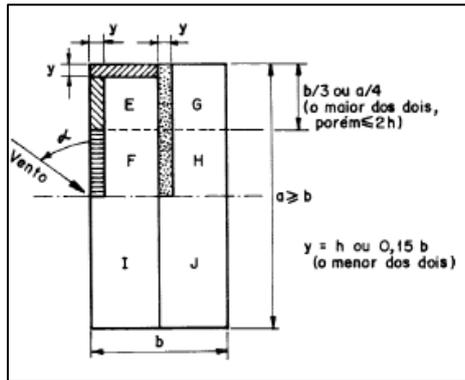


Tabela 4: Coeficientes de pressão e de forma externos ( $C_e$ ) para telhados com duas águas, simétricos, de edificações de planta retangular. Fonte: NBR 6123:1988.

Notas:

- a) Para vento a  $0^\circ$ , nas paredes I e J, o coeficiente de forma tem os seguintes valores:
  - i.  $a/b = 1$ : mesmo valor das partes F e H;
  - ii.  $a/b \geq 2$ :  $C_e = -0,2$ ;
  - iii.  $1 < a/b < 2$ : interpolar linearmente.
- b) O coeficiente de forma  $C_e$  na face inferior do beiral é igual ao da parede correspondente.
- c) Nas zonas em torno de partes de edificações salientes ao telhado (chaminés, reservatórios, torres etc.), deve ser considerado um coeficiente de forma  $C_e = 1,2$  até uma distância igual à dimensão da diagonal da saliência vista em planta.
- d) Na cobertura de lanternins,  $c_{pe}$  médio =  $-2,0$ .

### 2.3.2.3 Coeficientes de pressão e forma externos em coberturas com 1 água

A divisão de áreas de pressão externa em coberturas com 1 água é diferente da divisão das paredes e coberturas com 2 águas. Porém, o entendimento é o mesmo, e o cálculo é feito a partir da Tabela 5.

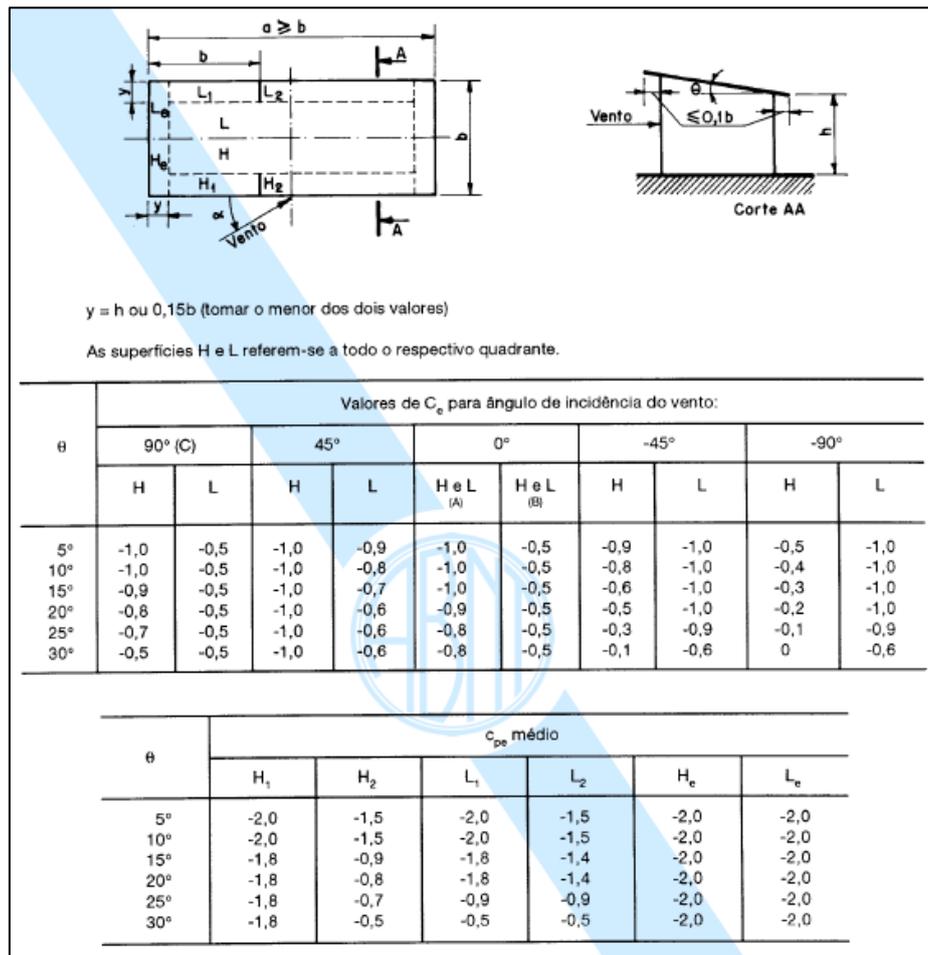


Tabela 5: Coeficientes de pressão e de forma externos ( $C_e$ ) para telhados com uma água, em edificações de planta retangular, com  $h/b < 2$ . Fonte: NBR 6123:1988.

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

(B) De  $b/2$  até  $a/2$ .

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

Para vento a  $0^\circ$ , nas partes I e J (mostradas na Tabela 4, para coberturas de 2 águas), que se referem aos respectivos quadrantes, o coeficiente de forma  $C_e$  tem os seguintes valores:

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

### **2.3.3 Determinação das forças estáticas devido ao vento**

A força do vento depende da diferença de pressão entre as faces interna e externa das partes da edificação em estudo. Com isso, a norma define a pressão efetiva ( $\Delta p$ ) por:

$$\Delta p = \Delta p_e - \Delta p_i \quad (6)$$

Onde  $\Delta p_e$  é a pressão efetiva externa e  $\Delta p_i$  é a pressão efetiva interna. Aplicando os coeficientes de pressão e pressão dinâmica estudados anteriormente, tem-se:

$$\Delta p = (C_{p_e} - C_{p_i}) q \quad (7)$$

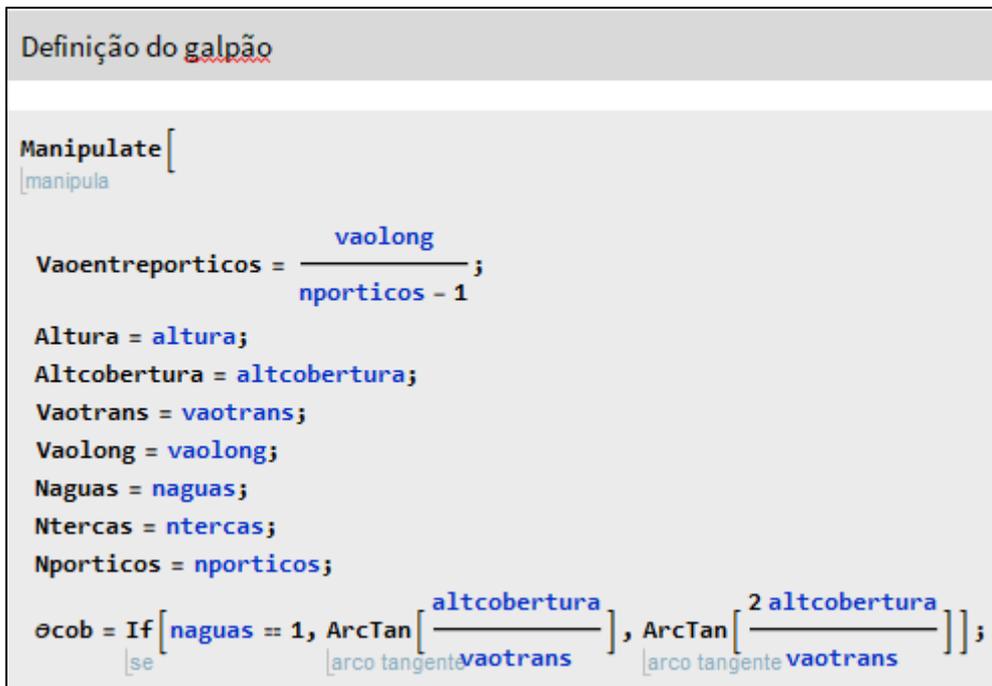
Um valor positivo de  $\Delta p$  indica vento de sobrepressão externa, ou seja, o vento empurrando a parede (atuando de fora para dentro da edificação), enquanto um valor negativo indica vento de sucção externa, ou seja, o vento puxando a parede (atuando de dentro para fora).

O valor numérico de  $\Delta p$  refere-se à carga de vento atuando por unidade de área no elemento da edificação, e sua unidade de medida é a mesma da pressão dinâmica  $q$ . Para encontrar o valor atuante na estrutura, basta multiplicar pela largura ou área de influência de cada elemento da estrutura.

### 3 FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA DESENVOLVIDO

Os programas criados usando o Wolfram Mathematica funcionam executando cada parte do código fonte de programação individualmente, exibindo o resultado imediatamente abaixo do código (Figuras 3 e 4), diferentemente de outros softwares, que geralmente possuem um ambiente de programação que, ao compilar o código inteiro, exibe em outra janela o software criado. Assim, o usuário estará em contato direto com o código fonte do programa enquanto utiliza o software.

Para melhor experiência durante o uso do software, a exibição do código de programação pode ficar oculta, apresentando apenas as janelas de uso do programa (Figura 5).



```
Definição do galpão

Manipulate [
|manipula

Vaoentreporticos =  $\frac{\text{vaolong}}{\text{nporticos} - 1}$ ;

Altura = altura;
Altcobertura = altcobertura;
Vaotrans = vaotrans;
Vaolong = vaolong;
Naguas = naguas;
Ntercas = ntercas;
Nporticos = nporticos;

θcob = If [naguas == 1, ArcTan [ $\frac{\text{altcobertura}}{\text{vaotrans}}$ ], ArcTan [ $\frac{2 \text{ altcobertura}}{\text{vaotrans}}$ ]];
|se |arco tangente |arco tangente
```

Figura 3: Visualização do código do software. Fonte: Autor.

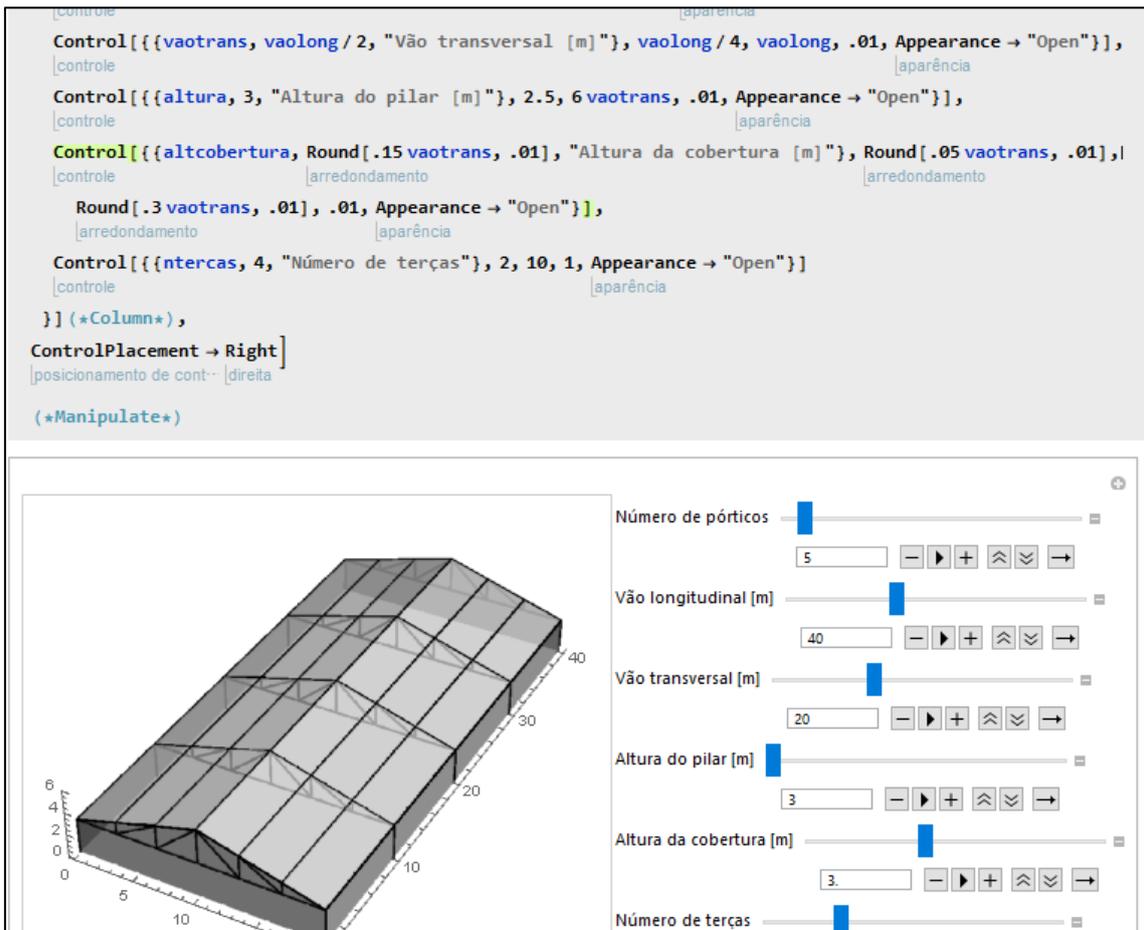


Figura 4: Visualização do código do software junto com o resultado. Fonte: Autor.

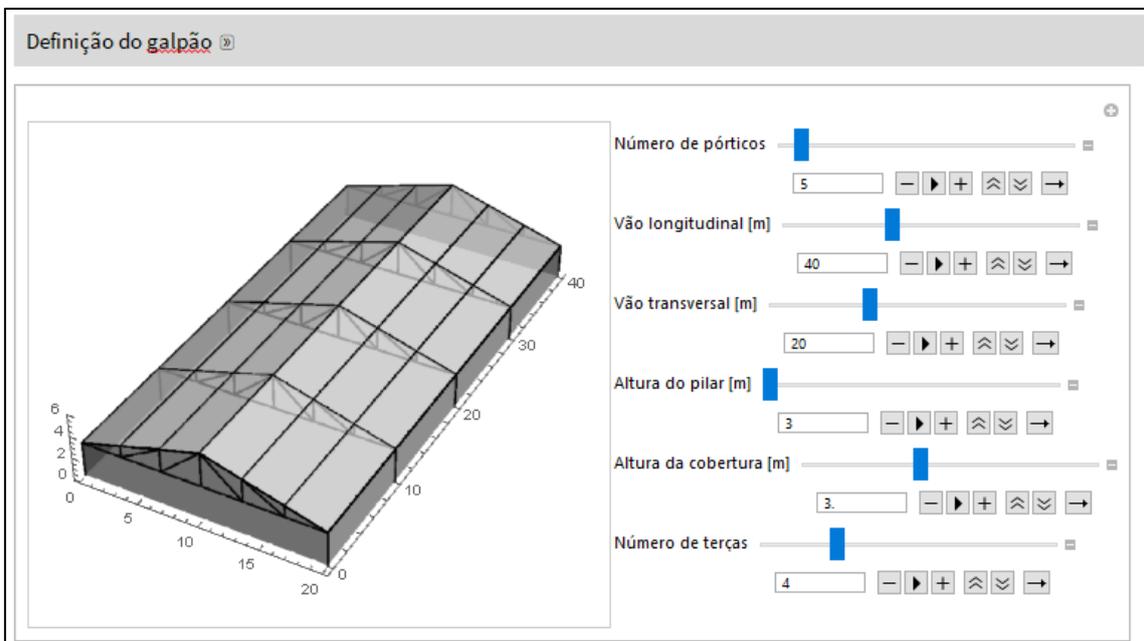


Figura 5: Visualização do resultado do software com código ocultado. Fonte: Autor.

O software foi dividido em partes que auxiliassem seu uso, de acordo com sua funcionalidade. A primeira parte foi nomeada de "Parâmetros do vento", onde

estão definidas algumas variáveis utilizadas para os cálculos do programa. Porém, nenhuma janela interativa é gerada a partir dela. Portanto, o usuário não interage com essa parte do programa. Em seguida, vêm as partes interativas com o usuário: “Definição do galpão”, “Pressão dinâmica do vento”, “Coeficientes de pressão – Vento a 0°”, “Coeficientes de pressão – Vento a 90°” e “Criar pórtico”.

### **3.1 Definição do galpão**

Nesta parte, o usuário define as dimensões do galpão (ver Figura 5), como altura, largura e comprimento, além de informações sobre a estrutura, como número de pórticos e terças, impactando diretamente na carga que será distribuída para cada elemento da estrutura (pois a quantidade de pórticos e terças influenciam na área de influência das cargas atuantes).

O número mínimo de pórticos é 2 (um pórtico no início do galpão e outro nos fundos), e o número máximo foi limitado a 50 pórticos. O programa adota que os vãos entre pórticos são todos iguais.

O vão longitudinal (comprimento) está limitado entre 5 m e 100 m. O vão transversal está limitado a no mínimo um quarto do vão longitudinal e no máximo igual ao vão longitudinal. A altura do pilar (altura das paredes) está limitada entre 2,5 m e 6 vezes o vão transversal. A altura da cobertura (altura do topo dos pilares/paredes até o topo da cobertura) está limitada entre 5% e 30% do vão transversal.

Por último, é definido o número de terças do telhado. O valor é referente ao número de terças por água, sendo no mínimo 2 terças (beiral e cumeeira) e no máximo 10 terças.

O gráfico exibindo o galpão pode ser movido tridimensionalmente para que o usuário veja o desenho gerado em ângulos e distâncias diferentes, e ele corrige as medidas do galpão instantaneamente à medida que os valores são alterados, sem ser necessário clicar ou apertar um botão específico para que o gráfico atualize.

### 3.2 Pressão dinâmica do vento

Nesta parte, o programa calcula a pressão dinâmica de vento atuante (Figura 6).

O usuário insere informações relativas ao terreno (topografia), categoria e grupo (de acordo com a norma), e a localização do galpão, de forma interativa, clicando sobre o mapa do Brasil que é apresentado. Ao clicar, um cursor é posicionado sobre o mapa e, a depender do local escolhido, a velocidade básica do vento é extraída automaticamente (seguindo as isopletas da norma, conforme apresentado no Tópico 2.1.1 – Figura 1) e as pressões dinâmicas são calculadas.

Pressão dinâmica do vento

Topografia: Terreno plano ou pouco ondulado

Inclinação do terreno (graus): 0

Altura do morro (m): 1

Categoria: I II III IV V

Grupo: 1 2 3 4 5

Velocidade básica do vento (m/s): 33

Pressão dinâmica do vento a 0° (kN/m²): 0.919

Pressão dinâmica do vento a 90° (kN/m²): 0.894

Mapa do Brasil com cursor de localização.

Figura 6: Cálculo da pressão dinâmica do vento. Fonte: Autor.

### 3.3 Coeficientes de pressão

Nesta parte, são feitos os cálculos dos coeficientes de pressão atuantes nas paredes e na cobertura (Figura 7).

Na parte de baixo, o programa mostra uma figura que ilustra o galpão e os coeficientes de pressão. Na parte de cima, o coeficiente de pressão interna é definido pelo usuário, pois se trata de um valor que depende da arquitetura do galpão (aberturas, janelas, portas etc.). As demais informações necessárias para o cálculo dos coeficientes já foram inseridas anteriormente nas outras partes do programa. Porém, para melhorar a visualização dos resultados, há outros controles que configuram a visualização da figura ilustrativa. O controle “Escala” altera a escala dos diagramas de pressão nas paredes, enquanto o controle “Espaçamento” altera o “valor inicial” do diagrama (altera apenas a visualização, sem alterar os valores numéricos).

Apesar do objetivo desta parte do programa ser o cálculo dos coeficientes de pressão, o usuário pode escolher visualizar os coeficientes de pressão ou as cargas de vento (produto do coeficiente de pressão pela carga dinâmica, em  $\text{kN/m}^2$ ).

Essa parte (Coeficientes de pressão) é dividida em 2: “Vento a 0°” e “Vento a 90°”.

O vento a 180° apresenta os mesmos coeficientes de pressão que o vento a 0°, porém “espelhado”. Como o pórtico criado apresenta o resultado apenas para o pior caso de carregamento, o resultado exibido para vento a 0° e a 180° seria o mesmo. Por isso, seu resultado não é apresentado. O vento a 90° e -90° (ou 270°) também são iguais e espelhados. Porém, sua exibição no pórtico é percebida. Por isso, para o vento a 90° o usuário tem a opção de exibir o caso a 90° ou a -90°.

Mesmo estando em quadros diferentes, as informações inseridas em um quadro interagem com os demais (por exemplo, alterando o coeficiente de pressão interno de um dos quadros, os demais atualizam instantaneamente para o mesmo valor). O galpão exibido no quadro (assim como os valores dos

coeficientes de pressão) atualizam automaticamente, à medida que as variáveis são alteradas (seja no próprio quadro ou em outro quadro).

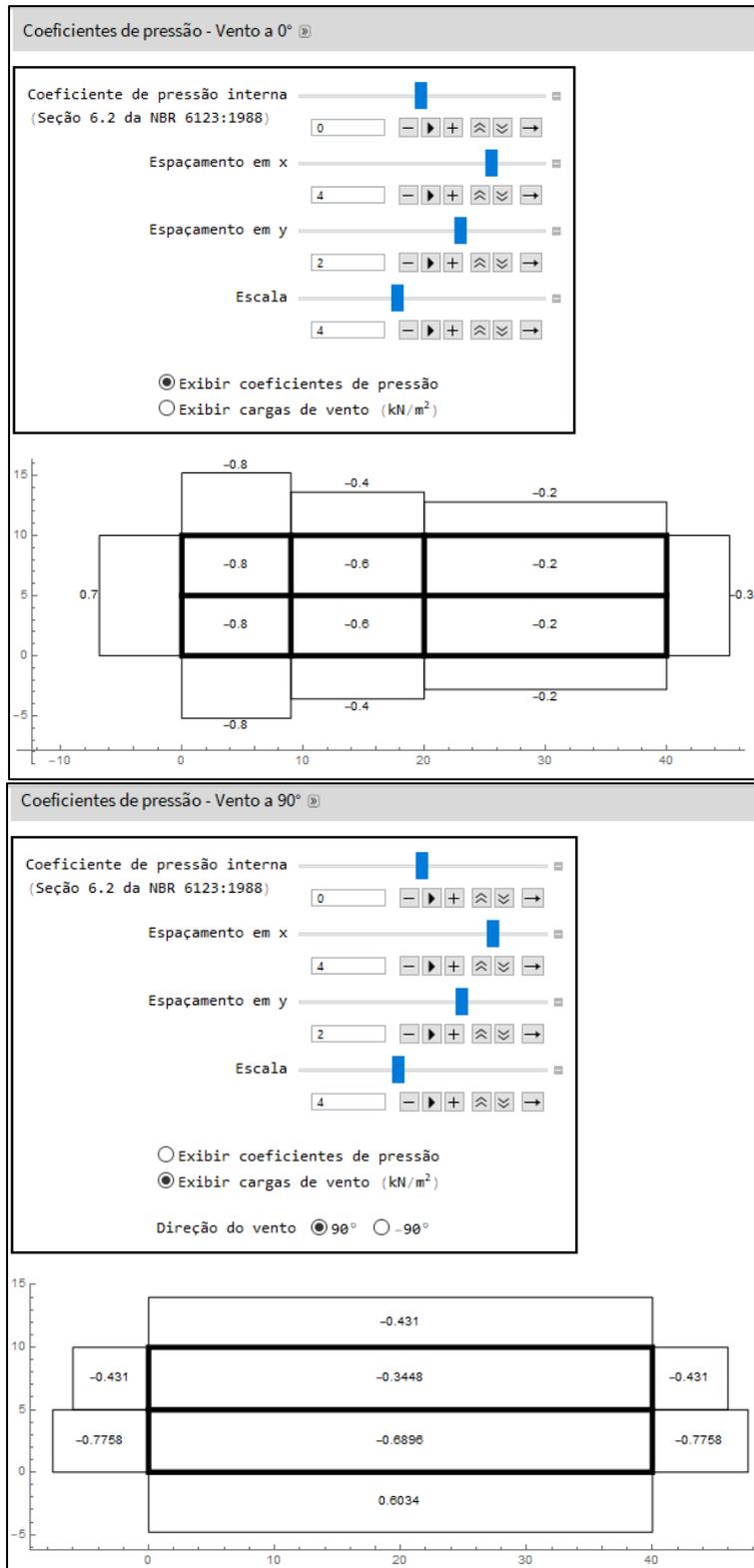


Figura 7: Cálculo dos coeficientes de pressão do vento atuando a 0° e 90°. Fonte: Autor.

### 3.4 Criar pórtico

Nessa parte, o programa calcula as cargas resultantes atuantes em cada nó da cobertura (em kN) e nos pilares (em kN/m). Os controles apresentados ao usuário do programa (Figura 8) servem simplesmente para configurar as informações exibidas (direção do vento e escala do tamanho das cargas), podendo inclusive alterar o coeficiente de pressão interna (conforme informado anteriormente, todos os controles de coeficiente de pressão interna estão conectados, de forma que, se um deles for alterado, todos serão alterados para o mesmo valor).

A conta é feita em função das áreas de influência de cada elemento, considerando que cada elemento estrutural recebe metade das cargas atuantes no vão.

Enquanto os pórticos das extremidades (primeiro e último) recebem carga de apenas uma metade de vão de parede, os pórticos internos recebem carga de duas metades de vãos. Assim, para carga uniforme em toda a parede (caso que ocorre nos ventos a  $90^\circ$  e  $-90^\circ$ ), os pórticos internos possuem carregamento maior que os pórticos da extremidade.

Porém, no caso de vento a  $0^\circ$ , os pórticos próximos à extremidade de barlavento (face onde o vento incide) possuem carregamento maior que os pórticos centrais ou na extremidade de sotavento. Então, dependendo da diferença dos carregamentos e da quantidade de pórticos, o pórtico da extremidade pode ter carregamento maior que os internos.

Portanto, para casos de vento a  $90^\circ$  e  $-90^\circ$ , apenas o resultado de carregamentos atuando no segundo pórtico é mostrado. Já para o caso de vento a  $0^\circ$ , o usuário pode escolher visualizar os carregamentos atuantes no primeiro ou no segundo pórtico.

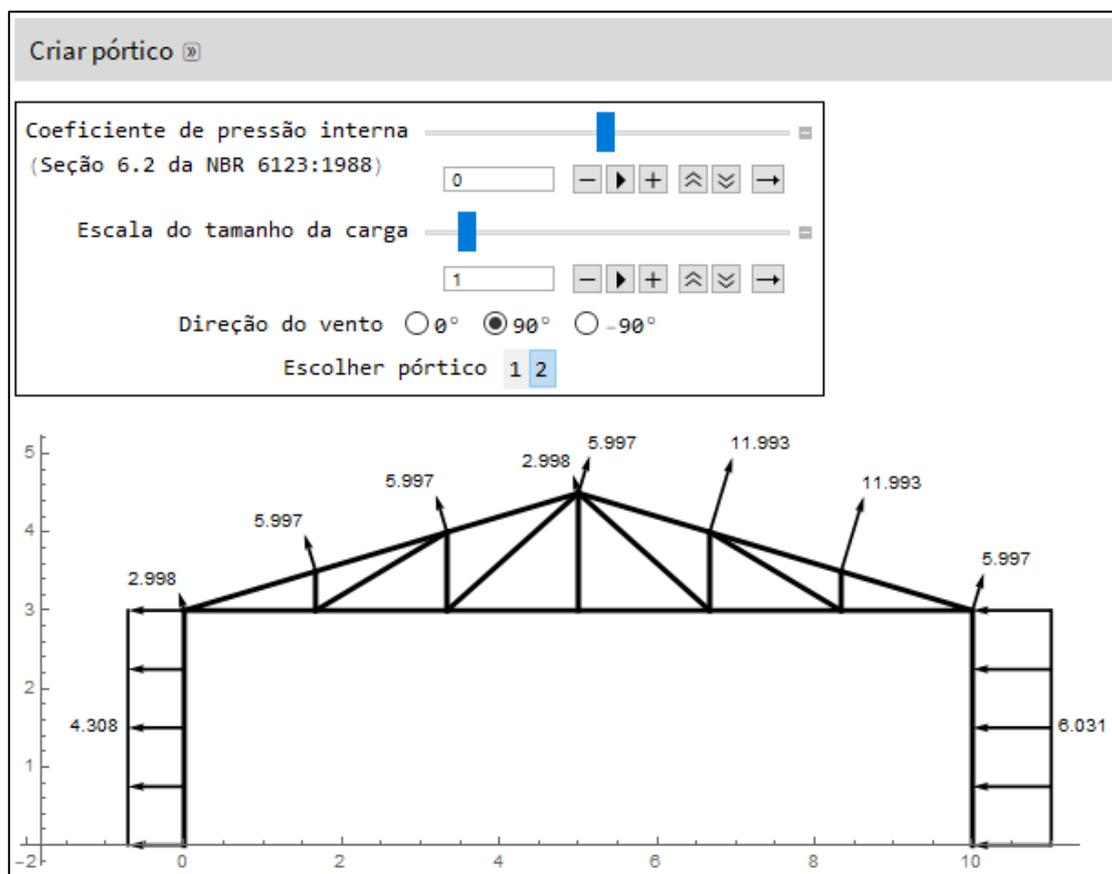


Figura 8: Exibição das cargas finais atuantes no pórtico (em kN/m nas paredes e kN na cobertura). Fonte: Autor.

## 4 VALIDAÇÃO DO PROGRAMA

Para validar o programa desenvolvido, será utilizado alguns softwares já conhecidos no mercado ou no meio acadêmico. Para validação da velocidade básica do vento, será utilizado o software comercial TQS (versão estudante), bem conhecido entre projetistas da área de estruturas de concreto. Para a validação dos coeficientes de forma, será utilizado o software acadêmico VisualVentos, Versão 2.0.2, desenvolvido por Zacarias M. Chamberlain Pravia, da Universidade de Passo Fundo – UPF (CHIARELLO; PRAVIA, 2003). As demais validações serão feitas manualmente (com auxílio de planilhas eletrônicas desenvolvidas pelo autor deste trabalho).

Será feito um primeiro exemplo, mostrando print de cada tela dos programas e indicação dos cálculos manuais. Depois, um quadro resumo apenas com os resultados dos demais exemplos.

## 4.1 Exemplo comentado

- Informações do galpão:
  - i. Vão longitudinal: 30 m;
  - ii. Vão transversal: 8 m;
  - iii. Número de pórticos: 6 (vão entre pórticos de 6 m);
  - iv. Altura da parede: 4 m;
  - v. Altura da cobertura: 2 m;
  - vi. Número de terças: 7 (1 em cada extremidade do pórtico, uma na cumeeira e 2 intermediárias em cada água);
  - vii. Localização: Vitória – ES.

Geometria | Velocidade Básica | Fator S1 | Fator S2 | Fator S3 | Cpe - Paredes | Cpe - Telhado | Cpi | Combinações | Esforços | Resultados

Dimensões

Medidas

b 8 m      a 30 m      h 4 m      Distância entre pórticos p 6 m

b1 4,00 m      a1 7,50 m      β 26,57 °      h1 2 m

a2 7,50 m

Confirmar

Área das aberturas

Face	Fixa	Móvel
A1	0,00 m <sup>2</sup>	0,00 m <sup>2</sup>
A2	0,00 m <sup>2</sup>	0,00 m <sup>2</sup>
A3	0,00 m <sup>2</sup>	0,00 m <sup>2</sup>
B1	0,00 m <sup>2</sup>	0,00 m <sup>2</sup>
B2	0,00 m <sup>2</sup>	0,00 m <sup>2</sup>
B3	0,00 m <sup>2</sup>	0,00 m <sup>2</sup>
C1	0,00 m <sup>2</sup>	0,00 m <sup>2</sup>
C2	0,00 m <sup>2</sup>	0,00 m <sup>2</sup>
D1	0,00 m <sup>2</sup>	0,00 m <sup>2</sup>
D2	0,00 m <sup>2</sup>	0,00 m <sup>2</sup>

Continuar →

Figura 9: Definição da geometria do galpão no VisualVentos. Fonte: Autor.

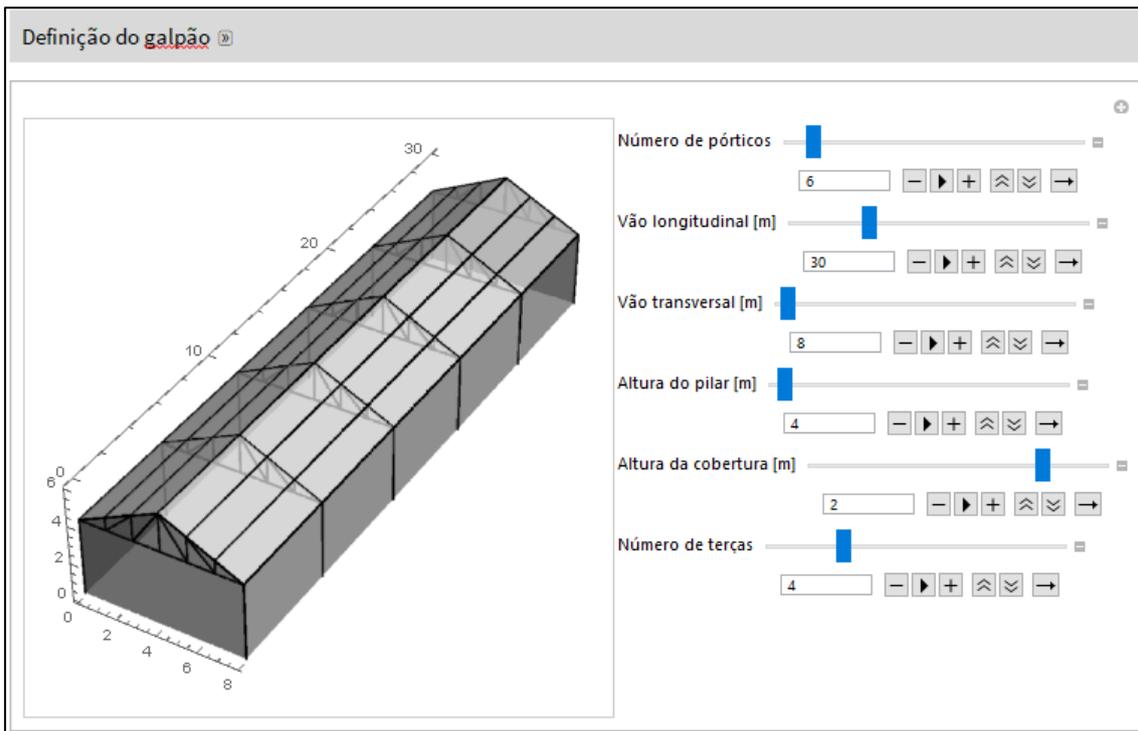


Figura 10: Definição da geometria do galpão no programa desenvolvido. Fonte: Autor.

- Fator topográfico

A região de Vitória é predominantemente plana. Fator  $S_1 = 1,00$ .

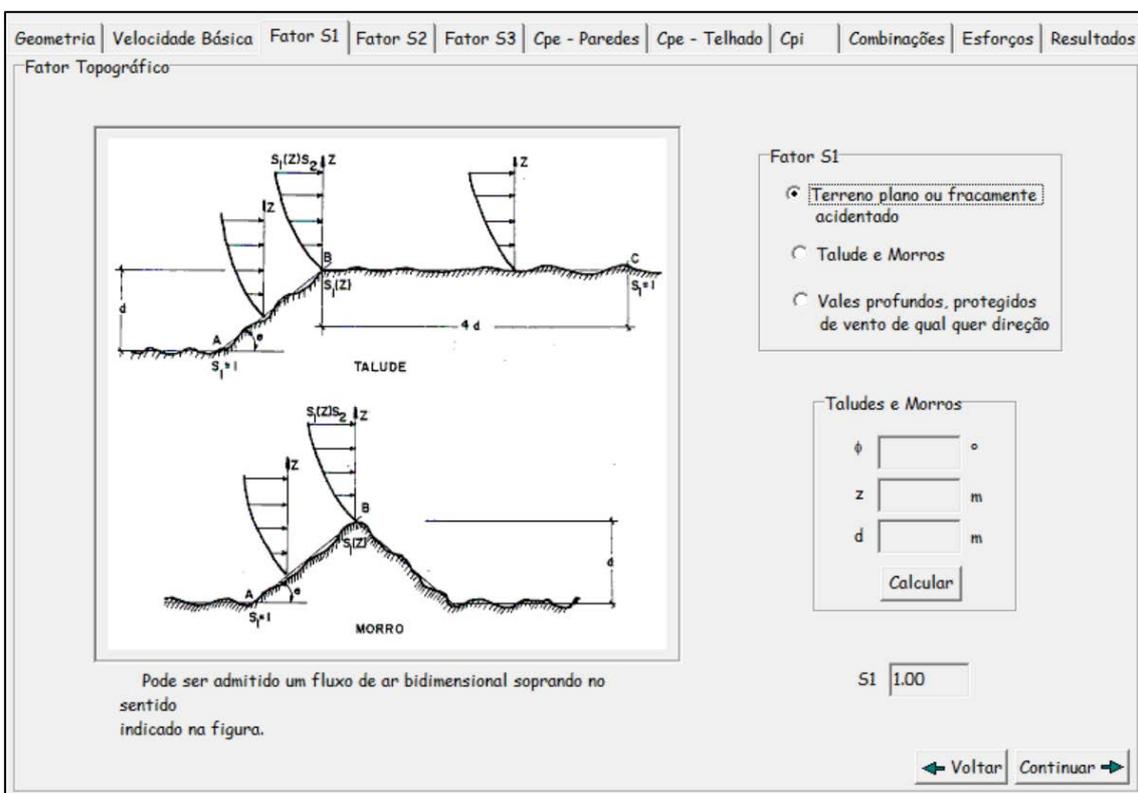


Figura 11: Definição do fator topográfico no VisualVentos. Fonte: Autor.

- Fator de rugosidade

A altura das edificações vizinhas depende do bairro, com a “Categoria” podendo ser do tipo IV ou V. Pensando no pior caso, será adotado Categoria IV (terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados em zona florestal, industrial ou urbanizada). O grupo pode ser B para vento a 90° e A para vento a 0°, porém o VisualVentos só considera o grupo B para ambas as direções de vento (maior dimensão entre 20 m e 50 m). Fator  $S_2 = 0,78$ .

Geometria	Velocidade Básica	Fator S1	Fator S2	Fator S3	Cpe - Paredes	Cpe - Telhado	Cpi	Combinações	Esforços	Resultados																
Fator de Rugosidade																										
Categoria do terreno																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoria</th> <th>Descrição do ambiente</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input type="radio"/> I</td> <td>Superfícies lisas de grandes dimensões, com mais de 5km de extensão, medida na direção e sentido do vento incidente.</td> </tr> <tr> <td><input type="radio"/> II</td> <td>Terrenos abertos em nível ou aproximadamente em nível, com poucos obstáculos isolados, tais como árvores e edificações baixas. A cota média do topo dos obstáculos é considerada inferior ou igual a 1m. Exemplos: zonas costeiras planas; pântanos com vegetação rala; campos de aviação; pradarias e charnecas; fazendas sem sebes ou muros.</td> </tr> <tr> <td><input type="radio"/> III</td> <td>Terrenos planos ou ondulados com obstáculos, tais como sebes e muros, poucos quebra-ventos de árvores, edificações baixas e esparsas. A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual a 3m. Exemplos: granjas e casas de campo, com exceção das partes com matos, fazendas com sebes e/ou muros, subúrbios a considerável distância do centro, com casas baixas e esparsas.</td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="radio"/> IV</td> <td>Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados em zona florestal, industrial ou urbanizada. A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual a 10m. Exemplos: zonas de parques e bosques com muitas árvores; cidades pequenas e seus arredores; subúrbios densamente construídos de grandes cidades; áreas industriais plena ou parcialmente desenvolvidas.</td> </tr> <tr> <td><input type="radio"/> V</td> <td>Terrenos cobertos por obstáculos numerosos, grandes, altos e pouco espaçados. A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual ou superior a 25m. Exemplos: florestas com árvores altas de copas isoladas; centros de grandes cidade; complexo industriais bem desenvolvidos.</td> </tr> </tbody> </table>											Categoria	Descrição do ambiente	<input type="radio"/> I	Superfícies lisas de grandes dimensões, com mais de 5km de extensão, medida na direção e sentido do vento incidente.	<input type="radio"/> II	Terrenos abertos em nível ou aproximadamente em nível, com poucos obstáculos isolados, tais como árvores e edificações baixas. A cota média do topo dos obstáculos é considerada inferior ou igual a 1m. Exemplos: zonas costeiras planas; pântanos com vegetação rala; campos de aviação; pradarias e charnecas; fazendas sem sebes ou muros.	<input type="radio"/> III	Terrenos planos ou ondulados com obstáculos, tais como sebes e muros, poucos quebra-ventos de árvores, edificações baixas e esparsas. A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual a 3m. Exemplos: granjas e casas de campo, com exceção das partes com matos, fazendas com sebes e/ou muros, subúrbios a considerável distância do centro, com casas baixas e esparsas.	<input checked="" type="radio"/> IV	Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados em zona florestal, industrial ou urbanizada. A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual a 10m. Exemplos: zonas de parques e bosques com muitas árvores; cidades pequenas e seus arredores; subúrbios densamente construídos de grandes cidades; áreas industriais plena ou parcialmente desenvolvidas.	<input type="radio"/> V	Terrenos cobertos por obstáculos numerosos, grandes, altos e pouco espaçados. A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual ou superior a 25m. Exemplos: florestas com árvores altas de copas isoladas; centros de grandes cidade; complexo industriais bem desenvolvidos.				
Categoria	Descrição do ambiente																									
<input type="radio"/> I	Superfícies lisas de grandes dimensões, com mais de 5km de extensão, medida na direção e sentido do vento incidente.																									
<input type="radio"/> II	Terrenos abertos em nível ou aproximadamente em nível, com poucos obstáculos isolados, tais como árvores e edificações baixas. A cota média do topo dos obstáculos é considerada inferior ou igual a 1m. Exemplos: zonas costeiras planas; pântanos com vegetação rala; campos de aviação; pradarias e charnecas; fazendas sem sebes ou muros.																									
<input type="radio"/> III	Terrenos planos ou ondulados com obstáculos, tais como sebes e muros, poucos quebra-ventos de árvores, edificações baixas e esparsas. A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual a 3m. Exemplos: granjas e casas de campo, com exceção das partes com matos, fazendas com sebes e/ou muros, subúrbios a considerável distância do centro, com casas baixas e esparsas.																									
<input checked="" type="radio"/> IV	Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados em zona florestal, industrial ou urbanizada. A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual a 10m. Exemplos: zonas de parques e bosques com muitas árvores; cidades pequenas e seus arredores; subúrbios densamente construídos de grandes cidades; áreas industriais plena ou parcialmente desenvolvidas.																									
<input type="radio"/> V	Terrenos cobertos por obstáculos numerosos, grandes, altos e pouco espaçados. A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual ou superior a 25m. Exemplos: florestas com árvores altas de copas isoladas; centros de grandes cidade; complexo industriais bem desenvolvidos.																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Classe de edificação</th> <th>Classe</th> <th>Descrição</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Maior dimensão</td> <td><input type="radio"/> A</td> <td></td> <td>Maior dimensão menor ou igual a 20m</td> </tr> <tr> <td><input type="text" value="30,00"/> m</td> <td><input checked="" type="radio"/> B</td> <td></td> <td>Maior dimensão entre 20 e 50m</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="radio"/> C</td> <td></td> <td>Maior dimensão maior ou igual 50m</td> </tr> </tbody> </table>											Classe de edificação		Classe	Descrição	Maior dimensão	<input type="radio"/> A		Maior dimensão menor ou igual a 20m	<input type="text" value="30,00"/> m	<input checked="" type="radio"/> B		Maior dimensão entre 20 e 50m		<input type="radio"/> C		Maior dimensão maior ou igual 50m
Classe de edificação		Classe	Descrição																							
Maior dimensão	<input type="radio"/> A		Maior dimensão menor ou igual a 20m																							
<input type="text" value="30,00"/> m	<input checked="" type="radio"/> B		Maior dimensão entre 20 e 50m																							
	<input type="radio"/> C		Maior dimensão maior ou igual 50m																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Fator S2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>S2</td> <td><input type="text" value="0,78"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2"><input type="button" value="Calcular"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2"><input type="button" value="Voltar"/> <input type="button" value="Continuar"/></td> </tr> </tbody> </table>											Fator S2		S2	<input type="text" value="0,78"/>	<input type="button" value="Calcular"/>		<input type="button" value="Voltar"/> <input type="button" value="Continuar"/>									
Fator S2																										
S2	<input type="text" value="0,78"/>																									
<input type="button" value="Calcular"/>																										
<input type="button" value="Voltar"/> <input type="button" value="Continuar"/>																										

Figura 12: Definição do fator de rugosidade no VisualVentos. Fonte: Autor.

- Fator estatístico

Na falta de informações sobre a utilização do galpão, será adotado Grupo II (edificações para comércio e indústria com alto fator de ocupação). Fator  $S_3 = 1,00$ .

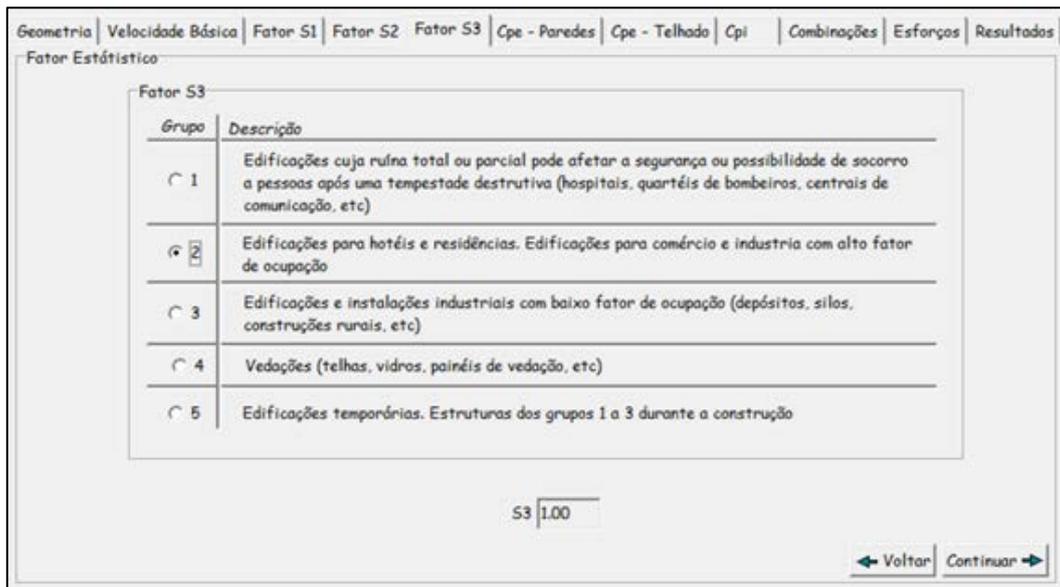


Figura 13: Definição do fator estático no VisualVentos. Fonte: Autor.

- Velocidade básica do vento

Comparando a velocidade básica do vento pelo software TQS (Figura 14 – A seta em vermelho foi inserida pelo autor, para destacar a região selecionada) e pelo programa desenvolvido, tem-se a velocidade básica do vento  $V_0 = 31$  m/s.



Figura 14: Definição da velocidade básica do vento no TQS. Fonte: Autor.

Pressão dinâmica do vento

Topografia: Terreno plano ou pouco ondulado

Inclinação do terreno (graus): 0

Altura do morro (m): 1

Categoria:  I  II  III  IV  V

Grupo:  1  2  3  4  5

Velocidade básica do vento (m/s): 31

Pressão dinâmica do vento a 0° (kN/m²): 0.385

Pressão dinâmica do vento a 90° (kN/m²): 0.36



Figura 15: Cálculo da pressão dinâmica e da velocidade básica do vento, calculado pelo programa desenvolvido. Fonte: Autor.

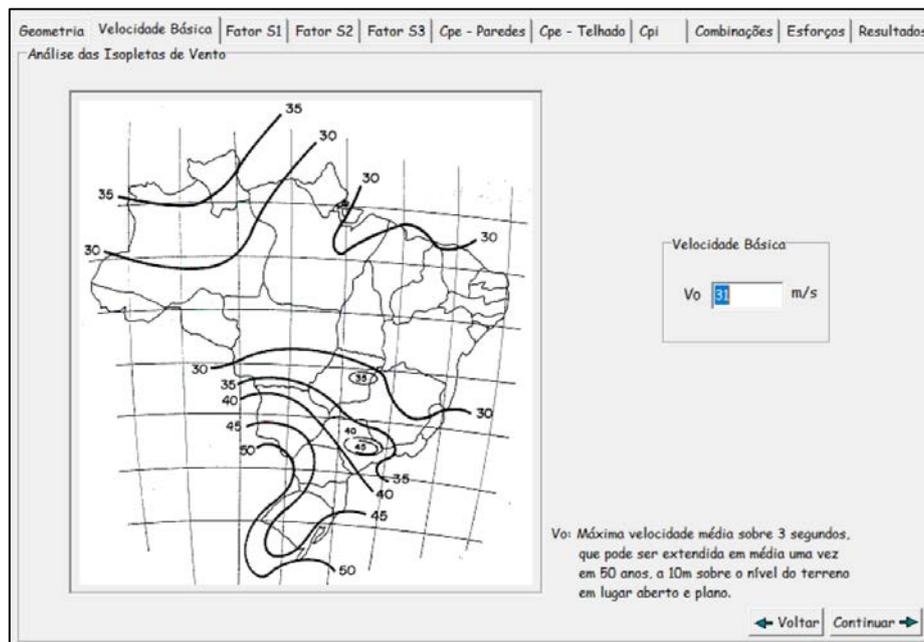


Figura 16: Definição da velocidade básica do vento no VisualVentos. Fonte: Autor.

- Coeficientes de pressão

As figuras 17 e 18 mostram o resultado de coeficientes de pressão calculados pelo VisualVentos, e as figuras 19 e 20 mostram os coeficientes de pressão calculados pelo software desenvolvido.

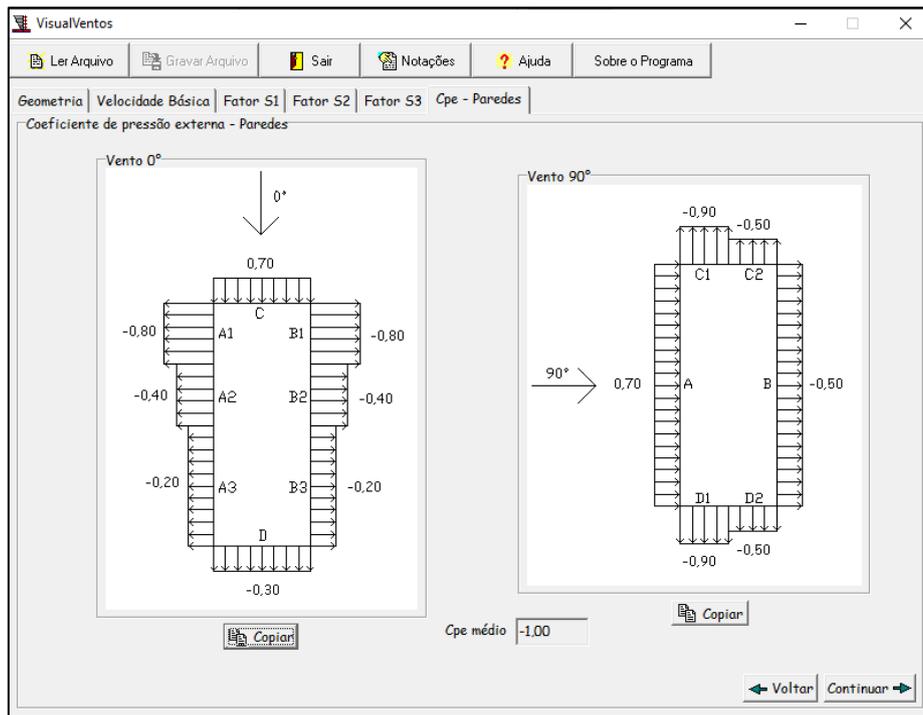


Figura 17: Cálculo dos coeficientes de pressão externa nas paredes calculado pelo VisualVentos. Fonte: Autor.

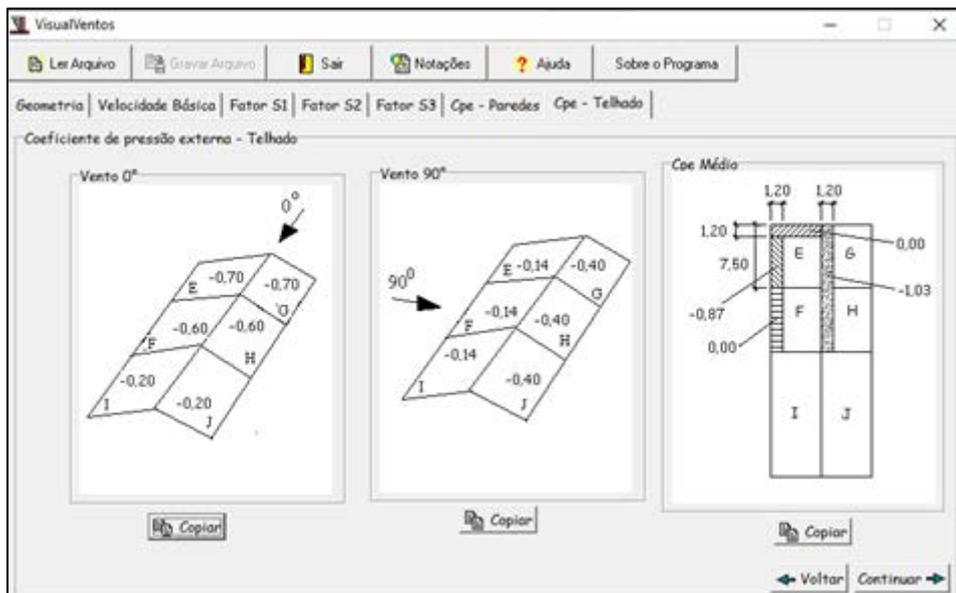


Figura 18: Cálculo dos coeficientes de pressão externa na cobertura calculado pelo VisualVentos. Fonte: Autor.

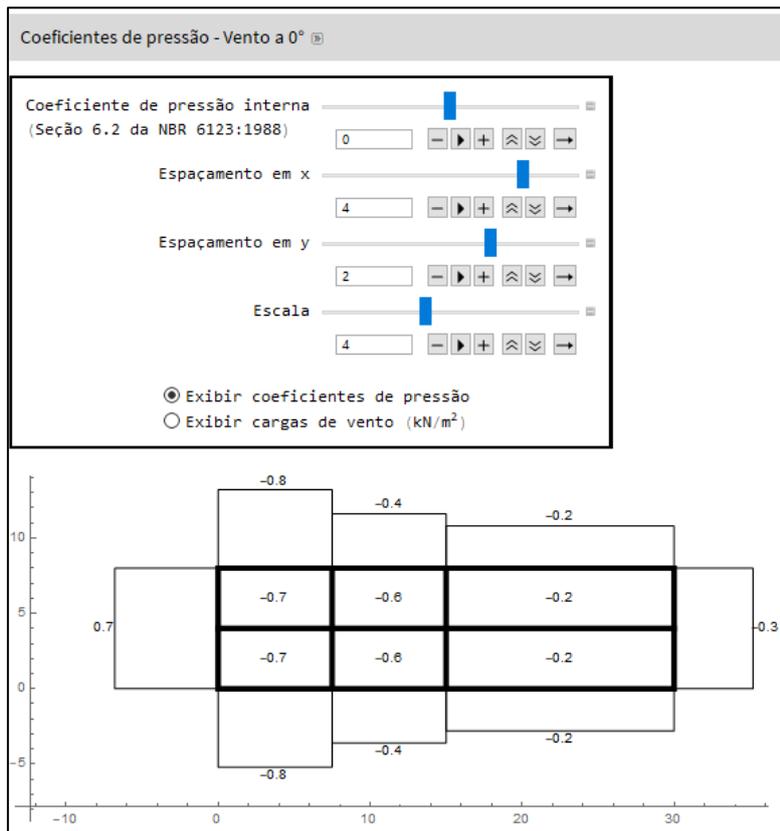


Figura 19: Cálculo dos coeficientes de pressão externo para vento a 0° nas paredes calculado no programa desenvolvido. Fonte: Autor.

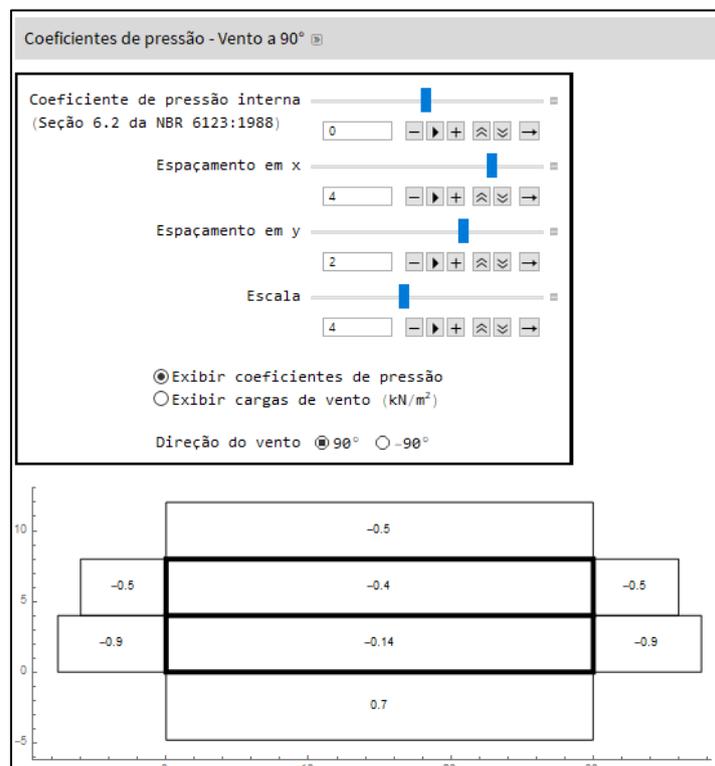


Figura 20: Cálculo dos coeficientes de pressão externo para vento a 90° (ou -90°) nas paredes calculado no programa desenvolvido. Fonte: Autor.

Na falta de informações adicionais sobre a permeabilidade das paredes, será adotado que todas as faces possuem a mesma permeabilidade. Neste caso, a norma recomenda o uso de coeficiente de pressão interna ( $c_{pi}$ ) de -0,3 ou 0,0, o caso que for mais desfavorável. A figura 21 exibe a janela do VisualVentos de escolha do caso de coeficiente de pressão interna, e as figuras 22 à 29 mostram os resultados de cargas de vento nos pórticos, do VisualVentos e do programa desenvolvido.

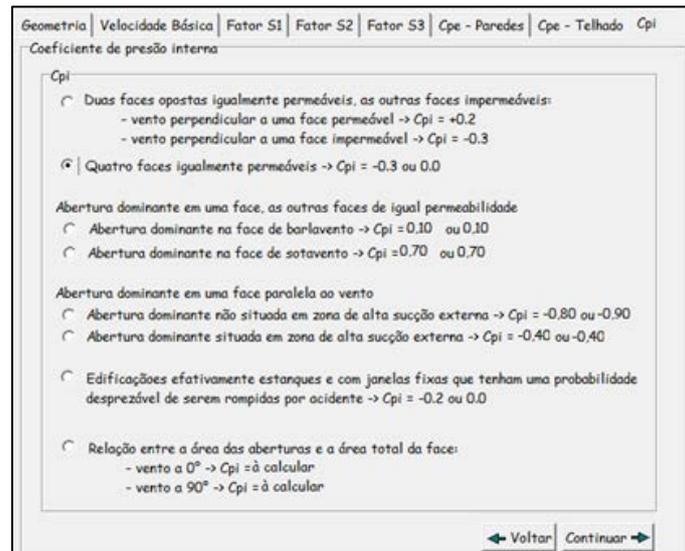


Figura 21: Definição dos coeficientes de pressão interna no VisualVentos. Fonte: Autor.

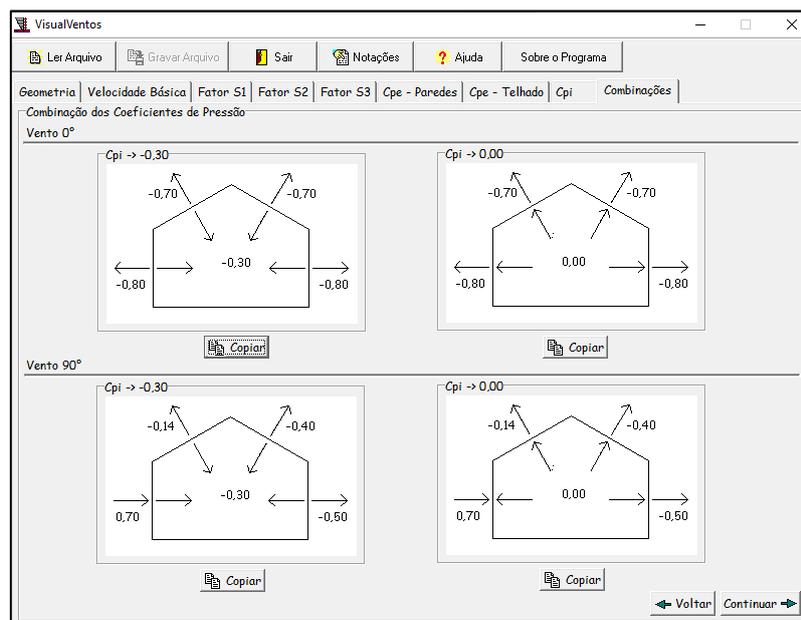


Figura 22: Casos de combinações de coeficientes de pressão exibido no VisualVentos. Fonte: Autor.

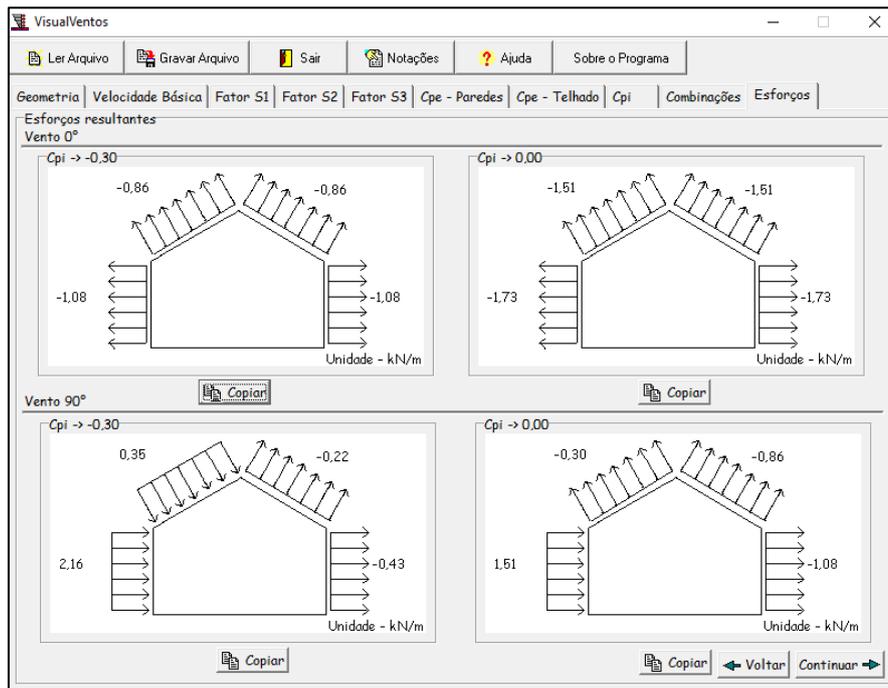


Figura 23: Esforços resultantes exibido no VisualVentos. Fonte: Autor.

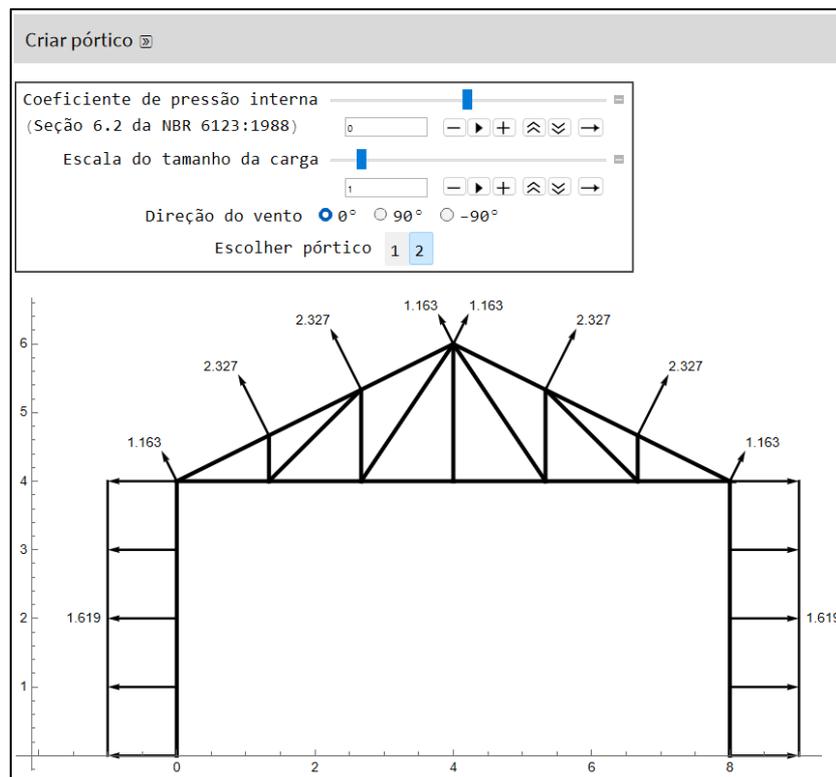


Figura 24: Esforços resultantes (vento a  $0^\circ$ , pórtico 2,  $C_{pi} = 0$ ) exibido no programa desenvolvido. Fonte: Autor.

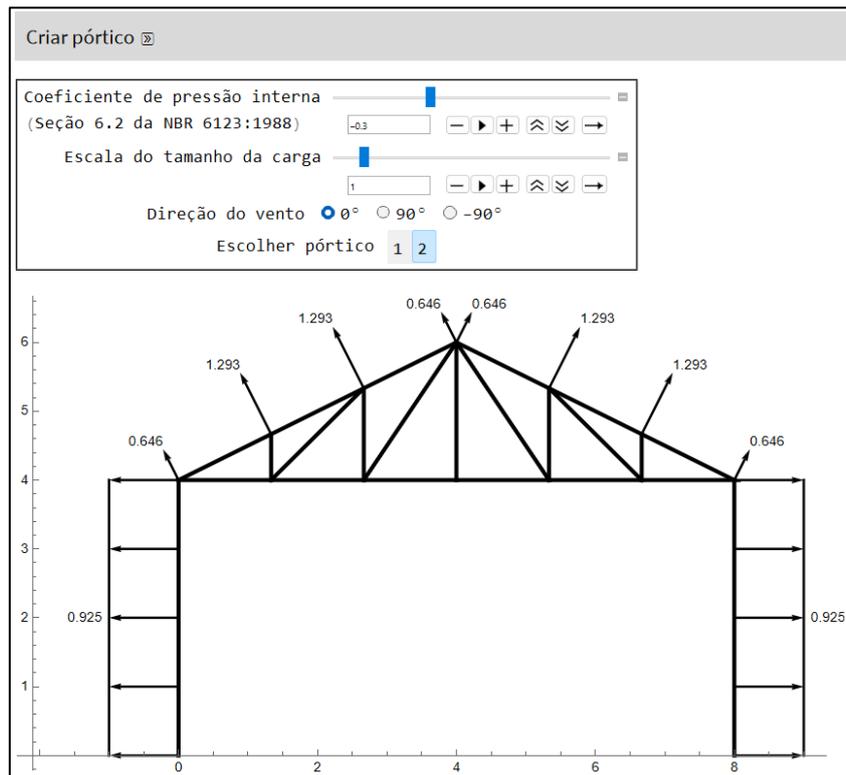


Figura 25: Esforços resultantes (vento a 0°, pórtico 2,  $C_{pi} = -0,3$ ) exibido no programa desenvolvido. Fonte: Autor.

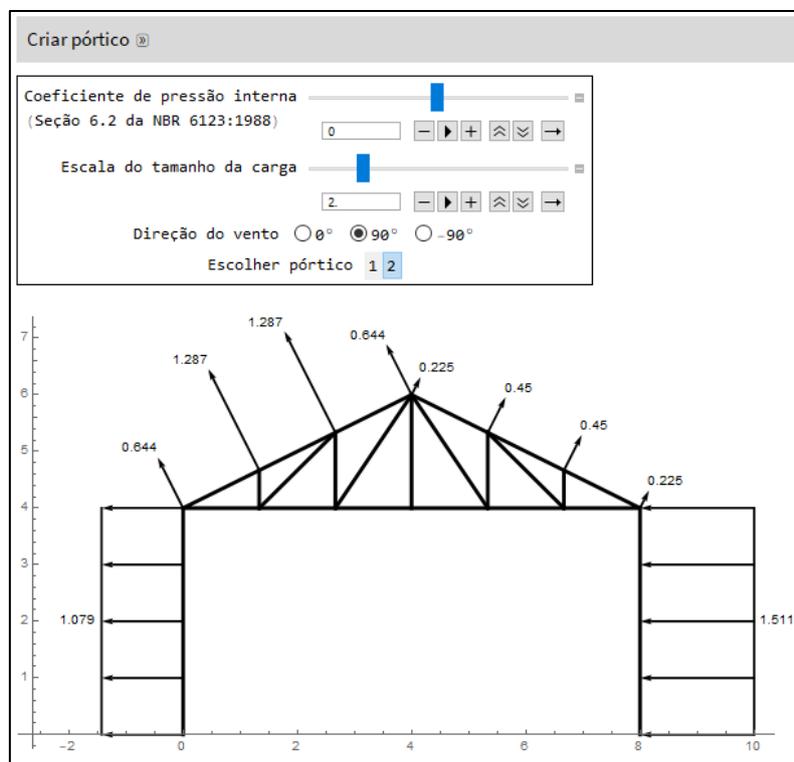


Figura 26: Esforços resultantes (vento a 90°, pórtico 2,  $C_{pi} = 0$ ) exibido no programa desenvolvido. Fonte: Autor.

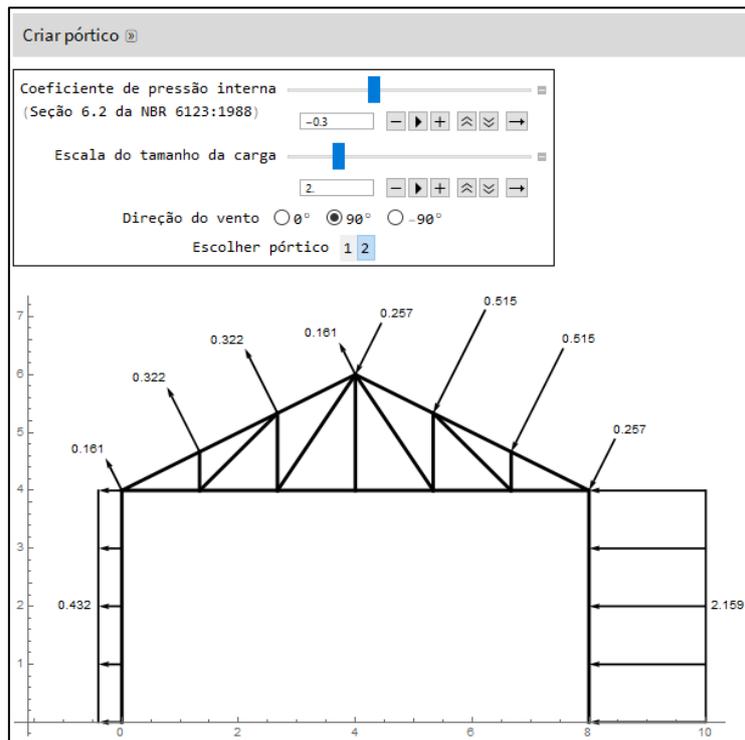


Figura 27: Esforços resultantes (vento a 90°, pórtico 2,  $C_{pi} = -0,3$ ) exibido no programa desenvolvido. Fonte: Autor.

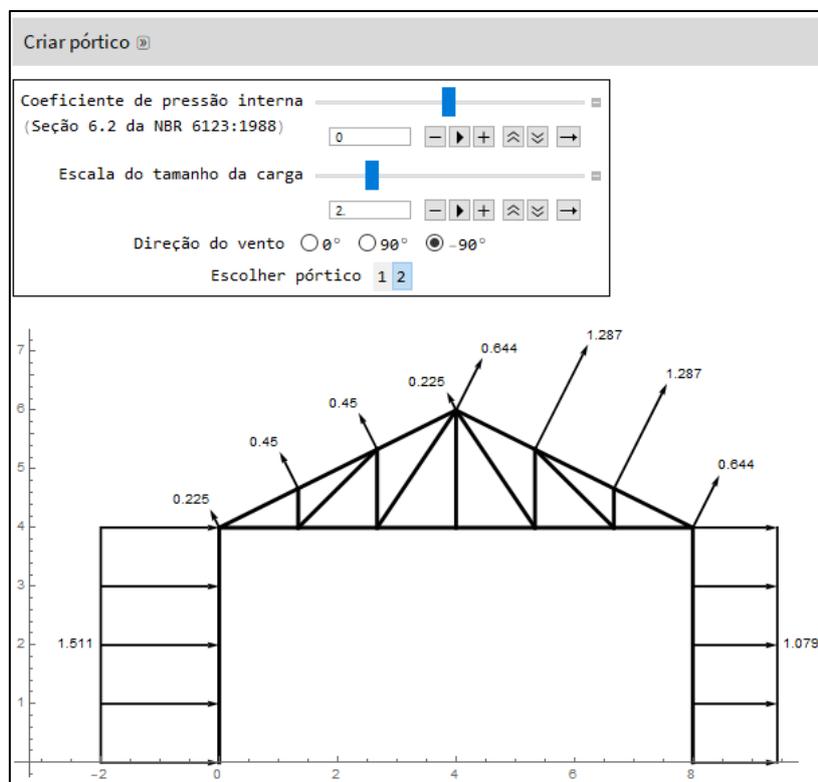


Figura 28: Esforços resultantes (vento a -90°, pórtico 2,  $C_{pi} = 0$ ) exibido no programa desenvolvido. Fonte: Autor.

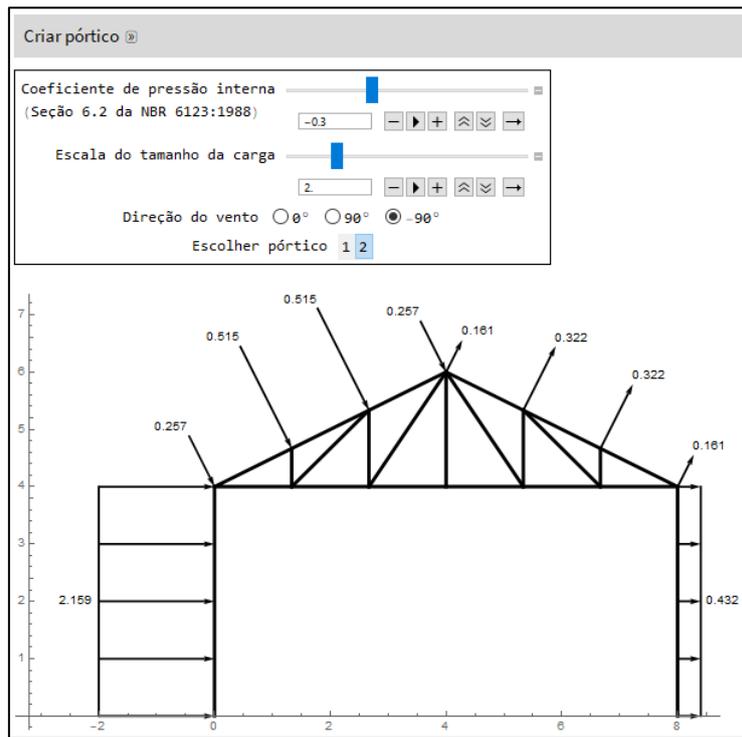


Figura 29: Esforços resultantes (vento a -90°, pórtico 2,  $C_{pi} = -0,3$ ) exibido no programa desenvolvido. Fonte: Autor.

A diferença entre resultados do programa desenvolvido e do VisualVentos (no caso de vento a 0°) se dá por dois fatores: pelo fato de que o VisualVentos considera o pior coeficiente de pressão atuando em toda a área de influência do pórtico, enquanto o programa desenvolvido calcula a resultante de acordo com a área de atuação de cada coeficiente de pressão; e o VisualVentos considera o mesmo grupo (grupo B, neste exemplo) para ambas as direções, resultando em pressões dinâmicas iguais (0,36 kN/m<sup>2</sup>), enquanto o programa desenvolvido calcula uma pressão dinâmica para cada direção (0,385 e 0,36 kN/m<sup>2</sup> para vento a 0° e 90°, respectivamente). O coeficiente de pressão de módulo 0,8 atua nos primeiros 7,5 m do galpão, a partir da face de incidência do vento (como se vê nas Figuras 9 e 17). Entre 7,5 m e 15 m atua o coeficiente de pressão de módulo 0,4. Pela área de influência para o segundo pórtico, o coeficiente de pressão de módulo 0,8 atua em 4,5 m de parede, enquanto o coeficiente de pressão de 0,4 atua em 1,5 m. Para a pressão de vento atuante (pressão dinâmica do vento) de 0,385 kN/m<sup>2</sup>, a carga resultante no pilar do pórtico é de:

$$0,8 \times 4,5 \times 0,385 + 0,4 \times 1,5 \times 0,385 = 1,617 \text{ kN/m}$$

Enquanto o VisualVentos considera todos os 6 m de parede com o coeficiente máximo e pressão dinâmica de 0,36 kN/m<sup>2</sup>:

$$0,8 \times 6 \times 0,36 = 1,728 \text{ kN/m}$$

Fazendo a mesma conta para a cobertura (vento a 0°), e multiplicando pela largura de influência das terças (1,49 m, vão inclinado), obtém-se:

$$0,7 \times 4,5 \times 1,49 \times 0,385 + 0,6 \times 1,5 \times 1,49 \times 0,385 = 2,323 \text{ kN/m}$$

Para o coeficiente de pressão interna  $C_{pi} = -0,3$ , tem-se:

$$0,4 \times 4,5 \times 1,49 \times 0,385 + 0,3 \times 1,5 \times 1,49 \times 0,385 = 1,291 \text{ kN/m}$$

Para vento a 90°, pode ser usado a carga obtida pelo VisualVentos (a pressão dinâmica é igual e o coeficiente de pressão é o mesmo em toda a parede, apresentando o mesmo resultado no VisualVentos e no programa desenvolvido):

- $C_{pi} = 0$ :

$$0,30 \times 1,49 = 0,447 \text{ kN}$$

$$0,86 \times 1,49 = 1,281 \text{ kN}$$

- $C_{pi} = -0,3$ :

$$0,35 \times 1,49 = 0,522 \text{ kN}$$

$$0,22 \times 1,49 = 0,328 \text{ kN}$$

Para o vento a 0°, o primeiro pórtico está sob incidência apenas no coeficiente de pressão mais alto em módulo, porém com metade da área de influência dos demais pórticos. Se a pressão dinâmica do vento a 0° fosse a mesma no VisualVentos e no programa desenvolvido, o resultado seria metade do valor calculado no VisualVentos. As Figuras 30 e 31 mostram o resultado obtido pelo programa desenvolvido.

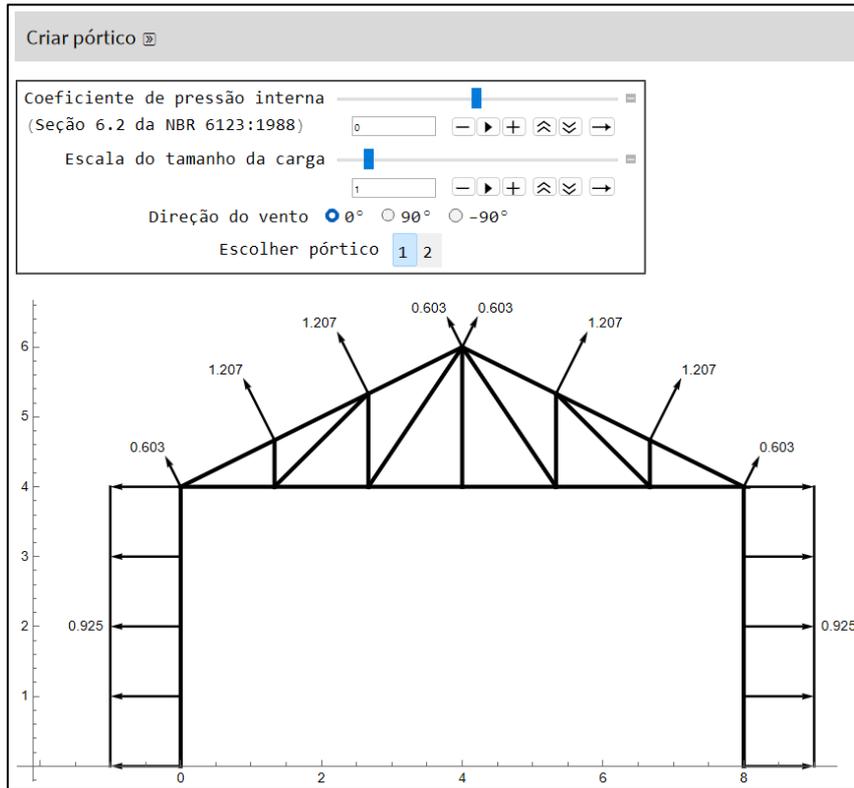


Figura 30: Esforços resultantes (vento a  $0^\circ$ , pórtico 1,  $C_{pi} = 0$ ) exibido no programa desenvolvido. Fonte: Autor.

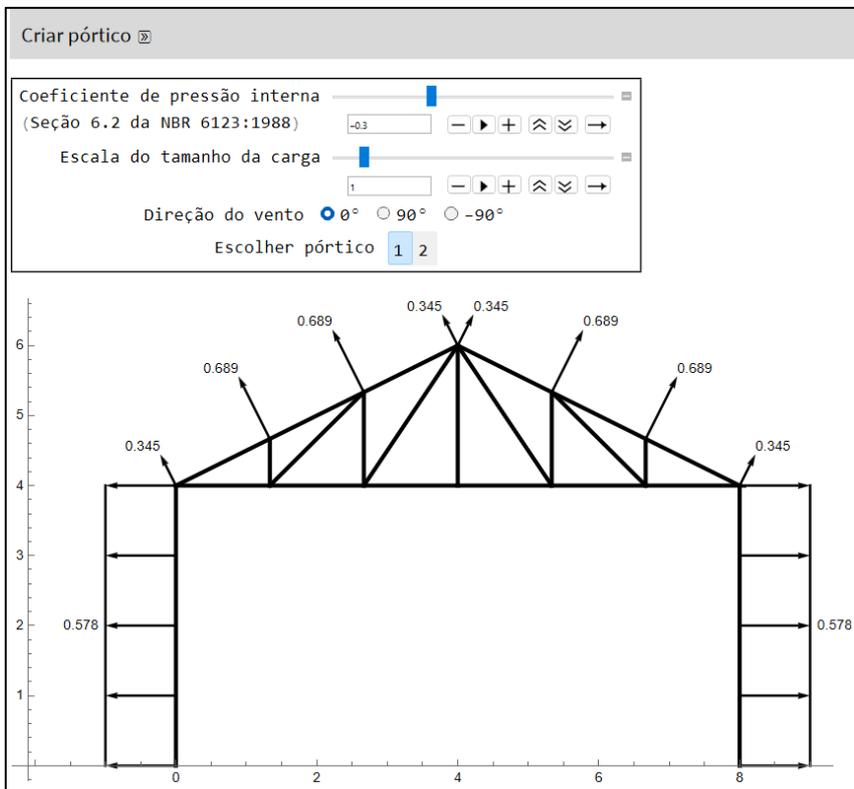


Figura 31: Esforços resultantes (vento a  $0^\circ$ , pórtico 1,  $C_{pi} = -0,3$ ) exibido no programa desenvolvido. Fonte: Autor.

## 4.2 Outros exemplos

Serão realizados outros 5 exemplos, variando a geometria do galpão, localização e outras características utilizadas para o cálculo das ações do vento.

Os resultados parciais dados pelos softwares serão ocultados, apresentando apenas os resultados finais. Para corrigir a diferença de resultados devido ao modelo de cálculo ser diferente entre os softwares, serão realizados cálculos manuais (com ajuda de planilhas eletrônicas) a partir dos resultados obtidos no VisualVentos.

### 4.2.1 Dados dos Galpões

Identificação	Galpão 1	Galpão 2	Galpão 3	Galpão 4	Galpão 5
Localização	Rio Branco	Porto Alegre	Recife	Brasília	Belém
Vão longitudinal	20 m	15 m	40 m	80 m	5 m
Vão transversal	10 m	8 m	10 m	20 m	5 m
Número de pórticos	3	2	11	17	6
Vão entre pórticos	10 m	15 m	4 m	5 m	1 m
Altura da parede	10 m	5 m	3 m	30 m	10 m
Altura da cobertura	2 m	1 m	0,6 m	3 m	1 m
Número de terças	5	7	3	9	3
Terreno	Plano	Terreno com aclive / Inclinação 10° / Altura do morro 30 m	Terreno com aclive / Inclinação 30° / Altura do morro 100 m	Plano	Vale protegido pelo vento
Categoria	I	II	III	IV	V
Grupo	5	4	3	2	1
Cpi	0,2	-0,3	0,1	-0,4	0

Tabela 6: Dados dos galpões.

A partir do programa desenvolvido, obteve-se as seguintes informações:

Identificação	Galpão 1	Galpão 2	Galpão 3	Galpão 4	Galpão 5
Velocidade básica do vento	30 m/s	45 m/s	30 m/s	36 m/s	30 m/s
Pressão dinâmica do vento (0°)	0,47 kN/cm <sup>2</sup>	1,449 kN/cm <sup>2</sup>	1,017 kN/cm <sup>2</sup>	0,66 kN/cm <sup>2</sup>	0,305 kN/cm <sup>2</sup>
Pressão dinâmica do vento (90°)	0,47 kN/cm <sup>2</sup>	1,449 kN/cm <sup>2</sup>	0,967 kN/cm <sup>2</sup>	0,66 kN/cm <sup>2</sup>	0,305 kN/cm <sup>2</sup>

Tabela 7: Velocidade básica do vento e coeficientes de pressão dinâmica do vento nos galpões.

#### 4.2.2 Resultados do VisualVentos

Com o VisualVentos, foram calculadas as dimensões A1, A2 e A3, necessárias para a distribuição de esforços nos pórticos, mostradas na Tabela 8.

Identificação	Galpão 1	Galpão 2	Galpão 3	Galpão 4	Galpão 5
Dimensão A1	5 m	3,75 m	6 m	20 m	1,67 m
Dimensão A2	5 m	3,75 m	14 m	20 m	0,83 m
Dimensão A3	10 m	7,5 m	20 m	40 m	2,5 m

Tabela 8: Áreas de atuação dos coeficientes de pressão externa.

Além das dimensões, foram obtidos também os coeficientes de pressão externos em cada parte do galpão, mostrados nas Tabelas 9 e 10.

	Identificação	Galpão 1	Galpão 2	Galpão 3	Galpão 4	Galpão 5
Paredes	Cp A1	-0,9	-0,9	-0,8	-0,9	-1
	Cp A2	-0,4	-0,47	-0,4	-0,4	-0,6
	Cp A3	-0,2	-0,23	-0,2	-0,2	-0,6
Telhado	Cp E	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8
	Cp F	-0,64	-0,6	-0,47	-0,6	-0,78
	Cp I	-0,2	-0,25	-0,2	-0,2	-0,78

Tabela 9: Coeficientes de pressão externos para vento a 0°.

	Identificação	Galpão 1	Galpão 2	Galpão 3	Galpão 4	Galpão 5
Paredes	Cp A	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8
	Cp B	-0,6	-0,53	-0,5	-0,6	-0,6
Telhado	Cp E	-0,61	-1,02	-1,01	-0,9	-0,84
	Cp G	-0,5	-0,6	-0,4	-0,57	-0,58

Tabela 10: Coeficientes de pressão externos para vento a 90°.

Multiplicando os coeficientes de pressão resultantes (considerando o efeito do coeficiente de pressão interno) pela pressão dinâmica (separados entre 0° e 90°, de acordo com o programa desenvolvido) e pela área de influência dos pórticos (considerando as dimensões A1, A2 e A3 de atuação de cada coeficiente de pressão externo, no vento a 0°, de acordo com o valor calculado no VisualVentos), obteve-se o resultado das cargas distribuídas atuantes nos pórticos relevantes. Além disso, foram calculadas as cargas concentradas atuantes nas terças, mostradas nas Tabelas 11 a 13 (valor referente às terças da extremidade – beiral e cumeeira; o valor da carga atuante nas terças internas equivale ao dobro do valor exposto nos quadros, já que a área de influência de cada um é o dobro da área de influência das terças da extremidade).

Identificação	Galpão 1	Galpão 2	Galpão 3	Galpão 4	Galpão 5
Par Esq	-2,585 kN/m	-4,184 kN/m	-1,831 kN/m	-0,878 kN/m	-0,153 kN/m
Par Dir	-2,585 kN/m	-4,184 kN/m	-1,831 kN/m	-0,878 kN/m	-0,153 kN/m
Cob Esq	-3,164 kN	-2,987 kN	-4,609 kN	-0,916 kN	-0,164 kN
Cob Dir	-3,164 kN	-2,987 kN	-4,609 kN	-0,916 kN	-0,164 kN

Tabela 11: Cargas resultantes para o vento a 0° - Pórtico 1.

Identificação	Galpão 1	Galpão 2	Galpão 3	Galpão 4	Galpão 5
Par Esq	-2,350 kN/m	-1,358 kN/m	-3,661 kN/m	-1,755 kN/m	-0,305 kN/m
Par Dir	-2,350 kN/m	-1,358 kN/m	-3,661 kN/m	-1,755 kN/m	-0,305 kN/m
Cob Esq	-3,923 kN	-3,734 kN	-9,219 kN	-1,832 kN	-0,328 kN
Cob Dir	-3,923 kN	-3,734 kN	-9,219 kN	-1,832 kN	-0,328 kN

Tabela 12: Cargas resultantes para o vento a 0° - Pórtico 2.

Cargas resultantes para o vento a 90° - Pórtico 2					
Identificação	Galpão 1	Galpão 2	Galpão 3	Galpão 4	Galpão 5
Par Esq	2,350 kN/m	10,868 kN/m	2,321 kN/m	3,630 kN/m	0,244 kN/m
Par Dir	-3,760 kN/m	-2,500 kN/m	-2,321 kN/m	-0,660 kN/m	-0,183 kN/m
Cob Esq	-5,125 kN	-5,377 kN	-10,811 kN	-2,153 kN	-0,345 kN
Cob Dir	-4,429 kN	-2,240 kN	-4,870 kN	-0,732 kN	-0,238 kN

Tabela 13: Cargas resultantes para o vento a 90° - Pórtico 2.

### 4.2.3 Resultados do programa desenvolvido

Com o programa desenvolvido, os coeficientes de pressão externos em cada parte do galpão são mostrados nas Tabelas 14 e 15 e as cargas atuantes

(distribuídas nas paredes e concentradas nas terças) são mostradas nas Tabelas 16 a 18:

	Identificação	Galpão 1	Galpão 2	Galpão 3	Galpão 4	Galpão 5
Paredes	Cp A1	-0,9	-0,9	-0,8	-0,9	-1
	Cp A2	-0,4	-0,43	-0,4	-0,4	-0,6
	Cp A3	-0,2	-0,23	-0,2	-0,2	-0,6
Telhado	Cp E	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8
	Cp F	-0,64	-0,6	-0,47	-0,6	-0,78
	Cp I	-0,2	-0,25	-0,2	-0,2	-0,78

Tabela 14: Coeficientes de pressão externos para o vento a 0°.

	Identificação	Galpão 1	Galpão 2	Galpão 3	Galpão 4	Galpão 5
Paredes	Cp A	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8
	Cp B	-0,6	-0,57	-0,5	-0,6	-0,6
Telhado	Cp E	-0,61	-1,02	-1,01	-0,9	-0,84
	Cp G	-0,5	-0,6	-0,4	-0,57	-0,58

Tabela 15: Coeficientes de pressão externos para o vento a 90°.

Identificação	Galpão 1	Galpão 2	Galpão 3	Galpão 4	Galpão 5
Par Esq	-2,585 kN/m	-3,968 kN/m	-1,830 kN/m	-0,878 kN/m	-0,152 kN/m
Par Dir	-2,585 kN/m	-3,968 kN/m	-1,830 kN/m	-0,878 kN/m	-0,152 kN/m
Cob Esq	-3,164 kN/m	-2,988 kN/m	-4,608 kN/m	-0,917 kN/m	-0,164 kN/m
Cob Dir	-3,164 kN/m	-2,988 kN/m	-4,608 kN/m	-0,917 kN/m	-0,164 kN/m

Tabela 16: Cargas resultantes para o vento a 0° - Pórtico 1.

Cargas resultantes para o vento a 0° - Pórtico 2					
Identificação	Galpão 1	Galpão 2	Galpão 3	Galpão 4	Galpão 5
Par Esq	-2,350 kN/m	0,761 kN/m	-3,660 kN/m	-1,756 kN/m	-0,305 kN/m
Par Dir	-2,350 kN/m	0,761 kN/m	-3,660 kN/m	-1,756 kN/m	-0,305 kN/m
Cob Esq	-3,924 kN/m	0,374 kN/m	-9,217 kN/m	-1,833 kN/m	-0,328 kN/m
Cob Dir	-3,924 kN/m	0,374 kN/m	-9,217 kN/m	-1,833 kN/m	-0,328 kN/m

Tabela 17: Cargas resultantes para o vento a 0° - Pórtico 2.

Identificação	Galpão 1	Galpão 2	Galpão 3	Galpão 4	Galpão 5
Par Esq	2,350 kN/m	10,870 kN/m	2,320 kN/m	3,630 kN/m	0,244 kN/m
Par Dir	-3,760 kN/m	-2,935 kN/m	-2,320 kN/m	-0,660 kN/m	-0,183 kN/m
Cob Esq	-5,126 kN/m	-5,378 kN/m	-10,806 kN/m	-2,154 kN/m	-0,345 kN/m
Cob Dir	-4,430 kN/m	-2,241 kN/m	-4,868 kN/m	-0,732 kN/m	-0,238 kN/m

Tabela 18: Cargas resultantes para o vento a 90° - Pórtico 2.

#### 4.2.4 Comparação dos resultados

As tabelas a seguir comparam os resultados obtidos pelo programa desenvolvido e pelo VisualVentos, mostrando a diferença percentual entre os valores.

	Identificação	Galpão 1	Galpão 2	Galpão 3	Galpão 4	Galpão 5
Paredes	Cp A1	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	Cp A2	0,00%	-8,51%	0,00%	0,00%	0,00%
	Cp A3	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Telhado	Cp E	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	Cp F	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	Cp I	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

Tabela 19: Diferença nos coeficientes de pressão externos para o vento a 0°.

	Identificação	Galpão 1	Galpão 2	Galpão 3	Galpão 4	Galpão 5
Paredes	Cp A	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	Cp B	0,00%	7,55%	0,00%	0,00%	0,00%
Telhado	Cp E	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	Cp G	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

Tabela 20: Diferença nos coeficientes de pressão externos para o vento a 90°.

Identificação	Galpão 1	Galpão 2	Galpão 3	Galpão 4	Galpão 5
Par Esq	0,00%	-5,16%	-0,03%	0,06%	-0,33%
Par Dir	0,00%	-5,16%	-0,03%	0,06%	-0,33%
Cob Esq	0,01%	0,03%	-0,03%	0,09%	0,00%
Cob Dir	0,01%	0,03%	-0,03%	0,09%	0,00%

Tabela 21: Diferença nas cargas resultantes para o vento a 0° - Pórtico 1.

Identificação	Galpão 1	Galpão 2	Galpão 3	Galpão 4	Galpão 5
Par Esq	0,00%	0,00%	-0,03%	0,06%	0,00%
Par Dir	0,00%	0,00%	-0,03%	0,06%	0,00%
Cob Esq	0,02%	0,16%	-0,02%	0,04%	0,00%
Cob Dir	0,02%	0,16%	-0,02%	0,04%	0,00%

Tabela 22: Diferença nas cargas resultantes para o vento a 0° - Pórtico 2.

Identificação	Galpão 1	Galpão 2	Galpão 3	Galpão 4	Galpão 5
Par Esq	0,00%	0,02%	-0,03%	0,00%	0,00%
Par Dir	0,00%	17,42%	-0,03%	0,00%	0,00%
Cob Esq	0,01%	0,02%	-0,04%	0,00%	0,00%
Cob Dir	0,02%	0,03%	-0,03%	0,00%	0,00%

Tabela 23: Diferença nas cargas resultantes para o vento a 90° - Pórtico 2.

#### 4.2.5 Análise dos resultados

Em geral, os resultados do programa desenvolvido se aproximaram bastante dos resultados obtidos com o VisualVentos, com diferenças menores que 1%. Um único teste apresentou resultado discrepante para os coeficientes de pressão nas paredes.

O caso em questão ocorreu em um galpão que, devido às suas dimensões, o coeficiente de pressão deveria ser calculado por interpolação. Calculando o coeficiente de pressão manualmente, verificou-se que o resultado do programa desenvolvido estava correto.

Para confirmar a suspeita, outros cinco exemplos foram resolvidos, calculando apenas os coeficientes de pressão externos. As propriedades dos galpões desses exemplos são mostradas na Tabela 24 e seus resultados nas Tabelas 25 e 26. As imagens com as capturas de tela dos programas ao resolver os cinco exemplos adicionais estão mostradas no Anexo A. Além de utilizar o programa desenvolvido e o VisualVentos, foram feitos cálculos manuais para comparar com os resultados dos softwares.

Identificação	Galpão 6	Galpão 7	Galpão 8	Galpão 9	Galpão 10
Vão longitudinal	10 m	20 m	15 m	60 m	22 m
Vão transversal	6 m	13 m	8,5 m	35 m	12 m
Altura da parede	5 m	5 m	20 m	15 m	25 m
h/b	0,833	0,385	2,353	0,429	2,083
a/b	1,667	1,538	1,765	1,714	1,833

Tabela 24: Exemplos adicionais – Geometria dos galpões.

Identificação	Galpão 6	Galpão 7	Galpão 8	Galpão 9	Galpão 10
Ce-A2/B2 (VisualVentos)	-0,43	-0,49	-0,55	-0,46	-0,57
Ce-A2/B2 (programa desenvolvido)	-0,47	-0,49	-0,55	-0,46	-0,53

Tabela 25: Exemplos adicionais – Coeficientes de pressão nas paredes centrais (paredes A2 e B2), para vento a 0°.

Identificação	Galpão 6	Galpão 7	Galpão 8	Galpão 9	Galpão 10
Ce-B (VisualVentos)	-0,57	-0,49	-0,6	-0,46	-0,6
Ce-B (programa desenvolvido)	-0,53	-0,41	-0,6	-0,44	-0,6

Tabela 26: Exemplos adicionais – Coeficientes de pressão nas paredes dos fundos (parede B), para vento a 90°.

O programa desenvolvido apresentou resultados exatamente iguais aos calculados manualmente (um exemplo de cálculo manual está demonstrado na figura 32, utilizando os dados do galpão 2), enquanto o VisualVentos apresentou resultados diferentes em alguns casos.

Portanto, confirma-se a confiabilidade dos resultados apresentados pelo programa desenvolvido.

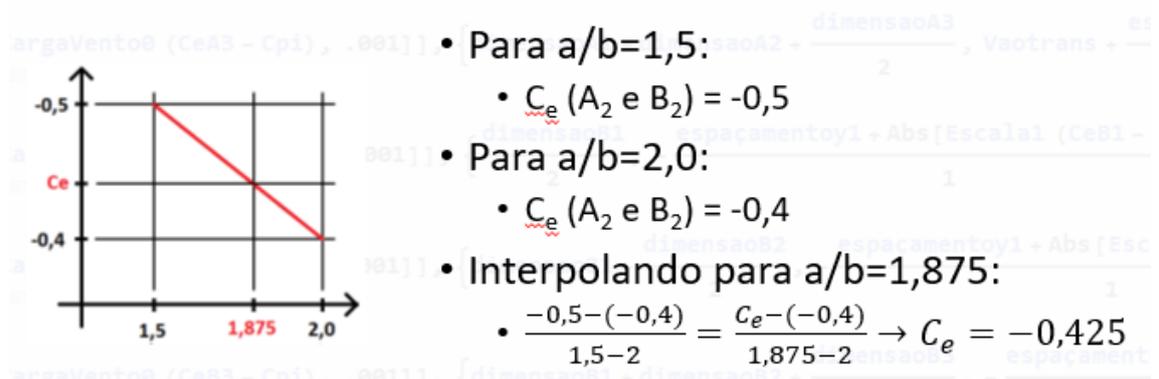


Figura 32: Exemplo de interpolação para cálculo de coeficientes de pressão. Fonte: Autor.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

### **5.1 Conclusões**

A partir da norma NBR 6123:1988, foi possível desenvolver um programa que calcula as ações de vento no pórtico de um galpão em estrutura metálica.

Foram simulados alguns exemplos para validar o software desenvolvido, comparando seus resultados com softwares conhecidos no mercado e no meio acadêmico.

Os resultados do programa foram satisfatórios, com divergências desprezíveis (abaixo de 1%). Apesar de alguns resultados apresentarem resultado com erros de mais de 5%, foi demonstrado que o resultado do programa era confiável.

Isso reforça que é necessário que o engenheiro conheça os programas que utiliza em seus projetos, e saiba interpretar os resultados, pois a responsabilidade do projeto está sobre o calculista, não sobre o software. O programa é apenas uma ferramenta de auxílio.

### **5.2 Sugestões de trabalhos futuros**

Este trabalho se limitou a estudar os procedimentos de obtenção de cargas de vento a partir dos coeficientes de forma e pressão. Porém, a norma apresenta outros métodos de obtenção de ações de vento (em estruturas de concreto, por exemplo, é muito comum usar o Coeficiente de Arrasto).

O programa pode ser melhorado, implementando outros métodos de obtenção de ações de vento, assim o profissional pode escolher o método mais adequado para seus projetos.

Além disso, o programa se limita a calcular cargas de vento em coberturas com 2 águas. Outra melhoria possível é a de implementação de cálculos para cobertura com apenas 1 água.

Outra melhoria possível é a de calcular as cargas de vento em galpões com mais de 1 pavimento, obtendo um resultado de vento para cada pavimento.

## **REFERÊNCIAS**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6123: Forças devido ao vento em edificações**. Rio de Janeiro. 1988.

CHIARELLO, J. A; PRAVIA, Z. M. C. **O programa Visualventos: determinação de forças devidas ao vento em edificações de base retangular e cobertura a duas águas segundo a NBR 6123**. Rio Grande do Sul. 2003.

MOURA, BARBARA LUIZA RIZ DE. **Ações devido ao vento nas edificações**. Programa Jovem Talento. Espírito Santo.

# APÊNDICE A – CAPTURAS DE TELA DOS EXEMPLOS

## A.1 Galpão 1

Geometria | Velocidade Básica | Fator S1 | Fator S2 | Fator S3 | Cpe - Paredes | Cpe - Telhado | Cpi | Combinações | Esforços | Resultados

Dimensões

Medidas

b 10 m    a 20 m    h 10 m    Distância entre pórticos p 10 m

b1 5,00 m    a1 5,00 m    β 21,80 °    h1 2 m

a2 5,00 m   

Área das aberturas

Face	Fixa	Móvel
A1	0 m <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>
A2	0 m <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>
A3	0 m <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>
B1	0 m <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>
B2	0 m <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>
B3	0 m <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>
C1	0 m <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>
C2	0 m <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>
D1	0 m <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>
D2	0 m <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>

Geometria | Velocidade Básica | Fator S1 | Fator S2 | Fator S3 | Cpe - Paredes | Cpe - Telhado | Cpi | Combinações | Esforços | Resultados

Análise das Isopletas de Vento

Velocidade Básica

Vo 30 m/s

Vo: Máxima velocidade média sobre 3 segundos, que pode ser estendida em média uma vez em 50 anos, a 10m sobre o nível do terreno em lugar aberto e plano.

Geometria | Velocidade Básica | **Fator S1** | Fator S2 | Fator S3 | Cpe - Paredes | Cpe - Telhado | Cpi | Combinações | Esforços | Resultados

Fator Topográfico

TALUDE

MORRO

Pode ser admitido um fluxo de ar bidimensional soprando no sentido indicado na figura.

Fator S1

Terreno plano ou fracamente acidentado

Talude e Morros

Vales profundos, protegidos de vento de qual quer direção

Taludes e Morros

$\phi$   °

z  m

d  m

Calcular

S1

Geometria | Velocidade Básica | Fator S1 | **Fator S2** | Fator S3 | Cpe - Paredes | Cpe - Telhado | Cpi | Combinações | Esforços | Resultados

Fator de Rugosidade

Categoria do terreno

Categoria	Descrição do ambiente
<input checked="" type="radio"/> I	Superfícies lisas de grandes dimensões, com mais de 5km de extensão, medida na direção e sentido do vento incidente.
<input type="radio"/> II	Terrenos abertos em nível ou aproximadamente em nível, com poucos obstáculos isolados, tais como árvores e edificações baixas. A cota média do topo dos obstáculos é considerada inferior ou igual a 1m. Exemplos: zonas costeiras planas; pântanos com vegetação rala; campos de aviação; pradarias e charnecas; fazendas sem sebes ou muros.
<input type="radio"/> III	Terrenos planos ou ondulados com obstáculos, tais como sebes e muros, poucos quebra-ventos de árvores, edificações baixas e esparsas. A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual a 3m. Exemplos: granjas e casas de campo, com exceção das partes com matos, fazendas com sebes e/ou muros, subúrbios a considerável distância do centro, com casas baixas e esparsas.
<input type="radio"/> IV	Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados em zona florestal, industrial ou urbanizada. A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual a 10m. Exemplos: zonas de parques e bosques com muitas árvores; cidades pequenas e seus arredores; subúrbios densamente construídos de grandes cidades; áreas industriais plena ou parcialmente desenvolvidas.
<input type="radio"/> V	Terrenos cobertos por obstáculos numerosos, grandes, altos e pouco espaçados. A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual ou superior a 25m. Exemplos: florestas com árvores altas de copas isoladas; centros de grandes cidade; complexo industriais bem desenvolvidos.

Classe de edificação

Classe	Descrição
<input checked="" type="radio"/> A	Maior dimensão menor ou igual a 20m
<input type="radio"/> B	Maior dimensão entre 20 e 50m
<input type="radio"/> C	Maior dimensão maior ou igual 50m

Maior dimensão  m

Fator S2

S2

Calcular

Geometria | Velocidade Básica | Fator S1 | Fator S2 | **Fator S3** | Cpe - Paredes | Cpe - Telhado | Cpi | Combinações | Esforços | Resultados

Fator Estatístico

Fator S3

Grupo	Descrição
<input type="radio"/> 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)
<input type="radio"/> 2	Edificações para hotéis e residências. Edificações para comércio e indústria com alto fator de ocupação
<input type="radio"/> 3	Edificações e instalações industriais com baixo fator de ocupação (depósitos, silos, construções rurais, etc)
<input type="radio"/> 4	Vedações (telhas, vidros, painéis de vedação, etc)
<input checked="" type="radio"/> 5	Edificações temporárias. Estruturas dos grupos 1 a 3 durante a construção

S3

[← Voltar](#) [Continuar →](#)

Geometria | Velocidade Básica | Fator S1 | Fator S2 | Fator S3 | **Cpe - Paredes** | Cpe - Telhado | Cpi | Combinações | Esforços | Resultados

Coefficiente de pressão externa - Paredes

Vento 0°

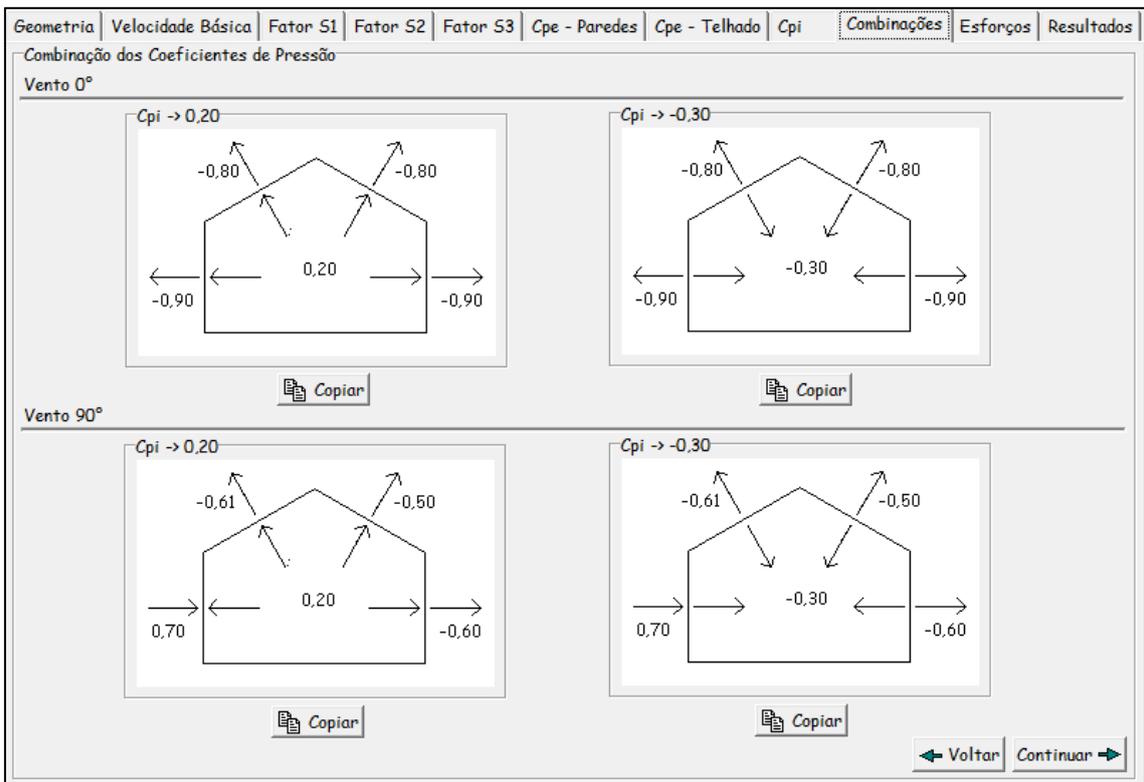
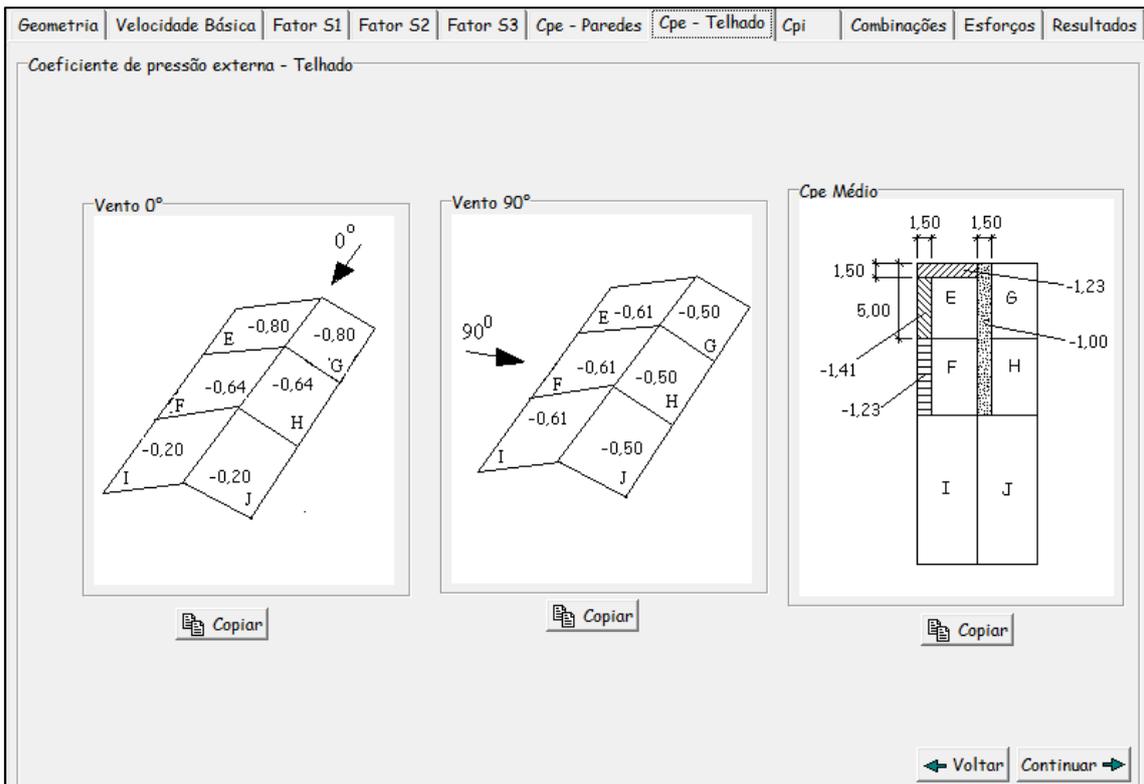
[Copiar](#)

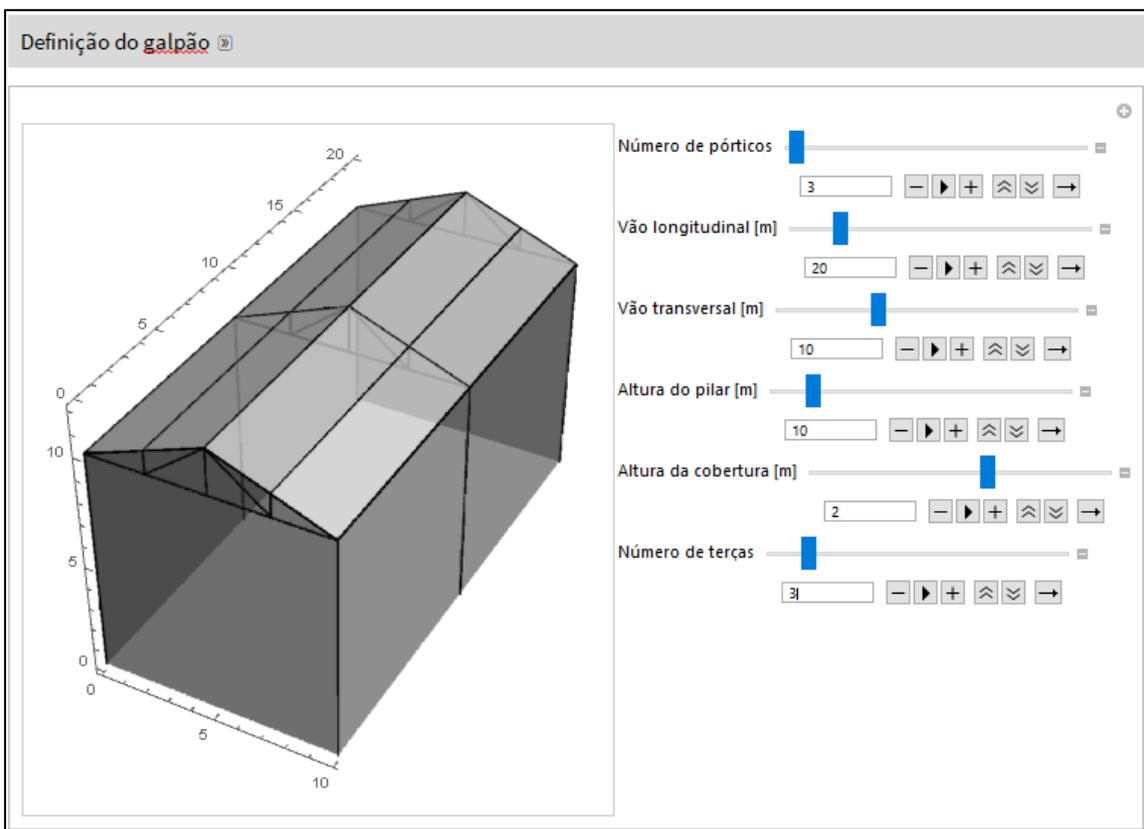
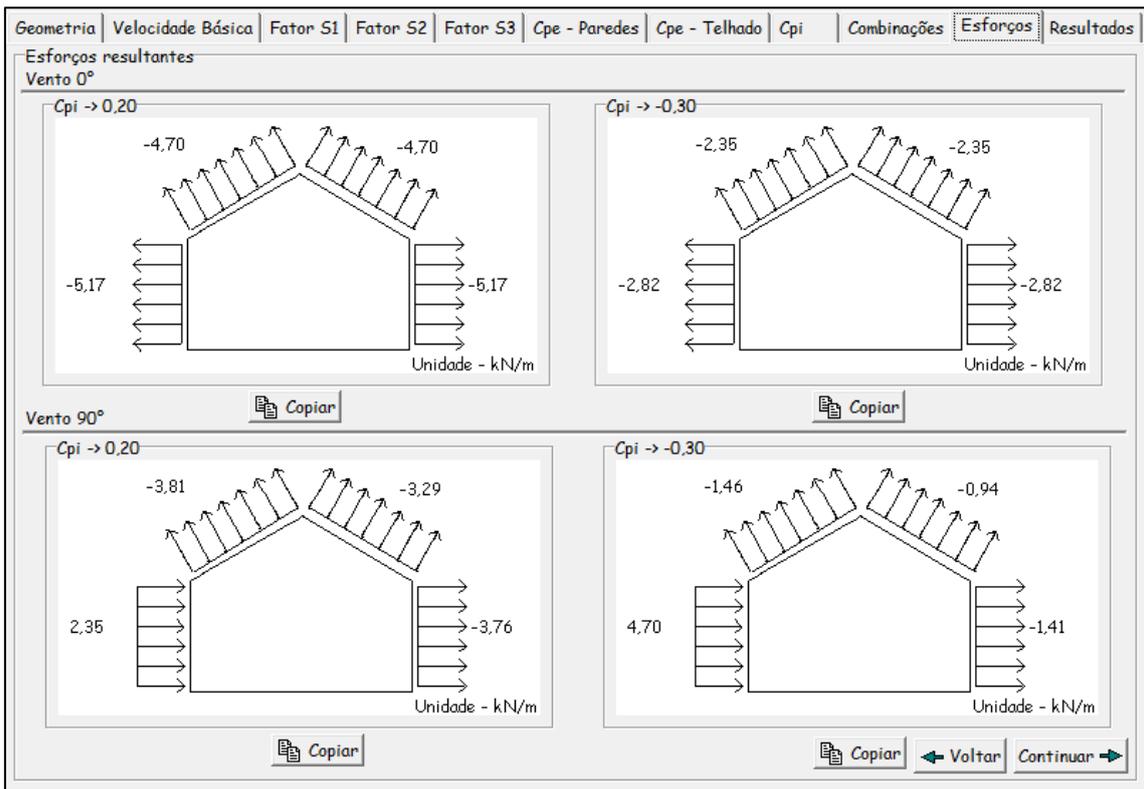
Vento 90°

[Copiar](#)

Cpe médio

[← Voltar](#) [Continuar →](#)





## Pressão dinâmica do vento

Topografia

Inclinação do terreno (graus)

Altura do morro (m)

Categoria  I  II  III  IV  V

Grupo  1  2  3  4  5

Velocidade básica do vento (m/s)

Pressão dinâmica do vento a 0° (kN/m<sup>2</sup>)

Pressão dinâmica do vento a 90° (kN/m<sup>2</sup>)



### Coeficientes de pressão - Vento a 0°

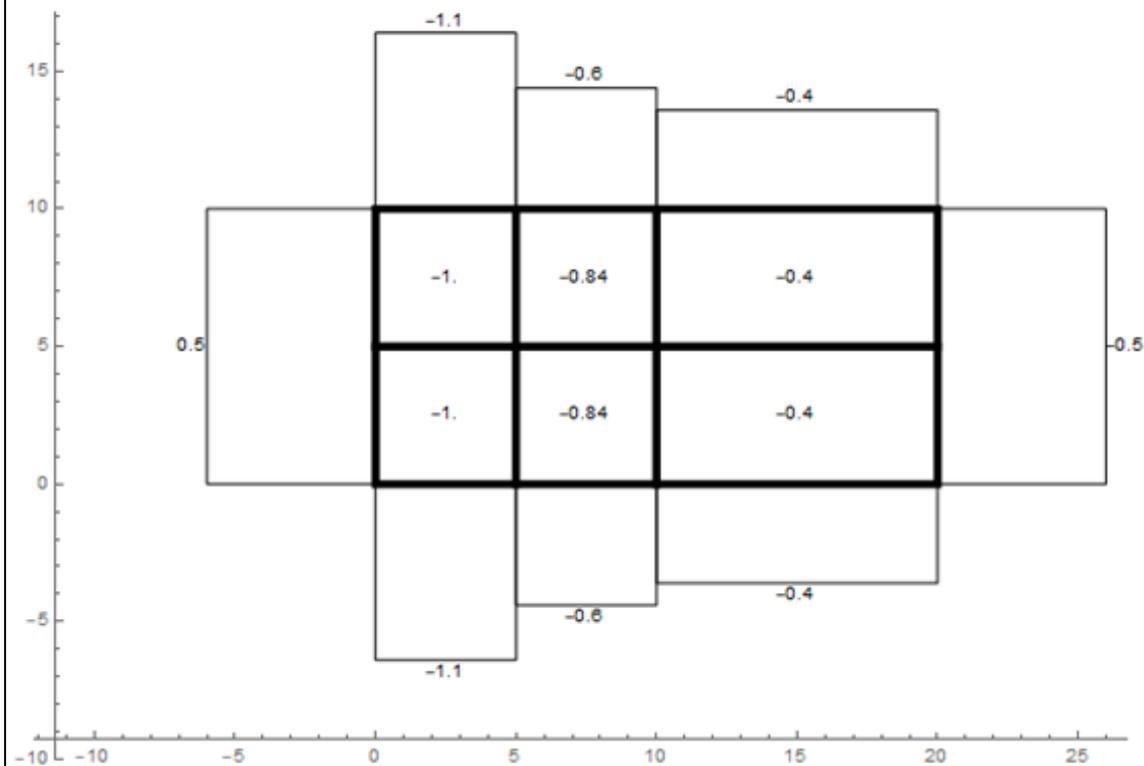
Coeficiente de pressão interna   =  
(Seção 6.2 da NBR 6123:1988)

Espaçamento em x   =

Espaçamento em y   =

Escala   =

Exibir coeficientes de pressão  
 Exibir cargas de vento (kN/m<sup>2</sup>)



### Coeficientes de pressão - Vento a 90°

Coeficiente de pressão interna (Seção 6.2 da NBR 6123:1988)

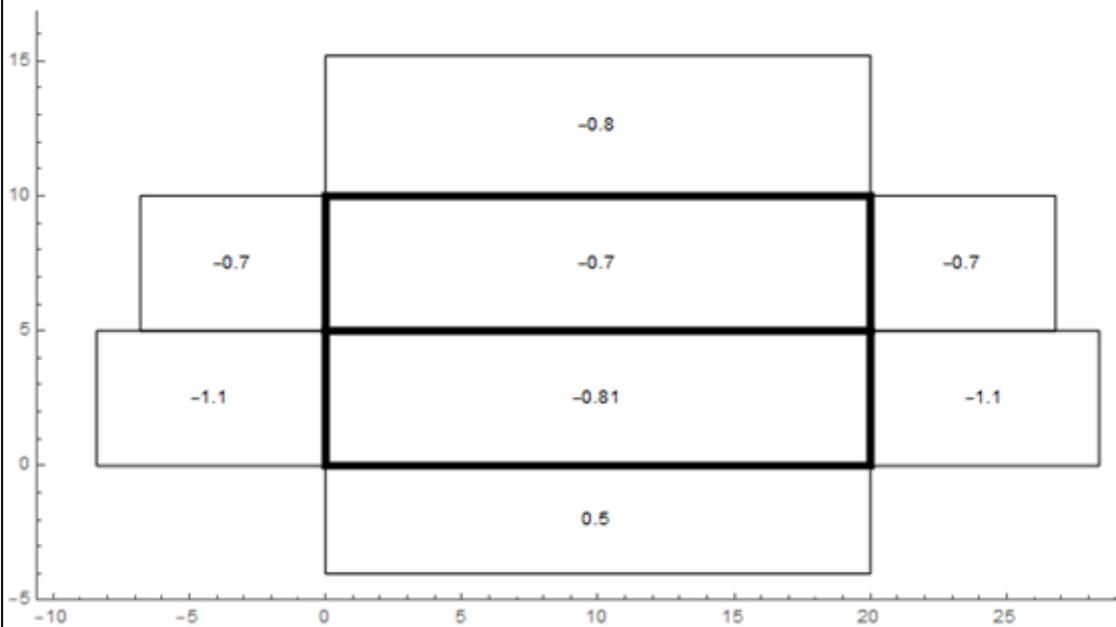
Espaçamento em x

Espaçamento em y

Escala

Exibir coeficientes de pressão  
 Exibir cargas de vento (kN/m<sup>2</sup>)

Direção do vento  90°  -90°



### Criar pórtico

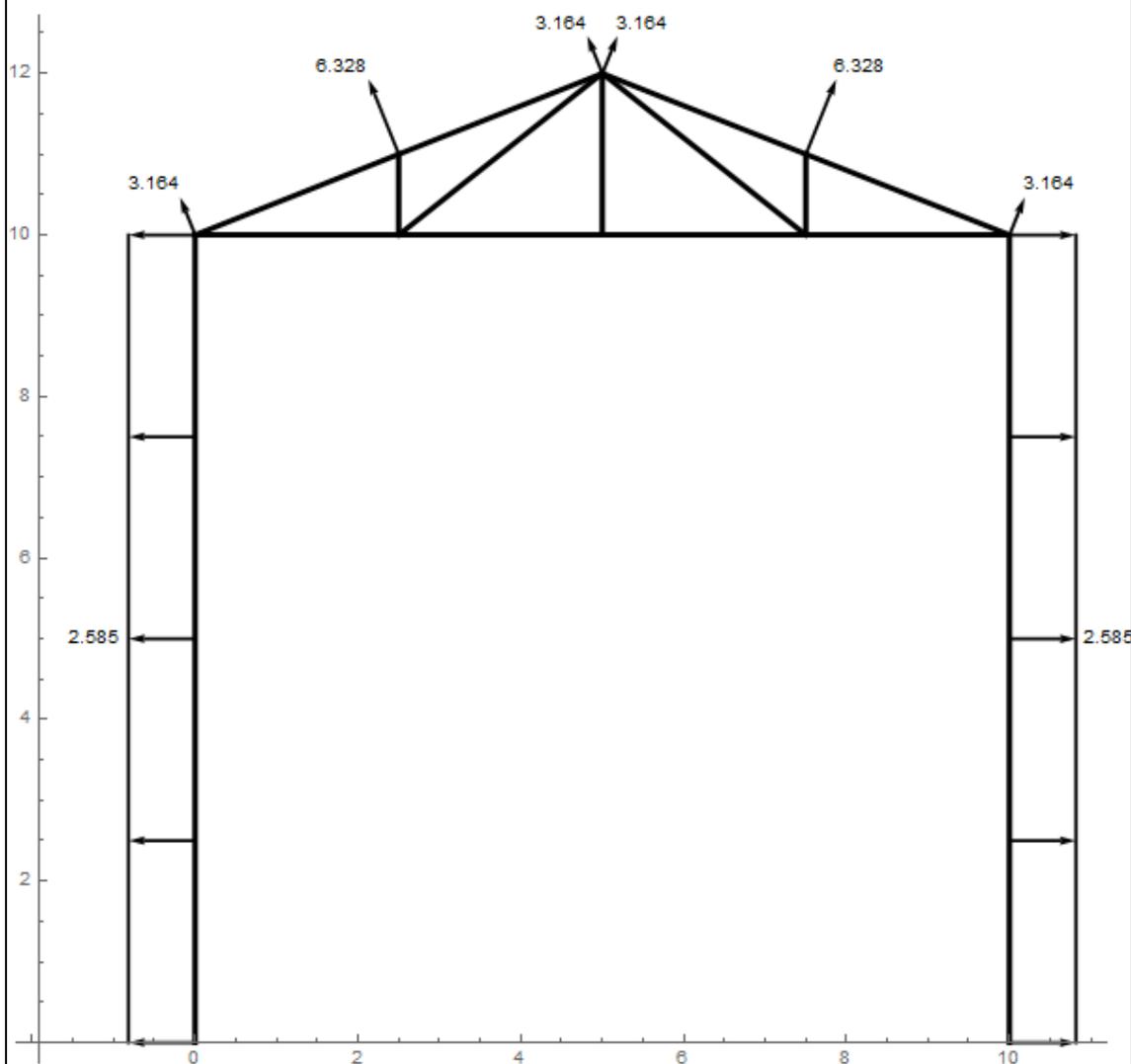
Coefficiente de pressão interna   

(Seção 6.2 da NBR 6123:1988)

Escala do tamanho da carga   

Direção do vento  0°  90°  -90°

Escolher pórtico



## Criar pórtico ⓧ

Coefficiente de pressão interna

(Seção 6.2 da NBR 6123:1988)

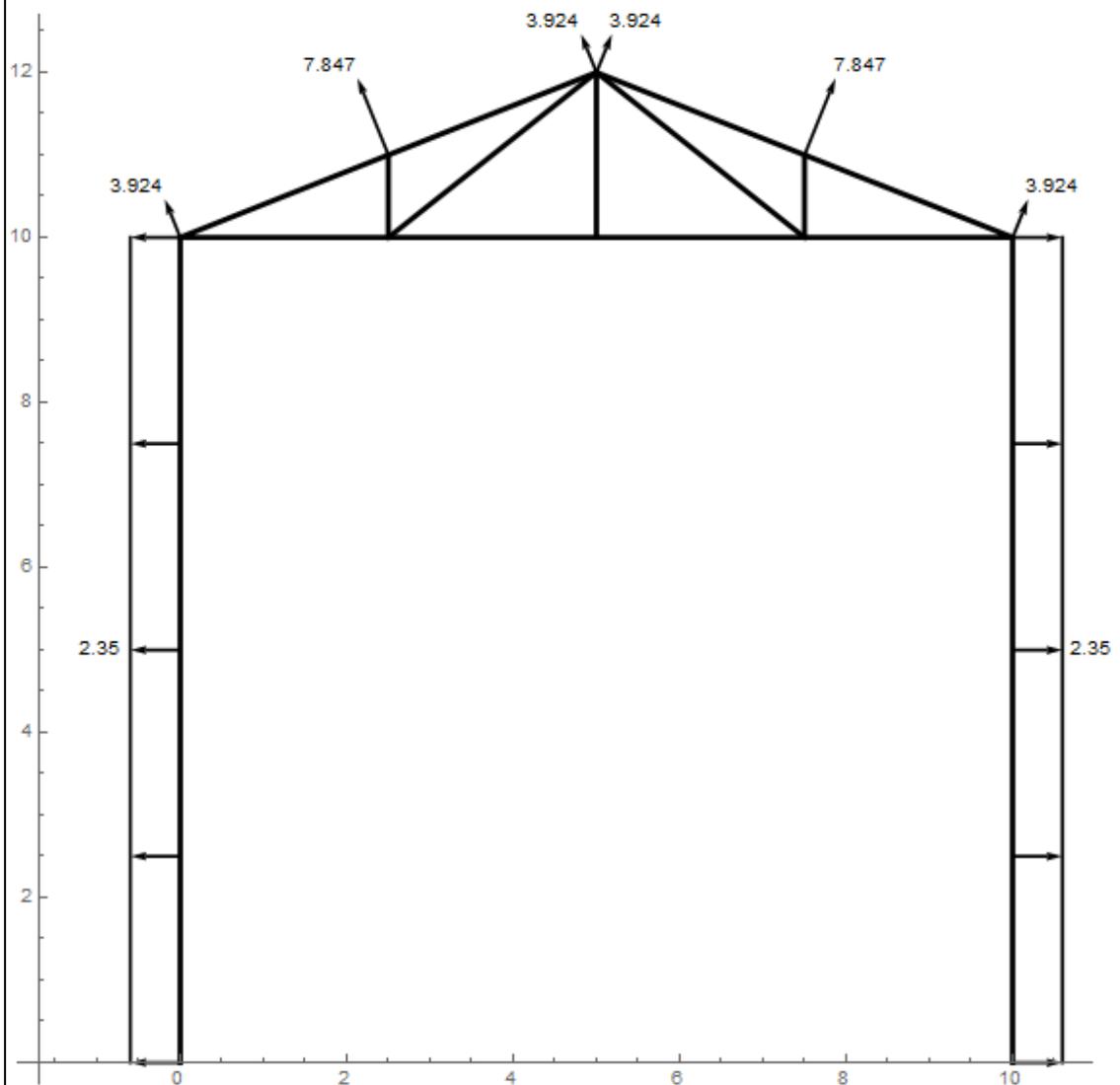
0.2

Escala do tamanho da carga

1

Direção do vento  0°  90°  -90°

Escolher pórtico 1 2



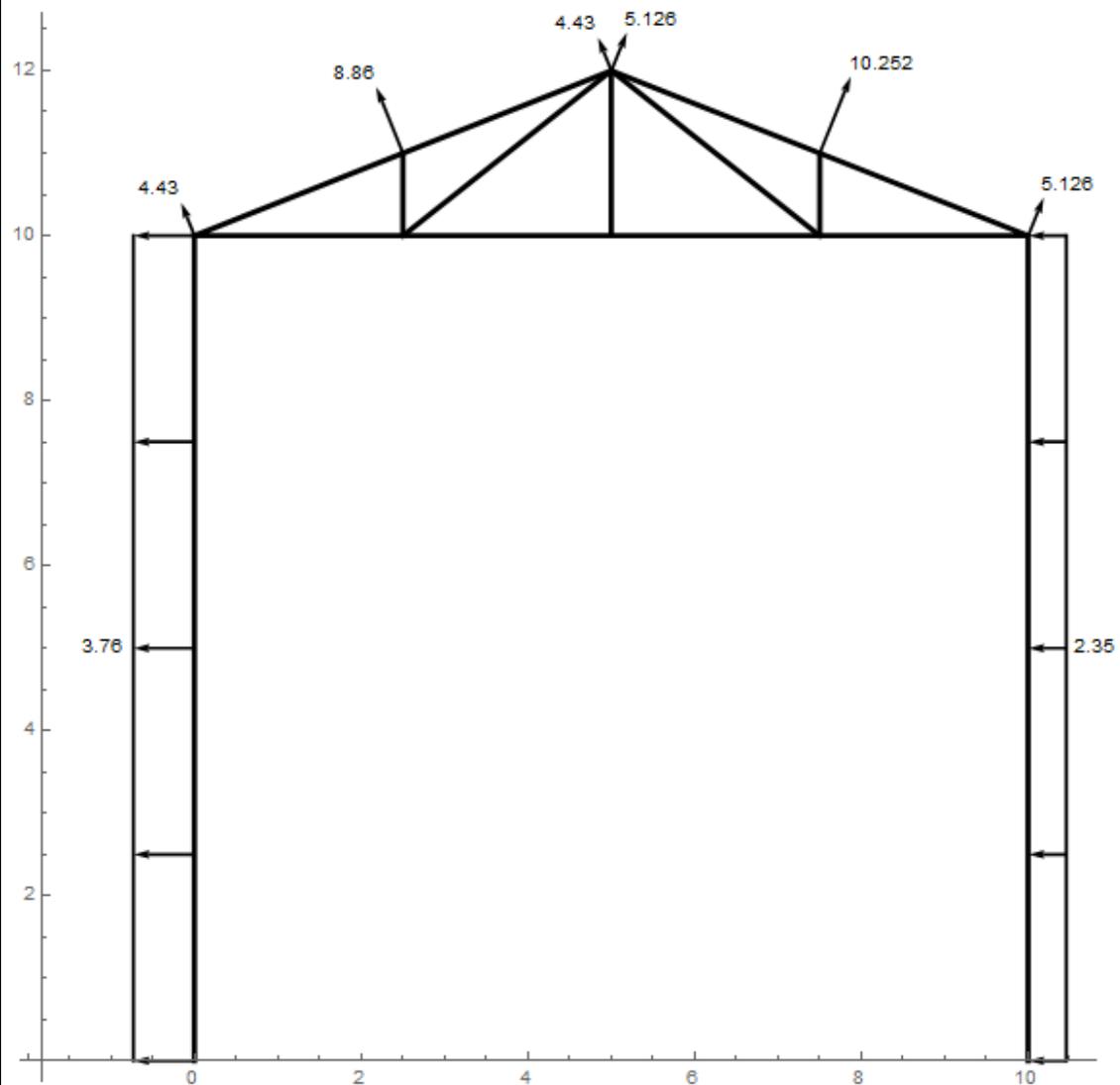
### Criar pórtico

Coefficiente de pressão interna  =  
(Seção 6.2 da NBR 6123:1988)       

Escala do tamanho da carga  =  
      

Direção do vento  0°  90°  -90°

Escolher pórtico  1  2



## A.2 Galpão 2

Geometria | Velocidade Básica | Fator S1 | Fator S2 | Fator S3 | Cpe - Paredes | Cpe - Telhado | Cpi | Combinações | Esforços | Resultados

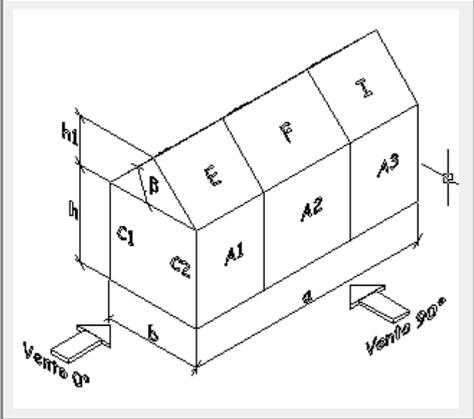
Dimensões

Medidas

b 8 m      a 15 m      h 5 m      Distância entre pórticos p 8 m

b1 4,00 m      a1 3,75 m       $\beta$  14,04 °      h1 1 m

a2 3,75 m     



Área das aberturas

Face	Fixa	Móvel
A1	0 m <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>
A2	0 m <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>
A3	0 m <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>
B1	0 m <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>
B2	0 m <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>
B3	0 m <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>
C1	0 m <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>
C2	0 m <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>
D1	0 m <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>
D2	0 m <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>

→

Taludes e Morros

$\phi$  10 °

z 6 m

d 30 m

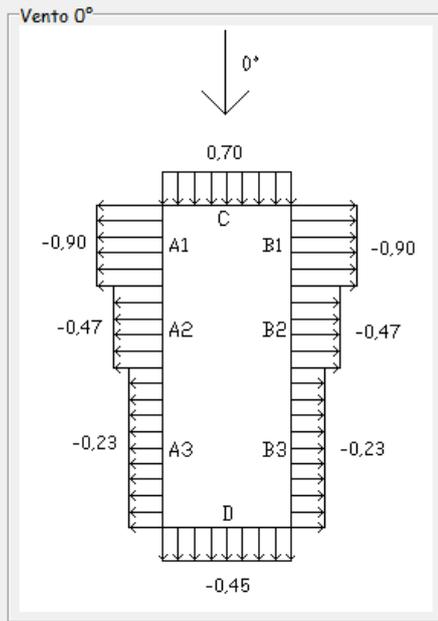
S1 1,28

Fator S2

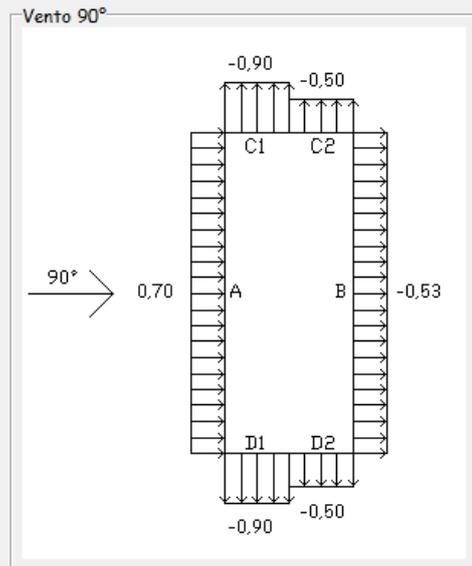
S2 0,96

S3 0,88

Coeficiente de pressão externa - Paredes

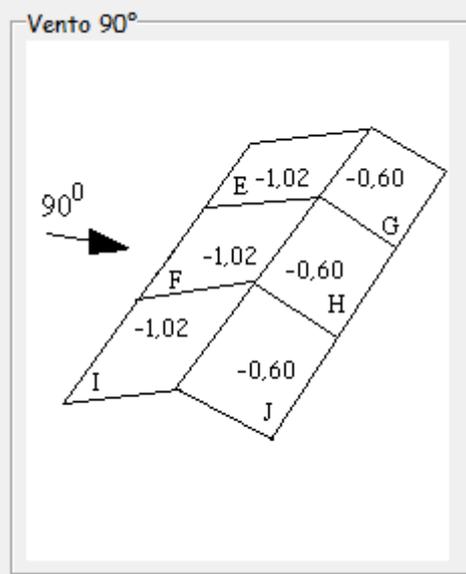
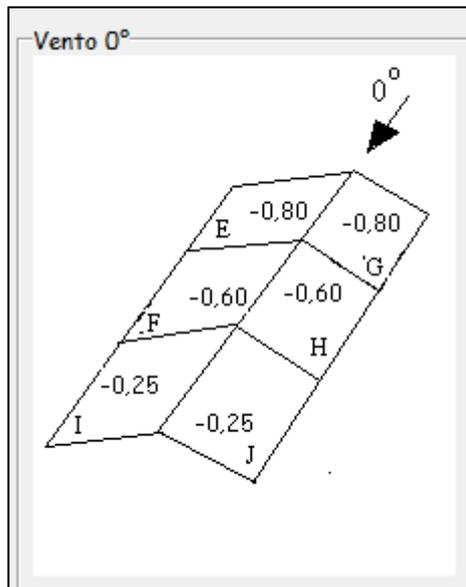


Copiar



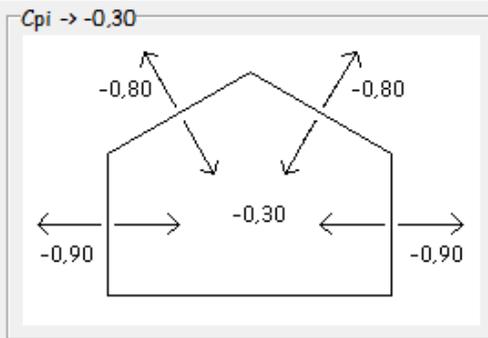
Copiar

Cpe médio -1,10



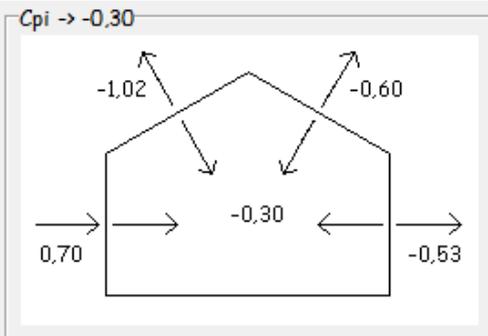
Cominação dos Coeficientes de Pressão

Vento 0°



Copiar

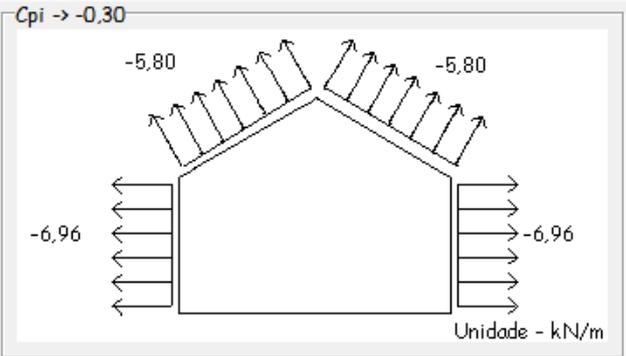
Vento 90°



Copiar

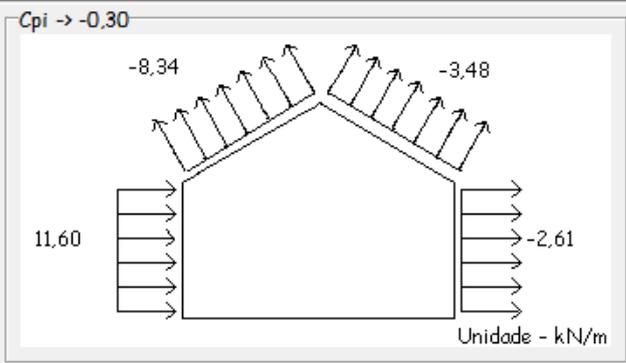
Esforços resultantes

Vento 0°

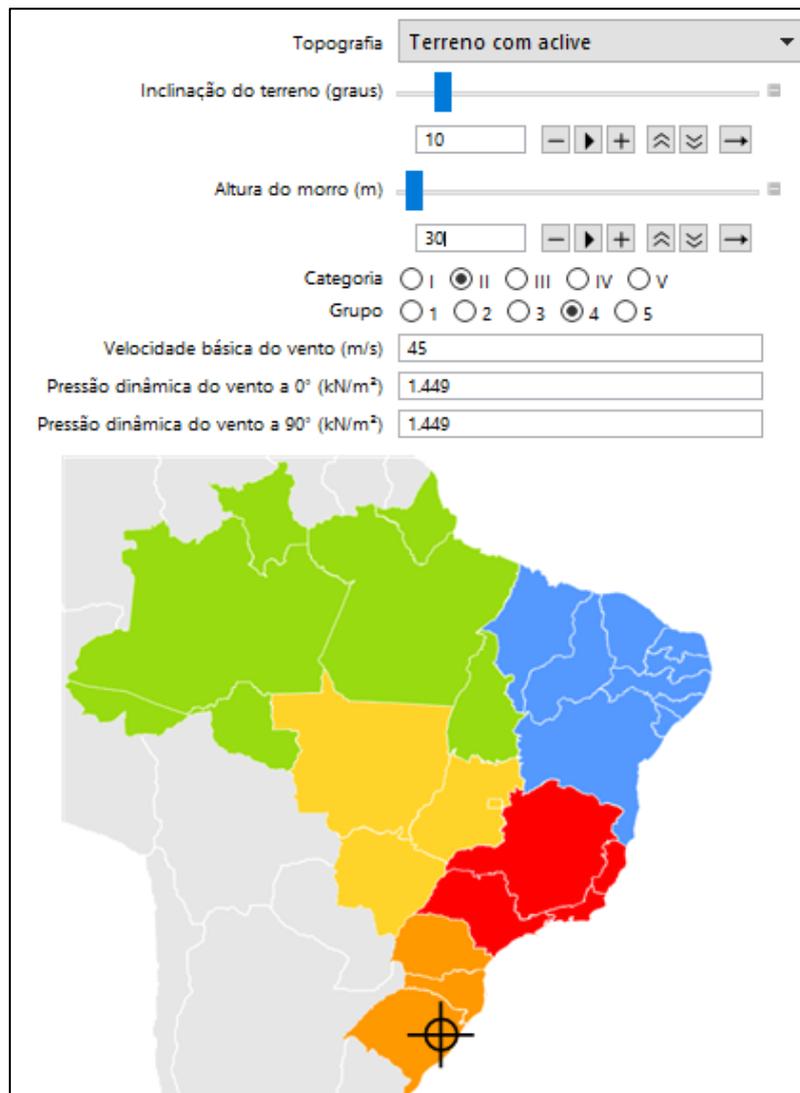
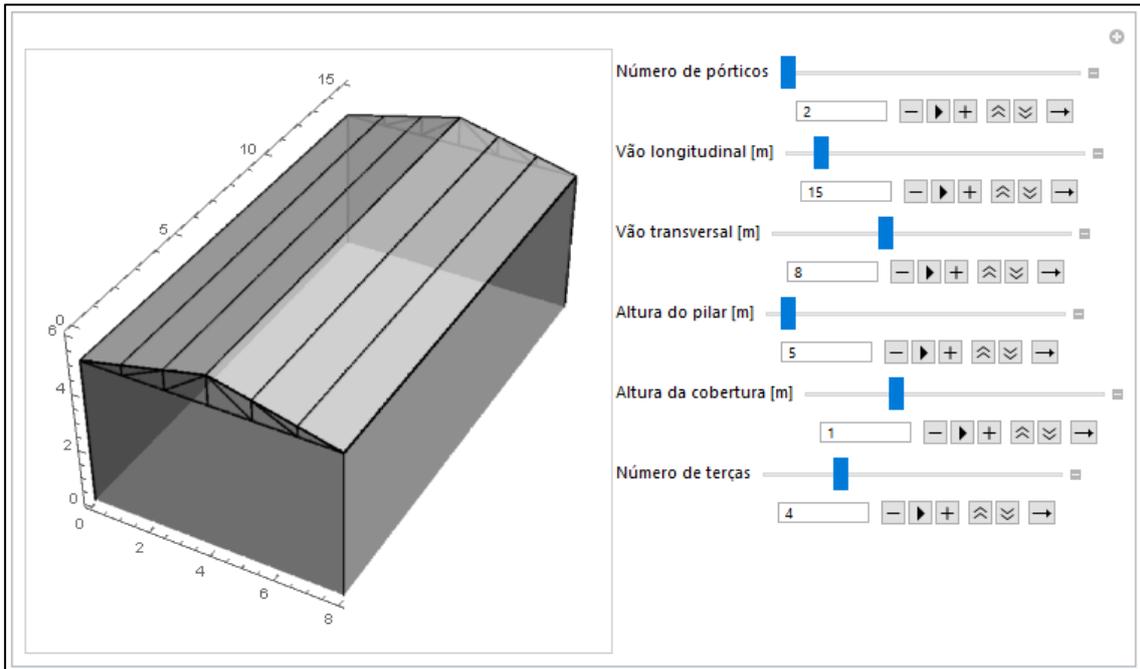


Copiar

Vento 90°



Copiar



### Coeficientes de pressão - Vento a 0°

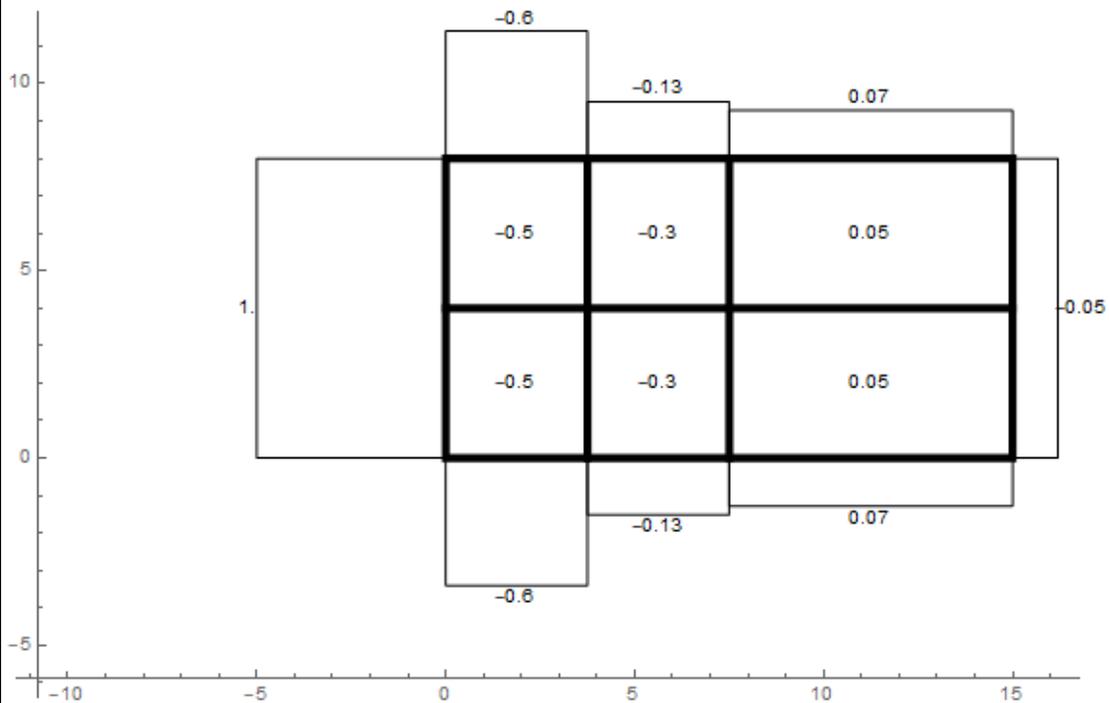
Coeficiente de pressão interna (Seção 6.2 da NBR 6123:1988)  - ▶ + ⏴ ⏵ →

Espaçamento em x  - ▶ + ⏴ ⏵ →

Espaçamento em y  - ▶ + ⏴ ⏵ →

Escala  - ▶ + ⏴ ⏵ →

Exibir coeficientes de pressão  
 Exibir cargas de vento (kN/m<sup>2</sup>)



Coeficientes de pressão - Vento a 90°

Coeficiente de pressão interna (Seção 6.2 da NBR 6123:1988)

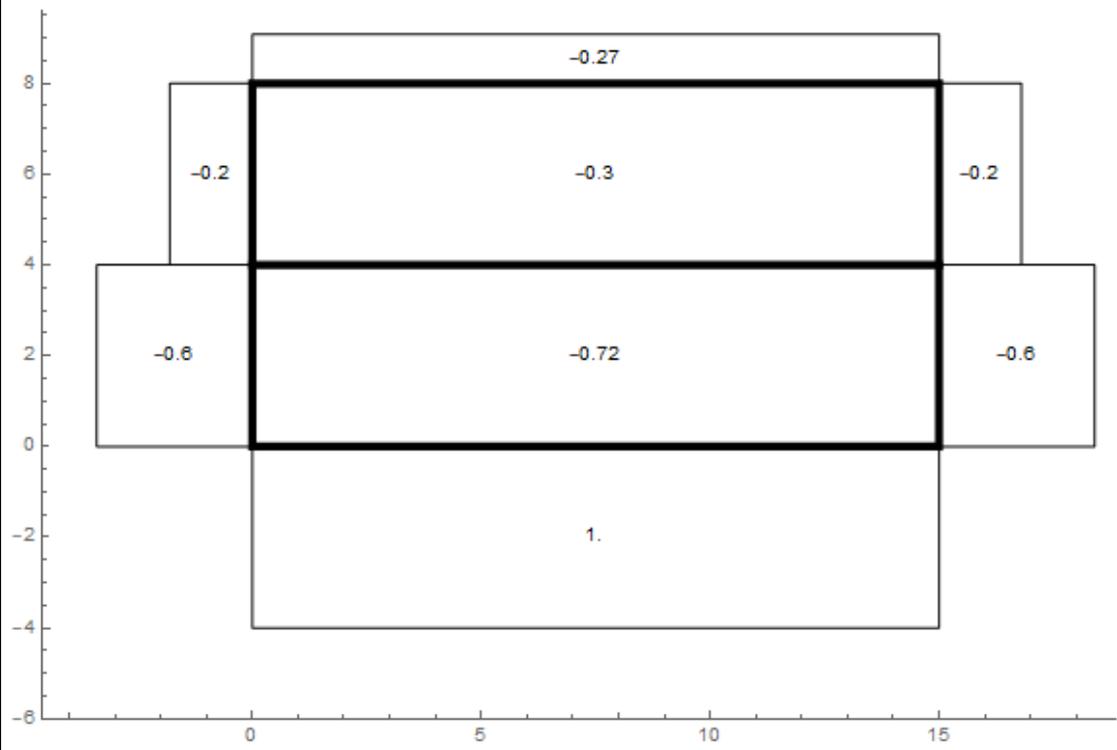
Espaçamento em x

Espaçamento em y

Escala

Exibir coeficientes de pressão  
 Exibir cargas de vento (kN/m<sup>2</sup>)

Direção do vento  90°  -90°



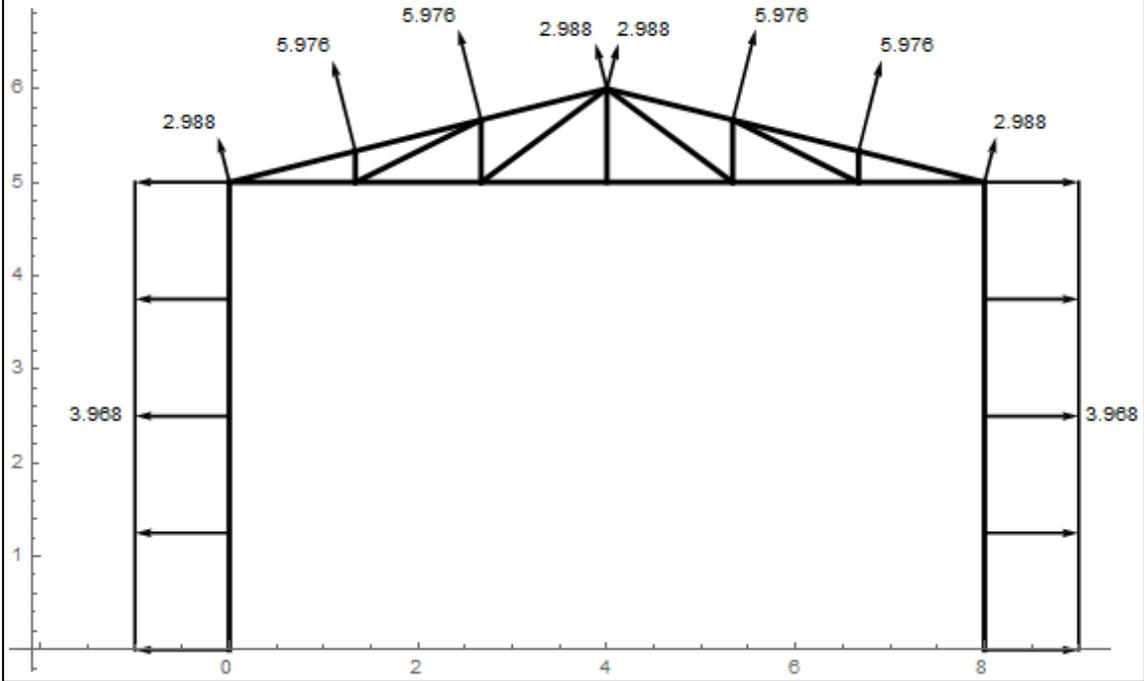
Criar pórtico

Coefficiente de pressão interna (Seção 6.2 da NBR 6123:1988)

Escala do tamanho da carga

Direção do vento  0°  90°  -90°

Escolher pórtico



Criar pórtico 

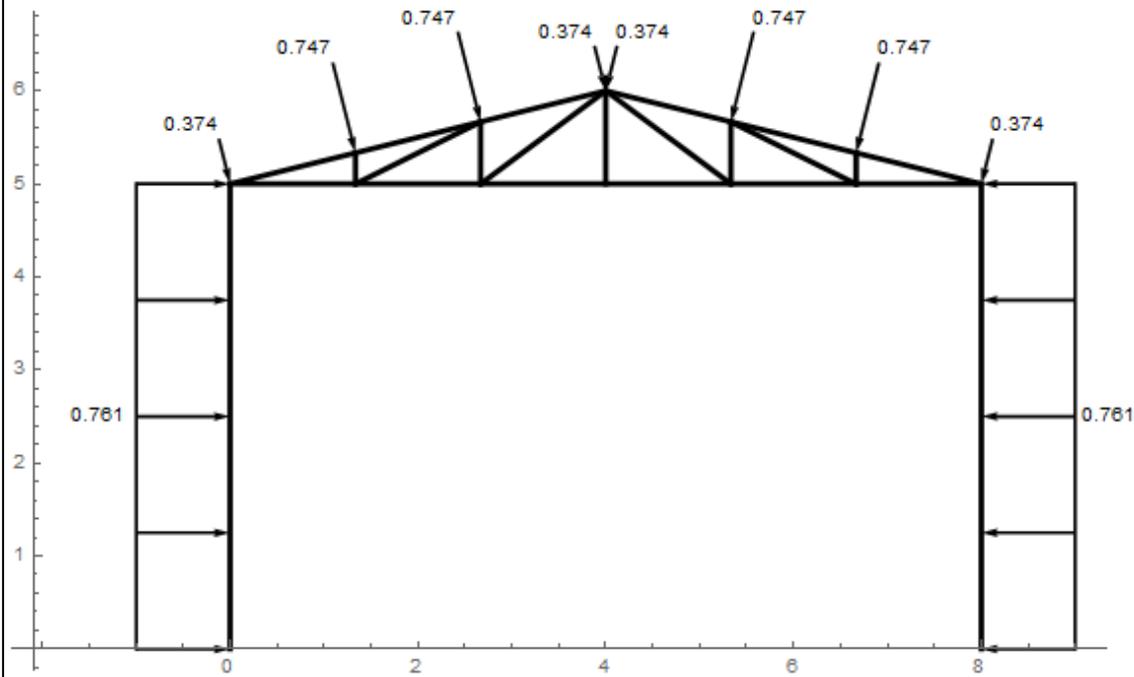
Coefficiente de pressão interna        

(Seção 6.2 da NBR 6123:1988)

Escala do tamanho da carga        

Direção do vento  0°  90°  -90°

Escolher pórtico



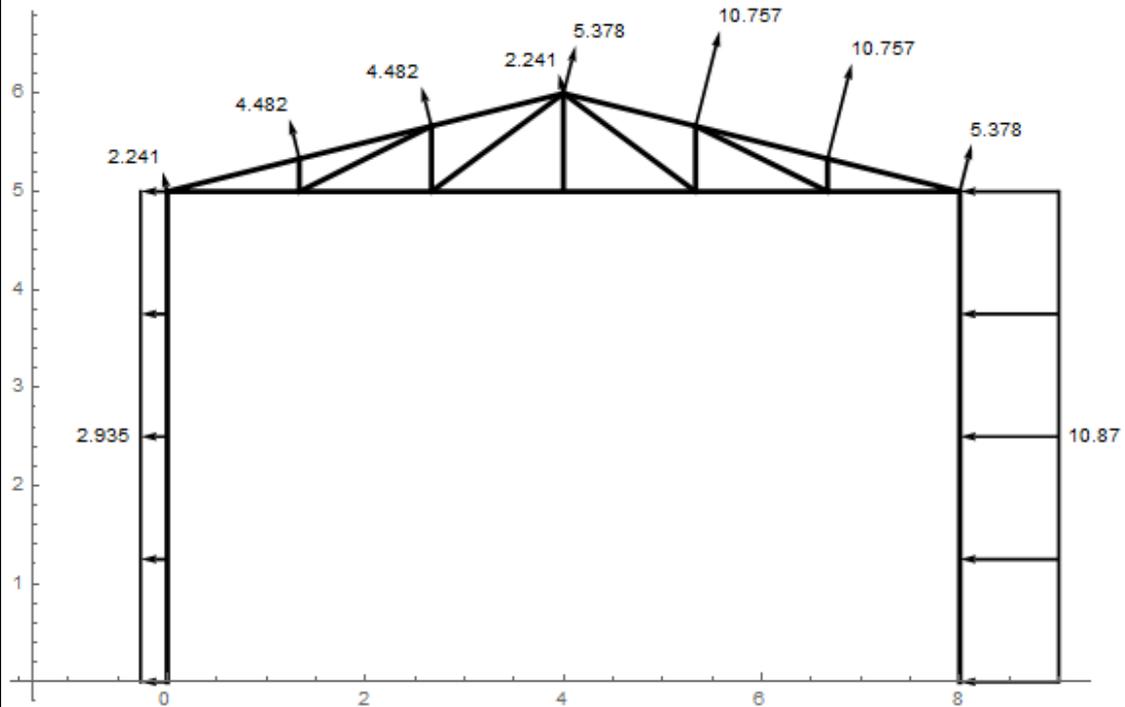
Criar pórtico 

Coefficiente de pressão interna  =  
(Seção 6.2 da NBR 6123:1988)       

Escala do tamanho da carga  =  
      

Direção do vento  0°  90°  -90°

Escolher pórtico



### A.3 Galpão 3

Dimensões

Medidas

b 10 m      a 40 m      h 3 m      Distância entre pórticos p 4 m

b1 5,00 m      a1 6,00 m        $\beta$  6,84 °       h1 1,6 m

a2 14,00 m

Taludes e Morros

$\phi$  30 °

z 3,6 m

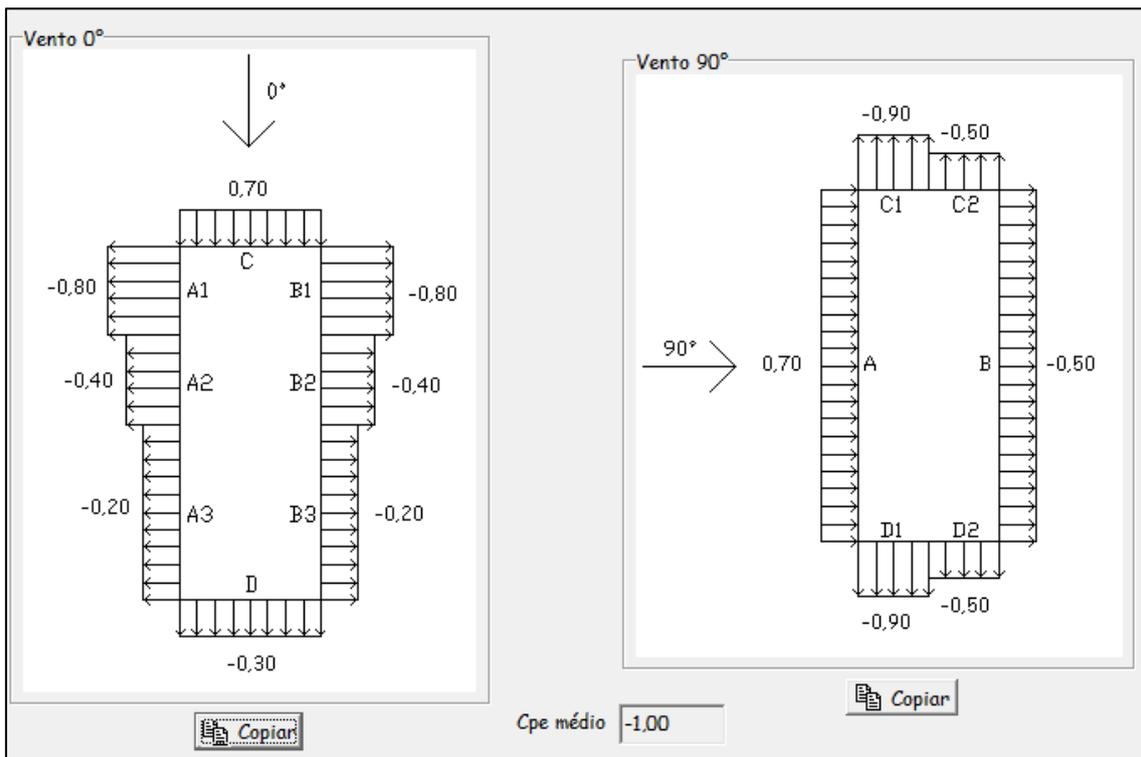
d 100 m

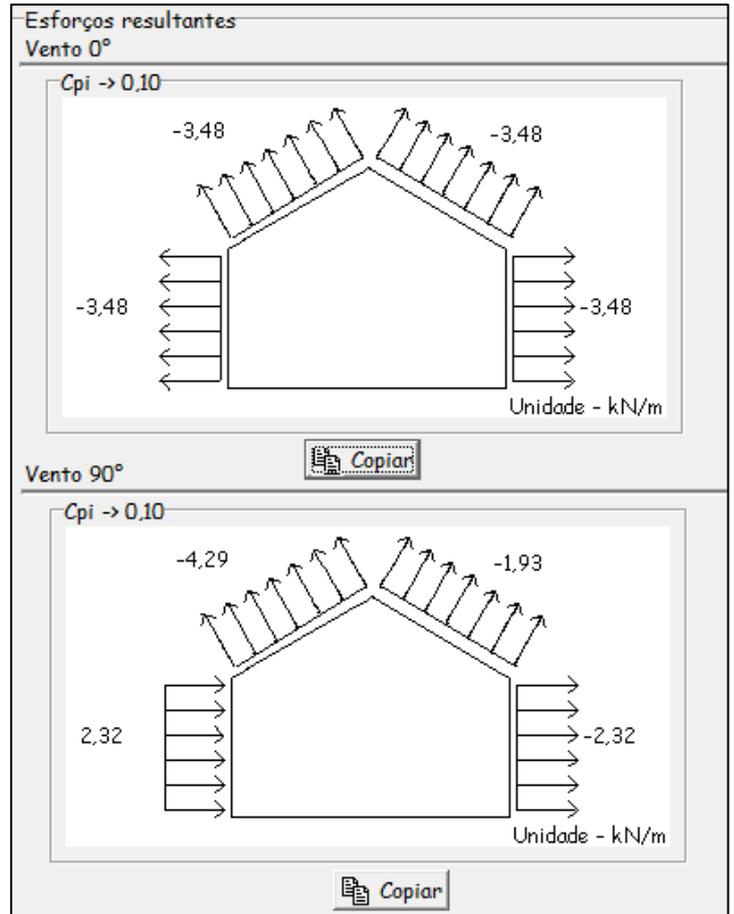
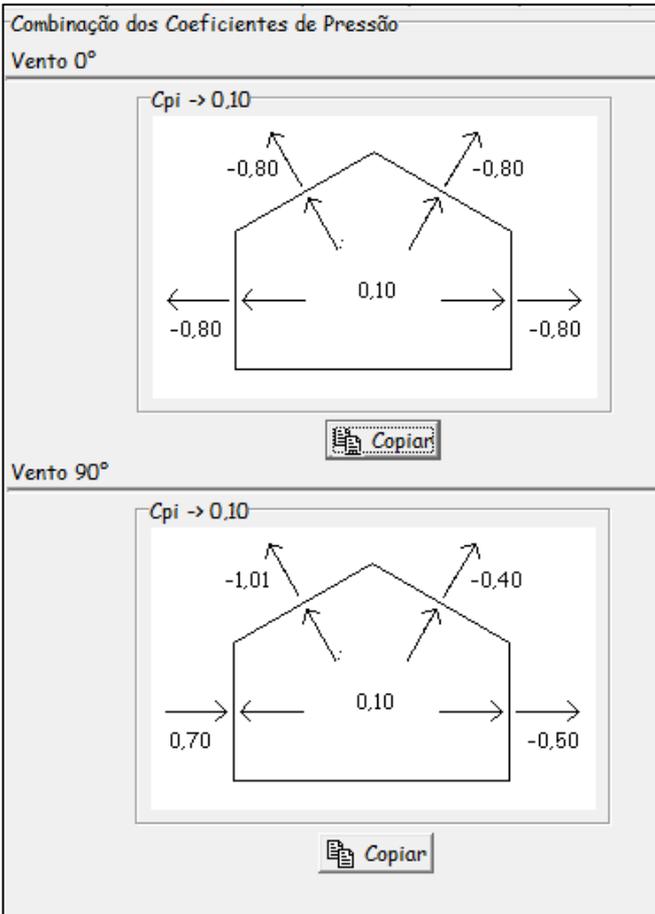
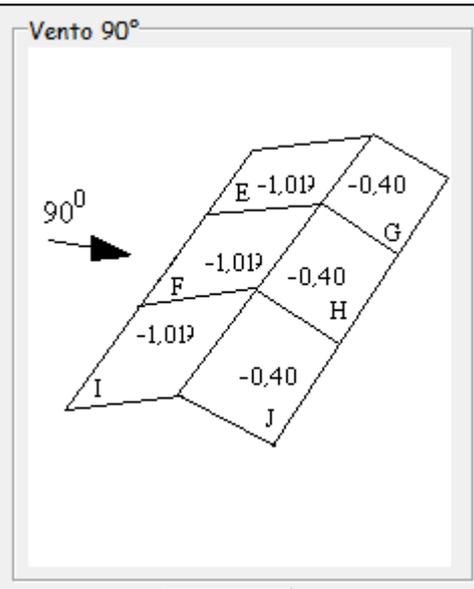
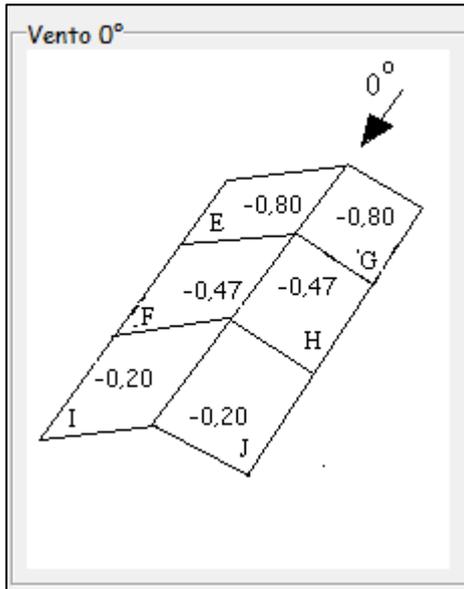
S1 1,68

Fator S2

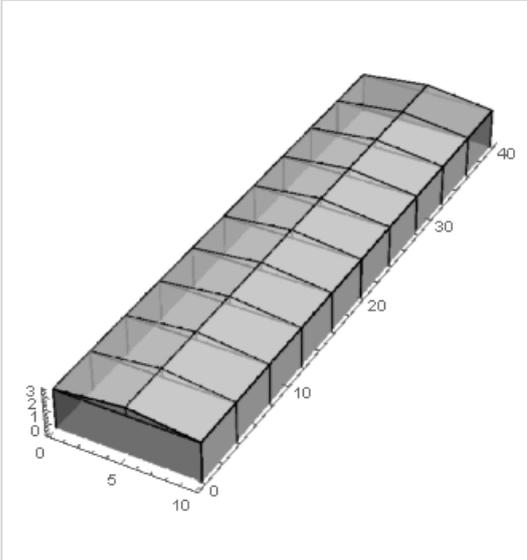
S2 0,83

S3 0,95





**Definição do galpão**



Número de pórticos: 11  
 Vão longitudinal [m]: 40  
 Vão transversal [m]: 10  
 Altura do pilar [m]: 3  
 Altura da cobertura [m]: 0.6  
 Número de terças: 2

**Topografia** Terreno com active

Inclinação do terreno (graus): 30

Altura do morro (m): 100

Categoria:  I  II  III  IV  V  
 Grupo:  1  2  3  4  5

Velocidade básica do vento (m/s): 30

Pressão dinâmica do vento a 0° (kN/m²): 1.017

Pressão dinâmica do vento a 90° (kN/m²): 0.967



### Coeficientes de pressão - Vento a 0°

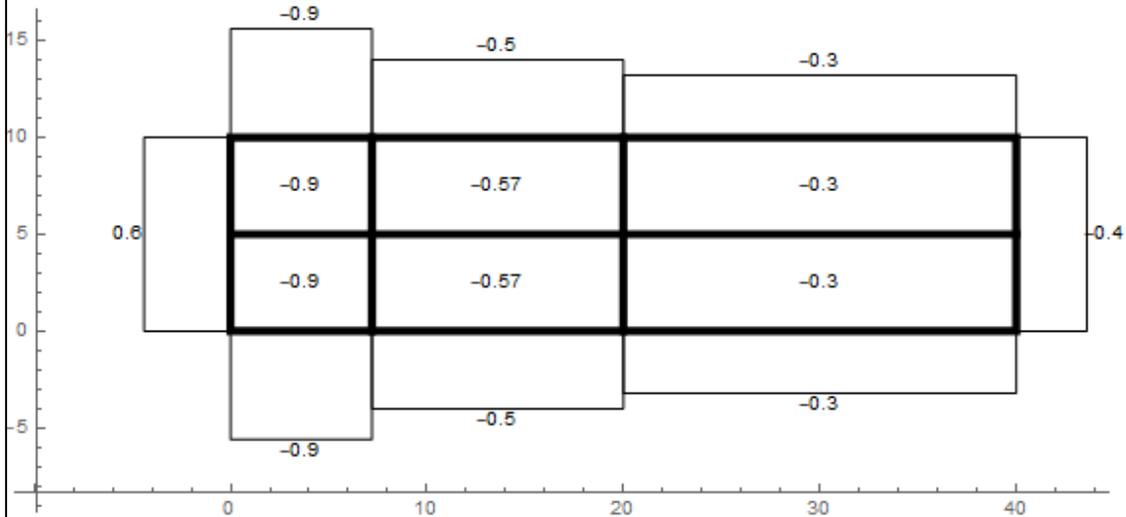
Coeficiente de pressão interna (Seção 6.2 da NBR 6123:1988)

Espaçamento em x

Espaçamento em y

Escala

Exibir coeficientes de pressão  
 Exibir cargas de vento (kN/m<sup>2</sup>)



### Coeficientes de pressão - Vento a 90°

Coeficiente de pressão interna (Seção 6.2 da NBR 6123:1988)  -

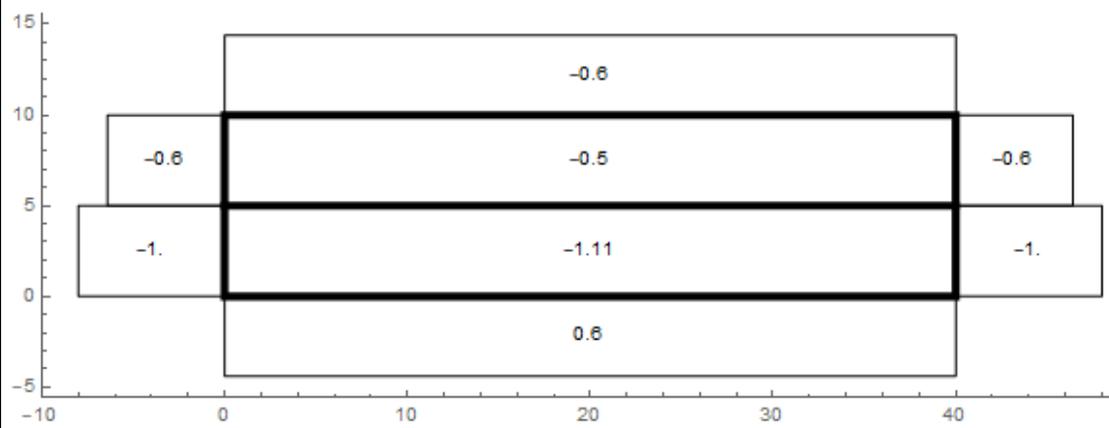
Espaçamento em x  -

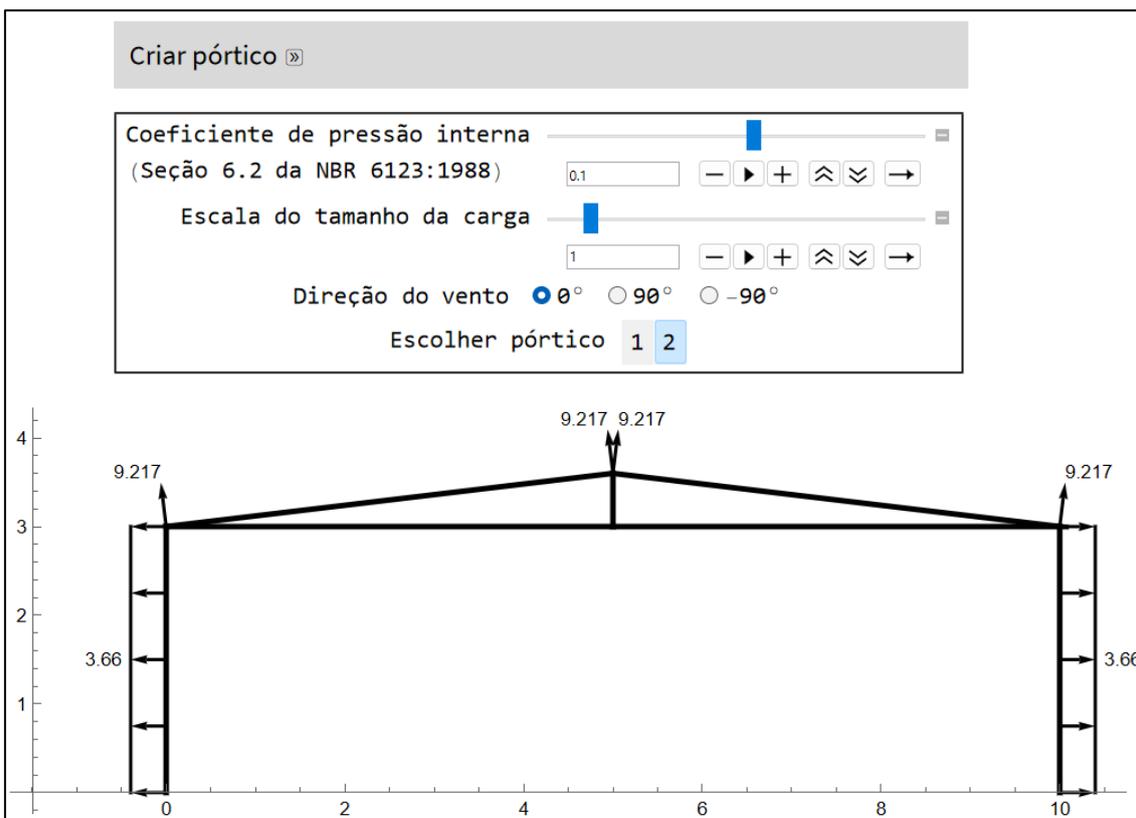
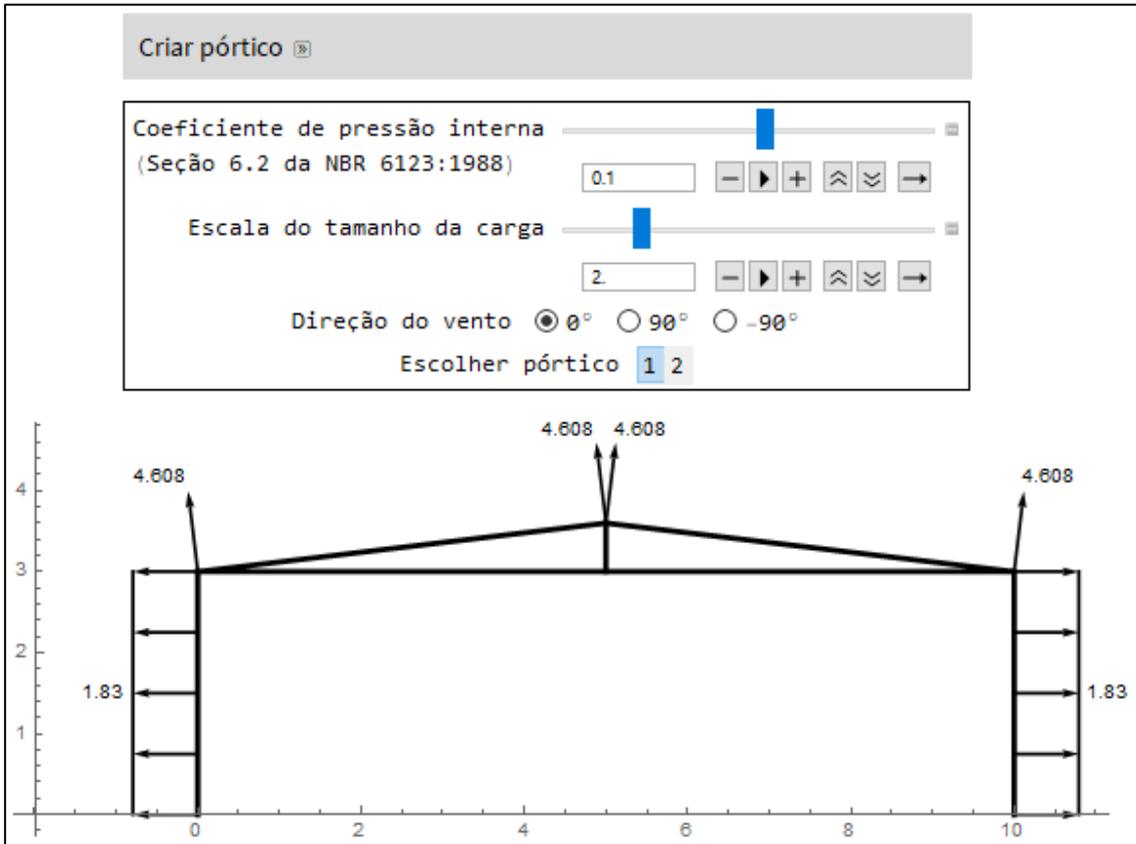
Espaçamento em y  -

Escala  -

Exibir coeficientes de pressão  
 Exibir cargas de vento (kN/m<sup>2</sup>)

Direção do vento  90°  -90°





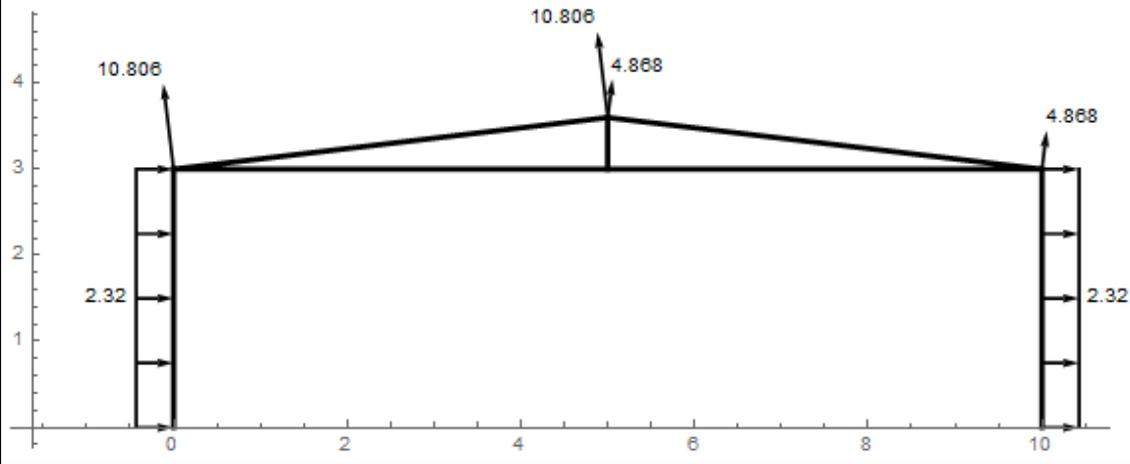
Criar pórtico »

Coefficiente de pressão interna  (Seção 6.2 da NBR 6123:1988)

Escala do tamanho da carga

Direção do vento  0°  90°  -90°

Escolher pórtico  1  2



## A.4 Galpão 4

Dimensões

Medidas

b  m    a  m    h  m    Distância entre pórticos p  m

b1  m    a1  m      $\beta$   °     h1  m

a2  m

Fator S1

Terreno plano ou fracamente acidentado

Talude e Morros

Vales profundos, protegidos de vento de qual quer direção

Taludes e Morros

$\phi$   °

z  m

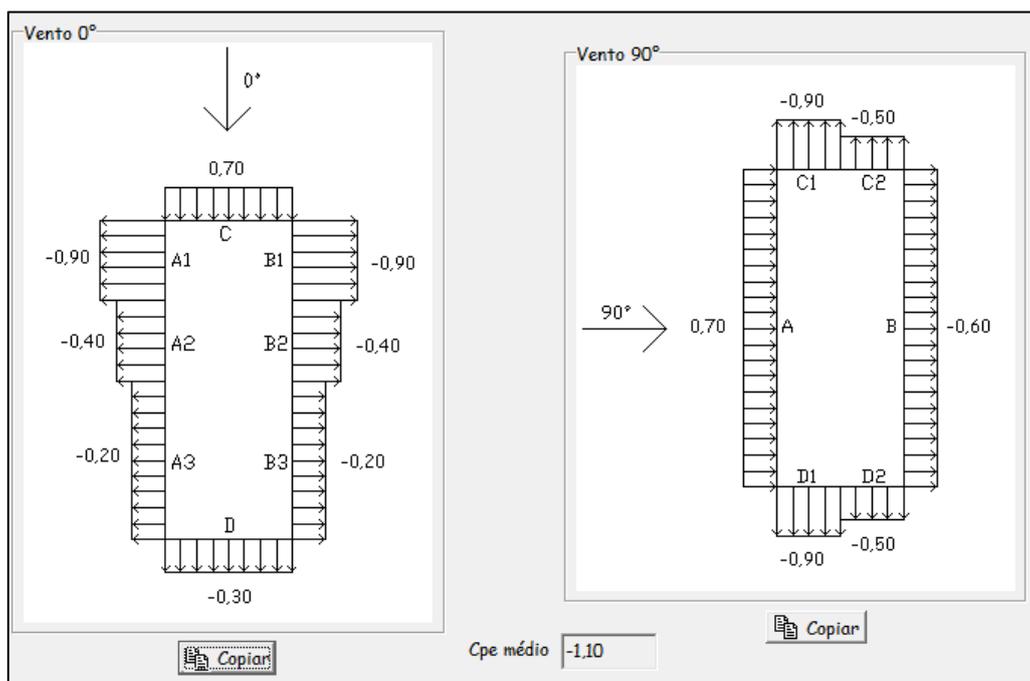
d  m

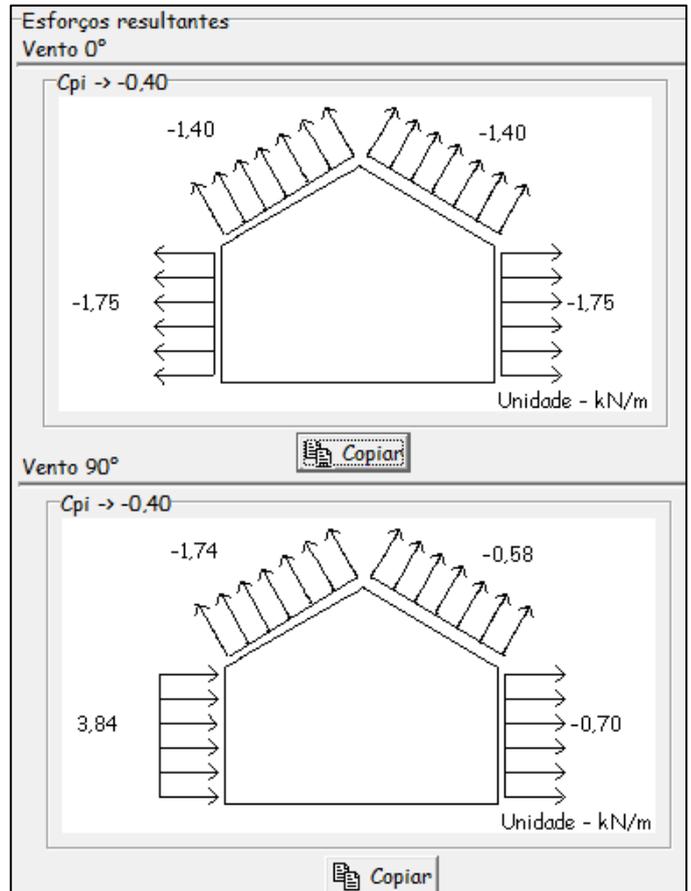
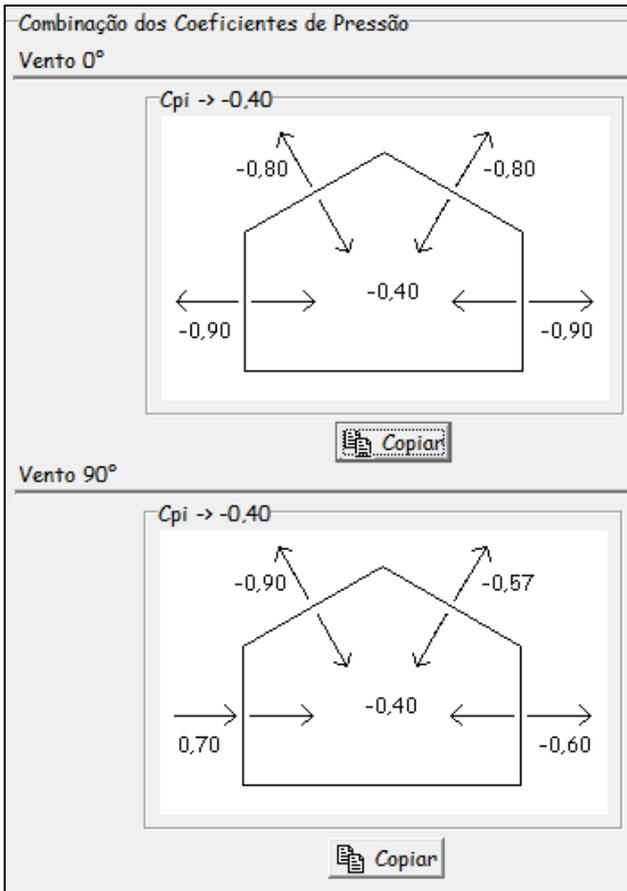
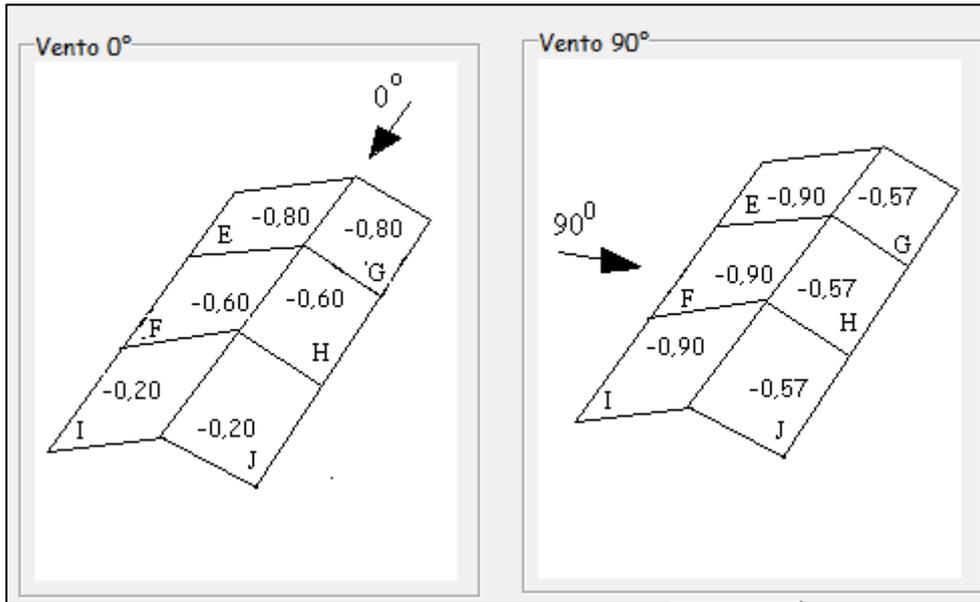
S1

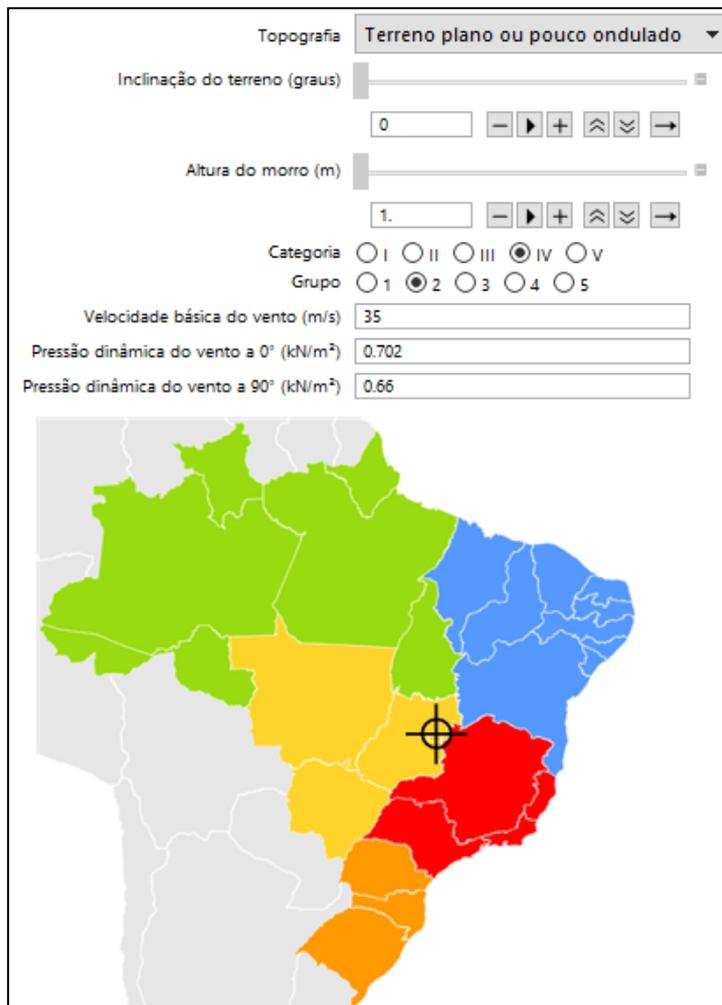
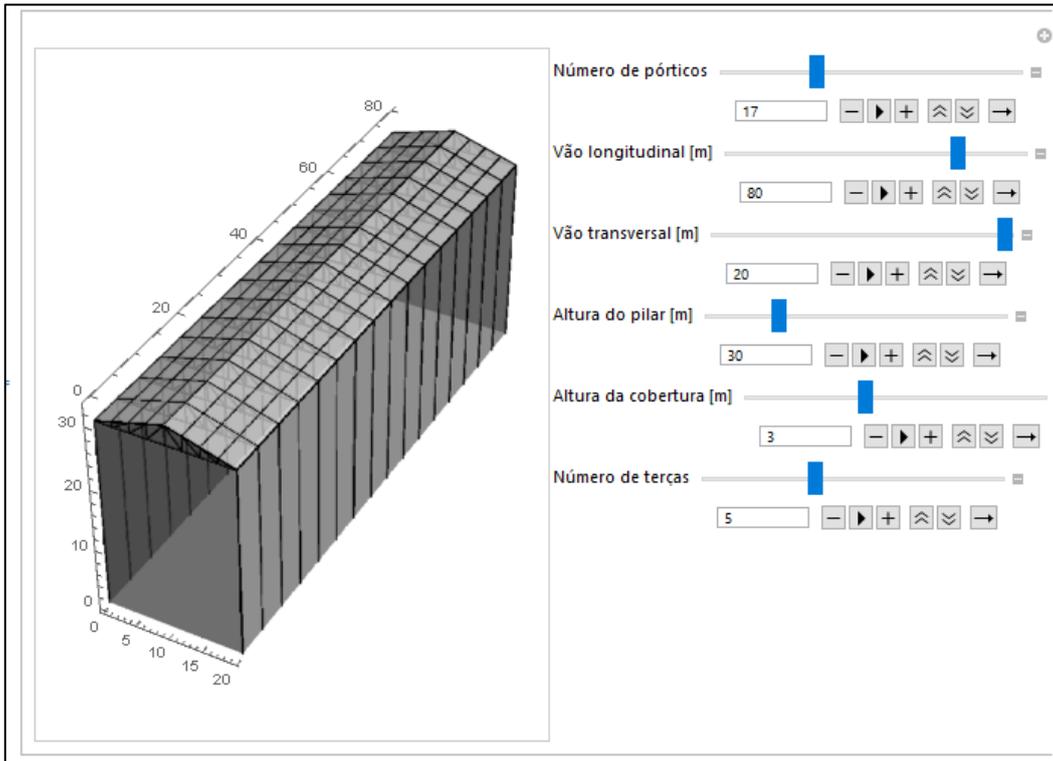
Fator S2

S2

S3







### Coeficientes de pressão - Vento a 0°

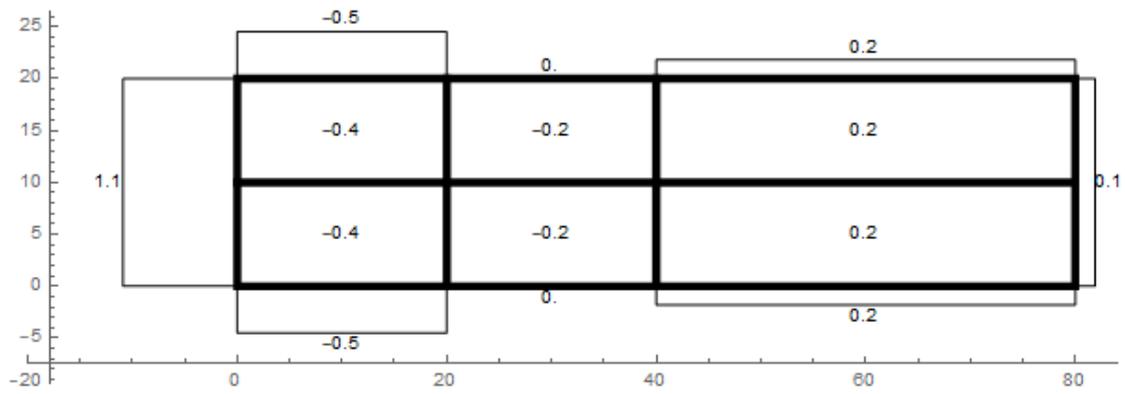
Coeficiente de pressão interna (Seção 6.2 da NBR 6123:1988)

Espaçamento em x

Espaçamento em y

Escala

Exibir coeficientes de pressão  
 Exibir cargas de vento (kN/m<sup>2</sup>)



### Coeficientes de pressão - Vento a 90°

Coeficiente de pressão interna (Seção 6.2 da NBR 6123:1988)

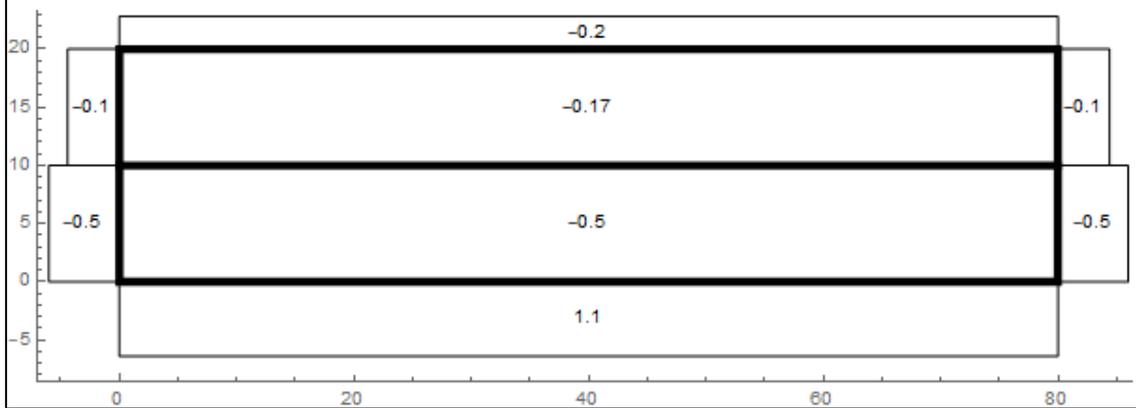
Espaçamento em x

Espaçamento em y

Escala

- Exibir coeficientes de pressão  
 Exibir cargas de vento (kN/m<sup>2</sup>)

Direção do vento  90°  -90°



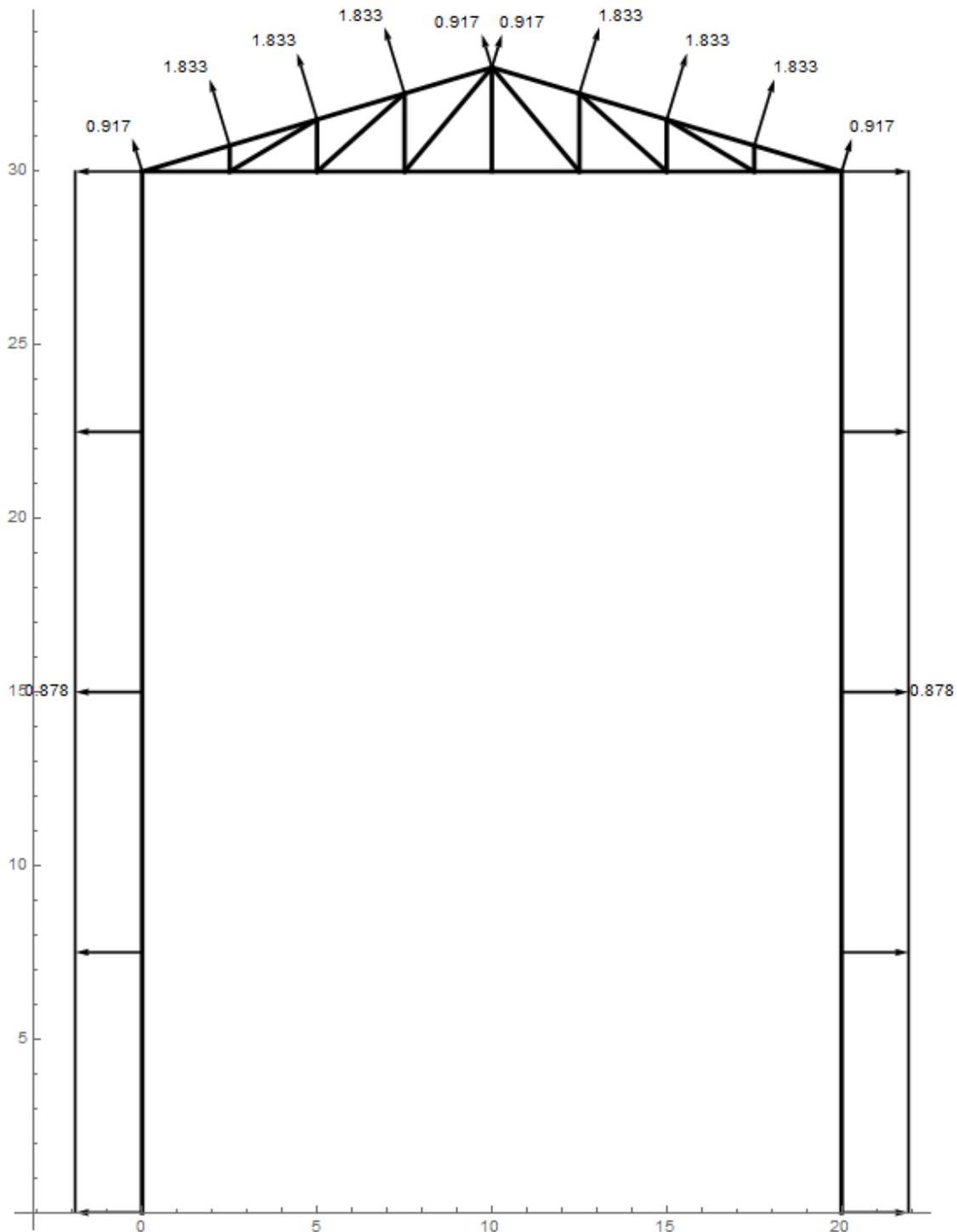
Criar pórtico 

Coefficiente de pressão interna   
(Seção 6.2 da NBR 6123:1988)       

Escala do tamanho da carga   
      

Direção do vento  0°  90°  -90°

Escolher pórtico



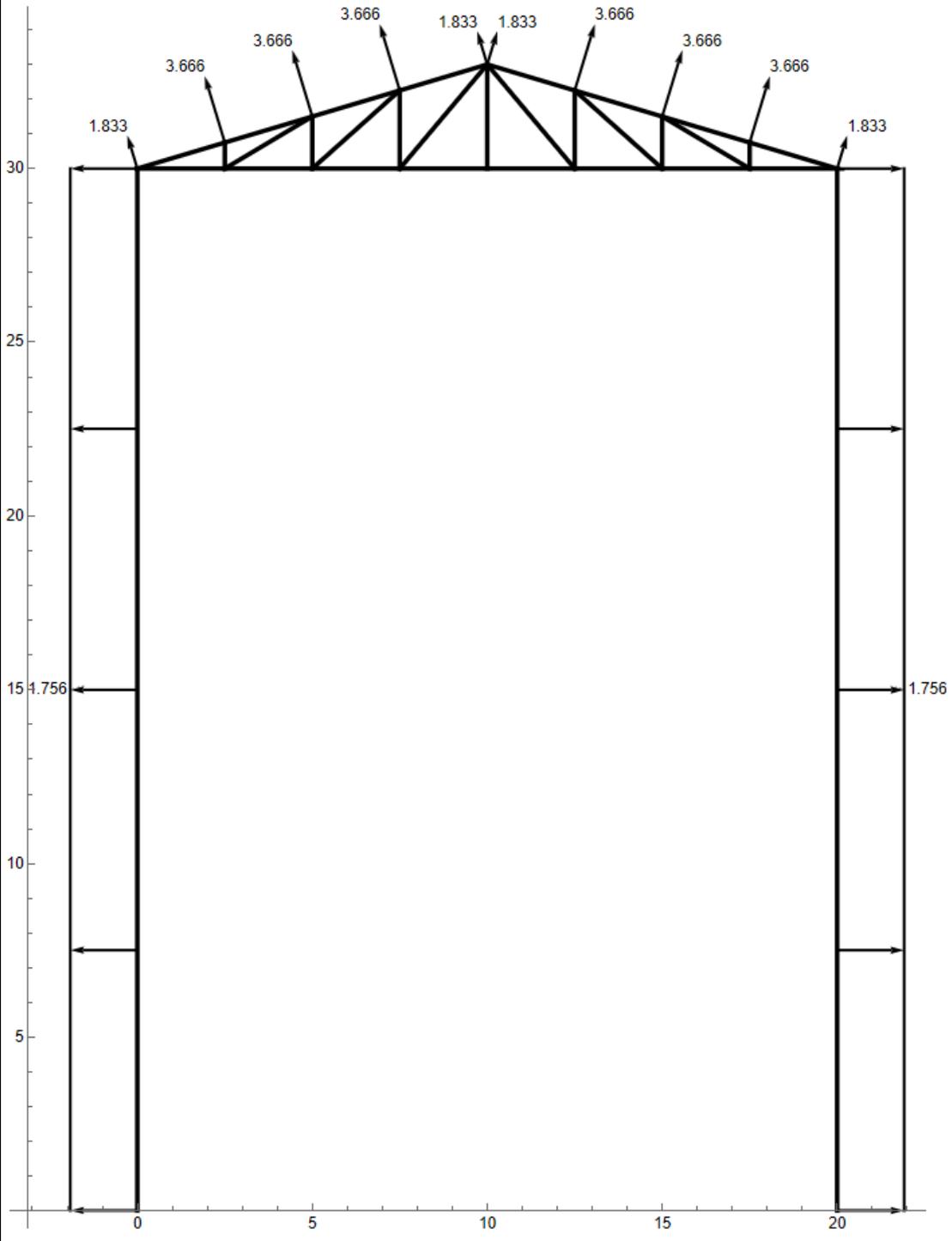
Criar pórtico ☒

Coefficiente de pressão interna (Seção 6.2 da NBR 6123:1988)

Escala do tamanho da carga

Direção do vento  0°  90°  -90°

Escolher pórtico



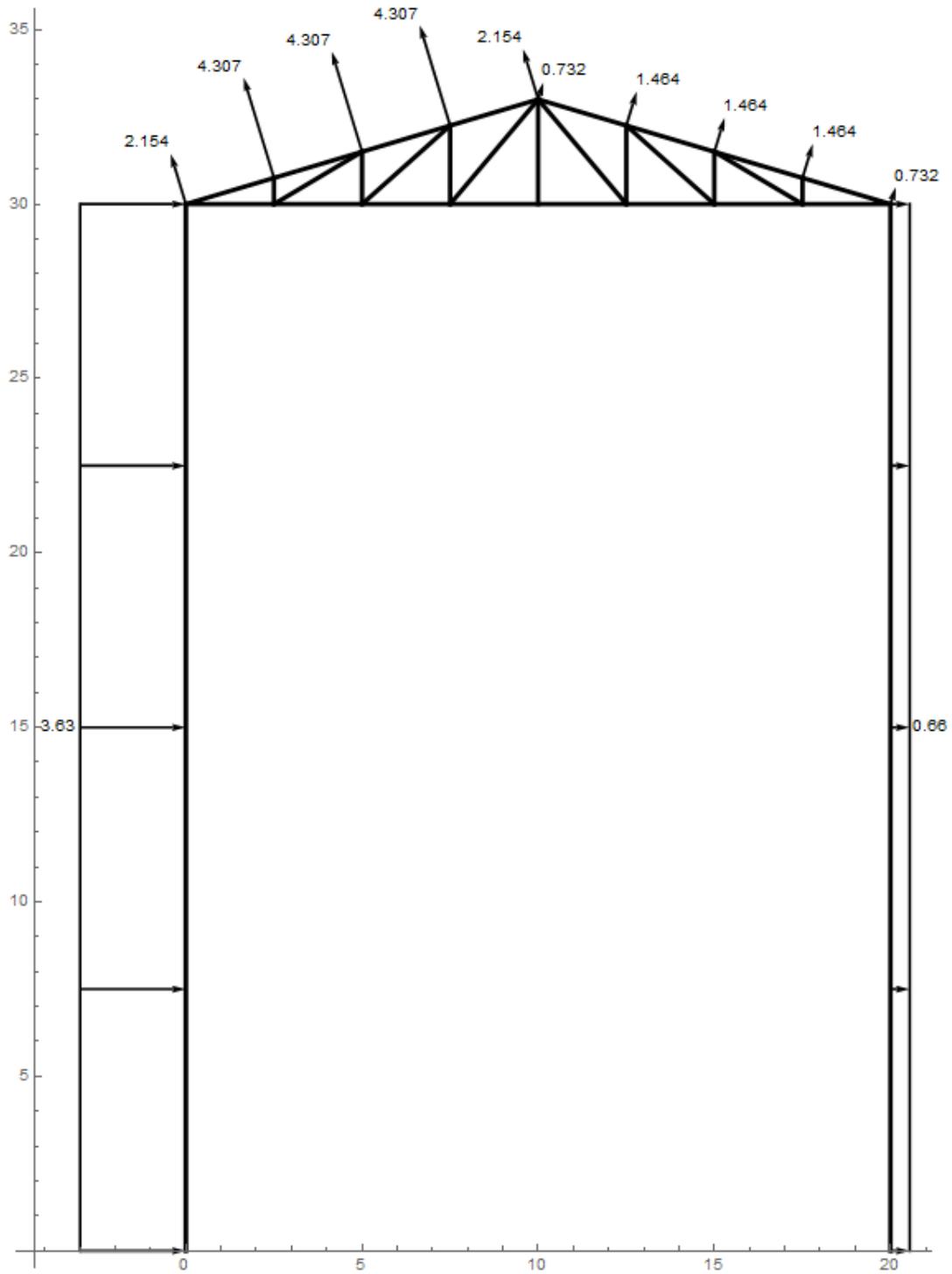
Criar pórtico

Coefficiente de pressão interna (Seção 6.2 da NBR 6123:1988)

Escala do tamanho da carga

Direção do vento  0°  90°  -90°

Escolher pórtico



## A.5 Galpão 5

Medidas

b  m      a  m      h  m      Distância entre pórticos p  m

b1  m      a1  m        $\beta$   °       h1  m

a2  m     

Fator S1

Terreno plano ou fracamente acidentado

Talude e Morros

Vales profundos, protegidos de vento de qual quer direção

Taludes e Morros

$\phi$   °

z  m

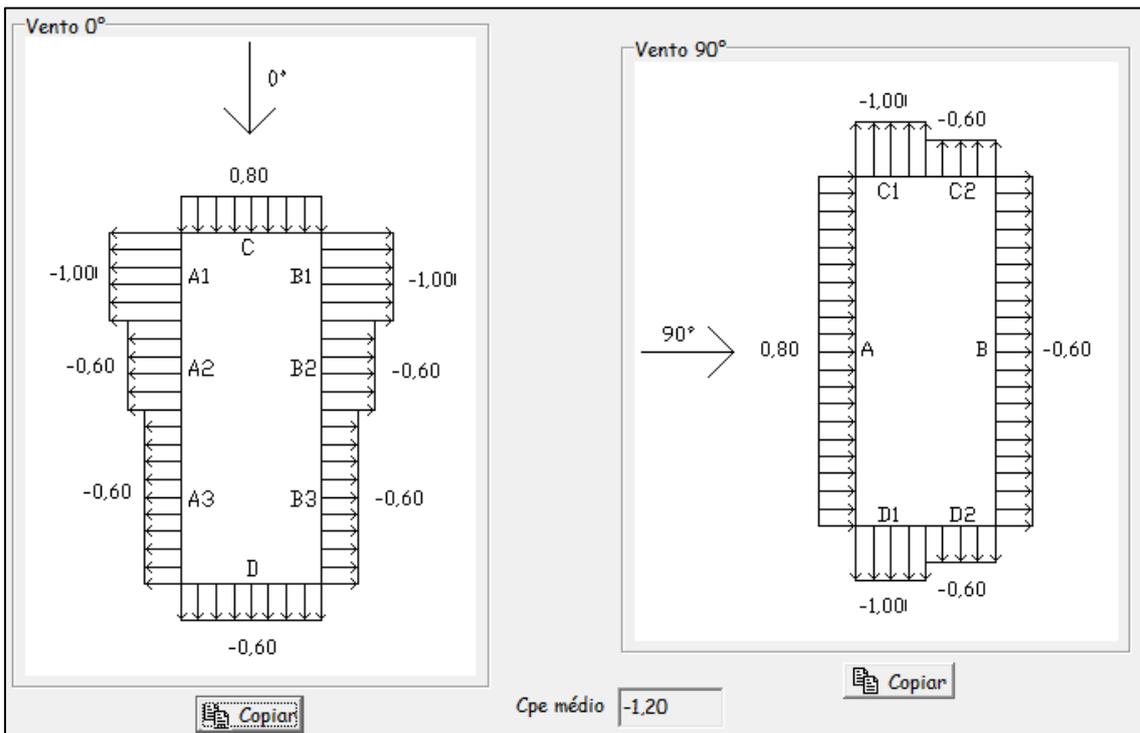
d  m

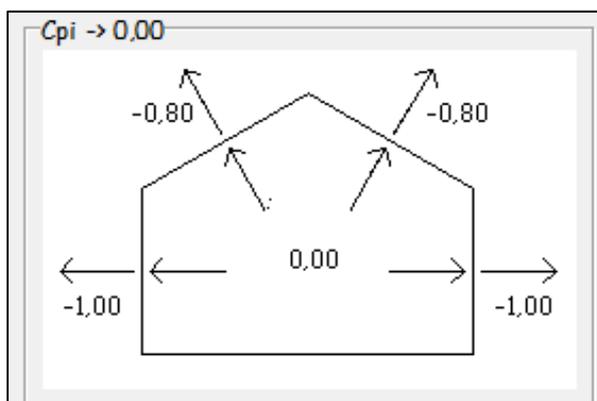
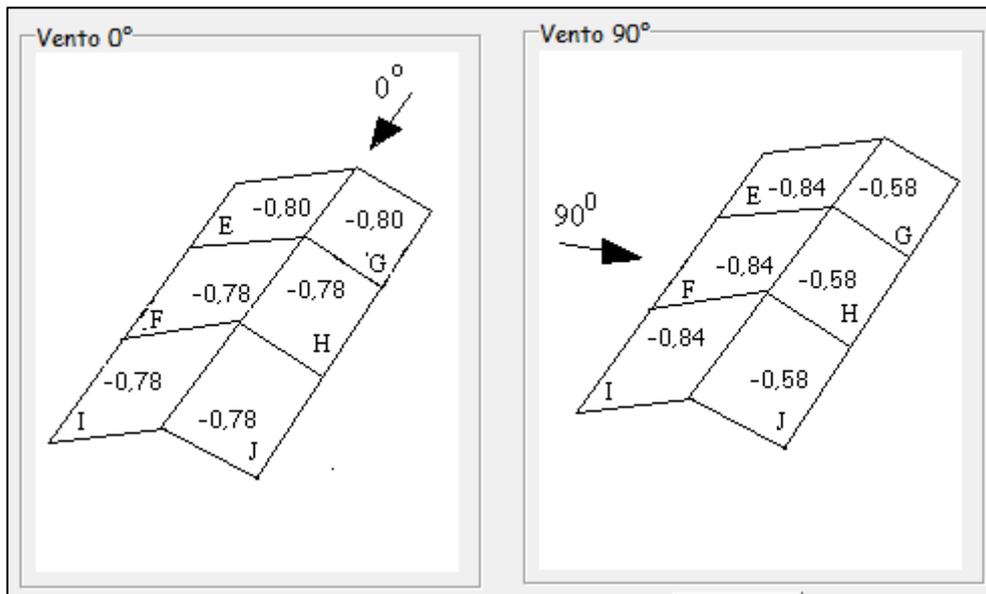
S1

Fator S2

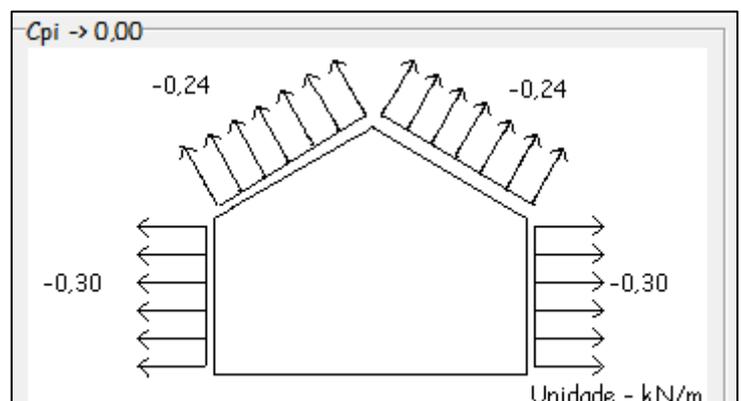
S2

S3

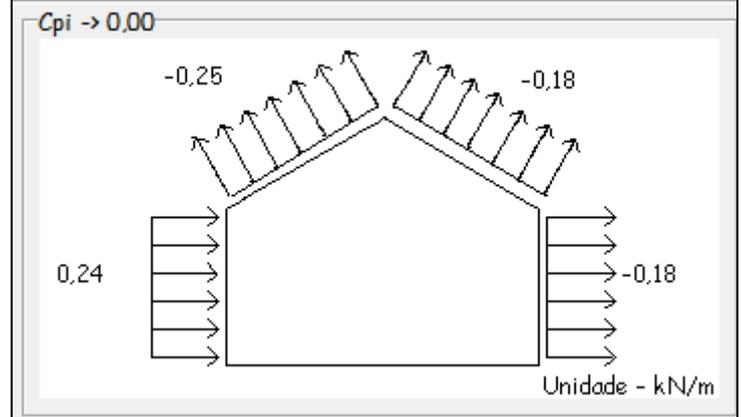
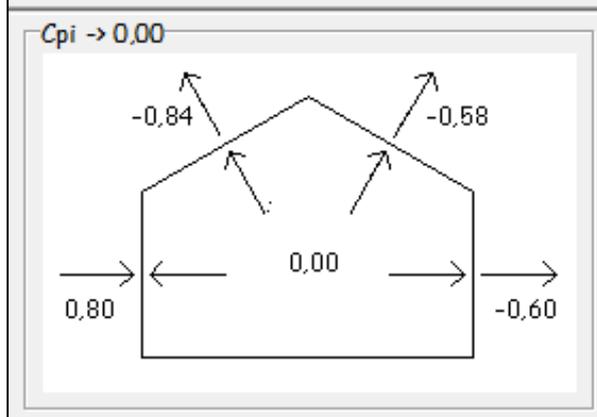


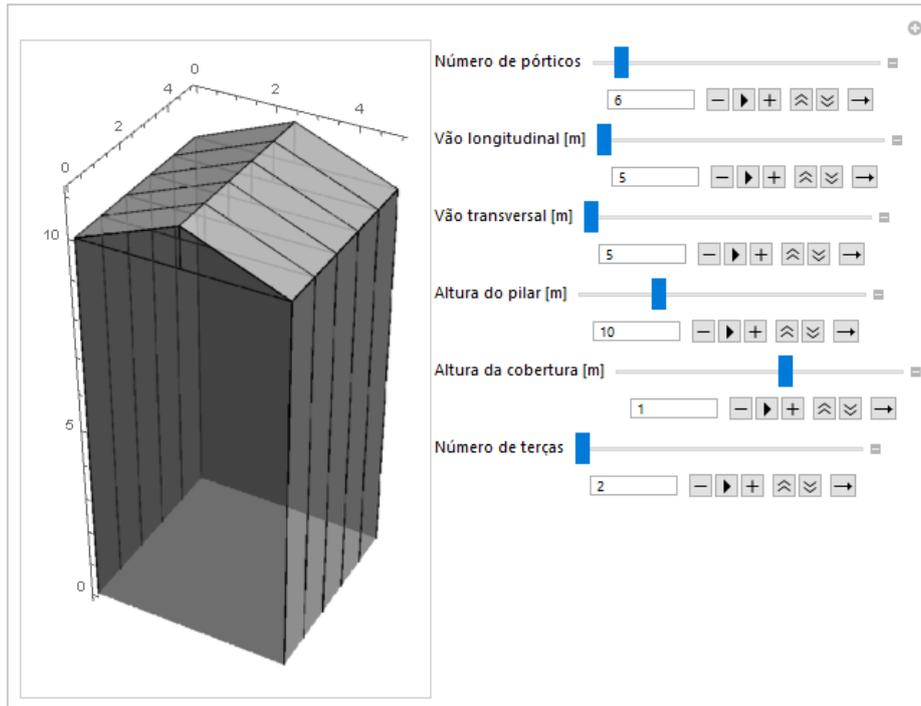


Copiar



Copiar





**Topografia** Vale protegido do vento

Inclinação do terreno (graus)

Altura do morro (m)

Categoria  I  II  III  IV  V  
 Grupo  1  2  3  4  5

Velocidade básica do vento (m/s)

Pressão dinâmica do vento a 0° (kN/m²)

Pressão dinâmica do vento a 90° (kN/m²)

A map of Brazil is shown below the form, divided into colored regions representing different wind zones. A target symbol (a circle with a crosshair) is positioned over the northeastern part of the country, indicating the location of the project.

Coeficientes de pressão - Vento a 0°

Coeficiente de pressão interna

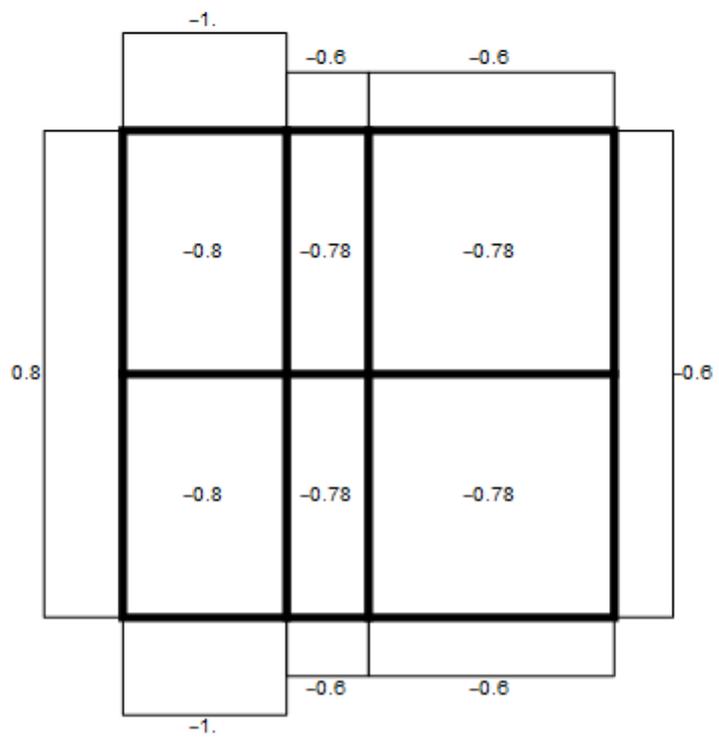
(Seção 6.2 da NBR 6123:1988)

Espaçamento em x

Espaçamento em y

Escala

Exibir coeficientes de pressão  
 Exibir cargas de vento (kN/m<sup>2</sup>)



Coeficientes de pressão - Vento a 90°

Coeficiente de pressão interna (Seção 6.2 da NBR 6123:1988)  -

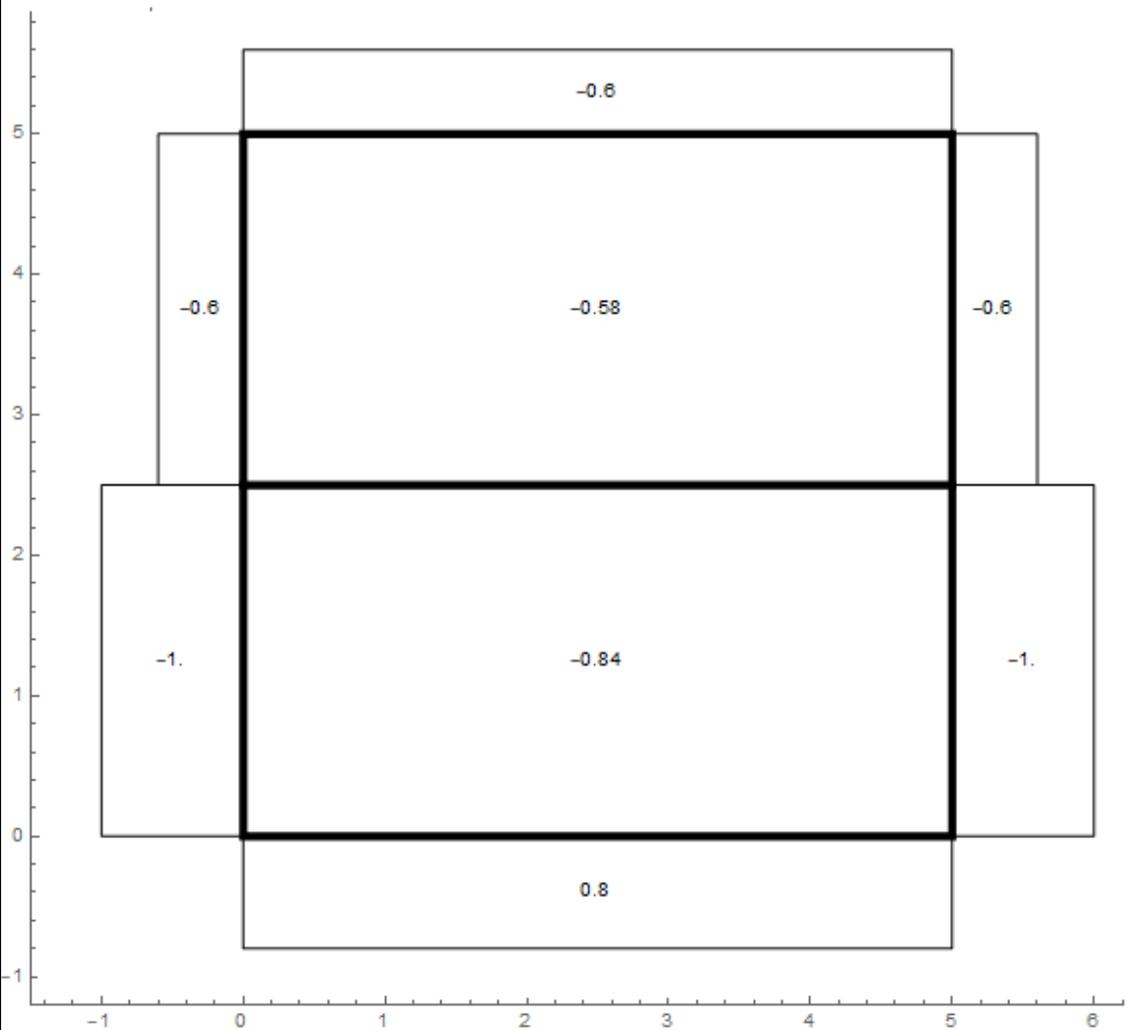
Espaçamento em x  -

Espaçamento em y  -

Escala  -

Exibir coeficientes de pressão  
 Exibir cargas de vento (kN/m<sup>2</sup>)

Direção do vento  90°  -90°



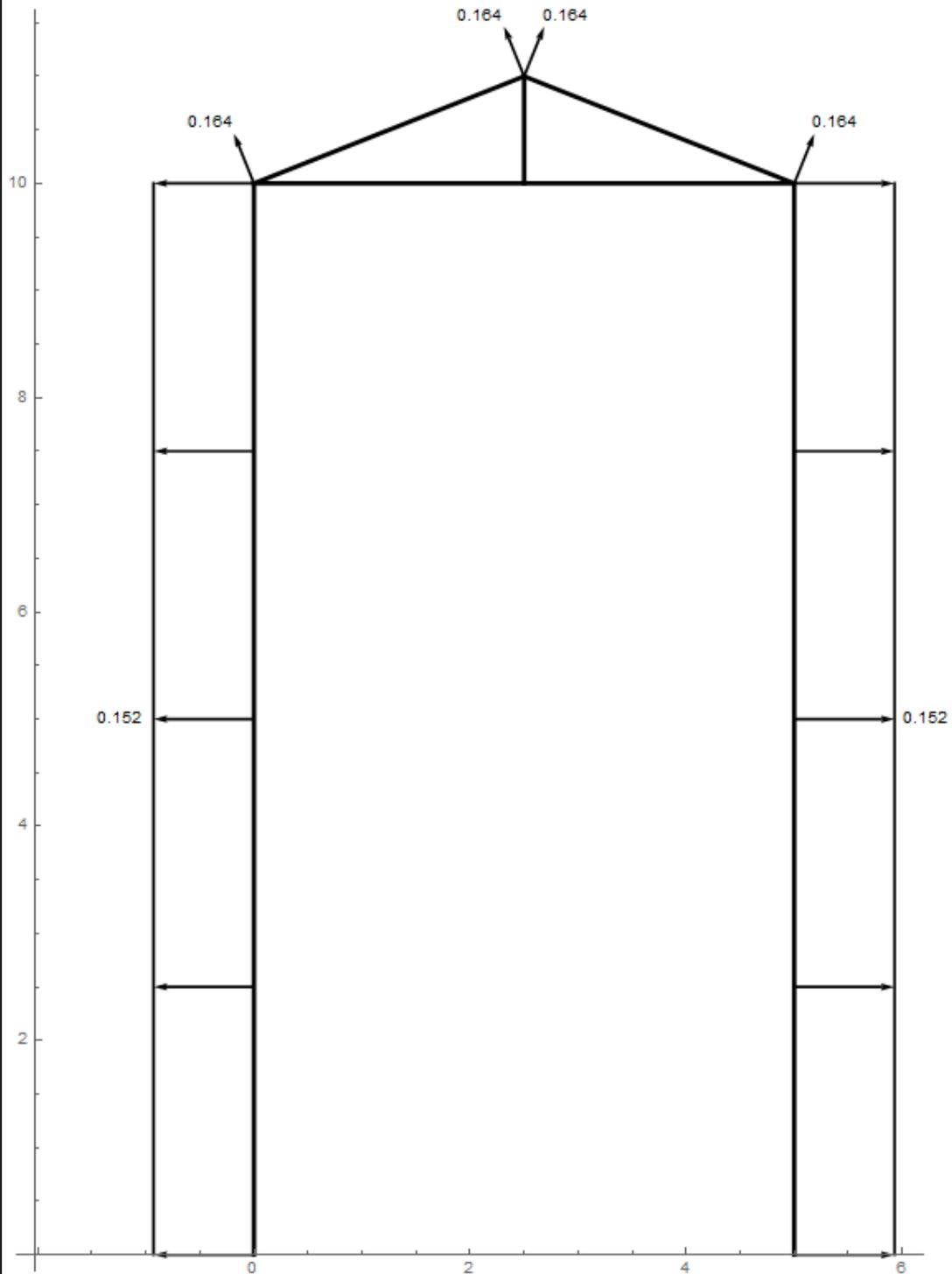
Criar pórtico 

Coefficiente de pressão interna   
(Seção 6.2 da NBR 6123:1988)       

Escala do tamanho da carga   
      

Direção do vento   $0^\circ$    $90^\circ$    $-90^\circ$

Escolher pórtico



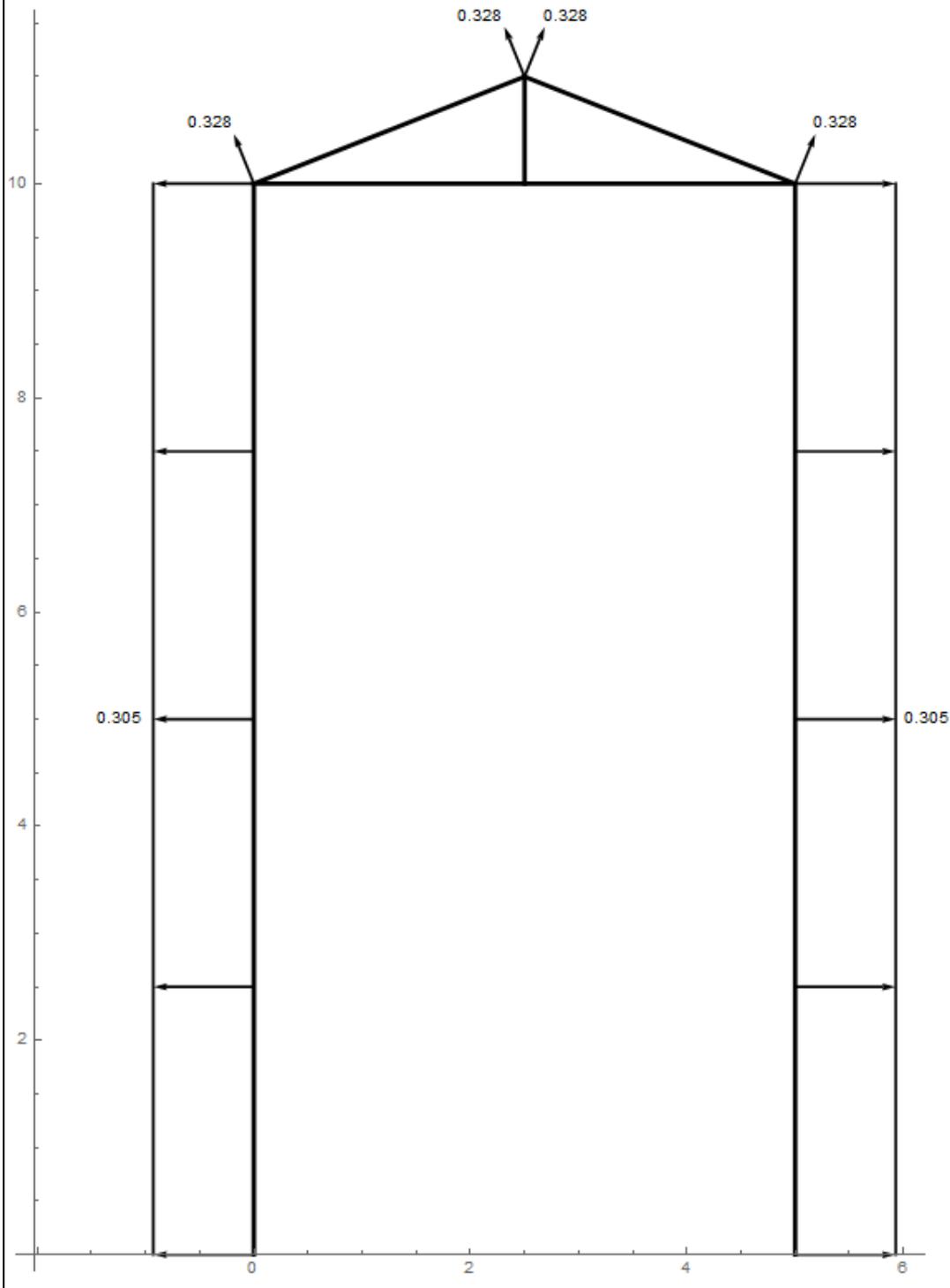
Criar pórtico

Coefficiente de pressão interna (Seção 6.2 da NBR 6123:1988) 0

Escala do tamanho da carga 1.

Direção do vento  0°  90°  -90°

Escolher pórtico 1 2



Criar pórtico 

Coeficiente de pressão interna          
(Seção 6.2 da NBR 6123:1988)

Escala do tamanho da carga        

Direção do vento  0°  90°  -90°

Escolher pórtico  1  2

