

ESTUDO DA VENTILAÇÃO NATURAL EM EDIFICAÇÕES COM TORRES DE VENTO MULTIDIRECIONAIS ATRAVÉS DE SIMULAÇÕES EM TÚNEL DE VENTO

Nixon César de Andrade ⁽¹⁾; Rosana Maria Caram ⁽²⁾; Lucila Chebel Labaki ⁽³⁾

(1) UNICAMP, deandraden@bol.com.br;

(2) EESC/USP, rcaram@sc.usp.br;

(3) UNICAMP, lucila@fec.unicamp.br

Resumo

A ventilação natural é uma das estratégias mais adequadas para o resfriamento passivo dos edifícios e para a manutenção da qualidade do ar. Uma das alternativas existentes para se alcançar tal proposição é a utilização de torres de vento situadas acima do nível da cobertura. Esta pesquisa tem como objetivo geral avaliar quatro tipos de torres, com diferentes geometrias, através de simulações em túnel de vento, as quais permitirão estudar as características técnicas das torres analisadas e seus efeitos sobre a ventilação interna do ambiente, bem como contribuir para a difusão desse sistema de ventilação no Brasil. A metodologia foi dividida nas seguintes etapas: definição das geometrias das torres; definição das maquetes; construção das maquetes; instrumentação das maquetes; definição dos ângulos de incidência do vento; ensaios no túnel de vento: ensaios de velocidade e de pressão. Os resultados obtidos a partir de uma série de simulações experimentais permitiram a análise e comparação das diversas configurações de projeto propostas, auxiliando, portanto, na determinação das configurações mais adequadas.

Palavras-chave: Torre de vento, Túnel de vento, Ventilação natural, Arquitetura bioclimática.

Abstract

Natural ventilation is one of the most appropriate strategies for passive cooling of buildings and the maintenance of air quality. One of the alternatives for achieving such a proposal is the use of wind towers located above the cover. This research aims at evaluating four types of towers, with different geometries, through simulation in a wind tunnel, which will study the technical characteristics of the towers analyzed and their effects on ventilation of the internal environment as well as contribute to the distribution of ventilation system in Brazil. The methodology was divided into the following steps: defining the geometry of the towers, definition of the models, construction of models, models of instrumentation; definition of angles of incidence of the wind, the wind tunnel tests: tests of speed and pressure. The results obtained from a series of simulations allowed the experimental analysis and comparison of different design configurations proposed, thus helping to determine the most appropriate settings.

Keywords: Wind tower, Wind tunnel, Natural ventilation, Bioclimatic architecture.

1. INTRODUÇÃO

No processo de ventilação natural, a massa de ar no interior dos ambientes deve ser continuamente retirada e substituída por ar fresco de uma fonte externa e limpa para manter a concentração de contaminantes em níveis satisfatórios, além de ser utilizada no resfriamento da massa edificada e/ou direcionada diretamente sobre os usuários com o objetivo de tornar os ambientes termicamente confortáveis.

Martins *et al* (2009) afirmam que em grande parte da região do Brasil, onde predomina o clima quente e úmido, as taxas de velocidade do ar são bastante altas e passíveis de serem amplamente utilizadas para proporcionar conforto por meio do uso de elementos de captação do vento em edificações. Apesar de ainda pouco empregadas, as torres de vento oferecem um eficiente aproveitamento desse recurso.

Kalantar (2009) realizou um estudo em Yazd no Irã sobre o desempenho de uma torre de vento na ventilação de ambientes em região quente e seca, onde foram medidas temperaturas e velocidade do vento, interna e externamente à torre, sendo que em seu topo colocou-se um sistema de aspersão de água. Os resultados obtidos nas análises computacionais e experimentais mostraram que a adição de água sobre o ar seco tem considerável efeito nos parâmetros como temperatura, umidade relativa, velocidade do fluido e densidade, pois tal sistema reduz a temperatura de 10° a 15 °C dependendo das dimensões da torre e condições ambientais.

Nasri e Hekmatpanah (2010) afirmaram que a melhor solução para reduzir efeitos de desconforto térmico é a integração da arquitetura tradicional e da tecnologia moderna, que seria uma oportunidade de utilizar elementos arquitetônicos antigos como a torre de vento, a qual consiste em uma solução simples para países como o Irã, desenvolvendo projetos criativos com a vantagem de controlar a temperatura interna das edificações submetidas a condições climáticas desagradáveis.

2. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é avaliar a eficiência de quatro torres de vento, a unidirecional, com uma abertura para a entrada de vento, em locais onde o vento se movimenta predominantemente em uma direção, a tetradirecional, com quatro aberturas, em locais em que o vento age em várias direções, a octodirecional, com oito aberturas e a dodecadirecional, com doze aberturas, na ventilação natural de ambientes, através de ensaios realizados em túnel de vento, bem como difundir esse sistema de ventilação no Brasil.

3. METODOLOGIA

3.1. Definição das geometrias das torres

Para essa pesquisa foram adotadas quatro tipos de torres com as seguintes geometrias: unidirecional (uma abertura), para referencial, tetradirecional (quatro aberturas), octodirecional (oito aberturas) e dodecadirecional (doze aberturas).

3.2. Avaliação segundo o ângulo de incidência

As maquetes foram rotacionadas no interior do túnel de vento, mais precisamente a cada 15°, para analisar a incidência do vento em várias posições da torre e da edificação, cujo ângulo foi selecionado por permitir que todas as aberturas das diferentes torres se posicionem perpendicularmente ao vento.

3.3. Ensaios no túnel de vento

Para a realização dos ensaios foi utilizado o túnel de vento de camada limite do Laboratório de Conforto Ambiental e Física Aplicada da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas – LACAF/Unicamp (figura 1).

Dentro do túnel, a turbulência é gerada com uma superfície rugosa e gradiente de pressão nulo, devido à necessidade de gerar uma camada limite turbulenta (figura 2).

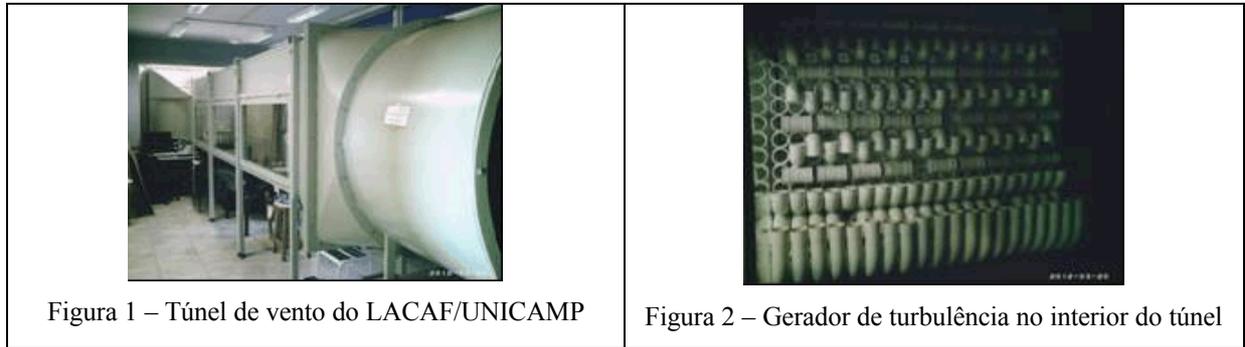


Figura 1 – Túnel de vento do LACAF/UNICAMP

Figura 2 – Gerador de turbulência no interior do túnel

3.4. Definição das maquetes

Após definida a escala, 1:50, planejaram-se todas as partes das maquetes no software AutoCAD®, as quais foram construídas utilizando-se como material o acrílico, facilitando a visualização durante os ensaios. As peças em acrílico foram cortadas no Laboratório de Automação e Prototipagem para Arquitetura e Construção, da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo (LAPAC/FEC) da Unicamp.

Posteriormente, construíram-se as maquetes, com os detalhes necessários: paredes, divisórias cruzadas e teto, conforme a figura 3.

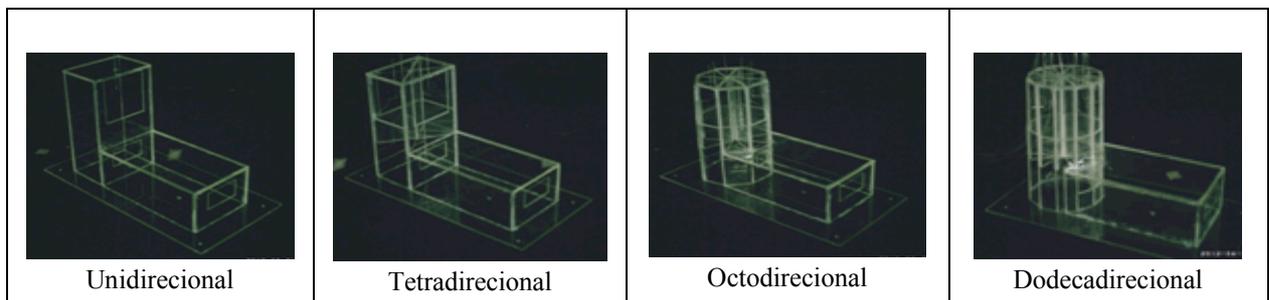


Figura 3 – Maquetes utilizadas nos ensaios

3.5. Ensaio de velocidade

Para medir as velocidades interna e externa do vento nas maquetes, foram utilizados anemômetros de fio quente da marca Dantec, modelo Multichannel 54N81, cuja faixa de velocidade do sensor de referência para calibração é de 0,2 a 30 m/s.

Os ensaios de velocidade foram realizados para as frequências de 145, 410 e 830rpm, as quais estão relacionadas com as velocidades do ar em torno de 2, 5 e 10m/s, respectivamente, dentro do túnel de vento.

A quantidade de sensores de velocidade, seis no total, era insuficiente para atender à todas as aberturas das torres octogonal e dodecagonal. Sendo assim, foram instalados, um sensor (SV2) no interior da maquete da edificação, através de furo na parte inferior, quatro sensores (SV3, SV4, SV5 e SV6) localizados próximos às aberturas, na direção longitudinal em relação ao vento incidente na edificação, alternando-se as suas posições, e um sensor (SV1) na parte frontal da maquete, distante da fachada para medir a velocidade do vento antes de atingir o modelo físico, tendo-se assim o valor do escoamento não perturbado (figura 4).

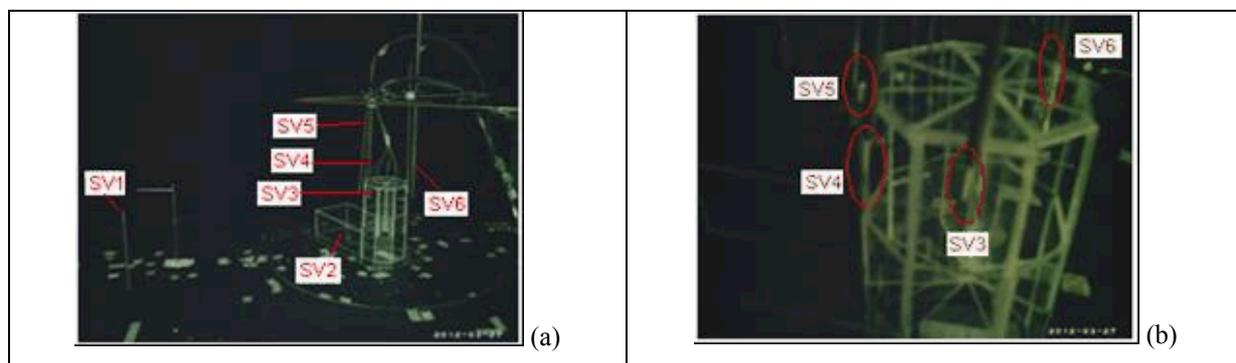


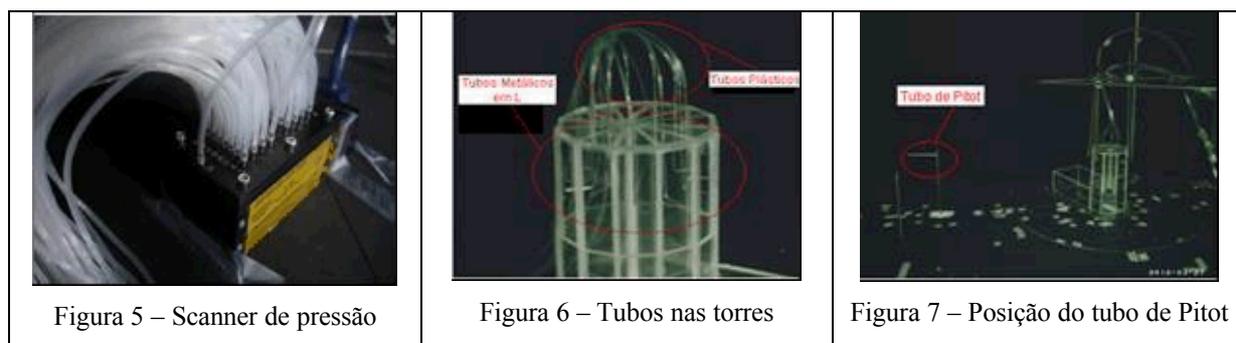
Figura 4 – Posição dos sensores no interior do túnel de vento (a) e detalhe na abertura da torre (b)

3.6. Ensaios de pressão

Esses ensaios foram realizados para verificar o comportamento do fluxo de ar na abertura das torres como aspiração ou insuflação, sendo quantificada com o scanner de pressão. No centro das aberturas, nas faces das torres, onde mediram-se as pressões, foram instalados tubos metálicos ligados a finos tubos plásticos com diâmetro interno de 1mm e cada tubo conectado a um tubo numerado do scanner de pressão com capacidade para 64 pontos (figura 5).

A quantidade de pontos medidos estava relacionada com o número de aberturas das torres, isto é, na unidirecional, tetradirecional, octodirecional e dodecadirecional foram medidos um, quatro, oito e doze pontos de pressão respectivamente (figura 6).

Um ponto de pressão externo foi instalado para a medição da pressão estática no tubo de Pitot, o qual estava posicionado antes do modelo a ser ensaiado, a uma altura de 16.3cm do piso do túnel (figura 7).



Os ensaios de pressão e de velocidade foram realizados simultaneamente com as mesmas frequências e posições.

4. RESULTADOS

4.1. Ensaios de velocidade

Os dados das medições realizadas no túnel de vento encontram-se representados na figura 8.

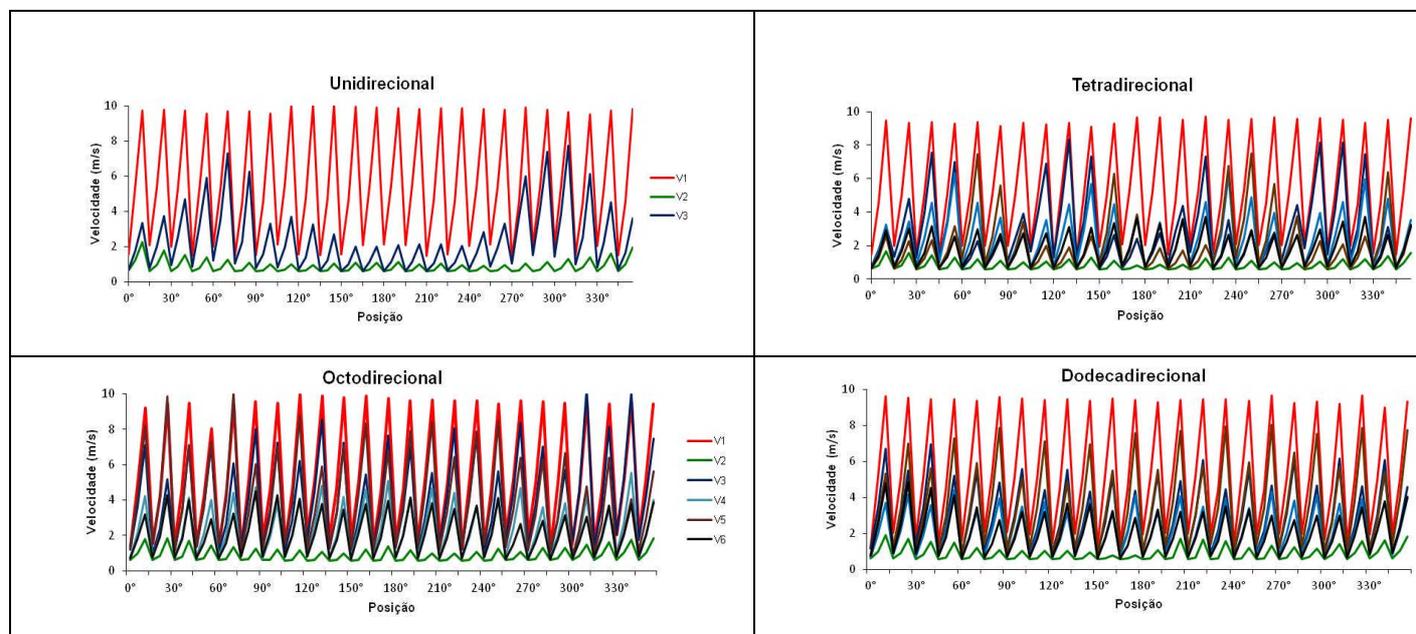
Na torre unidirecional percebe-se que as velocidades medidas no interior da edificação (V2) são maiores nas posições iniciais e finais pelo fato de sua abertura se localizar na direção do

fluxo de ar gerado pelo túnel de vento. O mesmo ocorre com a torre (V3), mas entre as posições de 90° a 270° nota-se a permanência da velocidade no interior da edificação (V2) mesmo com a diminuição de V3, mostrando que embora a abertura da edificação não esteja perpendicular ao vento, a torre faz com que sua ventilação continue constante.

Analisando-se a torre tetradirecional observa-se que o resultado é semelhante à unidirecional. Entretanto, entre as posições de 165° a 210° há uma queda na ventilação da edificação (V2) explicada pela ineficiência das aberturas laterais e posterior da torre, sendo V2 aumentada a partir de 210°.

A torre octodirecional apresenta o mesmo comportamento que as torres anteriores em relação à ventilação interna da edificação (V2), mas no intervalo das posições de 90° a 270° percebe-se que os valores de V2 são maiores nessa torre, justificado pelo aumento do número de aberturas e sua distribuição otimizada.

O comportamento da torre dodecadirecional assemelha-se ao da tetradirecional para V2, porém, em um intervalo menor, de 150° a 180°, fato explicado pela consequência do aumento do número de aberturas de menor área, deixando as divisórias no interior da torre mais próximas dificultando o movimento do ar nessas posições.



VI a V6: Velocidade no ponto medido

Figura 8 – Velocidade do ar para as diferentes torres de vento analisadas

4.2. Ensaios de pressão

Os valores das diferenças de pressões realizadas no túnel de vento permitiram calcular o coeficiente de pressão (C_p), cujos valores encontram-se representados na figura 9.

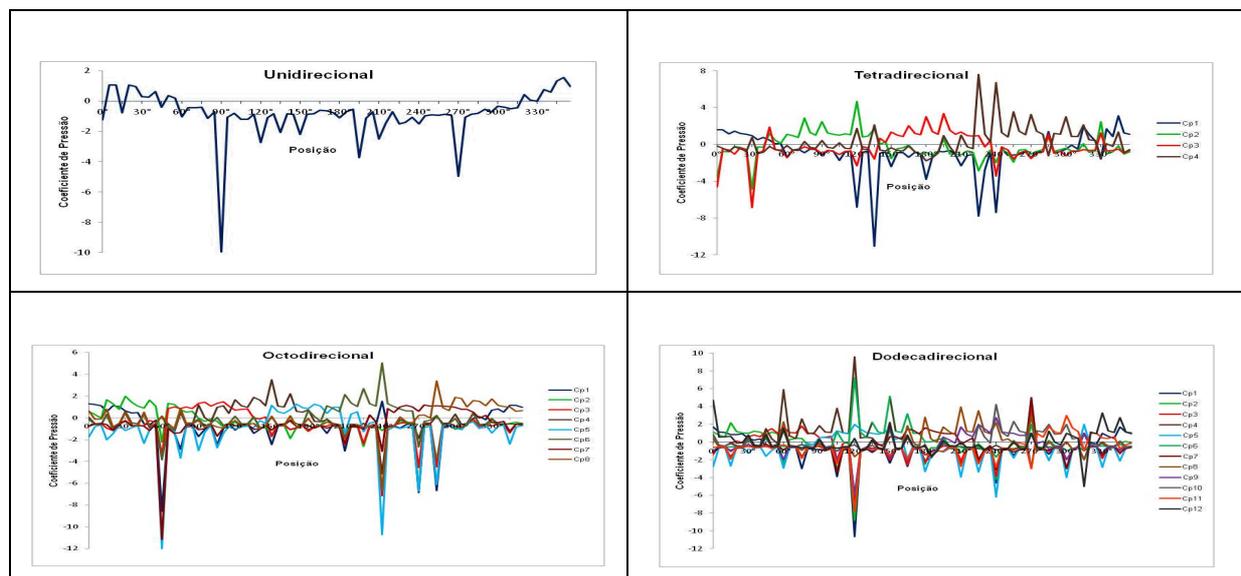
Na torre unidirecional, o gráfico mostra que de 45° a 315° há uma queda nos valores de C_p , pois a abertura vai se distanciando da direção do fluxo de ar, dificultando sua entrada na torre. Entretanto, de 0° a 45° e de 315° a 345° os valores permanecem altos e quase constantes porque tais posições facilitam o deslocamento do fluxo de ar na torre.

Os valores de C_p na torre tetradirecional não apresentaram mudanças bruscas em relação às

posições adotadas, exceto nas posições 30°, 120°, 135°, 225° e 240°, para baixos valores de velocidade.

Analisando-se a torre octodirecional percebe-se que os valores de C_p variam bruscamente nas posições 60°, 150°, 240°, 270° e 285°, para baixas velocidades, enquanto que nas velocidades média e alta não há grandes variações, pois o número de aberturas é maior, facilitando a entrada do ar.

A torre dodecadirecional apresenta comportamento semelhante à octodirecional, mas com variações de valores de C_p menos bruscas na maioria das posições, fato explicado pelo aumento do número de faces, elevando as chances de entrada de ar.



Cp1 a Cp12: Coeficiente de Pressão do ponto medido

Figura 9 – Coeficientes de pressão para as diferentes torres de vento analisadas

5. CONCLUSÕES

A comparação entre as quatro torres de vento, em relação à velocidade do ar interna à edificação (V_2), permitiu concluir que as torres octodirecional e dodecadirecional são as mais eficientes por possuírem maiores picos de velocidade na maioria das posições consideradas.

Quanto aos valores de C_p observou-se que as aberturas mostraram-se eficientes para a entrada do fluxo de ar, mas considerando as três faixas de velocidade (baixa, média e alta) foram as torres octodirecional e dodecadirecional que apresentaram menor variação, permitindo a passagem do ar em todas as direções.

REFERÊNCIAS

- KALANTAR, V. Numerical simulation of cooling performance of wind tower (Baud-Geer) in hot and arid region. *Renewable Energy*. V. 34, n. 1, p. 246-254, Jan. 2009.
- MARTINS, T.A.L. *et al.* O uso de torres de vento em edificações residenciais geminadas de meia morada. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRuíDO, 10., 2009, Natal. *Anais...* Porto Alegre: ANTAC, 2009.
- NASRI, M.; HEKMATPANA, R. Productivity and energy management in desert urban. *Special Journal of the World Academy of Science, Engineering and Technology*. V. 69, p. 379-382, 2010. Disponível em: <<http://www.waset.org/journals/waset/v69/v69-68.pdf>>. Acesso em: 21 fev. 2011.