XIX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
ENTAC 2022

Ambiente Construído: Resiliente e Sustentável
Canela, Brasil, 9 a 11 novembro de 2022

A influência da dimensão da abertura de saída no potencial de ventilação de edificações multifamiliares em cidade da Zona Bioclimática 8

The influence of the size of the exit opening on the ventilation potential of multifamily buildisngs in a city in the Bioclimatic Zone 8

Alexandre da Silva Sacramento
Universidade Federal de Alagoas | Maceió | Brasil | alexandre.s.arquiteto@gmail.com
Isabela Cristina da Silva Passos Tibúrcio
Universidade Federal de Alagoas | Maceió | Brasil | isabela.tiburcio@ceca.ufal.br
Leonardo Salazar Bittencourt
Universidade Federal de Alagoas | Maceió | Brasil | lsb54@hotmail.com

Resumo

A ventilação natural é importante para renovar o ar dos ambientes, resfriar a edificação e proporcionar conforto térmico e eficiência energética. Seu desempenho está relacionado com a configuração das aberturas das edificações, porém poucos estudos abordam o potencial de ventilação proporcionado pelas aberturas de saída. Esta pesquisa investigou, usando simulação computacional, o potencial de ventilação de edificações residenciais multifamiliares, variando o tamanho das aberturas de saída do ar, em Maceió. Os resultados mostraram que o potencial de ventilação foi satisfatório na maioria dos casos. Em relação à sensação de conforto ambiental, as aberturas baseadas na seção média tiveram melhor desempenho.

Palavras-chave: Edificações residenciais multifamiliares. Ventilação natural. Potencial de ventilação. Conforto térmico. Dinâmica dos fluidos computacional.

Abstract

Natural ventilation is important to renew the air in the environments, cool the building and provide thermal comfort and energy efficiency. Its performance is related to the configuration of building openings, but few studies address the ventilation potential provided by exit openings. This research investigated the ventilation potential of multifamily residential buildings, varying the size of the air outlet openings in Maceió, using computational simulation.

Como citar:
SACRAMENTO, A.; TIBÚRCIO, I.; BITTENCOURT, L. A influência da dimensão da abertura de saída no potencial de ventilação de edificações multifamiliares em cidade da Zona Bioclimática 8. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022, Canela. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. XXX-XXX.

The results showed that the ventilation potential was satisfactory in most cases. Regarding environmental comfort sensation, mid-section-based vents performed better.

Keywords: Multifamily building, Natural Ventilation. Natural ventilation potential. Thermal comfort. Computer fluid dynamics.

INTRODUÇÃO

A ventilação natural quando bem empregada no projeto, proporciona níveis de conforto térmico adequados aos usuários, além de contribuir para reduzir o consumo de energia e o uso de aparelhos de ar condicionado [1][2]. Em climas quentes e úmidos, a ventilação é uma estratégia indispensável e o projeto deve tirar partido dela [3], de modo a potencializar a renovação do ar interno, pois, dissipa o calor e melhora a qualidade do ar.

O desempenho da ventilação natural depende das características das aberturas das edificações [4]. Embora portas e janelas possam proporcionar a permeabilidade aos ventos para o conforto térmico, elas geralmente não são consideradas neste contexto pelos projetistas [5]. Contudo, não se pode generalizar esta afirmação, uma vez que, muitos estudos vêm sendo desenvolvidos para entender a relação entre as aberturas e o movimento do ar para o conforto térmico. Alguns deles utilizam a dinâmica de fluidos computacional - CFDs - para simular o comportamento do vento e quantificar suas velocidades.

Muitos desses estudos como os revisados por Limb [6], destacam a relação entre as taxas de ventilação obtidas com diferentes combinações de posições de portas e janelas, a orientação das janelas para alguns tipos de edificações, como residências, a relação entre a largura e a altura da abertura na ventilação para janelas de abrir, por exemplo. Outros estudos mais adequados à realidade brasileira e que têm foco na Zona bioclimática 8, já estudaram elementos construtivos e tipologias das aberturas, indicando que pode haver incremento na ventilação natural dos ambientes na ordem de mais de 30% [7] [8].

Sabe-se que para ocorrer o movimento de ar em um ambiente é necessário que haja, preferencialmente, aberturas de entrada e de saída do vento. No entanto, esses trabalhos têm como abordagem principal as aberturas de entrada do vento na edificação. Nesse sentido, pode-se dizer que pouco se sabe sobre a influência das aberturas de saída do ar no desempenho da ventilação natural nos ambientes internos, quando comparado aos estudos sobre as aberturas de entrada de ar.

Com isso, este trabalho teve como objetivo estimar o potencial de ventilação de edificações residenciais multifamiliares em Maceió, que faz parte da Zona Bioclimática 8, variando o tamanho das aberturas de saída do ar da cozinha/serviço para dois tipos de rugosidade urbana.

METODOLOGIA

A metodologia adotada baseia-se em uma análise comparativa do potencial de ventilação de modelos de edificações residenciais multifamiliares de uma cidade da Zona Bioclimática 8, com variação na dimensão da abertura de saída de ar da cozinha/serviço em função da área do piso (AP) e da secção média (SM)do ambiente.

TIPOLOGIA DE EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR ADOTADA

Foi identificada a predominância de edificações residenciais multifamiliares a partir de um levantamento nos arquivos da Superintendência Municipal de Controle do Convívio Urbano – SMCCU da cidade de Maceió-AL, num recorte temporal de cinco anos que compreendeu a seleção de projetos registrados entre 2006 e 2010. O levantamento apontou que 36% desses edifícios apresenta 8 pavimentos; dos quais 37% possuem quatro apartamentos por pavimento. Além disso, 63% apresentam 3 quartos por apartamento.

Outro estudo sobre tipologias de dormitórios recorrentes em edificações multifamiliares da cidade [9] identificou, em uma amostra representada por duas quadras de um bairro bastante verticalizado, a predominância de edificações com quatro apartamentos por andar, dispondo de oito pavimentos e com a presença de pilotis, independentemente de sua orientação, corroborando com alguns pontos do levantamento apontado anteriormente. Essas características ajudaram a definir a tipologia definida para o estudo, como mostra a Figura 1.

Figura 1: Perspectiva e planta-baixa de edificação residencial multifamiliar definida para o estudo.



Fonte: Os autores.

DEFINIÇÃO DAS ABERTURAS INVESTIGADAS

As aberturas de saída de ar investigadas foram calculadas segundo dois parâmetros: a área do piso do ambiente e a área da seção média do ambiente.

Aberturas segundo a área do piso do ambiente

Adotou-se, a NBR 15220 [10] para definição das porcentagens de áreas de aberturas a serem investigadas na pesquisa, visto que o código de obras da cidade não atribui quaisquer dimensões para as aberturas. Para parte da amostra dos edifícios levantados, foi calculada a área da abertura em função da área do piso do ambiente da cozinha/serviço levando em conta os critérios para a Zona Bioclimática 8, que correspondem a aberturas com, pelo menos, 40% da área do piso. Tendo em vista que uma abertura equivalente a 40% da área do piso é quase impraticável pouco comum para um ambiente de cozinha/serviço real, optou-se por utilizar a variação de porcentagem correspondente a 10%, 15% e 25% da área do piso no referido estudo.

Aberturas segundo a seção média do ambiente

Sabendo que a área da seção transversal do ambiente tem relação com a perda de carga que o vento sofre ao passar por uma abertura, e que o volume do ambiente influencia no número de renovações de ar, que pode ser importante para a sensação de conforto e para a salubridade dos ambientes, adotou-se também como parâmetro a área da seção média do ambiente. Esse parâmetro corresponde à média do somatório da medida da seção transversal do ambiente com a medida da seção longitudinal do ambiente. As porcentagens de 10%, 15% e 25% também foram utilizadas para o cálculo das áreas de aberturas de saída com base na seção média do ambiente.

DEFINIÇÃO DA RUGOSIDADE E GRADIENTE DE VENTO

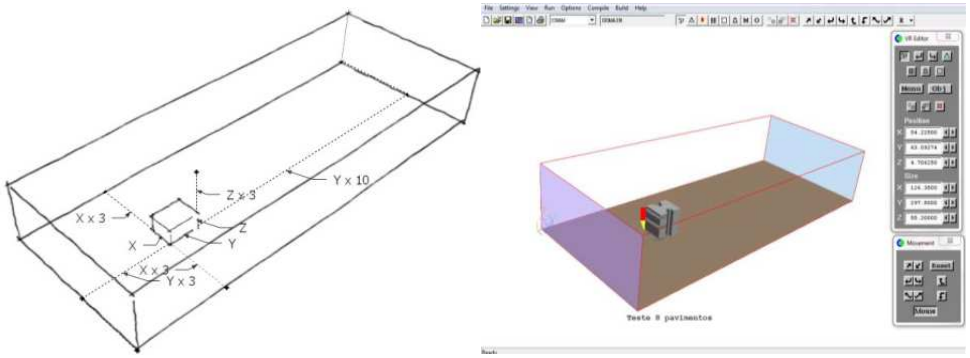
Em se tratando de um estudo paramétrico, no qual a edificação não apresenta entorno específico optou-se por utilizar os dados de rugosidade já consolidados na literatura. Dessa forma, adotou-se as rugosidades para área urbana (subúrbio) – R1, e centro de cidade – R2 – com coeficientes k = 0,35, a = 0,25 e k = 0,21, a = 0,33, respectivamente [11]. Para a definição dos gradientes de vento em função das rugosidades, foi calculada a velocidade média do vento com base no arquivo climático TRY da Cidade disponível no site do LABEEE [12]. Em seguida foram calculados os gradientes de vento em função do nível da abertura da edificação. Os ângulos de incidência do vento foram 90º e 45º em relação à fachada principal.

DEFINIÇÃO DO DOMÍNIO DOS MODELOS

O software escolhido para a investigação é o PHOENICS (Parabolic Hyperbolic or Elliptic Numerical Integration Code Series). Em estudos arquitetônicos, ele é utilizado para predizer o fluxo do ar dentro e fora da edificação, para melhorar o projeto e arquitetura e o conforto térmico. O cálculo do domínio é feito baseado nos eixos Xd, Yd e Zd, que correspondem a sua largura, comprimento e altura, respectivamente. Cada eixo terá um ou dois fatores (números), que definirão a sua dimensão. Para o eixo Xd o fator é 3. Para o eixo Yd os fatores são 3 e 10. Para o eixo Zd o fator é 3. O

fator corresponde ao número de vezes que a medida da face do modelo deve ser multiplicada em cada lado, para que o domínio não interfira na simulação [13], como mostra a figura 2.

Figura 2: Domínio do modelo segundo o fabricante do CFD.

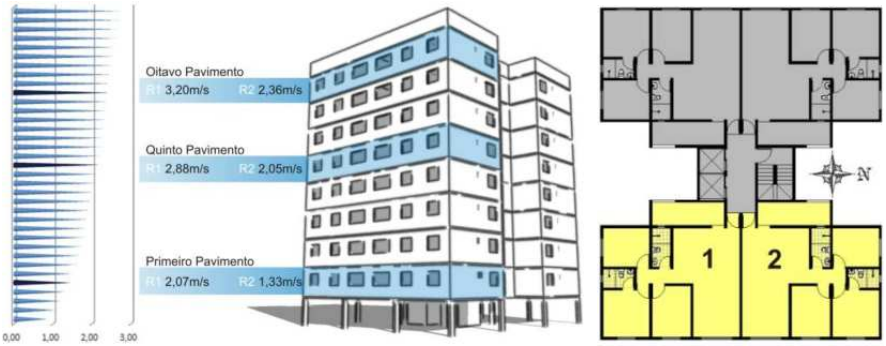


Fonte: Os autores.

ANÁLISE DAS SIMULAÇÕES: PAVIMENTOS, APARTAMENTOS INVESTIGADOS E DETERMINAÇÃO DA POTENCIAL DE VENTILAÇÃO DO AMBIENTE

Foram escolhidos o primeiro, o quinto e o oitavo pavimentos para análise. Cada pavimento é composto por quatro apartamentos. Os apartamentos 1 e 2, foram os escolhidos para a análise devido as suas orientações (Leste/Sul e Leste/Norte) que favorecem a ação dos ventos predominantes da Cidade, que são os ventos E e SE. Com isso, foram definidas duas direções de vento, 90° e 45°, que simulam os ventos leste e sudeste, como mostra a figura 3.

Figura 3: Pavimentos e apartamentos escolhidos para o estudo.



Fonte: Os autores.

Foi analisado cada um dos ambientes de longa permanência dos apartamentos escolhidos, isto é, as salas de estar e jantar, quartos e cozinha/serviço; estes últimos em função da presença das aberturas de saída. Uma malha de nove pontos distantes 1,5m do piso foi utilizada para determinar a velocidade média do vento em cada ambiente, de acordo com o seu pavimento. A velocidade média dos ambientes foi comparada com a velocidade do vento externo na mesma altura, para cada pavimento.

Com esses dados foram calculados o coeficiente de velocidade (CV) dos ambientes para identificar o respectivo potencial de ventilação. Foi estabelecido o número de renovações de ar necessário para que cada ambiente mantenha a sua qualidade de ar interno, de acordo com a ASHRAE 62 [14]. Os valores foram definidos multiplicando o volume de cada ambiente pelo número mínimo de renovações por hora para manter a qualidade do ar aceitável de acordo com a norma, que é igual a 0,35 trocas por hora, conforme o quadro 1.

Quadro 1: Número mínimo de trocas de ar por ambiente.

Ambiente	Estar/Jantar	Quarto 1	Quarto 2	Quarto 3	Coz./Serviço
N° Renov./h	23	7	8	7	6

Fonte: Os autores.

APLICAÇÃO DA ZONA DE CONFORTO DE MACFARLANE

Macfarlane apud Aynsley [15] desenvolveu um método que identifica zonas de conforto para lugares com latitudes maiores que 30° e menores que 30°. Para latitudes menores que 30°, como é o caso da Cidade deste estudo, ele estabeleceu uma zona de conforto baseada na temperatura de bulbo seco de 27°C, que funciona como temperatura neutra, e que pode variar de 24°C a 30°C, isto é, mais ou menos 3°C. Essa variação leva em consideração dados de umidade relativa e computa influência benéfica do fluxo do ar aumentando a zona de conforto. Vale ressaltar que esta zona leva em consideração o coeficiente de velocidade do ambiente.

Com base nos dados climáticos disponíveis no arquivo TRY de Maceió [12], foi escolhido o mês com maior temperatura média máxima para análise dos resultados das simulações, de modo a simular a pior situação em um dos meses mais quentes do ano. O mês definido foi o mês de fevereiro que apresenta temperatura média máxima igual a 30,4 °C.

A temperatura média do mês de fevereiro, igual a 26,3°, também foi escolhida, por representar a situação térmica de maior probabilidade de ocorrência durante o mês. Assim, os dados de temperatura de bulbo seco e umidade relativa foram aplicados ao método de Macfarlane, ficando estabelecidas as velocidades do vento necessárias para restaurar o conforto nos ambientes para a situação de temperatura média máxima, com velocidade requerida de 1,238m/s e temperatura média, com velocidade requerida de 0,460m/s.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

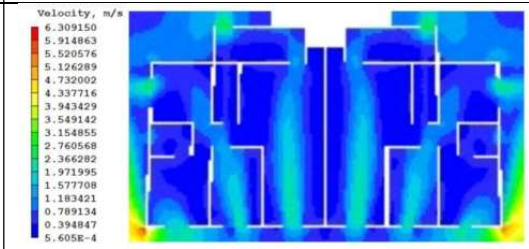
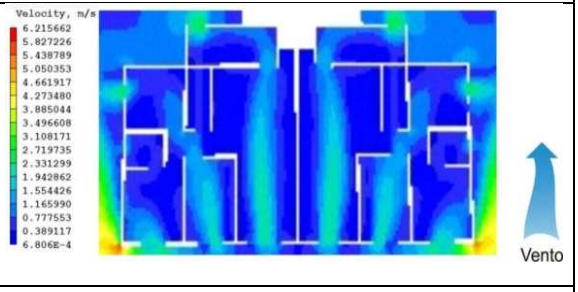
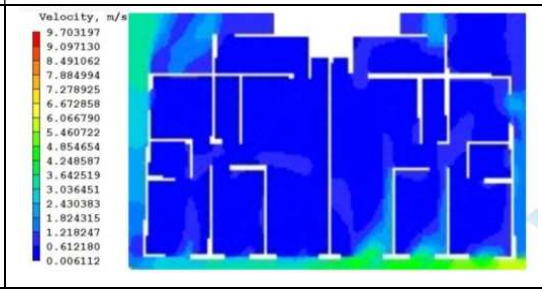
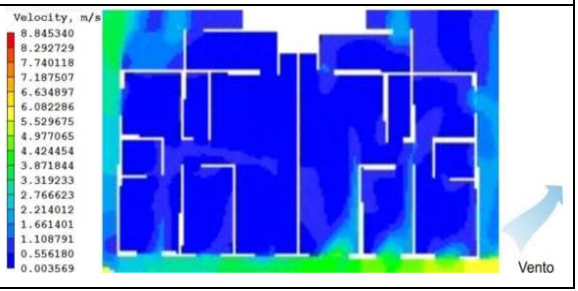
As análises a seguir levaram em consideração o potencial de ventilação para o atendimento à qualidade do ar do ambiente e se esse potencial é adequado para proporcionar o conforto térmico. Os resultados apresentados correspondem aos três pavimentos apontados na metodologia do trabalho. Os ambientes estudados foram: sala de estar, sala de jantar e quartos 1, 2 e 3.

ÁREA DE ABERTURA IGUAL A 10% DA ÁREA DO PISO (AP) E SEÇÃO MÉDIA (SM)

Na condição de rugosidade para área suburbana – R1 e com temperatura média máxima; 5,56% do total de ambientes (AP) e 5,56% do total de ambientes (SM), apresentaram potencial de ventilação capaz de restituir o conforto térmico na incidência do vento a 90°, quadro 2. Para a incidência do vento de 45°, 8,34% do total de ambientes (AP) e 20% do total de ambientes (SM), para os três pavimentos estudados, apresentaram potencial de ventilação para reconstituição do conforto térmico. Para a situação de temperatura média nas duas incidências 100% dos mesmos ambientes apresentaram potencial de ventilação capaz de restituir o conforto térmico.

Na condição de rugosidade para centro da cidade – R2 e com temperatura média máxima, 100% dos ambientes (AP e SM), para os três pavimentos estudados, não apresentaram potencial de ventilação capaz de restituir o conforto térmico na incidência do vento a 90°. Para a incidência do vento de 45°, 11,12% do total de ambientes (AP) e 3% do total de ambientes (SM), para os três pavimentos estudados, apresentaram potencial de ventilação para reconstituição do conforto térmico. Para a situação de temperatura média aproximadamente 86% dos mesmos ambientes (AP) e 86,10% dos mesmos ambientes (SM)apresentaram potencial de ventilação capaz de restituir o conforto térmico para a incidência de 90°. Para a incidência de vento de 45°, aproximadamente 83% dos ambientes (AP) e aproximadamente 91% dos mesmos ambientes (SM) apresentaram potencial de ventilação capaz de restituir o conforto térmico.

Quadro 2: Exemplo de imagens do modelo com área da abertura igual a 10% da área do piso (AP) e da seção média (SM) – Incidência de vento 90° e 45°.

Rugosidade 1 - Área da abertura igual a 10% da área do piso e da seção média – Incidência do vento 90°		
	Pavimento 5 - AP	Pavimento 5 - SM
Apartamentos 1 e 2		
Rugosidade 1 - Área da abertura igual a 10% da área do piso e da seção média – Incidência do vento 45°		
	Pavimento 5 - AP	Pavimento 5 - SM
Apartamentos 1 e 2		

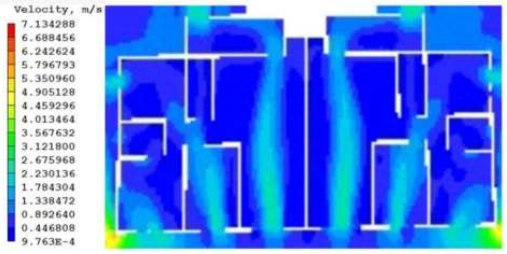
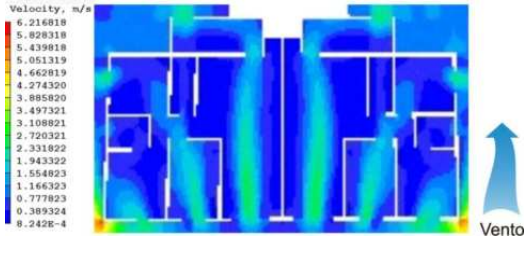
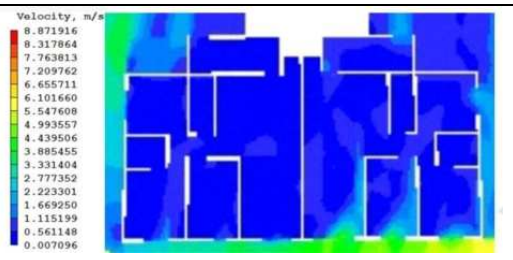
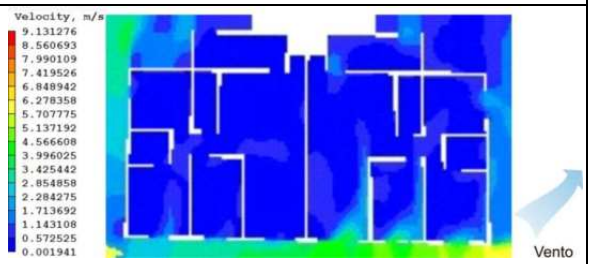
Fonte: os autores

ÁREA DE ABERTURA IGUAL A 15% DA ÁREA DO PISO (AP) E SEÇÃO MÉDIA (SM)

Na condição de rugosidade para área suburbana – R1 e com temperatura média máxima; 8,34% do total de ambientes (AP) e 14% dos ambientes (SM), para os três pavimentos estudados, apresentaram potencial de ventilação capaz de restituir o conforto térmico na incidência do vento a 90°, quadro 3. Para a incidência do vento de 45°, 17% do total de ambientes (AP e SM), para os três pavimentos estudados, apresentaram potencial de ventilação para reconstituição do conforto térmico. Para a situação de temperatura média nas duas incidências 100% dos mesmos ambientes (AP e SM) apresentaram potencial de ventilação capaz de restituir o conforto térmico.

Na condição de rugosidade para centro da cidade – R2 e com temperatura média máxima, 2,78% dos ambientes (AP) e 3% dos ambientes (SM), para os três pavimentos estudados, apresentaram potencial de ventilação capaz de restituir o conforto térmico na incidência do vento a 90°. Para a incidência do vento de 45°, 14% do total de ambientes (AP) e 3% dos ambientes (SM), para os três pavimentos estudados, apresentaram potencial de ventilação para reconstituição do conforto térmico. Para a situação de temperatura média aproximadamente 100% dos mesmos ambientes (AP) e 95% dos ambientes (SM) apresentaram potencial de ventilação capaz de restituir o conforto térmico para a incidência de 90°. Para a incidência de vento de 45°, aproximadamente 83% dos ambientes (AP) e 89% dos ambientes (SM) apresentaram potencial de ventilação capaz de restituir o conforto térmico.

Quadro 3: Exemplo de imagens do modelo com área da abertura igual a 15% da área do piso (AP) e da seção média (SM) – Incidência de vento 90° e 45°.

Rugosidade 1 - Área da abertura igual a 15% da área do piso e da seção média – Incidência do vento 90°		
	Pavimento 5 - AP	Pavimento 5 - SM
Apartamentos 1 e 2		
Rugosidade 1 - Área da abertura igual a 15% da área do piso e da seção média – Incidência do vento 45°		
	Pavimento 5 - AP	Pavimento 5 - SM
Apartamentos 1 e 2		

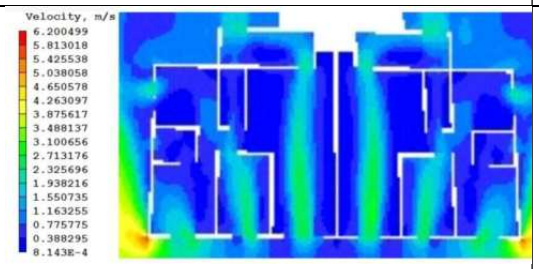
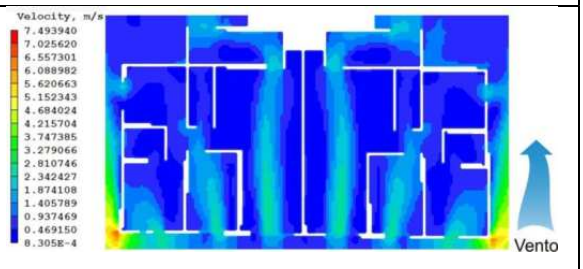
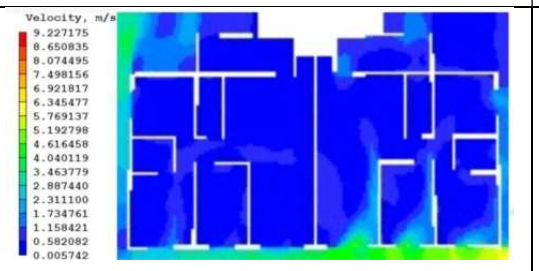
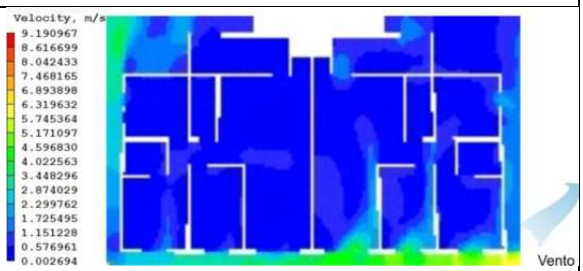
Fonte: os autores

ÁREA DE ABERTURA IGUAL A 25% DA ÁREA DO PISO E SEÇÃO MÉDIA (SM)

Na condição de rugosidade para área suburbana – R1 e com temperatura média máxima, 17% do total de ambientes (AP) e 40% dos ambientes (SM), para os três pavimentos estudados, apresentaram potencial de ventilação capaz de restituir o conforto térmico na incidência do vento a 90°, quadro 4. Para a incidência do vento de 45°, 20% do total de ambientes (AP) e 17% dos ambientes (SM), para os três pavimentos estudados, apresentaram potencial de ventilação para reconstituição do conforto térmico. Para a situação de temperatura média nas duas incidências 100% dos mesmos ambientes (AP e SM) apresentaram potencial de ventilação capaz de restituir o conforto térmico.

Na condição de rugosidade para centro da cidade – R2 e com temperatura média máxima, 5,56% dos ambientes (AP) e 34% dos ambientes (SM), para os três pavimentos estudados, apresentaram potencial de ventilação capaz de restituir o conforto térmico na incidência do vento a 90°. Para a incidência do vento de 45°, 3% do total de ambientes (AP) e 12% dos ambientes (SM), para os três pavimentos estudados, apresentaram potencial de ventilação para reconstituição do conforto térmico. Para a situação de temperatura média aproximadamente 80% dos mesmos ambientes (AP) e 86% dos ambientes apresentaram potencial de ventilação capaz de restituir o conforto térmico para a incidência de 90°. Para a incidência de vento de 45°, aproximadamente 92% dos ambientes (AP e SM) apresentaram potencial de ventilação capaz de restituir o conforto térmico.

Quadro 4: Exemplo de imagens do modelo com área da abertura igual a 25% da área do piso (AP) e da seção média (SM) – Incidência de vento 90° e 45°.

Rugosidade 1 - Área da abertura igual a 25% da área do piso e da seção média – Incidência do vento 90°		
	Pavimento 5 - AP	Pavimento 5 - SM
Apartamentos 1 e 2		
Rugosidade 1 - Área da abertura igual a 25% da área do piso e da seção média – Incidência do vento 45°		
	Pavimento 5 - AP	Pavimento 5 - SM
Apartamentos 1 e 2		

Fonte: os autores

CONCLUSÕES

O potencial de ventilação dos ambientes internos foi analisado segundo dois aspectos. O primeiro correspondeu ao atendimento ao número mínimo de trocas de ar e em função da dimensão da abertura de saída do ar (se baseada na área do piso - AP ou na seção média - SM). O segundo verificou se a velocidade média do ar de cada ambiente foi suficiente para alcançar a velocidade média necessária para restaurar as condições de conforto.

Em relação à qualidade do ar dos ambientes, os resultados obtidos indicaram que o número mínimo de trocas de ar por hora foi alcançado em cada um deles, mesmo sob as condições de rugosidade diferentes, para áreas suburbanas e centros de cidade, e também para as diferentes incidências do vento, 90° e 45°. Na pior situação, com porcentagem de abertura de saída igual a 10%, com rugosidade para o centro de cidade e com a incidência do vento de 45°, os apartamentos que apresentaram os ambientes com os menores números de renovações por hora superaram em pelo menos seis renovações, o número mínimo requerido. Esta constatação mostra que, mesmo aberturas de pequenas dimensões podem proporcionar a qualidade do ar no ambiente interno, desde que exista vento externo disponível.

O número de renovações de ar dos ambientes internos cresceu com o aumento da área da abertura de saída. Esse aumento também foi proporcional à posição dos apartamentos na edificação, isto é, os apartamentos localizados em pavimentos mais altos tenderam a apresentar maiores trocas de ar nos ambientes internos, devido ao aumento da velocidade do vento no sentido vertical, que caracteriza o gradiente de vento.

De modo geral, a variação na dimensão das aberturas de saída apresentou influência no potencial de ventilação dos ambientes internos na tipologia de edificação estudada. Os resultados foram satisfatórios no que se refere ao número de renovações por hora, cujo valor mínimo foi alcançado em todos os casos. Em relação ao conforto térmico, o desempenho das aberturas de saída baseadas na área do piso foi semelhante ao desempenho das aberturas de saída baseadas na seção média do ambiente. Apesar da proximidade dos resultados, o desempenho das aberturas baseadas na seção média apresentou resultados com porcentagens um pouco maiores que as porcentagens das aberturas baseadas na área do piso para a situação mais frequente que corresponde à situação com temperatura média.

A proximidade dos resultados parece ser proporcional à proximidade na dimensão (área) das aberturas, para aberturas de mesma porcentagem, isto é, a área da abertura de saída correspondente a 10% da área do piso é igual a 0,71m2, enquanto a área da abertura de saída correspondente a 10% da seção média é igual a 0,77m2, por exemplo. Assim, nota-se que essa pequena diferença em área pode ser importante para o potencial de ventilação dos ambientes internos.

A complexidade que envolve estudos acerca da ventilação natural devido à grande quantidade de variáveis e parâmetros que podem fazer parte do fenômeno, faz com que este trabalho não se encerre por aqui. Fica, portanto, a sugestão de desdobramentos que levem em consideração: a relação entre as aberturas de entrada e de saída do vento no potencial de ventilação; a influência da dimensão e da

quantidade de aberturas intermediárias no potencial de ventilação, além de estudos com áreas parciais de abertura.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fapeal pela bolsa de estudos que possibilitou este trabalho.

REFERÊNCIAS

[1] ALLARD, Francis. **Natural Ventilation in Buildings: A Design Handbook**. European Commission Directorate General for Energy Altener Program. James & James, 2002.

[2] MATEZUKI, F. K. e CHENG, L.. **Análise computacional da ventilação natural cruzada em habitação**. Boletim técnico da escola politécnica da USP. Departamento de engenharia de construção civil. São Paulo, 2009.

[3] ROMERO, Marta Adriana Bustos. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. São Paulo: ProEditores, 2000, 2ª edição.

[4] LIN, Jin-Taung; CHUAH, Yew Khoy. **A study on the potention of natural ventilation and cooling for large spaces in subtropical climatic regions**. Building and Environment, v46: 2011.

[5] AYATA, Tahir; YILDIZ, Osman. **Investigating the potential use of natural ventilation in new building designs in Turkey**. Energy and Buildings 38: 2006, 959-963.

[6] LIMB, M. **An Annotated Bibliography Natural Ventilation**. International Energy Agency – IEA. Energy Conservation in Buildings and Community Systems Programme. Air Infiltration and Ventilation Centre. 1995.

[7] CÂNDIDO, C. M. ; BITTENCOURT, L. S. ; BATISTA, J.O. **A utilização de captadores de vento para aumentar a ventilação natural em espaços de sala de aula**. In: ENCAC 2003.

[8] CÂNDIDO, C. M. ; BITTENCOURT, L. S. ; SACRAMENTO, A. **Building regulation and thermal comfort: The influence of opening typology on natural cooling inside office buildings**. In: 10th Building Simulation, 2007.

[9] TOLEDO, A. **Caracterização de sistemas de ventilação natural em tipologias correntes de dormitórios em Maceió-Al**. VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído, São Pedro, Brasil, 2001.

[10] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.220: **Desempenho térmico de edificações** – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e Diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2003.

[11] BITTENCOURT, Leonardo S. CÂNDIDO, Christhina. **Introdução à Ventilação Natural**, Maceió, Edufal, 2005.

[12] LABEEE, Laboratório de Eficiência Energética nas Edificações. **Arquivos climáticos**. Disponível em: < http://www.labeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos>.

[13] GECA. Introdução ao uso do PHOENICS – Anexo 1: Como calcular o domínio. GECA/Ufal. 2012.

[14] ASHRAE. **Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality**. ANSI/ASHRAE Standard 62, Atlanta: 2001b

[15] AYNSLEY, Richard. **Estimating Summer Wind driven natural ventilation potential for indoor thermal comfort**. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodinamics. Elsevier: 1999.