

9

Conclusões Finais

A metodologia para o cálculo das ações de um tornado em estruturas é um desenvolvimento ainda em curso, já que o modelo para o campo de ações do tornado é de conhecimento pouco preciso. São propostos na literatura alguns modelos para o cálculo dessas velocidades, com base em análises numéricas e simulações em laboratório. A partir dos valores de velocidade do vento é possível calcular as forças atuantes, a queda de pressão e a ação de mísseis sobre estruturas. Esses três cálculos são de extrema relevância quando as edificações em foco fazem parte de uma instalação industrial como por exemplo, uma central nuclear.

O emprego das equações de velocidade do vento tornádico de Kuo/Wen, aplicadas num tornado de projeto, ilustra o comportamento do fenômeno e mostra que as forças na estrutura, tanto na direção radial do tornado quanto na direção tangencial, assemelham-se com um duplo pulso, já que o tempo de aplicação das forças (t_1) geralmente é de duração relativamente curta. A análise dos parâmetros que constituem o modelo, informa como variações dos mesmos alteram as solicitações sobre uma estrutura e suas respectivas respostas estáticas e dinâmicas. As modificações que merecem destaque e suas conseqüências são:

- Alterações nos valores da velocidade translacional (V) e do raio máximo (r_{max}), modificam o intervalo de tempo da ação das velocidades e, com isso, o valor da duração de aplicação da carga. Como a magnitude da resposta dinâmica depende da relação entre a duração da carga e a frequência de vibração da estrutura ($f_0 t_1$), variações nesses parâmetros podem maximizar os efeitos, igualá-los à resposta estática ou até mesmo reduzi-los a valores inferiores.
- A velocidade tangencial máxima atua como um amplificador da intensidade das forças, já que aumenta expressivamente os valores das velocidades tangenciais e radiais que atuam nas estruturas.
- A espessura da camada limite, δ_0 , é o parâmetro diferencial entre a proposta de Wen/Kuo e a das demais metodologias, já que a presença

desse divisor de regiões pode mudar os valores das forças locais ao longo da altura. Porém sua influência nos resultados globais pode apresentar-se de forma modesta dependendo das dimensões da estrutura, como no caso de uma torre de ventilação, onde não se observam diferenças significativas nos deslocamentos no topo da torre quando o valor de δ_0 é reduzido de 460 para 100m.

Outra questão relevante abordada no trabalho, é a comparação entre os valores das forças quando as velocidades do vento do tornado são calculadas no centro da estrutura, denominado como Ponto Material (PM), ou ao longo de toda sua superfície, chamado de Corpo Extenso (CE).

Estruturas com dimensões em planta menores que o raio do tornado resultam, em geral, em maiores forças para o caso de CE. O aumento das dimensões dos lados amplia as diferenças entre CE e PM, já que a variação das velocidades fica maior quanto mais distante da trajetória do tornado o ponto de análise está. Para essas situações os resultados como PM superam os valores do CE.

Percebe-se também, que apesar da simetria de uma estrutura, as diferenças entre CE e PM não são as mesmas nas direções x e y; isso, pois as forças em y podem resultar de faces diferentemente situadas, que não coincidem com a trajetória do tornado, logo, com valores de velocidades menores do que as calculadas no centro da estrutura.

A consideração de corpo extenso apresenta-se recomendável para a obtenção de esforços visando uma metodologia de projeto.

A utilização no cálculo das forças, na equação de Morrison, desperta a atenção para o seu valor relativo entre as parcelas de arrasto e inércia. Após a avaliação dessas parcelas, nota-se que ambas apresentam-se indispensáveis no cálculo das forças pois contribuem nos resultados finais. A parcela de inércia mais intensamente na direção radial, enquanto que a parcela de arrasto, na direção tangencial, principalmente para estruturas mais altas.

O modelo de campo tornádico de Kuo/Wen fornece valores do gradiente de pressão atmosférica superiores aos calculados pela formulação que não considera a variação da velocidade tangencial com a altura (SVA). Os valores de queda de pressão, apresentam-se inferiores para a altura de 20m e superiores para alturas de 60m e 100m. A taxa de queda de pressão, também mostra valores superiores quando comparados aos valores da formulação onde não se considera variação da velocidade com a altura. Além disso, a curva da distribuição da taxa de queda de pressão com a altura parametrizada pela espessura da camada limite fornece o valor máximo para o tornado de projeto.

Para dar continuidade à investigação de ações mecânicas de tornados sobre estruturas civis sensíveis recomenda-se:

- Implementação computacional para avaliação de outros efeitos, como tensões e deslocamentos máximos nas estruturas;
- Aplicação de técnicas de otimização à avaliação dos efeitos de tornados sobre estruturas.
- Interação da estrutura com o tornado;
- Análise probabilística, variando os parâmetros que influenciam a resposta da estrutura;