Vento CIRSOC

Cálculo segundo a CIRSOC-102

Foram feitas simplificações em relação às normas originais visando a verificação de edifícios flexíveis de geometria regular.

Aplicação

- Para estruturas fechadas regulares, aporticadas e com diafragmas rígidos, sem características de respostas que deem lugar a cargas transversais de vento, desprendimentos de vórtices, instabilidades de "galope", nem efeitos de canalização ou obstruções a barlavento.

Dados de entrada

- Edifício rígido ou flexível. São edifícios rígidos se tiverem frequência natural maior que 1 Hz ou flexíveis se abaixo. Lido dos dados do edifício.

- Valor da frequência natural (é possível calcular qualquer edifício como flexível). Lido dos dados do edifício.

- Relação de amortecimento, percentagem do valor crítico. Lido dos dados do edifício.

- Escolha da natureza da ocupação, conforme a tabela:

Natureza	Categoria
Edifícios e outras estruturas que apresentem um baixo risco para a vida humana em caso de falha incluindo, mas não se limitando a:- Instalações agrícolas.- Algumas instalações temporárias.- Instalações de armazenamento menor.	I
Todos os edifícios e outras estruturas, exceto aqueles listados nas categorias I, III e IV.	II

Edifícios e outras estruturas que representam um risco significativo para a vida humana em caso de falha, incluindo, mas não se limitando a:- Edifícios e outras estruturas, onde mais de 300 pessoas se reúnem em uma área.- Edifícios e outras estruturas para jardins de infância, escolas primárias e secundárias com capacidade de mais de 150 pessoas.- Edifícios e outras estruturas com creches com capacidade acima de 150 pessoas.- Edifícios e outras estruturas com capacidade superior a 500 pessoas para as universidades ou instalações de educação de adultos.- Recursos para cuidados de saúde com capacidade para 50 ou mais residentes pacientes mas sem instalações para cirurgia ou tratamento de emergência.- As prisões e centros de detenção.- Estações de geração de energia e outras instalações de utilidade pública não incluído na Categoria IV.- Edifícios e outras estruturas que contêm quantidades suficientes de substâncias tóxicas ou explosivas para ser perigoso para o público se for libertado, incluindo mas não se limitando a:- Instalações petroquímicas.- Instalações de armazenamento de combustível.- Plantas de fabricação ou armazenamento de produtos químicos perigosos.- Plantas de fabricação ou armazenamento de explosivos.- Edifícios e outras estruturas equipadas com contenção secundária de substâncias tóxicas, explosivas ou outros tanques de parede dupla perigosas (incluindo, mas não se limitando a, receptáculos de tamanho suficiente para conter um derrame ou outros meios de contenção ou derramamento explosões dentro dos limites da instalação e impedir a libertação de quantidades de contaminantes prejudiciais para o ar, o solo e águas subterrâneas e de superfície) deve ser classificada comoEstruturas Categoria II.	III
Edifícios e outras estruturas concebidas como instalações essenciais, incluindo, mas não limitado a:- Hospitais e outras instalações de serviços de saúde que têm cirurgia ou tratamento de emergência.- Estações de bombeiros, centros de resgate, delegacias e garagens de veículos de emergência.- Abrigos projetados contra terremotos, furacões e outras emergências.- Centros de comunicações e outras facilidades necessárias para uma resposta de emergência.- Centrais Geradoras e outras instalações de serviços públicos necessários em caso de emergência.- Estruturas auxiliares necessárias para a operação durante uma emergência, incluindo mas não limitados a torres de comunicação, tanques de armazenamento de combustível, torres de arrefecimento, as estruturas de sub-estações de alimentação, tanques de água de fogo ou outra suporte estruturas de habitação ou água, outros materiais ou equipamentos para combater o fogo.- Torres de controle aéreo, centros de controle de tráfego aéreo e hangares de emergência.- Instalação de armazenamento de água e bombeamento estruturas necessário para manter a pressão da água para combater incêndios.- Edifícios e outras estruturas com funções essenciais para a defesa nacional.	IV

- Escolha da categoria de exposição, conforme a tabela:

Tipo	Categoria
Centro de grandes cidades com pelo menos 50% dos edifícios altura maior do que 20 m. A utilização desta categoria é limitada às áreas para as quais o terreno típico prevalece no sentido de barlavento, a uma distância de pelo menos 800 m ou 10 vezes a altura do edifício ou outra estrutura, o que for maior. Serão considerados possíveis efeitos de canalização ou aumento das pressões dinâmicas, devido ao edifício ou estrutura situar-se na esteira de edifícios adjacentes.	A

Áreas urbanas e suburbanas, áreas arborizadas, ou de terras com numerosos obstáculos próximos uns dos outros, do tamanho de casas unifamiliares ou maiores. A utilização desta categoria de exposição é limitada a essas áreas para as quais o terreno típico prevalece na direção de barlavento, a uma distância de pelo menos 500 m ou 10 vezes a altura do edifício ou outra estrutura, o que for maior.	B
Terrenos abertos com obstruções dispersas, com alturas geralmente menores que 10 m. Esta categoria inclui campo aberto e plano e terrenos agrícolas.	C
Áreas costeiras planas, sem obstruções, expostas ao vento soprando de águas abertas a uma distância de ao menos 1600 m. Esta exposição se estende terra a dentro a partir da costa, por uma distância de 500 m ou 10 vezes a altura do edifício, o que for maior.	D

- Escolha da velocidade básica do vento V. Para isto consultamos o mapa de isopletas ou a relação de velocidades básicas de algumas cidades.

- Escolha do fator topográfico K_{zt} por direção de vento, conforme item 5.7.2 e figura 2. K_{zt} vale 1.0 para terrenos planos. Esta variável é lida dos dados do edifício.

Cálculo

O cálculo é realizado de maneira independente por cada cota Z de piso do edifício acima do térreo. São calculadas a partir da geometria do edifício:

- Altura h

- Largura na direção do vento B

- Comprimento na direção do vento L

Para uma dada direção do vento, determina-se o retângulo envolvente da estrutura, que terá uma largura ortogonal à direção e um comprimento paralelo.

A pressão mínima considerada em qualquer cota será sempre de 500 kN/m2, acima do térreo.

Calcula-se a pressão dinâmica qz na altura z acima do terreno, pela expressão:

$$q_z = 0{,}613\ K_z\ K_{zt}\ K_d\ V^2 I\ (\mathrm{N/m^2})$$

A pressão dinâmica q_h será obtida pela mesma expressão para z=h, altura do edifício.

Edifícios com altura menor ou igual a 20m serão calculados em todos os níveis com qh e coeficiente de pressão externa GC_{pf} (Barlavento 0.40 + sotavento 0.29).

K_z coeficiente de exposição à pressão dinâmica que reflete a mudança de velocidade com a altura e rugosidade do terreno conforme a tabela 5:

z < 5m	$K_z = 2.01*((5/z_g)^{(2/\alpha)})$
5 m <= z <= zg	$K_z = 2.01*((z/z_g)^{(2/\alpha)})$

O valor de α e z_g é obtido da tabela 4:

Expo	α	z_g (m)	$\hat{a}$	$\hat{b}$	$\bar{\alpha}$	$\bar{b}$	c	ℓ (m)	$\bar{\varepsilon}$	z_{min}(m)
A	5.0	457	1/5	0.64	1/3.0	0.30	0.45	55	1/2.0	18.3
B	7.0	366	1/7	0.84	1/4.0	0.45	0.30	98	1/3.0	9.2
C	9.5	274	1/9.5	1.00	1/6.5	0.65	0.20	152	1/5.0	4.6
D	11.5	213	1/11.5	1.07	1/9.0	0.80	0.15	198	1/8.0	2.1//

K_{zt} é um fator topográfico fornecido pelo usuário.

K_d é o fator de direcionalidade de vento, e é fixado em 0.85 conforme a tabela 6, para o chamado "Sistema Principal Resistente à Força de Vento".

I é o fator de importância da edificação, escolhido pela natureza de ocupação (tabela 1):

Categoria	I
I	0,87
II	1,00
III	1,15
IV	1,15

Cp é o coeficiente de pressão externa, diferente a sotavento e barlavento, obtido da figura 3:

Superfície	L/B	C_p	Usar
Barlavento	Todos	0.8	q_z
Sotavento	0..1	-0.5	q_h
Sotavento	2	-0.3	q_h
Sotavento	>=4	-0.2	q_h
Laterais	Todos	-0.7	q_h

q_z é calculada para altura z acima do terreno

q_h é calculada com a altura total h acima do terreno.

O efeito de rajada G_f para **estruturas rígidas** será calculado como se segue:

$g_q = g_v = 3.4$
$\underline{z}$ = Altura equivalente da estrutura (0.6h > Z_{min} tabela 4)
ℓ, z_g, c, $\bar{\varepsilon}$ => Tabela 4 acima.
B = Dimensão horizontal normal à direção do vento
h = Altura da estrutura
$L_{\underline{z}} = \ell\ (\underline{z}/10)^{\varepsilon}$
Q = SQRT (1 / (1 + 0.63((B + h)/$L_{\underline{z}}$)$^{0.63}$)
I_z =Intensidade da turbulência na altura $\underline{z}$.
$I_z = c(10 / \underline{z})^{(1/6)}$
$G_f = 0.925*(\ (1+1.7 g_q I_{\underline{z}} Q) / (1 + 1.7 g_v I_{\underline{z}})$

Nas **estruturas flexíveis**, G_f será calculado como:

$g_q = g_v = 3.4$
n_1 = Frequência natural do edifício em Hz
(item C6.5.8 da ASCE-7-05: *na*= 43.5/((*H/0.3048*)$^{0.9}$ (H/0.3048 converte de metros pra pés).
$\underline{z}$ = Altura equivalente da estrutura (0.6h > Z_{min})
b , α , ℓ , z_g, c, $\bar{\varepsilon}$ => Tabela 4 acima.
β = Relação de amortecimento, percentagem do crítico (NBR-6123: 0.02 estrutura aporticada de concreto sem cortinas)
B = Dimensão horizontal normal à direção do vento
L = Dimensão horizontal paralela à direção do vento
h = Altura da estrutura
V = Velocidade básica do vento
$L_{\underline{z}} = \ell\ (z/10)$
Q = SQRT (1 / (1 + 0.63((B + h)/$L_{\underline{z}}$)$^{0.63}$)
$I_{\underline{z}} = c(10 / \underline{z})^{(1/6)}$
$V_{\underline{z}} = \bar{b}\ (\underline{z}/10)^{\alpha} V$ ($\bar{b}$ e α da tabela 4)
O índice l em R_l representa altura h, largura B ou comprimento L na expressão de R.
(item 6.5.8.2 da ASCE-7-05: *na*= 43.5/((*H/0.348*)$^{0.9}$ (H/0.348 converte de metros pra pés).
R_h => ni = $4.6 n_1 h/V_z$
R_b => ni = $4.6 n_1 B/V_z$
R_L => ni = $15.4 n_1 L/V_z$
$R_l = (1/ni) - 1/(2ni^2)*(1 - e^{-2ni})$ se ni > 0
R_l = 1 se ni == 0
$N1 = n_1 L_z / V_z$
$R_n = 7.47 N_1/(\ (1 + 10.3 N_1)^{5/3})$
R = SQRT (1/β *($R_n R_h R_b$(0.53 + 0.47R_L)))
g_r = SQRT (2*ln (3600 n1)) + 0.577/(SQRT (2*ln(3600 n1)))
$G_f = 0.925*(\ (1 + 1.7 I_z * SQRT(g_q^2 Q^2 + g_r^2 R^2)) / (1 + 1.7 g_v I_z)$

A carga de projeto do sistema principal resistente à força de vento em uma cota z será dada pela expressão:

$$p = q_z G_f C_p - q_h (G C_{pi})$$

Considerando-se edifícios com diafragmas rígidos, a pressão de vento será calculada como soma de barlavento e sotavento e depois distribuída. Tanto na consideração de pressão interna positiva quanto negativa, a soma de barlavento com sotavento anulará estes coeficientes, resultando na pressão total de:

$$p = q_z G_f C_{p\ barlavento} - q_h G_f C_{p\ sotavento} >= 500\ N/m2$$

A força total no piso será a pressão multiplicada pela área do piso, igual a B*altura do piso.

Diferenças entre a CIRSOC-102 e a NSR-10

Item	CIRSOC-102	NSR10
Carga de vento mínima	0.5 kN/m2	0.4 kN/m2
Edifício baixo menor que	20 m	18 m