



## XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção  
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

### UTILIZAÇÃO DE TORRE DE VENTO COMO ESTRATÉGIA DE VENTILAÇÃO NATURAL EM SALA DE AULA<sup>1</sup>

**ANDRADE, Nixon Cesar (1); CASTRO, Adriana Petito de Almeida Silva (2); MATHEUS, Carla (3); LABAKI, Lucila Chebel (4)**

(1) IAU/USP, e-mail: deandraden@bol.com.br; (2) FEAU/UNIMEP, FEC/UNICAMP, e-mail: dripasc@uol.com.br; (3) FEC/UNICAMP, e-mail: matheuscarla@hotmail.com; (4) FEC/UNICAMP, e-mail: llabaki@gmail.com

#### RESUMO

A utilização de torres de vento situadas acima do nível da cobertura, funcionando como captadores, pode potencializar a ventilação natural em salas de aula, onde a disposição das salas com um corredor central só permite que sejam instaladas janelas em uma das paredes. O objetivo deste trabalho é propor a construção de uma torre octogonal em uma sala de aula universitária, a fim de promover um maior conforto térmico no interior do ambiente através da ventilação cruzada, e analisá-la por meio de simulações no software CFX®, as quais permitem estudar os seus efeitos sobre a ventilação interna da edificação. Como metodologia, foram aplicadas as seguintes etapas: construção da geometria, *parts*, malha; contorno no CFX Pre®; processamento no CFX Solver®; resultados no CFX Post®: velocidade e coeficiente de pressão. Os resultados obtidos permitiram concluir que o captador de vento é eficiente, pois proporciona maiores valores de velocidade do ar interno na maioria das posições consideradas, e, embora apresente limitações em função da incidência de ventos no ambiente urbano, poderá favorecer condições adequadas de ventilação no interior da edificação em estudo.

**Palavras-chave:** Torre de vento. Ventilação natural. Simulação computacional

#### ABSTRACT

*The use of wind towers located above the level of the roof, functioning as catchers, can enhance natural ventilation in classrooms where the layout of the rooms with a central corridor only allows them to have windows installed in one of the walls. This paper aims to propose the construction of an octagonal tower in an university classroom, in order to promote greater thermal comfort inside the environment through cross ventilation and analyse it through simulations in CFX® software, which allow studying its effects on the internal ventilation of the building. The methodology was divided into the following stages: the geometry construction, parts; mesh; boundary in CFX Pre®; processing in CFX Solver®; results in CFX Post®: speed and pressure coefficient. The results showed that the wind catcher is efficient because it provides greater speed values of the internal air in most considered positions, and, although it presents some problems depending on the wind speed value in the city, it might allow adequate internal ventilation in the building.*

**Keywords:** Wind tower. Natural ventilation. Computational simulation

---

<sup>1</sup> ANDRADE, Nixon Cesar; CASTRO, Adriana Petito de Almeida Silva; MATHEUS, Carla; LABAKI, Lucila Chebel. Utilização de torre de vento como estratégia de ventilação natural em sala de aula. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

## 1 INTRODUÇÃO

Devido à crise energética, medidas comuns para a redução e a avaliação do consumo de energia em edificações têm sido investigadas e adotadas em todo o mundo (CHIESA *et al.*, 2010). Isso porque o alto consumo de energia para aquecimento e resfriamento de edificações é um dos maiores problemas do setor de energia e tem um impacto ambiental importante (JIMÉNEZ *et al.*, 2010).

A maneira como o projeto é desenvolvido pode levar a grandes economias energéticas tanto durante a obra como durante o funcionamento dos edifícios, sendo a ventilação natural uma das estratégias mais adequadas para o resfriamento passivo das edificações, principalmente em climas quentes e úmidos, e para a manutenção da qualidade do ar interno.

A aplicação de elementos que proporcionem conforto térmico é importante principalmente em edifícios escolares, onde a eficiência do processo de aprendizagem pode ser diretamente prejudicada pelo desconforto. As dimensões das salas de aula e da edificação como um todo têm grande influência nas variáveis ambientais, visto que interferem diretamente nos fluxos de ar e na quantidade de luz e calor recebidos.

O trabalho de Krüger, Adriazola e Michaloski (2001) evidencia que para um projeto atender a todas as especificidades necessárias ao conforto ambiental, deve ser baseado na orientação solar, no dimensionamento adequado das aberturas, na escolha dos materiais e levar sempre em consideração o clima local. Portanto, se essa abertura for mal dimensionada ou mal posicionada, pode resultar em desconforto térmico, reduzindo diretamente a eficiência das atividades desempenhadas.

Em relação ao comportamento da ventilação natural, para Araújo e Pedrini (2013), este é influenciado por elementos arquitetônicos, como orientação e tipo das aberturas, geometria das fachadas e layout interno, que interagem com as características urbanas, climáticas e comportamentais do usuário. Os diversos recursos arquitetônicos estão presentes principalmente na envoltória e as chances de sucesso aumentam quando o elemento é inserido no início do processo projetual.

Segundo Allard (1998), na maioria dos casos as taxas mínimas de ventilação necessária para a qualidade interna do ar são facilmente alcançadas e as taxas de ventilação máxima necessárias para o controle térmico na construção no verão são facilmente identificadas. Projetar uma edificação tem o desafio duplo de oferecer bom desempenho da ventilação além de conservação de energia. A redução do consumo de energia em edificações, sem afetar o conforto térmico, pode ser obtida ao se projetar um sistema apropriado de ventilação (CHIESA *et al.*, 2010).

Os edifícios das instituições de ensino no Brasil apresentam, geralmente, um corredor central, com salas de aulas distribuídas nas laterais, na intenção de haver um maior aproveitamento de área. Esse modelo de projeto apresenta apenas uma possibilidade de parede com aberturas voltadas ao exterior,

favorecendo a ventilação natural; com isso, as salas, ficam pouco ventiladas e não se consegue ter uma ventilação cruzada, ponto importante para se obter conforto ambiental em várias regiões bioclimáticas do Brasil. Uma solução de projeto para essa tipologia de edifícios educacionais seria a instalação de torres de vento, que funcionariam como captadores de vento e permitiriam a ventilação cruzada nas salas de aula.

As características do clima brasileiro apontam o aproveitamento da ventilação natural como um dos instrumentos mais eficientes na obtenção de conforto térmico nos períodos de calor. Entretanto, no Brasil, a estratégia das torres de vento ainda não está amplamente divulgada, provavelmente devido ao pouco conhecimento científico dessa estratégia por parte dos projetistas (LÔBO e BITTENCOURT, 2003).

Este trabalho tem como objetivo a avaliação da ventilação natural de uma sala de aula universitária situada em Santa Bárbara D'Oeste (SP), com a utilização de torre de vento, atuando como captador, empregando simulações no software CFX®, como proposta para tornar o ambiente termicamente confortável.

## **2 MÉTODO**

### **2.1 Características gerais de Santa Bárbara d'Oeste**

O município de Santa Bárbara D'Oeste está localizado no interior do estado de São Paulo, a aproximadamente 140 km da capital, na região metropolitana de Campinas. Suas coordenadas geográficas são 22°44'57 de latitude sul, 47°24'49 de longitude oeste e 560 metros de altitude. A população é de 180.148 habitantes (IBGE/2010) e possui área de aproximadamente 270km². A classificação climática de Köppen é do tipo Cwa (Clima Temperado Úmido com Inverno Seco e Verão Quente), que, segundo o CEPAGRI (2011), é caracterizado pelo clima tropical de altitude, com chuvas no verão e com temperatura média do mês mais quente superior a 22°C.

O clima possui as estações de inverno e verão bem definidas com inverno seco e ameno e verão úmido e quente, sendo este último mais duradouro, indicando a predominância de calor durante o ano. O verão compreende os meses de novembro a março e o inverno de maio a agosto. A precipitação média anual é de 1466,1mm, sendo julho o mês mais seco e frio, com temperatura média de 19°C e os meses mais quentes são janeiro e fevereiro, com temperatura média de 25°C. A umidade relativa do ar é de 80% em dezembro e 63% em setembro (CEPAGRI, 2011).

O município tem predominância de relevo ligeiramente ondulado. O campus encontra-se em uma área descampada com amplas áreas verdes ocupadas e de intensa ventilação e insolação devido à altitude.

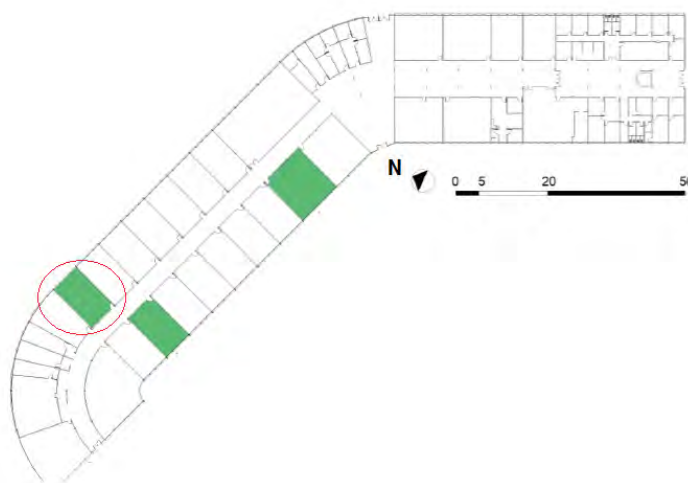
## 2.2 Caracterização da área de estudo

Nesse trabalho é utilizado como modelo uma das salas analisadas por Souza, Vieira e Castro (2012), que realizaram um estudo de conforto térmico e visual em três salas de aula universitárias, no verão e no inverno, em horários pré-determinados. A instituição segue o padrão de corredor central, com salas de aulas distribuídas nas laterais.

A sala selecionada possui orientação sudoeste, área de aproximadamente 78m<sup>2</sup>, dimensões de 11,65m x 6,75m e pé direito de 3,90m. Há ventiladores fixos no teto e nas paredes e janelas basculantes de vidro liso com total transparência. Na parede oposta às janelas, há uma área envidraçada fixa, horizontal, na parte superior em toda sua extensão, voltada para o corredor do bloco, na intenção de se propiciar iluminação natural, pois no corredor há uma cobertura de material transparente. As Figuras 1, 2 e 3 ilustram a sala de aula estudada.

O trabalho de Souza, Vieira e Castro (2012) concluiu que, no geral, a sensação térmica nessa sala de aula foi de desconforto, sendo o período mais crítico o das 15h00, com níveis próximos a +2 na escala de Fanger. Os dados de PEI (Porcentagem Estimada de Insatisfeitos: é impossível obter em um ambiente, combinação das variáveis de conforto que satisfaça plenamente todos os integrantes de um grande grupo) e VME (Voto Médio Estimado: representa a sensação térmica de um grupo de pessoas quando expostas a determinada combinação das variáveis pessoais e ambientais de conforto) demonstram que, no geral, o ambiente é termicamente desconfortável, pois no período das 15h00 a porcentagem de insatisfeitos chega a 94%, e com base na escala de Fanger, o voto médio estimado se aproxima de + 2, definido como calor. Apenas às 9h00, o ambiente estava confortável, com VME de aproximadamente + 0,5 (Fanger) e cerca de 15 % de usuários insatisfeitos.

Figura 1 – Planta baixa do bloco 01, com a identificação das salas analisadas por Souza, Vieira e Castro (2012) e a sala analisada nesse trabalho à esquerda



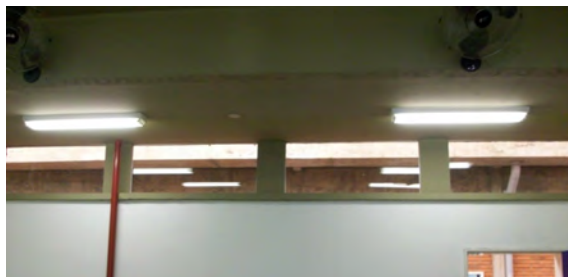
Fonte: Souza, Vieira e Castro (2012), adaptado

Figura 2 – Vista da sala de aula analisada



Fonte: Souza, Vieira e Castro (2012)

Figura 3 – Vista das áreas envidraçadas fixas



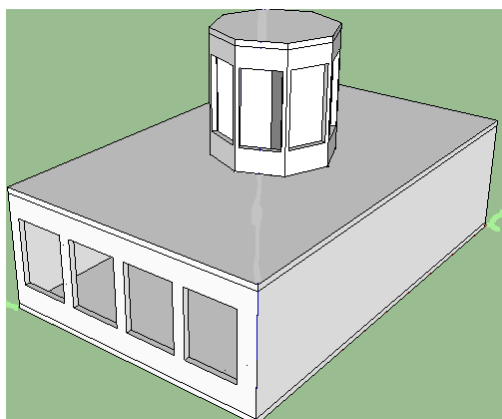
Fonte: Souza, Vieira e Castro (2012)

Diante desses resultados, justifica-se a escolha dessa sala de aula, ocupada durante os três períodos (manhã, tarde e noite), como modelo para implantação de torre de vento utilizada como estratégia de ventilação.

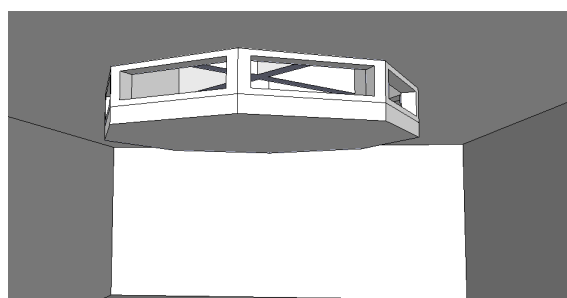
Especificamente para este trabalho a sala de aula foi adaptada, colocando um captador de vento octogonal desenvolvido no artigo de Andrade *et al.* (2014), sendo essa geometria comprovadamente mais viável por apresentar oito aberturas e divisórias distanciadas, captando o ar em várias direções. O modelo proposto possui uma torre de 3m de largura e 3m de altura, com duas divisórias internas, acoplada no centro da laje da edificação. Cada uma das oito aberturas da torre tem a dimensão de 1,15m de largura e 1,90m de altura na parte externa e 1,15m de largura e 0,25m de altura na parte interna à edificação (Figura 4).

As simulações foram realizadas com o conjunto edificação+torre formando ângulos de 0°, 90° e 180° em relação à direção Norte.

Figura 4 – Sala de aula adaptada com a torre de vento (esquerda) e detalhe no interior da sala (direita)



Fonte: Os autores



Fonte: Os autores

## 2.3 Simulações no software CFX®

Segundo Oliveira, Mariano e Quadri (2009) o pacote computacional ANSYS CFX® é um software de simulação para resolução numérica de problemas envolvendo mecânica dos fluidos e transferência de calor (CFD). O programa emprega a metodologia de volumes finitos utilizando estruturas espaciais e gerando malhas correspondentes.

### Software ICEM®

#### Descrição da geometria

O modelo foi realizado com todos os elementos de interesse (coberturas, paredes, aberturas e divisórias) e suas características reais foram construídas com o máximo de precisão, de acordo com as dimensões da sala de aula. Após a finalização da geometria do edifício, elaborou-se o domínio fluido, que é o volume de um espaço determinado por onde o fluxo escoar, e é modelado para simular o escoamento que é externo à edificação, devendo ser estanque, ou seja, sem aberturas. Finalizando, o edifício e o domínio foram unidos em um único modelo, eliminando todos os elementos externos às fronteiras do domínio. O formato de exportação mais adequado é o ACIS®, compatível para ser aberto no Icem CFX®, para que o modelo seja exportado como um bloco único, sendo possível, caso necessário, separar as superfícies posteriormente no ICEM®.

#### Definição das Parts

Antes da geração da malha, agruparam-se as superfícies que receberam tratamento semelhante no pré-processamento. Tais grupos recebem o nome de *Parts*, que de acordo com as condições de contorno são: parede (*wall*); entrada (*inlet*); saída (*outlet*) e abertura (*opening*). Parede é uma condição de contorno que se refere a uma fronteira sólida, não permitindo a entrada ou a saída de fluido do domínio. Já os termos entrada (*inlet*), saída (*outlet*) ou abertura (*opening*) são condições de contorno referentes às fronteiras pelas quais o fluido entra ou sai do domínio.

#### Determinação da malha

A malha é a discretização do espaço fluido dentro do domínio, definindo os pontos e volumes para os quais as equações de Navier-Stokes (equações diferenciais que descrevem o escoamento de fluidos, baseadas em derivadas parciais que permitem determinar os campos de velocidade e de pressão num escoamento), são resolvidas, e é gerada automaticamente pelo programa, através de um método iterativo, após a determinação dos parâmetros máximos e mínimos dos elementos.

### Software CFX Pre®

#### Condições iniciais

As simulações foram realizadas em regime permanente, uma vez que as condições de contorno se mantêm constantes, considerando-se a velocidade de entrada de ar no modelo de 5,77km/h (aproximadamente

1,60m/s). Essa velocidade foi adotada baseada nas medições de velocidade de vento realizadas pela estação meteorológica da Esalaq (Piracicaba) (2015). Em seguida, especificou-se o tipo de domínio como fluido, sendo que para fins de trabalho o ar é considerado como gás ideal e a pressão de referência como a pressão atmosférica local, desprezando-se as variações de temperatura. Por fim, definiu-se o modelo de turbulência, o modelo  $k-\varepsilon$  (*k-Epsilon*), por oferecer a melhor relação custo (tempo de processamento) benefício (precisão) e as funções turbulentas de superfície se tornaram como *scaleble* (padronizadas), para se ajustarem às interações entre o fluido e as superfícies sólidas.

### **Condições de contorno**

Deu-se o tratamento diferenciado às paredes “reais” (como as do edifício e do piso, que são classificadas como sem escorregamento) e às paredes “para fins de simulação” (como o teto e as bordas laterais do domínio, que são classificadas como com escorregamento).

### **Controle de solução**

O controle de solução determinou os parâmetros para a solução matemática do modelo pelo módulo de cálculo, nos quais foram estabelecidos: o intervalo de tempo, o número máximo de iterações e o critério de convergência a ser adotado. As simulações foram interrompidas quando se atingiu ou o número máximo de iterações ou o critério de convergência.

### **Software CFX Solver®**

Após as etapas de elaboração do modelo, criação da malha e definição dos parâmetros no CFX-Pre®, iniciou-se a simulação propriamente dita no CFX-Solver®. Quando a simulação começou a ser realizada observou-se a evolução do critério de convergência adotado para massa, momento, energia e turbulência.

### **Software CFX Post®**

#### **Convergência**

A confiabilidade dos resultados gerados na simulação foi observada através da convergência, considerando a convergência de  $10^{-4}$  como meta das simulações. No fim do processamento da simulação, o CFX® gerou um arquivo de resultados e para visualizá-lo em forma de imagens, este arquivo foi importado para o CFX-Post®, última etapa do processo do CFX®.

#### **Visualização dos Resultados**

Quando a simulação foi concluída, o software gerou um arquivo de resultados, que permitiu a obtenção de diferentes informações do escoamento, e os resultados puderam ser analisados de forma qualitativa e quantitativa.

O software disponibilizou como resultado uma tabela para cada ponto discreto do escoamento, com um conjunto de valores que representam as

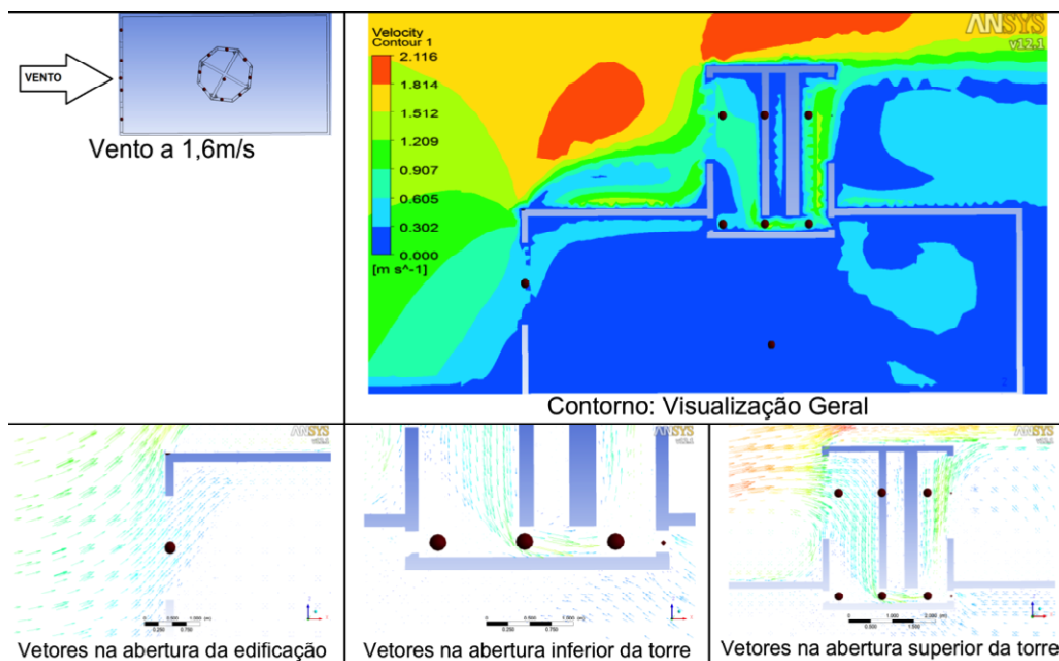
grandezas calculadas, como velocidade e pressão, as quais foram apresentadas de forma gráfica, utilizando imagens em escalas de cores apropriadas. Neste trabalho são mostradas as imagens de contorno e de vetores, as quais permitiram fazer uma análise qualitativa do escoamento de forma rápida e direta. Importantes detalhes do escoamento puderam ser convenientemente visualizados, como as zonas de recirculação devido à separação da camada limite.

### 3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

#### 3.1 Simulações de Velocidade

As imagens de contorno e vetores das simulações de velocidade realizadas no software CFX® encontram-se representadas nas figuras de 5 a 7.

Figura 5 - Contorno e Vetores de velocidade do vento para a torre a 0°

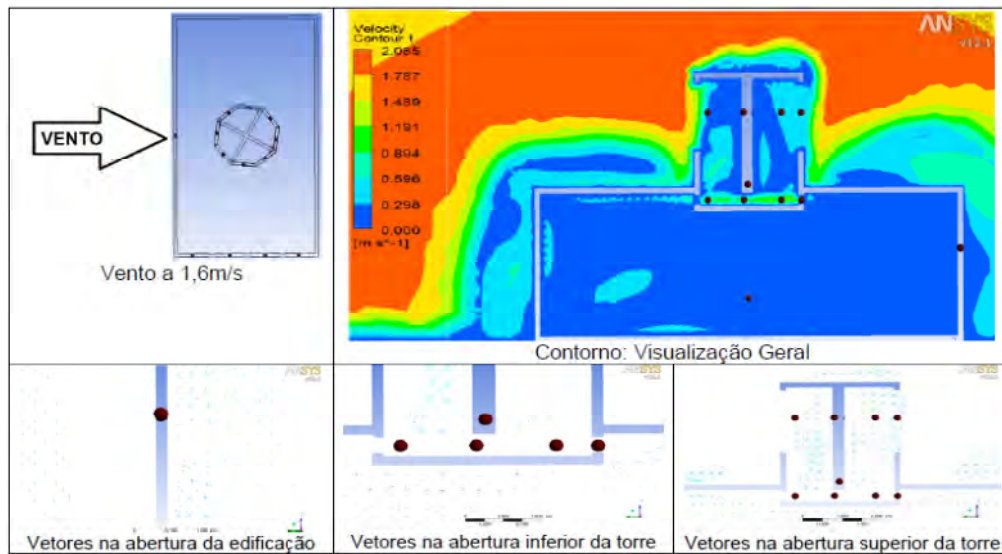


● Posições dos pontos onde foram simuladas as velocidades no software CFX®

Fonte: Os autores

Na torre a 0°, para a velocidade simulada ( $V=1,6\text{m/s}$ ), percebe-se que há uma menor distribuição interna do ar, pois na torre a velocidade do ar atinge  $1,2\text{m/s}$  próximo a abertura inferior da torre e no interior da edificação chega a  $0,09\text{m/s}$ , fato provocado pela entrada do ar nas janelas da edificação, o qual aumenta a extração do ar captado pela torre, colocando-o para o exterior, através das outras aberturas da torre, embora próximo ao teto atinja  $0,6\text{m/s}$  (Figura 5).

Figura 6 - Contorno e Vetores de velocidade do vento para a torre a 90°

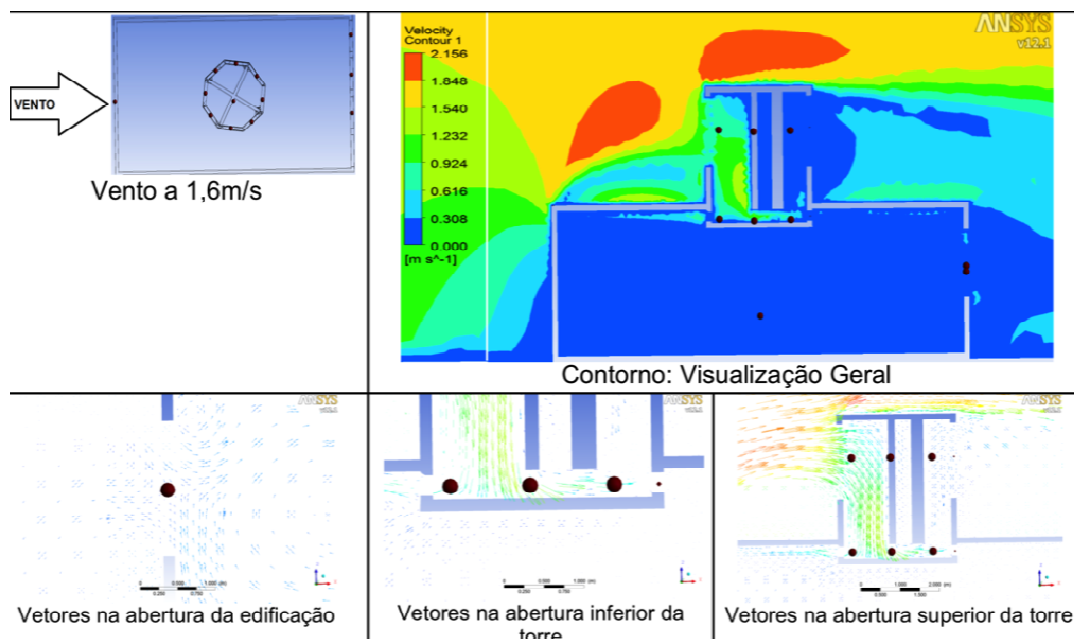


● Posições dos pontos onde foram simuladas as velocidades no *software CFX®*

Fonte: Os autores

Considerando a velocidade simulada ( $V=1,6\text{m/s}$ ), para a torre a 90°, observa-se que não ocorre uma boa circulação de ar interno na edificação, em comparação à de 0°, pois embora as velocidades do ar atinjam 1,2m/s no interior da torre, elas ficam próximas a 0,3m/s próximo ao teto e 0,07 m/s no interior da edificação, devido à dificuldade do ar em passar pela abertura inferior da torre, como é percebido na Figura 6.

Figura 7 - Contorno e Vetores de velocidade do vento para a torre a 180°



● Posições dos pontos onde foram simuladas as velocidades no *software CFX®*

Fonte: Os autores

Ao analisar a velocidade simulada ( $V=1,6\text{m/s}$ ), na torre a  $180^\circ$ , observa-se que não há uma ventilação interna adequada, porque ocorre uma concentração de ar no interior da torre próxima a parte inferior das divisórias, onde as velocidades atingem  $1,5\text{m/s}$ , dificultando a sua passagem ao interior da edificação, na qual a velocidade se aproxima a  $0,08\text{m/s}$ , gerando concentração de ar perto do teto com velocidade  $0,6\text{m/s}$  (Figura 7).

### 3.2 Simulações de Pressão

Os valores das pressões computadas nas simulações realizadas no software CFX® permitiram calcular o coeficiente de pressão ( $C_p$ ), utilizando a seguinte fórmula inserida no CFX Post®:

$$C_p = \frac{p - p_\infty}{\frac{1}{2} \rho_\infty V_\infty^2} \quad (1)$$

Onde:

$p$  é a pressão estática do fluido no ponto em que o coeficiente de pressão é avaliado (Pa).

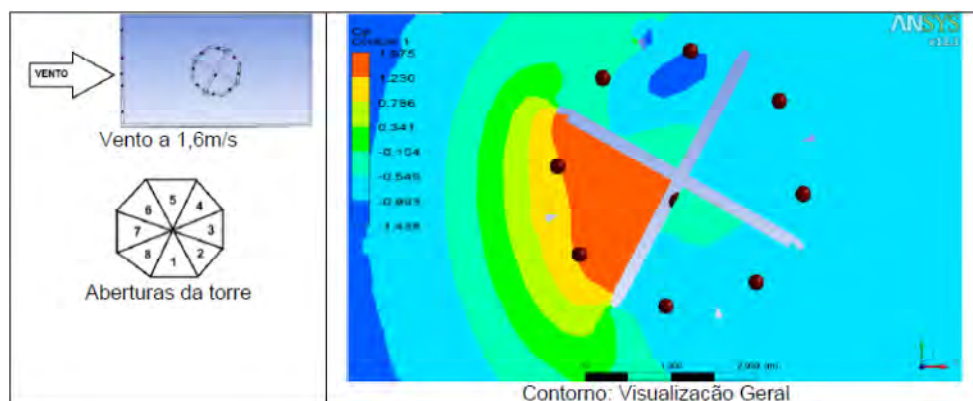
$p_\infty$  ou PR (pressão de referência) é a pressão do fluxo livre, ou seja, que se encontra fora de qualquer perturbação criada pelo corpo estranho (Pa).

$\rho_\infty$  é a densidade do fluido no fluxo (a do ar ao nível do mar e  $15^\circ\text{C}$  é  $1.225\text{ Kg/m}^3$ )

$V_\infty$  é a velocidade de fluxo livre do fluido, ou a velocidade do corpo através do fluido (m/s).

Os valores de  $C_p$  encontram-se representados nas figuras de 8 a 10.

Figura 8 - Contorno do coeficiente de pressão para a torre a  $0^\circ$

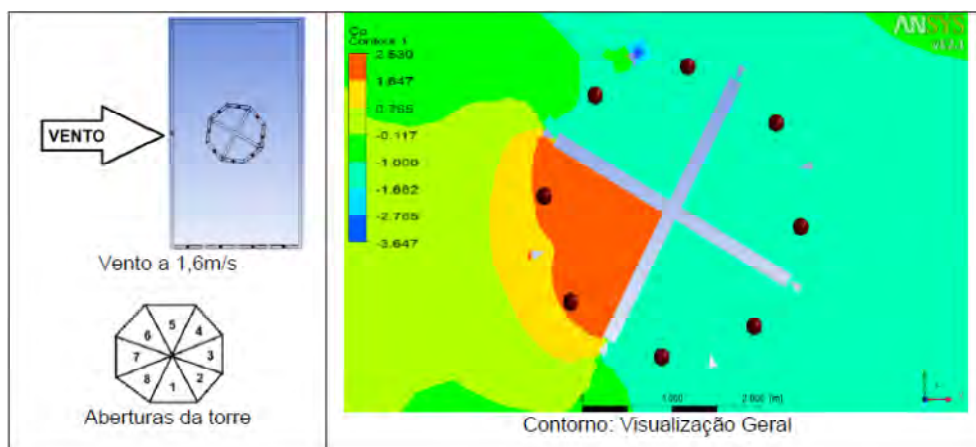


● Posições dos pontos onde foram simulados os coeficientes de pressão no software CFX®

Fonte: Os autores

Na torre a  $0^\circ$ , os valores dos coeficientes de pressão das aberturas de 1 a 6 ( $C_{p1}$  a  $C_{p6}$ ) apresentaram menores valores quando comparados aos de 7 e 8 ( $C_{p7}$  e  $C_{p8}$ ), pois esses coeficientes aumentam à medida que os valores das velocidades de ensaio se elevam (Figura 8).

Figura 9 - Contorno do coeficiente de pressão para a torre a 90°

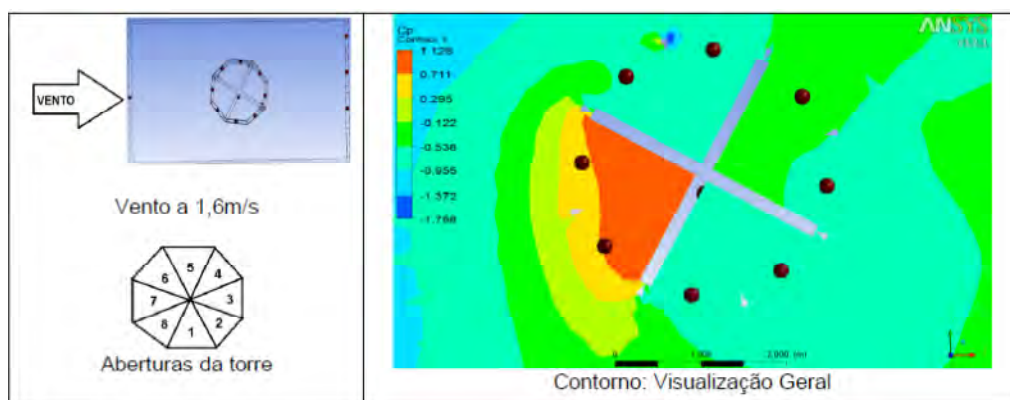


- Posições dos pontos onde foram simulados os coeficientes de pressão no *software CFX®*

Fonte: Os autores

Considerando a torre a 90°, os valores dos coeficientes de pressão das aberturas de 1 a 6 (Cp1 a Cp6) diminuem mesmo com o aumento das velocidades, porém os coeficientes de pressão das aberturas 7 e 8 (Cp7 e Cp8) aumentam com o crescimento dessa velocidade por estar em uma posição favorável ao vento (Figura 9).

Figura 10 - Contorno do coeficiente de pressão para a torre a 180°



- Posições dos pontos onde foram simulados os coeficientes de pressão no *software CFX®*

Fonte: Os autores

Na torre a 180°, os valores dos coeficientes de pressão das aberturas de 1 a 6 (Cp1 a Cp6) diminuem à medida que ocorre o crescimento das velocidades, mas os coeficientes de pressão das aberturas de 7 e 8 (Cp7 e Cp8) apresentam maiores valores pelo fato das aberturas se posicionarem perpendiculares ao vento (Figura 10).

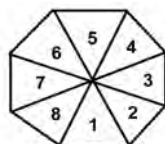
### 3.3 Relação entre os valores do coeficiente de pressão e de velocidade na ventilação da edificação

No Quadro 1 mostra-se os sinais dos coeficientes de pressão (Cp) para a velocidade simulada no *software CFX®*, os quais indicam barlavento, quando

a torre funciona como captador ( $C_p$  positivo), ou sota-vento, quando a torre atua como extrator ( $C_p$  negativo), ocorrendo ambos sistemas para uma mesma posição.

Analisando-se os valores mostrados nesse quadro observa-se que as torres possuem coeficientes de pressão negativos na maior parte das posições. Todavia, como a abordagem dessa pesquisa é sobre captadores, serão considerados apenas os  $C_p$ s positivos.

Quadro 1: Sinais dos coeficientes de pressão ( $C_p$ ) nas aberturas da torre



Posição das aberturas da torre

Velocidades X Posições	Cp1	Cp2	Cp3	Cp4	Cp5	Cp6	Cp7	Cp8
0°	-	-	-	-	-	-	+	+
90°	-	-	-	-	-	-	+	+
180°	-	-	-	-	-	-	+	+

Fonte: Os Autores

Analisando os  $C_p$ s positivos para a velocidade simulada, verifica-se que todas as posições possuem os mesmos números desses  $C_p$ s, em relação à posição e direção do vento, inclusive é, também, a posição de 0° que apresenta os maiores valores de velocidade do ar interno à edificação (Quadro 1).

#### 4 CONCLUSÕES

Considerando os resultados obtidos por Souza, Vieira e Castro (2012) e comparando as três posições simuladas quanto à velocidade do ar interno, conclui-se que a posição de 0° é mais eficaz no aumento da ventilação interna, por apresentar os maiores valores. Na análise de velocidade do ar e coeficientes de pressão positivos foi observado que todas as posições funcionam igualmente como captador, além de permitirem uma discreta melhora na ventilação interna à edificação.

O uso de uma ferramenta CFD (*Computational Fluid Dynamics* ou Dinâmica dos Fluidos Computacional: simulação numérica de todos os processos físicos e/ou físico-químicos que apresentam escoamento) em simulações, como o software CFX®, oferece grande auxílio no projeto de ventilação, e, os resultados fornecidos comprovam fenômenos conhecidos e esperados, além de identificar pontos de melhoria no projeto. Embora essas simulações sejam complexas e demoradas, seus resultados permitem uma avaliação visual e segura para o desenvolvimento de projetos.

## REFERÊNCIAS

- ALLARD, F. **Natural Ventilation in Buildings**. London: James & James, 1998.
- ANDRADE, N.C.; LABAKI, L.C.; CARAM, R.M.; GRECO-JUNIOR, P.C. Influência do número de divisórias dos captadores de vento na ventilação natural de edificações. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15., 2014, Maceió, **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2014..
- ANSYS. **CFX 12.1 Solver Models**. Didcot Oxfordshire: CFX, 2009.
- ARAÚJO, C.V.A.; PEDRINI, A. Análise de Captadores de Vento para Potencialização da Ventilação Natural. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12., 2013, Brasília, **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2013.
- CEPAGRI – Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura. **Clima dos Municípios Paulistas**. Campinas: CEPAGRI, 2011.
- CHIESA, G.; RAMPONI, R.; ADHIKARI, R.S. Energy impact of ventilation in building design - A literature review. In: PASSIVE & LOW ENERGY COOLING FOR THE BUILT ENVIRONMENT, 3.; 2010, Rhodes, **Anais...** Santorini: Heliotopos Conferences, 2010.
- ESALQ - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo. **Base de Dados Meteorológicos da Estação Convencional**. Piracicaba: ESALQ, 2015.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.
- JIMÉNEZ, M.J.; ENRÍQUEZ, R. HERAS, M.R. System identification applied to energy analysis in a bioclimatic office building in semidesertic weather in the south of Spain. In: PASSIVE & LOW ENERGY COOLING FOR THE BUILT ENVIRONMENT, 3.; 2010, Rhodes, **Anais...** Santorini: Heliotopos Conferences, 2010.
- KRÜGER, E.; ADRIAZOLA, M. K. O.; MICHALOSKI, A. O. Desempenho térmico de salas de aula do CEFET-PR. In: VI ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO (ENCAC) E III ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO (ELACAC), 2001, São Pedro. **Anais...**São Pedro: ANTAC, 2001.
- LÔBO, D.G.F.; BITTENCOURT, L.S. A influência dos captadores de vento na ventilação natural de habitações populares localizadas em climas quentes e úmidos. **Ambiente Construído**. Porto Alegre, v. 3, n. 2, p. 57-67, 2003.
- OLIVEIRA, B.Y.; MARIANO, G.C.; QUADRI, M.B. Um estudo CFD de vazamento de óleo a partir de dutos submersos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 8., 2009, Uberlândia. **Anais...** São Paulo: ABEQ, 2009. Disponível em: <[www.cobeqic2009.feq.ufu.br/uploads/media/99517091.pdf](http://www.cobeqic2009.feq.ufu.br/uploads/media/99517091.pdf)>. Acesso em: 23 mar. 2010.
- SOUZA, M.B.; VIEIRA, M.L.; CASTRO, A.P.A.S. Estudo do desempenho térmico e visual de três salas de aula – campus da Unimep em Santa Bárbara d'Oeste. In: XIV ENTAC

- Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2012, Juiz de Fora.  
**Anais...** Juiz de Fora: ANTAC, 2012.