

## ANÁLISE DINÂMICA DE ESTRUTURAS METÁLICAS SUBMETIDAS À CARREGAMENTOS DE VENTO

Andrei Rosignol Dezen<sup>1</sup>, Lidiane de Col<sup>2</sup>

<sup>1-2</sup> Centro Universitário SENAI Santa Catarina, Campus Chapecó.

### 1. Introdução

A análise de estruturas metálicas submetidas à ação do vento é tradicionalmente realizada com base em prescrições normativas, como a ABNT NBR 6123 [1], nas quais o carregamento é tratado de forma estática ou quase-estática. Todavia, essa abordagem, embora amplamente consolidada na prática de projeto, pode não representar adequadamente a natureza intrinsecamente variável e aleatória da ação eólica. O vento é um fenômeno essencialmente dinâmico, caracterizado por flutuações temporais, rajadas e componentes turbulentos, que podem induzir respostas estruturais significativamente diferentes daquelas previstas por modelos simplificados. Em estruturas metálicas leves, como galpões industriais e coberturas treliçadas, esses efeitos tornam-se ainda mais relevantes devido à combinação de baixa massa e elevada flexibilidade, o que favorece a ocorrência de amplificações dinâmicas.

Nesse contexto, a utilização de dados reais de vento provenientes de estações anemométricas surge como uma alternativa promissora para a modelagem mais fiel do carregamento. Ao invés de considerar valores médios ou coeficientes simplificados, torna-se possível empregar séries temporais de velocidade do vento, permitindo capturar eventos transitórios e variações rápidas que impactam diretamente a resposta estrutural. Além disso, essa abordagem possibilita uma avaliação mais realista da interação fluido-estrutura, contribuindo para o aprimoramento dos critérios de segurança, desempenho em serviço e confiabilidade estrutural.

### 2. Fundamentação Teórica

Do ponto de vista físico, o vento pode ser representado como a soma de uma componente média e uma componente flutuante, sendo essa última responsável pelos efeitos dinâmicos. A conversão da velocidade do vento em força atuante sobre a estrutura é realizada por meio de uma relação quadrática, na qual a força é proporcional ao quadrado da velocidade instantânea [2]. Matematicamente, essa relação pode ser expressa em termos da pressão dinâmica do escoamento, diretamente associada à energia cinética do fluido. Essa característica introduz uma não linearidade importante no problema, uma vez que pequenas variações na velocidade podem resultar em aumentos significativos na força aplicada.

A resposta estrutural é descrita por meio da equação diferencial do movimento [2], que estabelece o equilíbrio entre as forças inerciais, dissipativas e elásticas do sistema. Esse modelo permite representar a estrutura como um sistema dinâmico, no qual a excitação externa varia no tempo. A solução dessa equação possibilita a obtenção do deslocamento, velocidade e aceleração da estrutura ao longo do tempo, permitindo identificar fenômenos como amplificação dinâmica e ressonância.

A incorporação de dados reais de vento implica na utilização de séries temporais obtidas por estações meteorológicas, que registram a velocidade do vento em intervalos regulares. Esses dados são utilizados como entrada no modelo dinâmico, sendo convertidos em força ao longo do tempo. A análise numérica pode ser realizada por métodos de integração direta, permitindo acompanhar a evolução da resposta estrutural em regime transitório. Adicionalmente, análises no domínio da frequência, por meio de densidades espectrais de potência, podem complementar a investigação, permitindo identificar a distribuição energética do vento e sua compatibilidade com as frequências naturais da estrutura.

A validação dos resultados pode ser feita por meio de simulações utilizando o método dos elementos finitos, possibilitando a comparação entre modelos simplificados e modelos mais detalhados, capazes de

representar com maior fidelidade a geometria, as condições de contorno, a distribuição de massa e os mecanismos de dissipação de energia.

### 3. Resultados e Discussão

Espera-se que a análise dinâmica baseada em dados reais de vento evidencie diferenças significativas em relação à abordagem estática tradicional. Em particular, a presença de rajadas e variações rápidas de velocidade tende a gerar picos de esforço e deslocamento superiores aos obtidos por meio de carregamentos médios. Esses picos podem ser críticos para o dimensionamento estrutural, especialmente em estruturas metálicas leves, nas quais a rigidez é limitada.

Além disso, a análise temporal permite identificar possíveis semelhanças entre a frequência de excitação do vento e as frequências naturais da estrutura, o que pode resultar em fenômenos de ressonância e amplificação significativa da resposta. A comparação com resultados obtidos por modelos normativos tanto nacionais quanto internacionais, como aqueles preconizados pela ABNT NBR 6123 e pelo Eurocode 1 [3], pode revelar discrepâncias relevantes, indicando que a consideração de efeitos dinâmicos pode ser necessária para uma avaliação mais precisa da segurança estrutural.

Outro aspecto relevante consiste na determinação de fatores de amplificação dinâmica, os quais podem subsidiar revisões normativas futuras e contribuir para o desenvolvimento de critérios de projeto mais adequados a estruturas de elevada esbelte e sensibilidade dinâmica.

Por outro lado, a utilização de dados reais também introduz desafios, como a necessidade de tratamento das séries temporais e a incerteza associada à representatividade espacial das medições. Ainda assim, os benefícios superam as limitações, uma vez que a abordagem proposta permite uma análise mais realista e alinhada com o comportamento físico do sistema.

Verifica-se que a incorporação de dados reais de vento na análise dinâmica de estruturas metálicas constitui uma ferramenta poderosa para o aprimoramento do projeto estrutural, possibilitando a identificação de condições críticas que não seriam capturadas por métodos tradicionais. Essa abordagem contribui para o desenvolvimento de soluções mais seguras e eficientes, além de representar um avanço significativo na aplicação de conceitos de dinâmica estrutural na engenharia.

Em perspectiva, a integração entre monitoramento estrutural contínuo, instrumentação em tempo real, técnicas de análise de dados e modelos numéricos avançados tende a consolidar uma nova abordagem de projeto e avaliação, orientada por desempenho e fundamentada em dados, ampliando a confiabilidade, a durabilidade e a resiliência das estruturas metálicas frente às ações eólicas.

A análise realizada demonstra que a incorporação de dados reais de vento proporciona uma representação substancialmente mais fiel das ações aerodinâmicas atuantes, permitindo identificar picos de resposta, efeitos de amplificação dinâmica e condições críticas que frequentemente não são capturados por abordagens estáticas convencionais. Dessa forma, essa metodologia contribui para avaliações estruturais mais precisas, seguras e alinhadas ao desempenho real das estruturas metálicas em serviço.

### 4. Referências

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6123: Forças devidas ao vento em edificações**. Rio de Janeiro: ABNT, 1988.
- [2] BLEVINS, R. D. **Vibrações induzidas por escoamento (Flow-Induced Vibration)**. Tradução técnica brasileira. Rio de Janeiro: LTC, 1990.
- [3] European Committee for Standardization. **EN 1991-1-4: Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-4: General actions – Wind actions**. Brussels: CEN, 2005.

 **SIMPEX**  
+  
4º MOBICIT

# CONEXÕES QUE MOVEM o FUTURO

Energia e Inteligência para Cidades Vivas

Realização:

**UniSENAI**

**INSTITUTO SENAI**  
DE INOVAÇÃO

**INSTITUTO SENAI**  
DE TECNOLOGIA

 **fapesc**  
Fundação de Amparo à  
Pesquisa e Inovação do  
Estado de Santa Catarina

Apoio:

**Even3**