

ANÁLISE DE PRESSÕES EXTERNAS EM EDIFÍCIO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR PARA FINS DE VENTILAÇÃO NATURAL

Isabela C S Passos (1); Melyna A Lamenha (2) Leonardo S Bittencourt (3)

(1) (2) Mestre, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Dinâmicas do Espaço Habitado DEHA, UFAL, (1) isabela.arquitetura@gmail.com (2) melynalamenha@gmail.com

(3) PhD, Professor do Programa de Pós-Graduação em Dinâmicas do Espaço Habitado DEHA, UFAL, lsb54@hotmail.com

Universidade Federal de Alagoas, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Av. Lourival Melo Mota, s/n. Tabuleiro dos Martins. CEP:57072-900, Maceió-AL, Tel.: (82) 3214 1309

RESUMO

A ventilação natural é uma das principais estratégias de projeto para obter o conforto térmico dos usuários, especialmente em cidades de clima quente e úmido. A ventilação natural cruzada é recomendada para sete das oito Zonas Bioclimáticas brasileiras. No país, as Habitações de Interesse Social – HIS se multiplicam caracterizando-se por tipologias de plantas espelhadas e pelo uso de materiais baratos visando à redução de custos e a rapidez na execução da obra. A tipologia de planta espelhada não considera a orientação das unidades habitacionais em relação aos ventos dominantes. Isso coloca algumas unidades habitacionais em regiões onde não há diferença de pressão do vento entre as aberturas de entrada de ar e aberturas de saída de ar, o que impossibilita o fluxo de ar interno e resulta em desconforto térmico. Diante disto, o presente trabalho teve como objetivo a análise das pressões externas em torno de um modelo de habitação de interesse social multifamiliar, considerando três incidências de vento e duas velocidades do vento. Os resultados mostram, de maneira geral, que a tipologia de planta “H”, espelhada, com quatro apartamentos por pavimento, apresenta unidades habitacionais com poucas possibilidades de ventilação cruzada, nas diferentes incidências e velocidades de vento estudadas. O uso do potencial da ventilação natural depende de soluções projetuais relativamente simples como o posicionamento adequado das aberturas nas fachadas. A simulação computacional para a análise das pressões externas do vento em torno de uma edificação pode ser útil no ajuste da forma do edifício e do posicionamento das aberturas visando o melhor aproveitamento da ventilação natural para o conforto térmico dos usuários.

Palavras-chave: desempenho térmico, ventilação natural, simulação computacional.

ABSTRACT

Natural ventilation is one of the main design strategies to achieve users thermal comfort, especially in hot humid cities. Natural cross-ventilation is recommended for seven of eight Brazilian Bioclimatic Zones. In the Brazil, Social Interest Housing - HIS multiply and characterizing themselves by typologies of mirrored plants and for the use of cheap materials aiming to reduce costs and time in their construction. The typology of mirrored plant does not consider the orientation of the housing units in relation to prevailing winds. This puts some housing units in regions where there is no difference of wind pressure between the inlet and outlet openings, which prevents the internal wind flow and results in thermal discomfort. Therefore, the present work aims to analyzing the external pressures around a social housing model, considering three incidences of wind and two wind speeds. The results show, in general, that the typology of plant "H", mirrored, with four apartments per floor, presents few possibilities of cross ventilation, in the different incidences and wind velocities studied. The use of the natural ventilation potential depends on relatively simple design solutions as the openings suitable positioning in the facades. The computational simulation for the analysis of the external wind pressures around a building can be useful in the adjustment of the building shape and openings positioning in order to make the best use of natural ventilation providing thermal comfort for users.

Keywords: thermal performance, natural ventilation, computer simulation.

1. INTRODUÇÃO

A Habitação de Interesse Social – HIS é uma tipologia de edificação destinada à população de baixa renda, uma tentativa do Governo Brasileiro de solucionar a carência de habitação, facilitando o acesso à moradia. A NBR 15220-3 (ABNT, 2005) apresenta o Zoneamento Bioclimático Brasileiro e propõe diretrizes construtivas para HIS visando um desempenho térmico adequado dessas edificações. Como principal estratégia bioclimática para a promoção do conforto térmico, a ventilação natural cruzada é recomendada para sete das oito zonas bioclimáticas existentes no Brasil. Por ser uma estratégia de condicionamento térmico passiva, que não consome energia elétrica, a ventilação natural contribui para a redução do desperdício de energia elétrica, ao mesmo tempo em que promove o conforto térmico dos usuários.

Sabe-se ainda que a ventilação natural por ação do vento ocorre por diferenças de pressão entre as aberturas de entrada e saída do vento nas edificações. Quanto maior essa diferença de pressão, maior o potencial de movimentação do ar no interior do edifício. Por esta razão, analisar as pressões externas pode ser útil na identificação das orientações que favorecem uma distribuição mais uniforme do fluxo de ar, e das possibilidades de melhor aproveitamento do escoamento do ar no interior da edificação (LAMENHA; BATISTA; BITTENCOURT, 2014).

A produção de HIS no país é ampla e crescente com projetos que dificultam a ventilação dos espaços internos, tanto em relação à disposição das edificações no terreno, quanto à distribuição dos ambientes. Na maioria das vezes, as edificações são dispostas lado a lado, de maneira que um edifício torna-se um obstáculo ao vento em relação aos edifícios vizinhos. Outro problema comum é que a planta baixa, ao ser espelhada, inverte a localização dos ambientes e das aberturas de entrada e saída de vento em relação aos ventos dominantes. Essas características geralmente resultam em ambientes termicamente desconfortáveis.

Por este motivo, o desempenho térmico de projetos arquitetônicos de HIS tem sido objeto de diversas pesquisas, em especial quanto à influência de diferentes orientações/implantações dos edifícios na ventilação natural interna (TORRES, *et al*, 2005; LAMENHA; BITTENCOURT, 2012), influência da configuração das aberturas no potencial de ventilação natural (SACRAMENTO, 2012), influência de diferentes tipologias arquitetônicas (MORAIS; LABAKI, 2017) e caracterização das tipologias mais representativas do Brasil para fins de análise de desempenho termo energético (TRIANA *et al*, 2015).

Entende-se que a ventilação natural nos edifícios depende de diversas variáveis como o coeficiente de rugosidade do terreno, a implantação dos edifícios no entorno, a forma da edificação, o tamanho e a forma das aberturas, a localização das aberturas nas fachadas, a tipologia de esquadrias, a orientação aos ventos dominantes, a velocidade do vento, dentre outras. Entretanto, devido à complexidade do fenômeno que é a ventilação natural, é necessário isolar ou fixar algumas variáveis para investigar outras. A análise de diferentes orientações aos ventos dominantes de uma tipologia de planta “H”, recorrente nos conjuntos de HIS brasileiros, pode motivar a correta implantação das edificações ou ainda a elaboração de novas tipologias de plantas de HIS, que visem o conforto térmico dos seus ocupantes.

Para as HIS, a ventilação natural como estratégia para promover conforto térmico torna-se especialmente importante, por depender de soluções projetuais relativamente simples e de baixo custo como a orientação adequada à incidência dos ventos predominantes. Além disso, a população de baixa renda possui pouco recurso financeiro para arcar com despesas provenientes da compra de condicionadores de ar e do consumo de energia elétrica desses equipamentos, o que torna a ventilação natural um aspecto projetual fundamental para o conforto térmico dos usuários nestes casos.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é analisar a distribuição das pressões do vento nas fachadas externas de uma habitação de interesse social multifamiliar, segundo três orientações relativas ao vento predominante e duas velocidades de vento distintas.

3. MÉTODO

O método deste trabalho está dividido em quatro etapas principais:

1. Escolha e caracterização do modelo
2. Definição da Matriz e configuração dos parâmetros de simulação.
3. Simulações e análise dos resultados.

3.1. Escolha e caracterização do modelo

A escolha do modelo se deu em função da sua representatividade em cidades brasileiras e também da possibilidade de dar continuidade a este trabalho com simulações de ventilação natural no interior dos ambientes. Portanto, buscou-se um modelo cujas características permitissem a modelagem e simulações de diferentes configurações do edifício em etapa posterior.

Triana et al. (2015) analisaram 108 projetos de Habitação Popular Brasileira representando duas faixas de renda diferentes¹ e formularam cinco tipologias de projeto residencial representativas do país, sendo elas: casa simples, casa geminada, apartamento típico para faixa de renda 1 em formato H, apartamento típico para faixa de renda 2 em formato H e apartamento em formato linear.

As tipologias apresentadas pelos autores foram analisadas e a tipologia de apartamento típico para faixa de renda 1 em formato H foi escolhida por apresentar mais possibilidades de simulação das variáveis que afetam a ventilação natural nos edifícios, tais como: desempenho da ventilação nos diferentes pavimentos, diferentes configurações de abertura e implantação/orientação. Além disto, esta tipologia de quatro apartamentos por andar é bastante praticada nas cidades brasileiras sofrendo algumas adaptações de acordo com o público alvo de cada empreendimento (Figura 1).

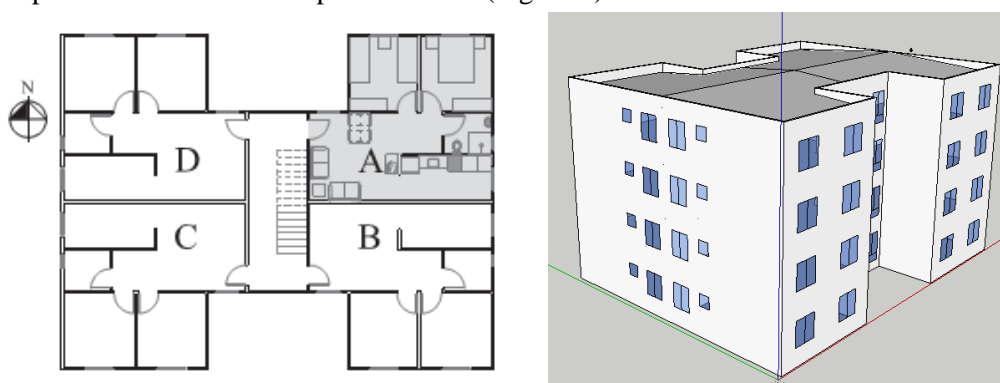


Figura 1– Planta Baixa e perspectiva do modelo utilizado na pesquisa. Fonte: TRIANA et al (2015).

Segundo Triana et al. (2015) a edificação típica possui as seguintes características: área de serviço integrada com a cozinha, sala de estar/jantar integradas, paredes de painel de concreto de 10cm com transmitância de $4,4\text{W/m}^2\text{K}$ e capacidade térmica de $240\text{kJ/m}^2\text{K}$. Coberta em telha de fibrocimento e laje de concreto com 10cm de espessura, transmitância de $2,06\text{W/m}^2\text{K}$ e capacidade térmica de $233\text{kJ/m}^2\text{K}$. As janelas dos quartos são compostas por duas folhas de correr com área do vão de $1,44\text{m}^2$ e fator de ventilação de 0,45. A sala possui uma janela com duas folhas de correr e uma parte fixa embaixo, totalizando vão de $1,60\text{m}^2$ e fator de ventilação de 0,375. A cozinha possui uma janela de $1,20\text{m}^2$ com duas folhas de correr e fator de ventilação de 0,45. E o banheiro uma janela de $0,36\text{m}^2$ tipo boca de lobo.

Ainda nesta etapa foi calculada a porosidade do edifício, seguindo as informações fornecidas por Triana et al (2015) acerca das aberturas do modelo. Isto foi feito, pois a utilização de modelos selados para determinar valores de coeficiente de pressão com boa precisão (cerca de 10% de erro) é possível apenas para edifícios com porosidade inferior a 25% e formas comuns (AYNSLEY et al, 1977 apud BITTENCOURT, 1993). Segundo o autor, em edifícios com alta porosidade, o fluxo interno pode modificar as pressões externas e as taxas de ventilação podem ser superestimadas utilizando essas técnicas. Para este cálculo a área de abertura considerada foi o vão total das janelas, simulando o caso mais poroso possível de acordo com a tipologia predominante escolhida (Figura 2). Neste caso, a fachada 1 teria 20% de porosidade, as fachadas 2 e 4 8% de porosidade e a fachada 3 21% de porosidade, tornando válido o estudo das pressões externas (Tabela 1Tabela).

¹ A faixa de renda 1 corresponde a uma renda de até R\$1.600,00 e a faixa de renda 2 corresponde até R\$3.725,00. Para cada faixa de renda o Governo Brasileiro disponibiliza um tipo de subsídio diferente. Fonte: <http://www.brasil.gov.br>

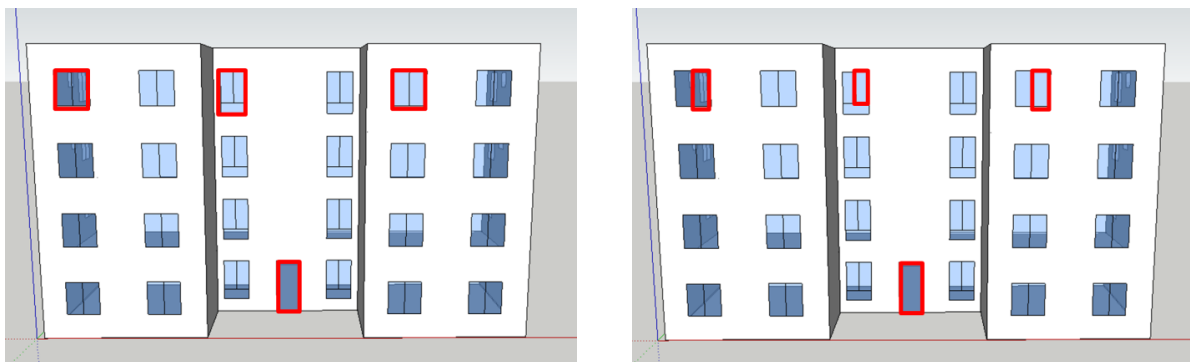


Figura 2 – Área das aberturas do modelo: à esquerda, área total do vão, e à direita, área efetiva de ventilação conforme especificações do projeto. Fonte: adaptado de TRIANA et al (2015).

Tabela 1 – Porosidade das fachadas do modelo utilizado nas simulações, considerando as aberturas 100% abertas.

Fachada	Área de Fachada (m ²)	Área de Abertura (m ²)	Porosidade (%)
			100% do vão
1	185,01	37,73	20
2 e 4	142,8	12,48	8
3	185,01	39,84	21

3.2. Definição na Matriz e configuração dos parâmetros de simulação

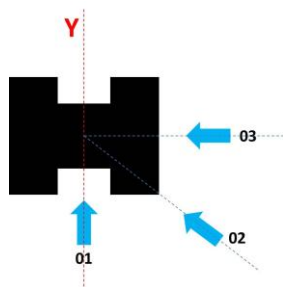


Figura 3 – Incidências de vento em relação ao eixo Y, consideradas nas simulações.

Quanto à incidência dos ventos, como os apartamentos são iguais, apenas rebatidos em planta, serão analisadas três incidências do vento em relação ao edifício, a fim de verificar a influência da orientação das aberturas em relação aos ventos predominantes em qualquer região onde ele esteja implantado, no desempenho da ventilação natural. Sendo a incidência 1 igual a 180°, a incidência 2 igual a 135°, a incidência 3 igual a 90° em relação ao eixo Y no domínio do programa (localização do Norte) (Figura 3).

Para a escolha das velocidades médias do vento a serem simuladas, foram calculadas as velocidades médias anuais do vento das capitais brasileiras, com base nas velocidades médias mensais coletadas em seus respectivos arquivos climáticos TRY (RORIZ, 2012), considerando que estas cidades se localizam em climas distintos. Observou-se que os valores variam entre 1,00m/s e 4,00m/s aproximadamente. Esses dois valores de velocidade média do vento foram escolhidos para as simulações considerando o menor e o maior valor de velocidade média anual do vento encontrados.

A velocidade média do vento geralmente é medida nas estações meteorológicas à 10m de altura e para estudar os efeitos da ventilação natural em alturas diferentes é necessário fazer uma correção no valor da velocidade média do vento com base no gradiente de vento (BITTENCOURT; CÂNDIDO, 2008). Essa correção foi realizada através da Equação 1.

$$V = k \cdot z^a \cdot V_m \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

V é a velocidade média do vento na altura de entrada do ar [m/s];

V_m é a velocidade média do vento, medida na estação meteorológica a uma altura padrão de 10m [m/s];

z é a altura da abertura de entrada do vento [m];

k e a são os coeficientes que variam conforme a rugosidade do entorno.

Foram escolhidos os coeficientes de rugosidade do terreno para centro de cidade, com “k” igual a 0,21 e “a” igual a 0,33, sendo a condição de entorno com maior adensamento. Ao utilizar os coeficientes de rugosidade do terreno considera-se um cenário com edificações no entorno imediato, que é a situação mais comumente encontrada.

Considerando os três ângulos de incidências já demonstrados e os dois valores de velocidade média do vento, as variáveis apresentadas geraram uma matriz de simulação com seis modelos. (Tabela 2).

Tabela 2 – Matriz de simulações de pressões externas ao modelo.

Modelo	Nome	Incidência	Velocidade média do vento (m/s)
1	M1_I01_V1	01	1,00
2	M2_I01_V4	01	4,00
3	M3_I02_V1	02	1,00
4	M4_I02_V4	02	4,00
5	M5_I03_V1	03	1,00
6	M6_I03_V4	03	4,00

O domínio é a área de simulação que envolve o modelo e deve ter dimensões proporcionais a esse modelo de maneira a evitar turbulências entre as paredes do domínio e as faces do objeto estudado. A proporção utilizada para calcular as dimensões do domínio foi um afastamento de três vezes o tamanho do modelo para os lados e para cima. Como a intenção desse estudo é verificar apenas as pressões externas nas fachadas do modelo e a variação dessas pressões conforme as diferentes incidências de vento, o modelo foi então construído no PHOENICS sem aberturas, ou seja, selado (Figura 4).

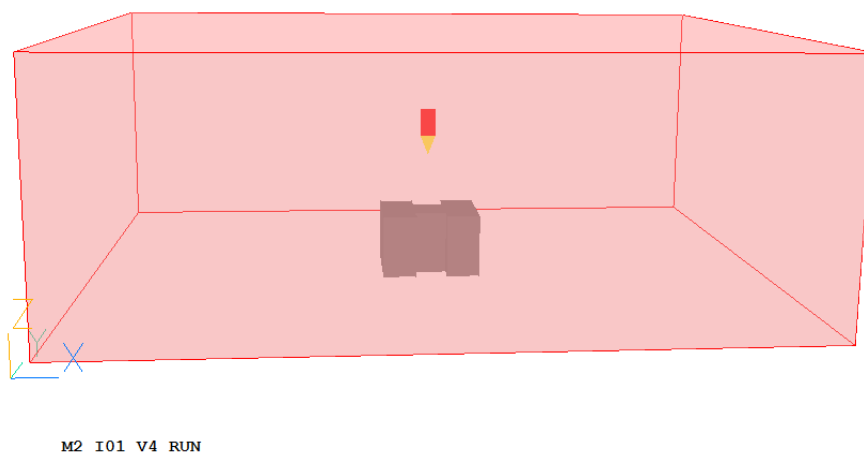


Figura 4 – Modelo construído com três blocos selados no software PHOENICS.

A partir do modelo base, foram construídos todos os modelos da matriz de simulação, variando o ângulo de incidência e a velocidade média do vento. Iniciou-se a simulação de cada modelo com 50 iterações, dobrando o número de iterações a cada rodada até chegar em 3200 iterações. Os erros foram sendo anotados a cada rodada de iterações, verificando a convergência das simulações.

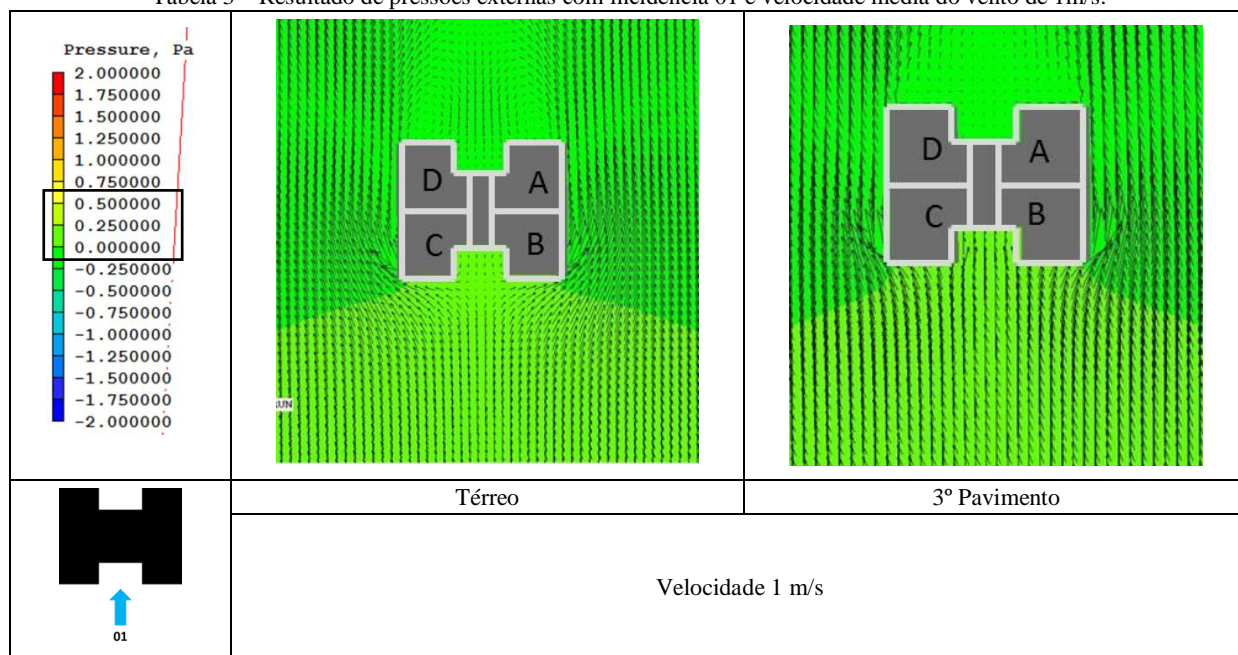
Após as simulações foram analisadas as pressões externas nos modelos buscando identificar diferenças de pressão entre as fachadas, indicando maior potencial de uso da ventilação natural como estratégia de projeto. Os valores de pressão foram analisados no pavimento térreo e no terceiro pavimento por terem a maior diferença de altura entre os pavimentos do modelo. Para a análise foi considerado o plano horizontal a 1,00m de altura no interior dos ambientes.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Para melhor visualização dos resultados de todos os modelos simulados, foi utilizada a mesma escala de pressão, variando de -2 a 2 Pa. Na escala, cada cor corresponde a um valor de pressão. Em geral, nota-se que as diferenças de pressão foram menores nos modelos simulados com velocidade igual a 1m/s, com diferença de pressão de cerca de 0,5 Pa, dependendo da incidência do vento (Tabela 3).

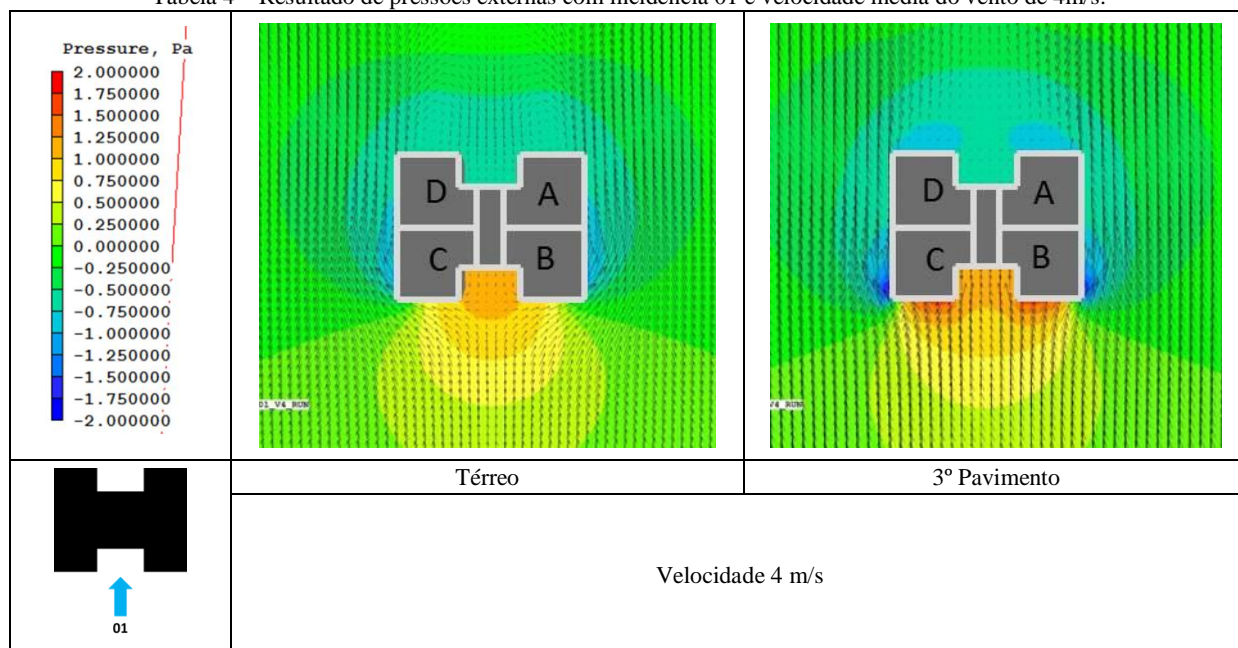
Sabe-se que o movimento do ar no interior das edificações depende da diferença de pressão entre as aberturas de entrada e saída de vento. Assim, o estudo das pressões externas é suficiente para identificar as orientações com maior possibilidade de circulação de ar nos ambientes internos, pela verificação da diferença de pressão entre as fachadas das unidades habitacionais.

Tabela 3 – Resultado de pressões externas com incidência 01 e velocidade média do vento de 1m/s.



Já com a velocidade de 4m/s as diferenças de pressão entre as fachadas a sotavento e a barlavento do modelo foram da ordem de 3,0 Pa, no caso da incidência 01, indicando grande possibilidade de uso da ventilação cruzada nas unidades habitacionais do edifício (Tabela 4).

Tabela 4 – Resultado de pressões externas com incidência 01 e velocidade média do vento de 4m/s.



Para a incidência 02 (Tabela 5 e 6), verifica-se que as unidades D seriam prejudicadas por estarem localizadas em uma zona de baixa pressão. As duas fachadas com aberturas externas se localizam na mesma região, portanto, dificultando o movimento do ar. Por outro lado as unidades B e C seriam privilegiadas por terem aberturas nas zonas de alta pressão e aberturas de saída nas fachadas opostas.

Tabela 5 – Resultado de pressões externas com incidência 02 e velocidade média do vento de 1m/s.

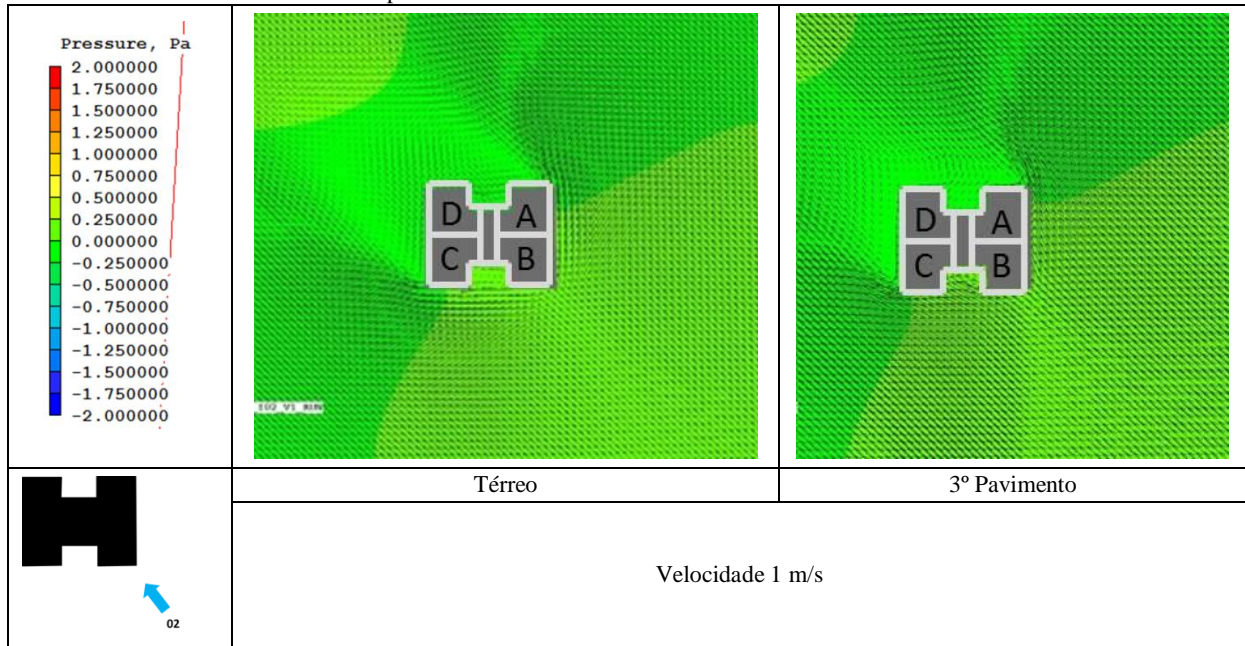
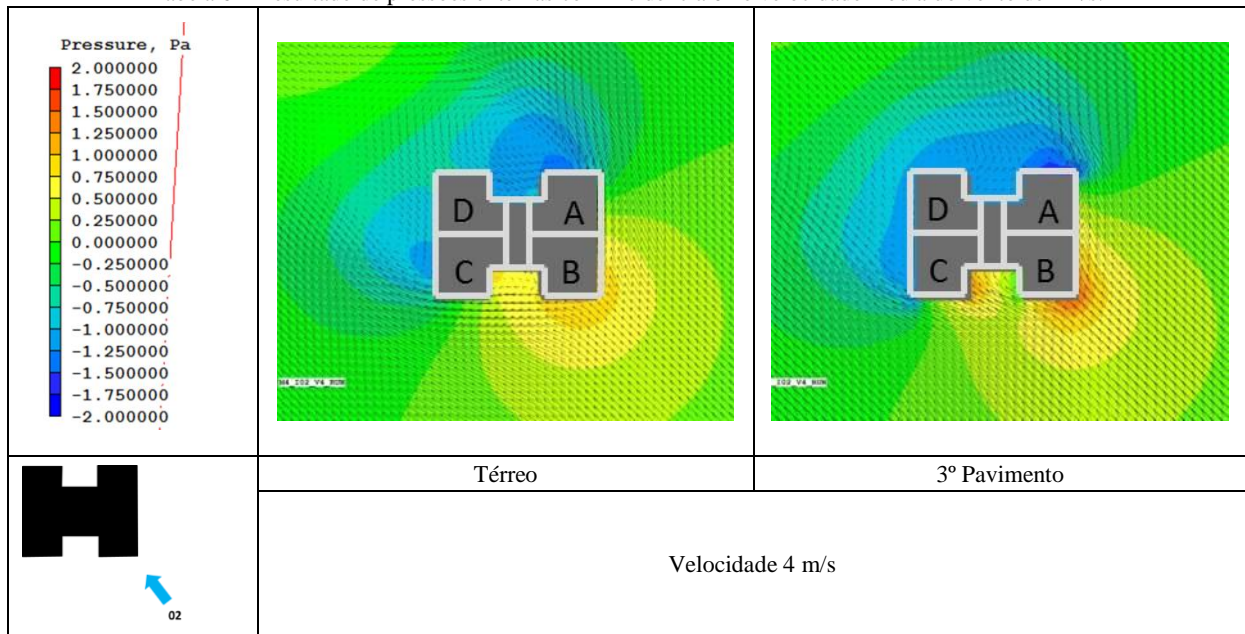


Tabela 6 – Resultado de pressões externas com incidência 02 e velocidade média do vento de 4m/s.



Na simulação com a incidência 03 (Tabela 7 e 8), as maiores pressões encontram-se na fachada Leste. Entretanto no projeto original (TRIANA, 2015) esta fachada só possui aberturas para as áreas de serviço e banheiros dos apartamentos. Apesar da parede do quarto se localizar nessa fachada, por motivos estéticos a sua janela se encontra nas fachadas adjacentes. A localização de janelas na fachada Leste poderia incrementar a velocidade do ar no interior desses quartos. Isto ocorre também nas simulações de incidência 02 e 04, nas quais o vento incide a 45° na fachada Leste, que possui poucas aberturas.

Tabela 7 – Resultado de pressões externas com incidência 03 e velocidade média do vento de 1m/s.

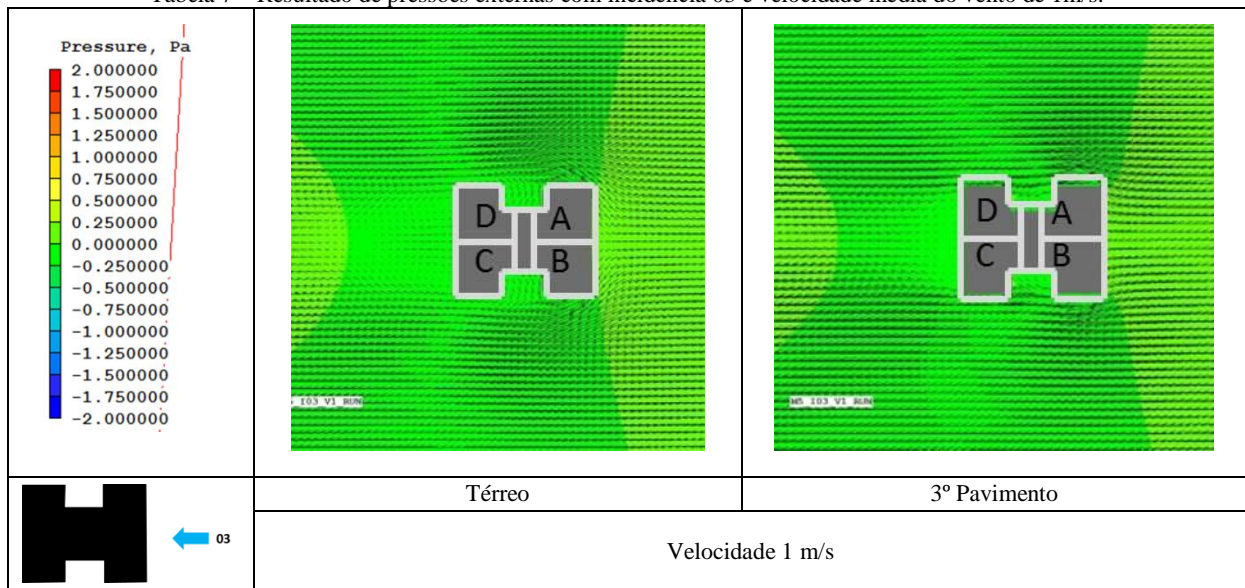
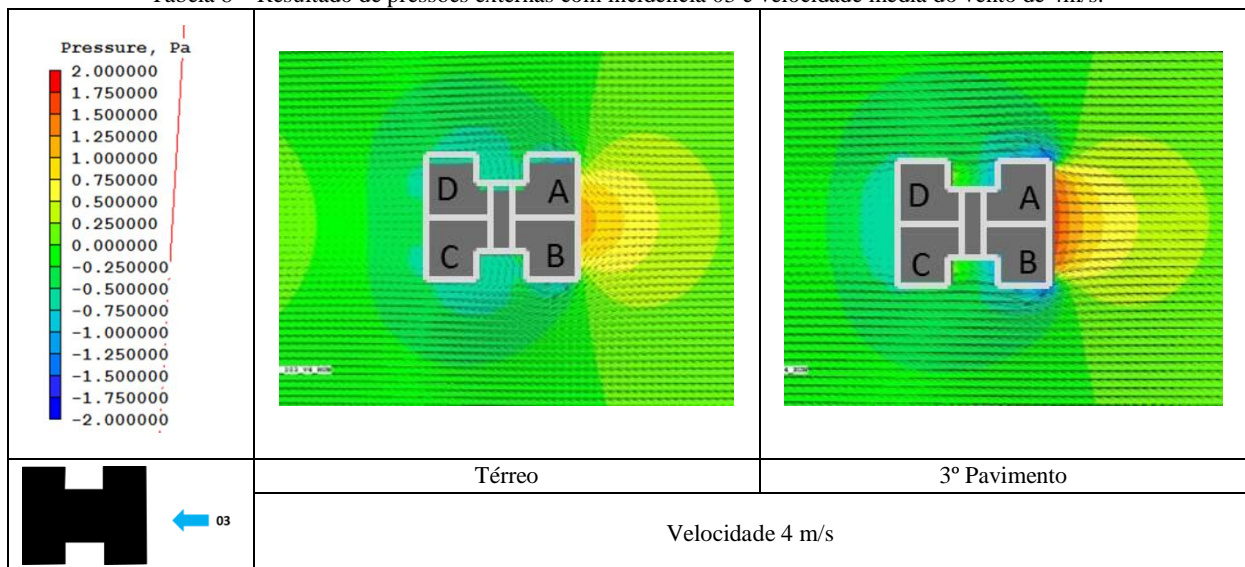


Tabela 8 – Resultado de pressões externas com incidência 03 e velocidade média do vento de 4m/s.



5. CONCLUSÕES

Observa-se, principalmente nas simulações com velocidade de 4 m/s, que o movimento do ar gera em torno do edifício diferentes campos de pressão. Entretanto, observando as unidades de apartamentos, constata-se que na maioria das vezes não há diferenças significativas de pressão nas fachadas de cada unidade ou não há janelas onde haveria essas diferenças. Isto reforça a importância da análise da ventilação cruzada também na unidade habitacional e não apenas no edifício como um todo, a fim de favorecer o resfriamento e o conforto térmico dos usuários no interior das edificações.

A tipologia de planta espelhada “H”, com quatro apartamentos por pavimento, apresentou deficiência no desempenho relativo à ventilação natural, pois nas três incidências de vento e duas velocidades de vento analisadas, pelo menos uma unidade habitacional não apresenta diferença de pressão do vento entre suas fachadas. Esse fato confirma a necessidade de um estudo específico de ventilação para cada apartamento.

Observou-se que a inexistência de janelas na fachada Leste prejudica a ventilação natural nas simulações com incidência de vento 3, além de impossibilitar a ventilação cruzada nos quartos quando a porta destes ambientes estiver fechada. Neste sentido sugere-se primeiramente que, sempre que possível, as aberturas sejam projetadas em pelo menos duas das fachadas do ambiente a fim de permitir a ventilação

cruzada. Em segundo lugar, que as portas sejam dotadas de dispositivos que permitam a ventilação mesmo que em menor fluxo, tais como, bandeiras, seteiras, venezianas, dentre outros, permitindo desta forma a ventilação mesmo quando as portas estiverem fechadas.

A avaliação das pressões externas neste caso funcionou como uma análise preliminar, pois foi possível de maneira mais rápida em relação às simulações de ventilação interna, visualizar o fluxo de ar no entorno do edifício, indicando melhores localizações para as aberturas nas fachadas e possibilidades de utilização de estratégias de projeto que favoreçam a ventilação natural, tais como: correta implantação das edificações no lote, correta localização das aberturas de entrada e saída do vento, utilização de elementos que permitam a ventilação cruzada entre os ambientes tais como venezianas, cobogós e bandeiras nas portas.

As simulações evidenciaram a necessidade de aberturas para promover a ventilação cruzada em cada apartamento, o que geralmente não acontece em edifícios de HIS que possuem apenas uma janela em cada ambiente além da porta. Desta forma a porosidade das portas internas seria uma alternativa interessante para permitir a ventilação cruzada mesmo quando os ambientes estivessem fechados, conforme mencionado anteriormente.

É importante destacar que o presente trabalho não avaliou a influência da implantação destes edifícios no lote, o que muitas vezes compromete a ventilação natural devido à proximidade dos blocos uns aos outros. Este é um fator muito importante a ser analisado pelos projetistas.

Espera-se que as simulações no interior do edifício, que serão realizadas posteriormente, modificando as configurações das aberturas, possam evidenciar as relações existentes entre as variáveis que influenciam o desempenho da ventilação natural e a partir destas análises paramétricas seja possível propor diretrizes mais detalhadas para o uso da ventilação natural em edifícios residenciais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2**: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.
- AYNSLEY, R. M.; MELBOURNE, W.; VICKERY, B. J. **Architectural Aerodynamics**. Architecture Science Series. Applied Science Publishers Ltd. Londres, 1977.
- BITTENCOURT, Leonardo S. **Ventilation as a Cooling Resource for Warm Humid Climates: an investigation on the influence of geometric aspects of perforated block walls to improve ventilation inside low-rise buildings**. 1993. Tese de Doutorado. Architectural Association Graduate School, Londres, 1993.
- BITTENCOURT, L.; CÂNDIDO, C. **Introdução à Ventilação Natural**. Edufal: Maceió, 2008. 2ed.
- CHAM. **PHOENICS VR 3.6.1**. 2005.
- LAMENHA, M. de A.; BATISTA, J. O.; BITTENCOURT, L. Análise do projeto padrão de escola técnica do MEC sob diferentes incidências de vento. In: XV Encontro de Tecnologia no Ambiente Construído – ENTAC, 2014, Maceió, AL. **Anais...** Maceió, 2014. p. 83-92.
- LAMENHA, M. de A.; BITTENCOURT, L. Efeito da mudança da orientação na ventilação natural em uma habitação de interesse social. In: XXIV Congresso Pan-Americano de Arquitetos – CPA, 2012, Maceió, AL. **Anais...** Maceió, 2012. 14 p.
- MORAIS, Juliana Magna da Silva Costa; LABAKI, Lucila Chebel. CFD como ferramenta para simular ventilação natural interna por ação dos ventos: estudos de caso em tipologias verticais do "Programa Minha Casa, Minha Vida". **Ambiente construído**. [online]. 2017, vol.17, n.1 [citado 2017-05-22], pp.223-244. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212017000100223&lng=pt&nrm=iso>. ISSN 1415-8876. <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212017000100133>.
- RORIZ, M. **Arquivos climáticos TRY**. 2012. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos/formato-try-swera-csv-bin>> Acesso em: 26 mai. 2017.
- SACRAMENTO, A. **A influência da dimensão da abertura de saída da cozinha/serviço no potencial de ventilação dos ambientes de edificações multifamiliares em Maceió-AL**. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal de Alagoas. Maceió, 2012.
- TORRES, S. C.; CANDIDO, C.; BARBIRATO, G.; PASSOS, I.C.S. **Avaliação Climática de Arranjos Construtivos Urbanos: um estudo de caso em conjunto habitacional vertical de Maceió-AL**. In: Encontro Nacional De Conforto no Ambiente Construído e Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído. Maceió, 2005.
- TRIANA, M. A.; LAMBERTS, R.; SASSI, P. Characterisation of representative building typologies for social housing projects in Brazil and its energy performance. **Energy policy**. v. 87. Pp. 524-541, 2015.