



**ESTABILIDADE E DIMENSIONAMENTO DE TORRES METÁLICAS DE  
TELECOMUNICAÇÃO CONSTITUÍDAS POR BARRAS TUBULARES E COM SEÇÃO  
CANTONEIRA**

**Palavras-Chave:** *Torres metálicas, Efeitos de segunda ordem, Método dos elementos finitos, SAP2000*

**Autores:**

**Alexandre Azevedo Costa (FECFAU – Unicamp)**

**Prof.º Dr.º Cilmar Donizeti Baságli (FECFAU – Unicamp)**

---

## **INTRODUÇÃO**

Os avanços na tecnologia da informação reduziram drasticamente o tempo consumido para que uma mensagem seja transmitida de um ponto a outro do planeta. Durante as grandes navegações, por exemplo, o tempo no qual uma embarcação fazia o trajeto Portugal – Brasil era de cerca de 45 dias. Portanto, uma carta contendo importantes informações econômicas seria recebida com dados desatualizados.

Atualmente, o que demorava dias passou a demorar segundos; um e-mail pode ser transmitido entre os dois países em um piscar de olhos. Para que este fluxo de informações seja mantido de maneira satisfatória, não só entre Brasil e Portugal, mas em escala global e nacional, as estruturas responsáveis pelo sistema de comunicação devem ser cuidadosamente projetadas. Desta forma, cabos, antenas e torres, que é o foco desta pesquisa, precisam

funcionar de modo a garantir a comunicação entre os pontos.

A torre de transmissão é parte fundamental na infraestrutura de um sistema de comunicação. Normalmente, é no topo de sua estrutura que se encontram as antenas de transmissão, responsáveis pela emissão das ondas eletromagnéticas de radiofrequências – utilizadas, por exemplo, nas transmissões de rádio, TV e telefonia móvel.

Existem diversos tipos de torres utilizadas na transmissão de sinais para telecomunicação, variando, principalmente, quanto a sua geometria e ao material utilizado. No Brasil, dentre elas, as mais comuns são as torres metálicas treliçadas autoportantes, constituídas por perfis laminados esbeltos. Há alguns anos, estas torres eram estruturas raramente observadas nos centros urbanos do Brasil. No entanto, com a abertura do mercado de telecomunicações, atualmente pode-se dizer

que já fazem parte da paisagem de pequenas e grandes cidades.

O método de dimensionamento utilizado para torres de transmissão é o método dos estados limites, o qual consiste em multiplicar as ações nominais por coeficientes de ponderação específicos, que dependem da natureza da solicitação e da hipótese de carregamento a ser verificada. As ações que as torres de transmissão estão sujeitas são de três tipos (NASCIMENTO, 2002):

- Ações devido ao vento: estas atuando sobre a estrutura e antenas;
- Ações permanentes: aquelas que praticamente não variam durante a vida útil da torre, por exemplo, peso próprio da estrutura e das antenas;
- Ações especiais: aquelas que ocorrem durante a construção e manutenção.

As hipóteses básicas de cálculo são:

Hipótese 1: Considera-se o vento máximo em qualquer direção, geralmente consideram-se ventos longitudinais, transversais e à 30°, 45° e 60°;

Hipótese 2: Cargas devido à construção.

No Brasil, os ventos fortes são responsáveis pela maioria dos acidentes com torres metálicas treliçadas (OLIVEIRA, 2006). Entre as prováveis causas do colapso das torres pode-se destacar a utilização cada vez mais generalizada de torres metálicas constituídas por perfis com seções transversais de parede (de placa) progressivamente mais fina, o que, por um lado, reforça a sua competitividade na construção e instalação, mas, por outro lado, torna o seu comportamento estrutural

bastante mais complexo. De fato, o comportamento e a resistência última das torres com estas características são frequentemente influenciados pela ocorrência de fenômenos de plasticidade, de instabilidade e de vibração (REIS A, CAMOTIM D., 2012).

No projeto das torres, as ações que apresentam características dinâmicas, como por exemplo, a ação do vento, são consideradas implicitamente através de “ações estáticas equivalentes” a fim de simplificar a análise. Ainda, o modelo mecânico usualmente adotado no projeto de torres metálicas treliçadas é bastante simples, utilizando elementos finitos de treliça, e resolvido através de uma análise estática e linear (i.e., de 1ª ordem). Nos “modelos usuais”, alguns fatores importantes não são considerados, tais como, a não linearidade física (i.e., a plastificação do material) e geométrica (i.e., efeitos  $P - \Delta$ ), e a excentricidade nas ligações que conectam as barras.

As torres de telecomunicação têm o cálculo de vento regido pela NBR 6123:1988 “Forças devidas ao vento em edificações” (NBR 6123, 1988). O dimensionamento das barras que constituem as torres metálicas é prescrito pela NBR 8800:2008 “Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios” (NBR 8800, 2008).

Sobre essa ótica, de modo a investigar os aspectos que envolvem a segurança e a economia deste tipo de estrutura, este trabalho buscou realizar o dimensionamento de uma estrutura de torre metálica

autoportante de acordo com as normas nacionais citadas. Para tal, utilizou-se do software de elementos finitos SAP 2000 ® para realização das análises de primeira e segunda ordem de uma torre de telecomunicações construída em três diferentes configurações: Torre construída com barras em perfil cantoneira, torre construída com barras em perfil tubular e torre construída em configuração mista perfil tubular e cantoneira.

## METODOLOGIA

Para se chegar aos objetivos desta pesquisa, fez-se uso dos seguintes métodos:

- Leitura de trabalhos, normas e livros a respeito do tema para balizamento do método de dimensionamento adotado;
- Definição da geometria da torre do estudo de caso;
- Definição das solicitações e combinações levando em consideração os estados limites Último e de Serviço;
- Cálculo da carga de vento nos casos de vento Estático, Dinâmico

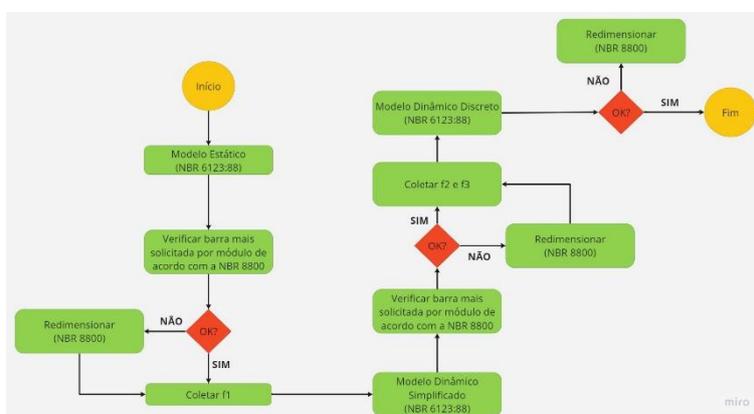
simplificado e Dinâmico Discreto conforme NBR 6123:88;

- Modelagem da estrutura no programa SAP 2000 para cada um dos casos de vento;
- Análise de primeira e segunda ordem em cada caso de vento para cada uma das configurações de torre.

A partir daí, o dimensionamento segue sendo feito por meio do software e verificado manualmente com auxílio do Microsoft Excel ® de modo a garantir que esteja dentro do que prevê a norma brasileira para perfis laminados (NBR 8800:2004).

De modo a facilitar as verificações, a torre foi dividida em módulos de 5 m de altura. Assim, após o carregamento da estrutura, cada módulo apresenta uma massa, um deslocamento horizontal e uma barra mais solicitada por categoria (montante, horizontal, diagonal principal e diagonal secundária).

A **Figura 1** demonstra a estratégia utilizada para dimensionamento e verificação da estrutura.



**Figura 1:** Metodologia para dimensionamento da estrutura. **Fonte:** Miro. **Imagem:** Autor



# XXXI Congresso de Iniciação Científica

2023

Unicamp



De maneira resumida, a metodologia consiste em dimensionar levando em consideração as solicitações de vento do modelo estático e, em seguida, verificar este dimensionamento para as cargas de vento dos modelos dinâmicos. Em todos os casos, fez-se análises de primeira e segunda ordem.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES:

### *Análises de primeira e segunda ordem:*

Os esforços obtidos a partir das análises de primeira e segunda ordem não possuem diferença significativa constatando o que já foi observado em outros estudos (ROTHIER, 2017).

### *Solicitações nos perfis:*

Os diferentes perfis utilizados para as configurações das torres geram esforços distintos. Logo, haverá diferenças significativas no que diz respeito ao peso da estrutura final.

### *Influência das antenas:*

Observou-se que as antenas geram esforços de vento significativos devido sua área de exposição. Importante pontuar que as antenas selecionadas para este estudo foram as de peso mais considerável dentro do catálogo do fabricante.

### *Comportamento da estrutura:*

A estrutura composta por perfis mistos apresentou comportamento semelhante à estrutura composta somente por perfis cantoneiras. Isso pode ser causado pela quantidade de perfis utilizados.

Na configuração mista há mais barras com perfil cantoneira do que barras com perfil tubular.

### *Modelos dinâmicos:*

Os resultados dos modelos dinâmicos são próximos. No entanto, recomenda-se o uso do Modelo Discreto uma vez que considera as massas da estrutura e tende a ser mais próximo da realidade em situações de vibração.

### *Geometria:*

Observou-se que a geometria da torre pode ser ajustada de modo que os perfis sejam utilizados com o mínimo de cortes possível para que haja mais aproveitamento de material.

## CONCLUSÕES:

Neste estudo, as solicitações de vento são mais significativas do que as solicitações gravitacionais o que faz com que as análises de primeira e segunda ordem apresente resultados próximos. Todavia, podem existir casos nos quais os esforços de segunda ordem sejam significativos, desta forma,

recomenda-se sempre realizar tal análise e verificar sua relevância.

Do ponto de vista construtivo, o uso de perfis tubulares tende a criar estruturas mais leves. Cabe o estudo econômico levando em conta o custo com aquisição de material e transporte para cada configuração de torre a ser projetada.

## **BIBLIOGRAFIA**

**Nascimento, F.O.D.A.**, *“Análise de estruturas metálicas de torres treliçadas autoportantes para telecomunicações”*, Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

**Oliveira, M.I.R.**, *“Análise estrutural de torres de transmissão de energia submetidas aos efeitos dinâmicos induzidos pelo vento”*, Dissertação de Mestrado, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

**Reis A. e Camotim D.**, *Estabilidade e Dimensionamento de Estruturas*, Editora Orion, Lisboa, 2012.

**Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)**, *“NBR-6123: Forças Devidas ao Vento em Edificações”*, Rio de Janeiro, 1988.

**Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)**, *“NBR-8800: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios”*, Rio de Janeiro, 2008.

**Rothier, R.G.F.**, *“Análise e dimensionamento de uma torre de aço de telecomunicações”*, Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.