

PROPOSTA DE UTILIZAÇÃO DE CAPTADOR DE VENTO EM SALA DE AULA UNIVERSITÁRIA

Nixon Cesar de Andrade (1); Carla Matheus (2); Lucila Chebel Labaki (3)

(1) Engenheiro Civil, Pós-Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia, deandraden@bol.com.br

(2) Arquiteta e Urbanista, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Tecnologia e Cidade, matheuscarla@hotmail.com

(3) PhD, Professora do Departamento de Arquitetura e Construção, llabaki@gmail.com

(1) IAU, USP, Cx Postal 359, São Carlos - SP, 13560-970, Tel.: (16) 3373-9311

(2) e (3) LaCAF, Unicamp. Cx Postal 6143, Campinas – SP, 13083-889, Tel.: (19) 3521-2064

RESUMO

A utilização de torres de vento situadas acima do nível da cobertura, funcionando como captadores, é uma solução viável para potencializar a ventilação natural. Esse artigo tem como objetivo propor a construção de uma torre octogonal em uma sala de aula da Faculdade de Design de Interiores da Faculdade Atibaia (FAAT), 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 permitiram estudar os seus efeitos sobre a ventilação interna da edificação. A metodologia foi dividida nas seguintes etapas: construção da geometria, definição das *parts*; determinação da malha; condições de contorno e controle de solução no CFX Pre[®]; processamento das simulações no CFX Solver[®]; visualizações dos resultados no CFX Post[®]: velocidade e coeficiente de pressão. Os resultados obtidos por uma série de simulações computacionais permitiram a análise e comparação do projeto proposto, concluindo que a colocação de um captador de vento é eficiente, pois proporciona maiores valores de velocidade do ar interno na maioria das posições consideradas. Desta forma, as análises possibilitaram desenvolver melhorias para o ambiente avaliado, no que se refere ao desempenho da ventilação de forma passiva.

Palavras-chave: captador de vento, torre de vento, ventilação natural, arquitetura bioclimática, CFX[®].

ABSTRACT

The use of wind towers located above the level of the roof, functioning as catchers, is a viable solution to enhance the natural ventilation. This paper aims to propose the construction of an octagonal tower in a classroom in the Design Course of Atibaia College (FAAT) in order to alleviate the high temperatures in the environment, and analyse it through simulations in CFX[®] software, which allowed studying its effect on the internal ventilation of the building. The methodology consists of the following steps: construction of the geometry, definition of the parts; determination of the mesh; boundary conditions and solution control in CFX Pre[®]; processing of the simulations in CFX Solver[®]; views of the results in CFX Post[®]: speed and pressure coefficient. The results of a series of computer simulations allowed the analysis and comparison of the proposed project and concluded that placing a wind catcher is efficient because it provides higher rate at the indoor air for most positions considered. Thus, the analyzes made it possible to develop enhancements to the studied classroom, concerning the performance of ventilation, in a passive way.

Keywords: wind catcher, wind tower, natural ventilation, bioclimatic architecture, CFX[®].

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). Por exemplo, na Inglaterra, o código para casas sustentáveis incorpora nove pontos chave; a eficiência energética é ponto central, mandatório como padrão mínimo (OSMANI e O'REILLY, 2009).

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 quente e úmido, e para a manutenção da qualidade do ar interno.

Para Araújo e Pedrini (2013), o comportamento da ventilação natural 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. Uma maneira de reduzir o consumo de energia em edificações, sem afetar o conforto térmico, pode ser alcançada ao projetar um sistema apropriado de ventilação (CHIESA et al., 2010).

No entanto, devido a se ter uma maior aproveitamento de área, as instituições de ensino no Brasil tem, comumente, um corredor central, com salas de aulas distribuídas nas laterais. Esse modelo de projeto fornece apenas uma parede possível de colocação de abertura para ventilação natural para o exterior; 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 país. 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.

El-Shorbagy (2010) relatou sobre as novas oportunidades para a utilização da torre de vento no mundo atual. Apesar da dificuldade dessa construção ser aceita por arquitetos contemporâneos, o crescimento pela procura de fontes de energia renováveis desperta a combinação entre o conhecimento tradicional e tecnologia avançada. Atualmente, a existência de exemplos construídos em diferentes partes do mundo oferece um ponto de partida para a pesquisa, necessitando desenvolver diretrizes práticas para o projeto de torres de vento para todos os tipos de edifícios.

Para Lôbo e Bittencourt (2003), 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 não é amplamente empregada, provavelmente devido ao pouco conhecimento científico dessa estratégia por parte dos projetistas.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é avaliar a ventilação natural de uma sala de aula com torre de vento, atuando como captador, utilizando simulações no software CFX[®], como proposta para tornar o ambiente termicamente confortável.

3. MÉTODO

3.1. Caracterização da edificação

A edificação analisada corresponde a uma sala de aula da Faculdade de Design de Interiores da Faculdades Atibaia (FAAT), com dimensões internas de 7,00m x 11,00m e pé-direito de 3,00m. A instituição segue o padrão de corredor central, com salas de aulas distribuídas nas laterais, portanto a sala de aula tem apenas uma parede com janelas para o exterior. Quatro ventiladores, posicionados nos quatro cantos da sala, são usados frequentemente. A lousa está posicionada na parede oposta à parede das aberturas (Figuras 1 e 2).

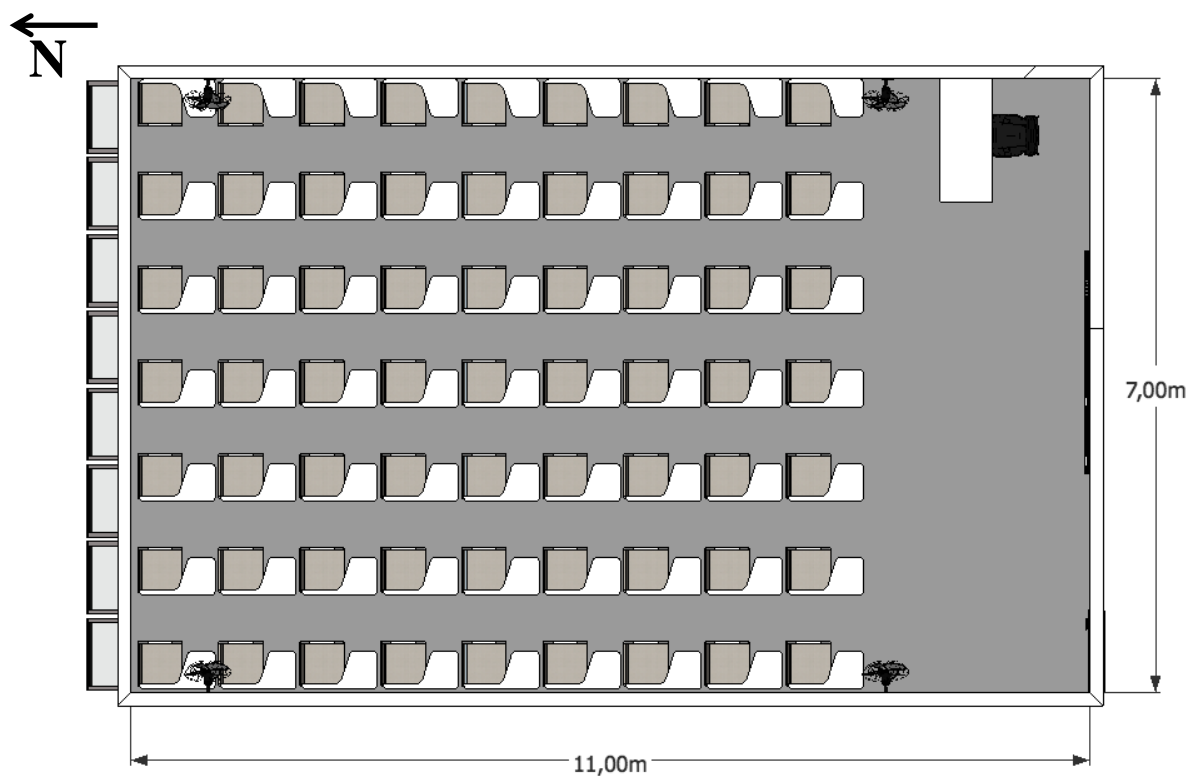


Figura 1– Planta da sala da aula analisada.

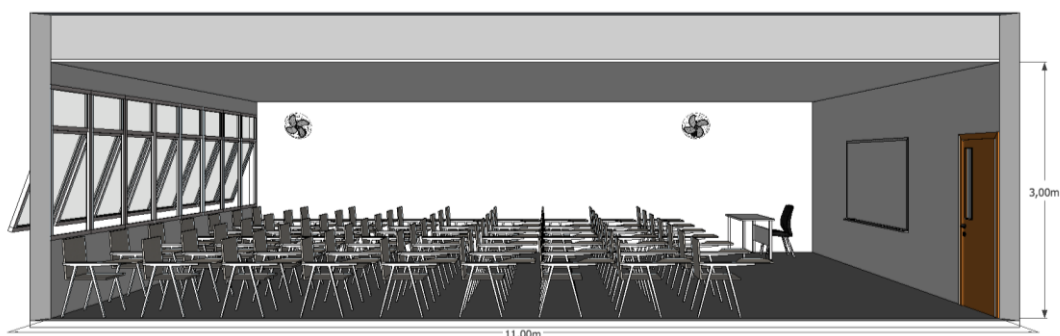


Figura 2– Corte da sala da aula analisada.

Para este estudo 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 foi confeccionado no Sketchup[®], sendo uma torre de 3m de largura e 5m de altura, com duas divisórias internas, acoplada à edificação, com a cobertura em laje. Cada uma das oito aberturas da torre tem a dimensão de 1,00m de largura e 4,00m de altura. A abertura ligando a sala de aula à torre de vento foi posicionada acima da lousa, com dimensão de 2,70m de largura e 0,50m de altura. A torre não tem nenhuma abertura para o corredor, portanto não influenciaria no possível ruído do corredor para o interior da sala. (Figuras 3 e 4).

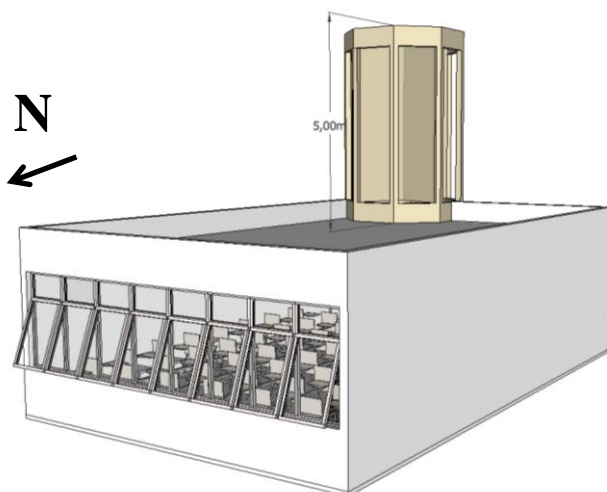


Figura 3– Esquema da edificação com a torre octogonal.

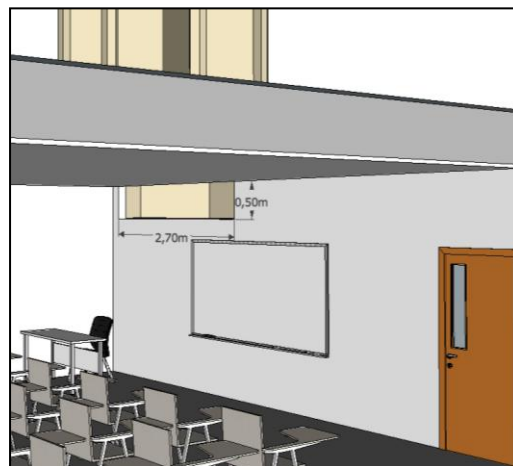


Figura 4 – Perspectiva interna – Abertura da sala para a torre.

3.2. Simulações no software CFX®

3.2.1. Software ICEM®

Descrição da geometria

A primeira etapa da simulação de um modelo CFD é construir a geometria e o domínio computacional no qual o método numérico será aplicado, dando origem ao modelo. O modelo possui todos os elementos de interesse e suas características reais foram construídas com o máximo de precisão, pois a simplificação do modelo pode gerar dúvida sobre a confiabilidade dos resultados (figura 5).

Após a finalização da geometria dos edifícios, 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 Navier-Stokes são resolvidas, e é gerada automaticamente pelo programa, através de um método iterativo, após a determinação dos parâmetros máximos e mínimos dos elementos.

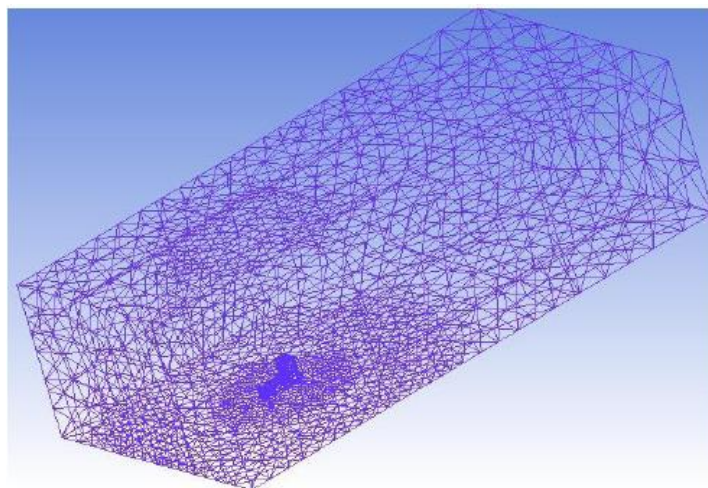


Figura 5 – Malha no domínio e na edificação com torre

3.2.2. 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 3,5km/h (aproximadamente 1m/s). Essa velocidade foi adotada baseada nas medições de velocidade de vento realizadas para um estudo de conforto térmico na cidade de Atibaia, a aproximadamente 5km do local estudado (MATHEUS, 2013).

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-ε (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.

3.2.3. 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 rodada observou-se a evolução do critério de convergência adotado para massa, momento, energia e turbulência.

3.2.4. Software CFX Post[®]

Convergência

A confiabilidade dos resultados gerados na simulação foi observada através da convergência, considerando que 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.

Nesse 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.

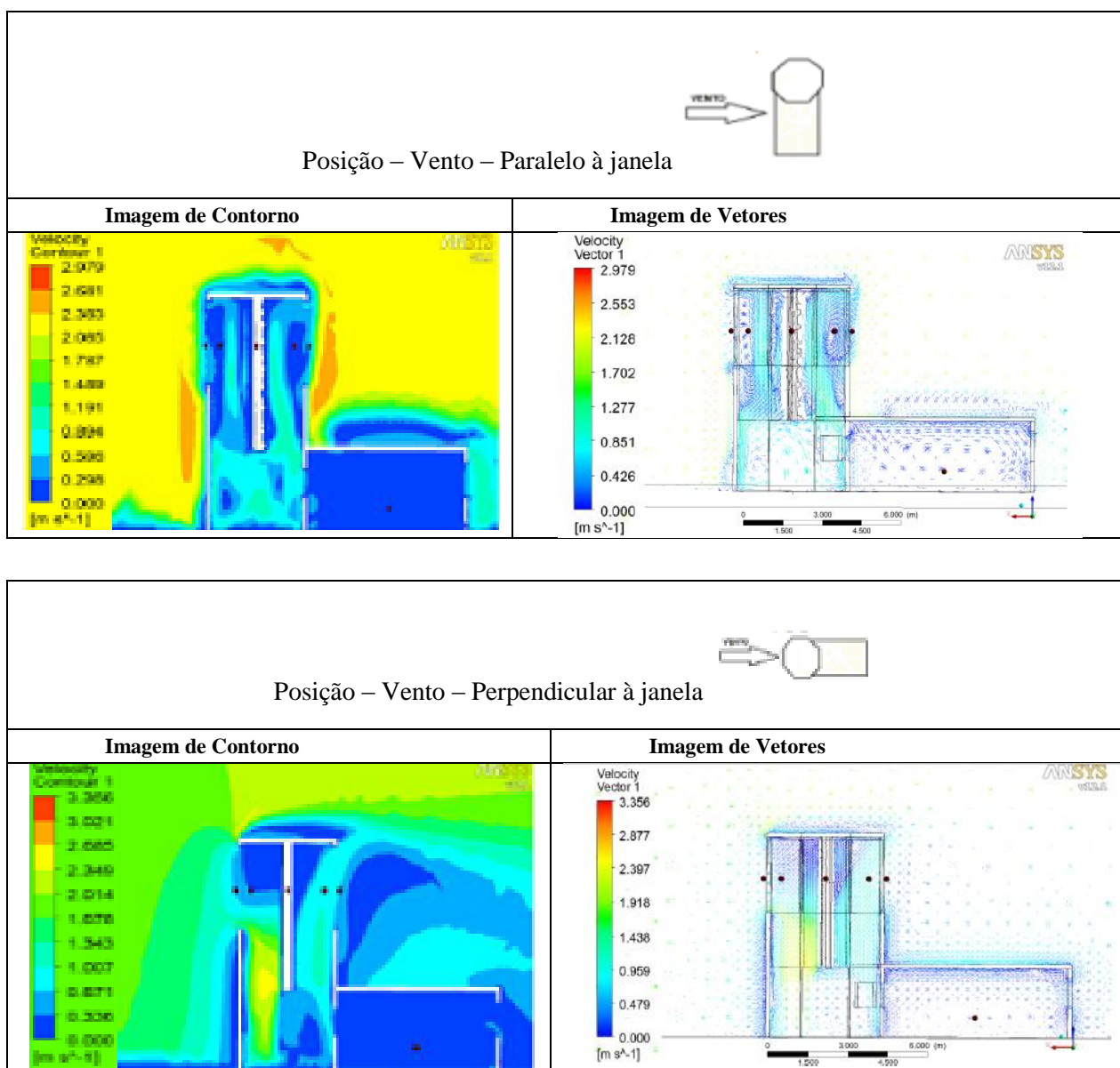
4. ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1. Simulações de velocidade

Os resultados dessas simulações encontram-se representados na tabela 1.

Para a velocidade simulada com o vento paralelo à janela da edificação, é verificado que não ocorre uma adequada distribuição do ar interno, fato explicado pelos baixos valores de velocidade do ar, os quais não ultrapassam 1m/s no interior da torre, e, próximos a 0m/s na edificação, destacando-se uma concentração de ar perto do teto e aberturas inferiores. Além disso, existe uma concentração de ar nas aberturas superiores como consequência da dificuldade da passagem do ar da torre para a edificação.

Tabela 1– Velocidades do ar para a torre e edificação



Ao analisar a velocidade simulada com o vento perpendicular à janela da edificação, repara-se que não há uma ventilação interna adequada porque ocorre uma concentração de ar no interior da torre

próximo ao encontro das divisórias, onde a velocidade atinge 2,4m/s, dificultando a sua passagem ao interior da edificação, na qual a velocidade se aproxima a 0m/s, gerando concentração de ar perto das aberturas e do teto.

Embora os resultados não sejam satisfatórios para essa velocidade de vento, percebe-se uma discreta movimentação do ar no interior da edificação, o qual é inexistente sem a presença da torre, principalmente com o vento passando paralelo à janela da edificação (tabela 1).

4.2. Simulações de pressão

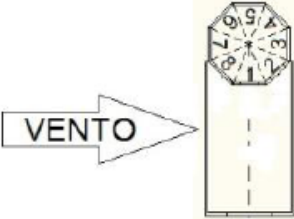
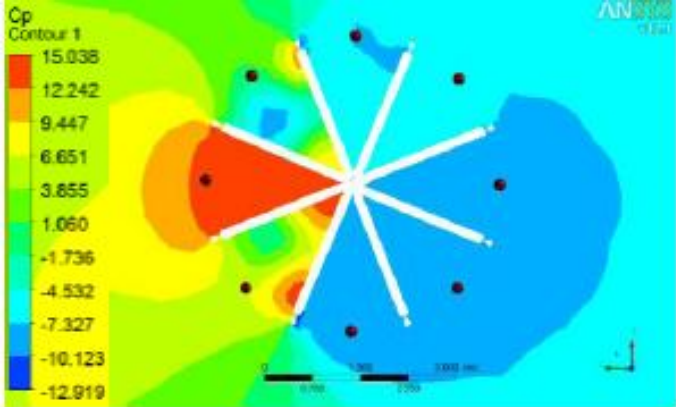
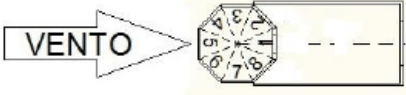
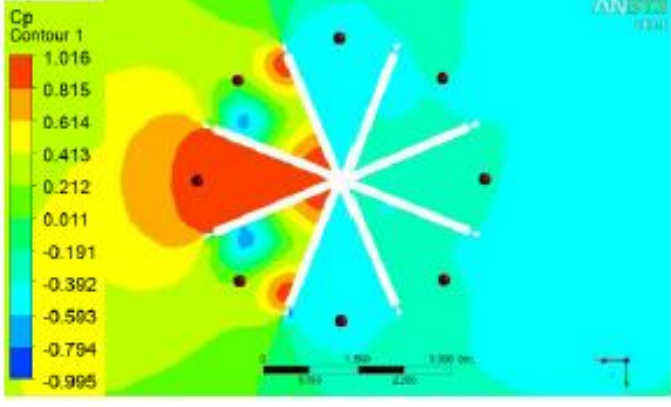
Os valores das pressões computadas nas simulações realizadas no software CFX® permitiram calcular o coeficiente de pressão (Cp), utilizando a seguinte fórmula inserida no CFX Post®:

$$Cp = \frac{p - p_0}{\frac{1}{2} \rho V_0^2}$$

onde Cp é o coeficiente de pressão no ponto considerado (adimensional), p a pressão no ponto considerado (em Pa), p₀ a pressão estática em um ponto do escoamento não perturbado pelo modelo físico (em Pa), ρ a densidade do ar no interior do túnel de vento (em kg/m³) e V₀ a velocidade do ar em um ponto de escoamento não perturbado pelo modelo físico (em m/s).

Os resultados dessas simulações encontram-se representados na tabela 2.

Tabela 2– Coeficientes de pressão para a torre

Posição x Velocidade Simulada	Imagem de Contorno
<p>Vento paralelo à janela da edificação</p> 	
<p>Vento perpendicular à janela da edificação</p> 	

• : posições dos pontos onde foram simulados os coeficientes de pressão no software CFX®

Analisando o vento paralelo à janela da edificação, nota-se que os valores dos coeficientes de pressão da abertura 6 (Cp₆) diminuem com o aumento da velocidade de ensaio, todavia os coeficientes de

pressão das aberturas 1, 2, 3, 4 e 5 (Cp1, Cp2, Cp3, Cp4 e Cp5) apresentam valores maiores para velocidades maiores, e, nas aberturas 7 e 8 (Cp7 e Cp8) o coeficiente de pressão tem o valor mais alto.

Observando o vento perpendicular à janela da edificação, percebe-se que os valores dos coeficientes de pressão das aberturas 1, 3, 4, 5, 6 e 8 (Cp1, Cp3, Cp4, Cp5, Cp6 e Cp8) diminuem à medida que ocorre o crescimento da velocidade de ensaio, mas entre os coeficientes de pressão das aberturas 2 (Cp2) e 7 (Cp7) apresentam valores menores por suas aberturas estarem situadas distantes do vento.

5. CONCLUSÕES

Na análise de velocidade do ar e coeficientes de pressão positivos foi observado que a colocação de um captador de vento nessa sala de aula, embora apresente alguns problemas dependendo do valor da velocidade do vento, permite uma adequada ventilação interna à edificação, verificando-se que a velocidade do ar interno (V2) teve um leve aumento após a adoção desse dispositivo.

Deve ser dada atenção ao problema de baixa circulação de ar em ambiente interno, principalmente em salas de aula, onde há um aglomerado de pessoas, tornando o ar insalubre, o qual conseqüentemente poderá provocar diversos tipos de doença, além de causar desconforto aos usuários, prejudicando suas atividades.

O uso do software CFX[®], oferece grande auxílio no projeto de ventilação, e, os resultados fornecidos comprovam fenômenos conhecidos e esperados, identificando pontos de melhoria no projeto. Apesar da complexidade dessas simulações, seus resultados permitem uma avaliação visual e segura para o desenvolvimento de projetos, dependendo dos dados de entrada disponíveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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..
- 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.
- 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.
- EL-SHORBAGY, A.M. Design with nature: windcatcher as a paradigm of natural ventilation device in buildings. **International Journal of Civil & Environmental Engineering**. v. 10, n. 3, p. 26-31, 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.
- 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.
- MATHEUS, C. **Conforto ambiental em uma residência semiaberta com cobertura verde**. 2013. Dissertação (Mestrado em Arquitetura, tecnologia e Cidade), Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Tecnologia e Cidade, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.
- OSMANI, M.; O'REILLY, A. Feasibility of zero carbon homes in England by 2016: A house builder's perspective. **Building and Environment**. v. 44, n. 9, p. 1917-1924, 2009.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem Fernando Lima e Mauricio Alexandre Tavares, alunos de Design de Interiores da FAAT, por sua contribuição no presente artigo.