XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído
XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído
JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

A INFLUÊNCIA DA POROSIDADE DAS PORTAS INTERNAS NO DESEMPENHO DA VENTILAÇÃO NATURAL EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS MULTIFAMILIARES

Isabela Cristina da Silva Passos Tibúrcio (1); Leonardo Salazar Bittencourt (2)
(1) Dra, Professora no Centro Universitário CESMAC, isabela.arquitetura@gmail.com, (82)996278025.
(2) PhD, lsb54@hotmail.com, Universidade Federal de Alagoas, (82) 999198009.
Universidade Federal de Alagoas, FAU, GECA – Grupo de Estudos em Conforto Ambiental. Campus A. C. Simões. Av. Lourival Melo Mota, S/N, Tabuleiro do Martins, Maceió - AL, Cep: 57072-970.

RESUMO
A ventilação natural é um dos principais fenômenos que afetam a sensação de conforto térmico em regiões de clima tropical. Entretanto, a eficiência no emprego desta estratégia depende, entre outros fatores, da configuração de suas aberturas. As portas internas são muitas vezes as únicas aberturas de saída do ar, nos ambientes, muito embora permaneçam fechadas por questões de privacidade. Por esta razão o objetivo deste trabalho foi analisar a influência da porosidade das portas internas no desempenho da ventilação natural em edificações residenciais multifamiliares. Para isto, foram realizadas análises paramétricas através de simulações computacionais com o software PHOENICS VR 3.6.1 que é um programa CFD – Dinâmica dos Fluidos Computacional. Foi escolhido um modelo de edificação multifamiliar residencial representativo dentre as tipologias existentes no Brasil, que possibilitou a simulação de diferentes configurações de aberturas variando a porosidade das portas internas (100%, 25% e 15% de porosidade em relação à área total da porta) e a orientação em relação aos ângulos de incidência dos ventos (0º, 90º e 135º). Em geral, os modelos com maior área de abertura e maior porosidade da porta obtiveram maiores valores de velocidade interna, sendo que os modelos com o vento incidindo a 135° tiveram uma distribuição mais uniforme no interior dos apartamentos. Os resultados mostraram a forte influência do dimensionamento das aberturas, da porosidade das portas internas e da orientação do edifício aos ventos predominantes no desempenho da ventilação natural.
Palavras-chave: ventilação natural, porosidade das portas internas, simulação computacional.

ABSTRACT
Natural ventilation is one of the main phenomena that affect the sensation of thermal comfort in regions of tropical climate. However, the efficiency in the use of this strategy depends, among other factors, on the configuration of its openings and consequently its porosity. The internal doors are often the only air outlet vents in the rooms, even though they remain closed for privacy reasons. For this reason, the objective of this work was to analyze the influence of the porosity of the internal doors in the performance of the natural ventilation in multifamily residential buildings. For this, parametric analyzes were performed through computational simulations with the PHOENICS VR 3.6.1 software, which is a CFD - Computational Fluid Dynamics program. A representative model of a multifamily residential building was chosen which allowed the simulation of several variables that influence natural ventilation performance. This model was adapted with different configurations of openings by varying the internal doors porosity and the orientation in relation to external winds. In general, the models with greater opening area and greater door porosity obtained greater results of internal air speed. Models with the wind incident to 135 ° had a more uniform distribution between the apartments. Results showed the strong influence of openings design, internal doors porosity and building orientation to prevailing winds in natural ventilation performance.
Keywords: natural ventilation, internal doors porosity, computational simulation.

1. INTRODUÇÃO

Dentre os aspectos que influenciam as decisões de projeto em arquitetura e urbanismo, as variáveis ambientais se destacam por possibilitarem a produção de espaços mais coerentes com o contexto climático do local onde estão implantados, envolvendo estratégias relacionadas ao conforto ambiental e à eficiência energética nas edificações. O uso da ventilação natural nas edificações é uma das estratégias passivas mais importantes para minimizar o efeito de altas temperaturas, em especial em climas tropicais (KOENIGSBERGER, 1974; GIVONI, 1962; SANTAMOURIS;WOUTERS, 2006; AFLAKI et al, 2015).

Aflaki et al (2015) apontam a ventilação natural como principal estratégia para edifícios localizados em climas tropicais em comparação com outras técnicas passivas de condicionamento térmico. As temperaturas relativamente constantes ao longo do dia e do ano e os elevados índices de umidade relativa do ar fazem da ventilação natural a estratégia mais presente na arquitetura tropical. Dentre as vantagens do seu uso, destaca-se o seu potencial para reduzir o consumo de energia com aparelhos refrigeradores e ventiladores enquanto proporciona níveis de qualidade do ar interna aceitáveis, além do conforto térmico dos usuários (ALOCCA et al, 2003; CHEN et al, 2017)

É importante destacar que a ventilação natural utilizada para fins de conforto térmico, ao contrário da ventilação para higienização dos ambientes, não depende unicamente das trocas de ar, mas também da velocidade e da localização do escoamento de ar no espaço ocupado pelo usuário (AYNSLEY et al, 1977). Por isso, os ambientes devem prever elementos que proporcionem o direcionamento do fluxo de ventilação natural na altura dos usuários, como por exemplo, o uso de divisórias internas vazadas e aberturas de entrada e saída de ar estrategicamente dispostas. Neste sentido, o uso de portas internas com venezianas ou bandeiras, pode representar uma estratégia interessante para promover a ventilação cruzada nos ambientes.

Em edificações residenciais multifamiliares projetadas no Brasil, geralmente só há uma janela em cada ambiente, tornando a porta um importante elemento que pode funcionar tanto como abertura de entrada, quanto como abertura de saída do ar. Entretanto, principalmente em quartos, esta porta, por questões de privacidade permanece fechada a maior parte do tempo, eliminando a possibilidade de ocorrência da ventilação cruzada neste ambiente. Sendo assim, faz-se necessário estudar o efeito da porosidade interna das portas, através de bandeiras ou outros elementos vazados, como venezianas, por exemplo, que possibilitem o uso para ventilação mesmo quando esta estiver fechada.

Dentre os métodos de avaliação da ventilação natural mais utilizados estão os programas computacionais que utilizam a Dinâmica dos Fluidos Computacional (CFD). São softwares desenvolvidos a partir das bases numéricas da dinâmica dos fluidos que além de fornecer dados quantitativos a partir de cálculos matemáticos de ventilação natural, também possibilitam avaliar diferentes modelos de projeto de edificações e sua influência nos padrões de escoamento da ventilação natural (BITTENCOURT; CANDIDO, 2008) através de análises paramétricas.

O modelo CFD é baseado no conceito de divisão de um domínio em subzonas e para cada uma delas são resolvidas equações de massa, momento e conservação de energia de acordo com o poder de processamento do computador utilizado. Em comparação com modelos matemáticos de ventilação natural, gera resultados mais detalhados (ASFOUR; GADI, 2007).

Desta forma, as simulações computacionais com auxílio de CFD se mostraram uma ferramenta adequada para a investigação da influência da porosidade das portas no desempenho da ventilação natural em edificações residenciais.

2. OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo avaliar o efeito da porosidade das portas internas no desempenho da ventilação natural em edificações residenciais multifamiliares.

3. MÉTODO

O método proposto fundamenta-se na análise comparativa de modelos com diferentes configurações, analisando qualitativa e quantitativamente o efeito da porosidade das portas internas, no desempenho da ventilação natural. Os procedimentos metodológicos necessários a elaboração das análises, serão descritos a seguir.

3.1. Escolha e caracterização do modelo

Devido à complexidade do fenômeno e a fim de isolar as diversas variáveis que interferem na ventilação

natural, a maioria dos estudos considera um ambiente isolado nas simulações (GAO; LEE, 2011). Entende-se, entretanto que a ventilação natural atua de maneira conjunta sob a influência de diversas variáveis de maneira simultânea, além da comunicação existente entre os ambientes de uma edificação. Para definir qual seria o modelo utilizado, foi considerada a sua representatividade em cidades brasileiras, para que este estudo possa ter uma maior aplicabilidade. Com base nisto, Triana et al (2015) definiram cinco tipologias de projeto residencial representativas do país considerando a análise de 108 projetos arquitetônicos de empreendimentos brasileiros do Programa "Minha Casa, Minha Vida". As tipologias resultantes desta análise foram: 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.

Sendo assim, as tipologias apresentadas pelos autores foram analisadas e a tipologia de apartamento típico para faixa de renda 1 em formato H (Figura 1) foi escolhida por apresentar mais possibilidades de simulação das variáveis que afetam a ventilação natural nos edifícios. Além disto, esta tipologia de quatro apartamentos por andar é bastante praticada nas cidades brasileiras tanto em habitações populares quanto em edificações voltadas para a classe média, sofrendo algumas adaptações de acordo com o público alvo de cada empreendimento, como por exemplo, o acréscimo de um quarto e o aumento da área útil dos ambientes.

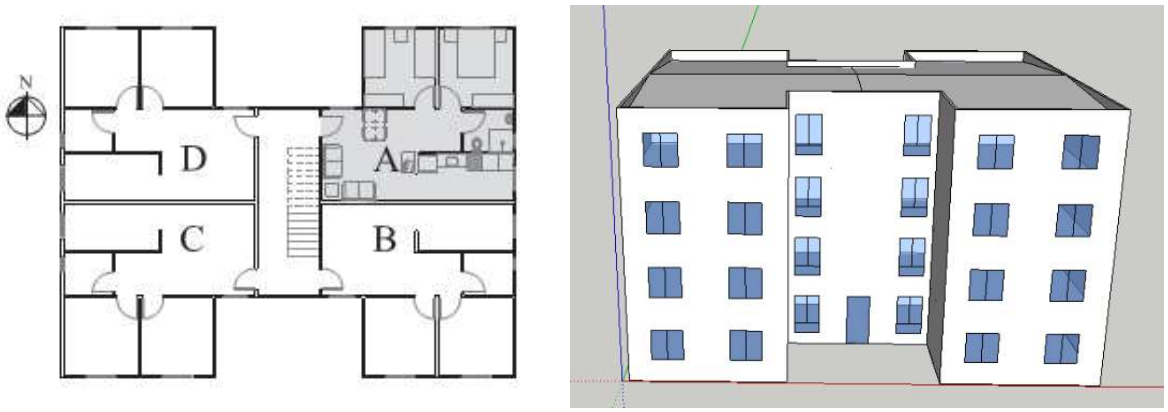


Figura 1 – Planta baixa e perspectiva do modelo escolhido para as análises (TRIANA, et al 2015).

3.2. Análise paramétrica

Foram simulados três tipos de porosidade das portas internas dos ambientes quarto 1, quarto 2 e banheiro (a cozinha não possui porta no projeto original e foi mantida aberta em todas as simulações). As porosidades das portas internas consideradas foram: 100% de porosidade, considerando uma situação de porta aberta com bandeira aberta, 25% de porosidade considerando uma situação de venezianas na parte inferior da porta, e 15% de porosidade considerando uma bandeira aberta (Figura 2).

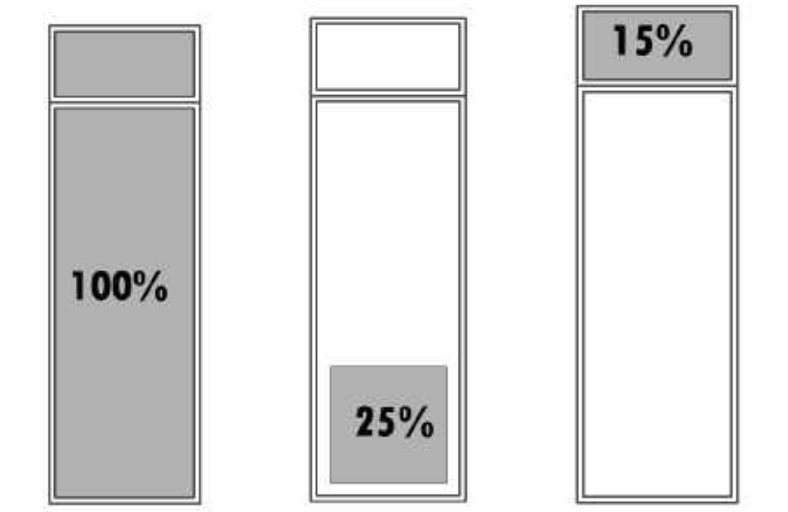


Figura 2 – Diferentes porosidades da porta de acesso aos ambientes, onde a parte hachurada em cinza corresponde à área considerada vazada nas simulações.

Quanto à incidência dos ventos, como os apartamentos são iguais, apenas rebatidos em planta, foram analisados três ângulos de 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.

As incidências analisadas foram: incidência 1 igual a 0º, a incidência 2 igual a 90º, a incidência 3 igual a 135º em relação ao eixo Y no domínio do programa (localização do Norte), cobrindo assim, todos os ângulos de incidência de 45° em 45° graus para o modelo analisado, considerando que os apartamentos possuem planta espelhada (Figura 3).

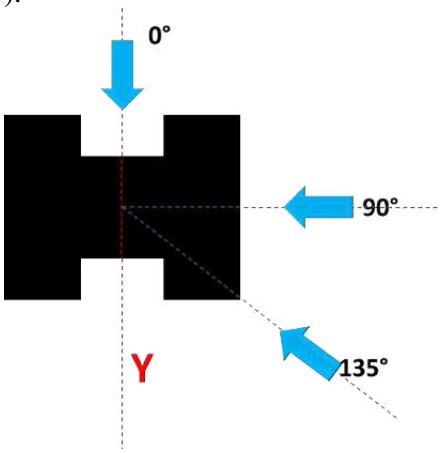


Figura 3– Incidências de vento em relação ao eixo Y, consideradas nas simulações.

Para a escolha das velocidades médias do vento a serem simuladas, foram observadas as velocidades médias mensais do vento nas capitais brasileiras, considerando que estas se localizam em realidades climáticas distintas. Foram calculadas as velocidades médias anuais, e observou-se que a média da velocidade entre as cidades é de 2m/s, sendo este também o valor mais frequente. A mediana foi calculada e obteve-se como resultado o valor de 1,93m/s. Por este motivo, as simulações iniciais foram realizadas utilizando a velocidade de entrada de 2m/s.

Além disto, a fim de investigar a influência da porosidade das portas, a velocidade do ar foi analisada em duas alturas: a 0,6m do chão e a 1,5m do chão, no primeiro e no terceiro pavimento do modelo, conforme imagem a seguir (Figura 4).

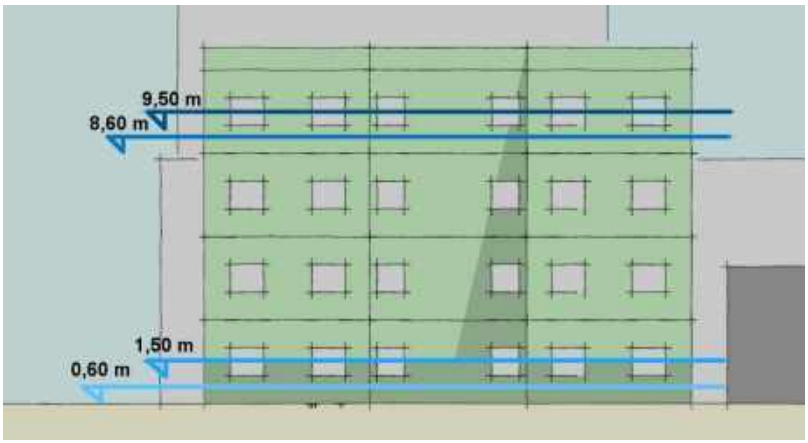


Figura 4 – Alturas em relação ao solo, onde foram analisadas as velocidades do ar internas.

Quanto ao dimensionamento das aberturas de entrada dos apartamentos foi considerada a relação de 40% de abertura em relação à área dos pisos de cada ambiente, que é a recomendação da NBR 15220-3 (ABNT, 2005) para Zona Bioclimática 8. As áreas das aberturas do modelo Minha Casa Minha Vida apresentado por Triana et al (2015) e considerado neste trabalho, foram então modificadas para corresponder a este índice.

3.3 Simulações computacionais através do software PHOENICS: configurações

O software se baseia nas equações de Navier-Strokes para fluido viscoso e de escoamento incompressível. Descreve o movimento tridimensional do ar em termos de velocidades instantâneas, temperatura (ou densidade) e pressão em um ponto. O edifício é dividido em volumes controlados e as equações são resolvidas a cada iteração (KOLOKOTRONI; HEISELBERG, 2015).

A seguir serão descritas algumas das configurações necessárias para a simulação.

3.3.1 Correção na velocidade do ar

A velocidade a ser considerada nas simulações será de 2m/s, por ser uma velocidade considerada predominante nas cidades brasileiras. Entretanto é necessário que se faça uma correção deste valor para a altura da abertura que se deseja estudar, já que esses dados geralmente são coletados em estações meteorológicas, localizadas em áreas abertas, cujos anemômetros são posicionados a uma altura padrão de 10 metros. A não observação dessa correção é provavelmente uma das fontes de erro mais comuns no cálculo das taxas de renovação de ar (BITTENCOURT; CANDIDO, 2008).

Existem diversos modelos de correção para ajustar a velocidade do vento à altura da abertura, com base nas características de rugosidade e adensamento do entorno, variando de campos abertos a regiões centrais em grandes cidades. Para esta tese optou-se por simular a condição de rugosidade menos favorável à ventilação natural (centro de cidade). Neste caso, utilizando os valores: k=0,21 e a=0,33, dentre os valores demonstrados na Tabela 1.

Tabela 1– Coeficientes de rugosidade de terreno adotados nas simulações.

COEFICIENTES DE RUGOSIDADE DO TERRENO		
Terreno	**k**	**A**
Área aberta plana	0,68	0,17
Campo com obstáculos esparsos	0,52	0,20
Área suburbana	0,35	0,25
Centro de cidade	**0,21**	**0,33**

Fonte: BITTENCOURT; CANDIDO, 2008 apud JACKMAN.

Estes coeficientes foram utilizados no cálculo da altura de referência (reference height=113,21m), através da equação (BRE,1978). Além disto, o valor do coeficiente a = 0,33 também foi usado no campo Power Law index do software, determinando assim a configuração do gradiente de vento no programa.

3.3.2 Configuração do gradiente de vento

Para configuração do gradiente de vento, foi utilizado o objeto WIND disponível nesta versão do Programa. Wind é criado como um objeto cujos atributos podem ser configurados, tais como velocidade a uma altura de referência e a direção (5). Neste caso, não é preciso definir áreas de entrada e saída de ar no domínio (inlet e outlet), nem calcular o gradiente de vento para cada altura, o próprio programa já realiza os cálculos a partir das configurações do WIND.

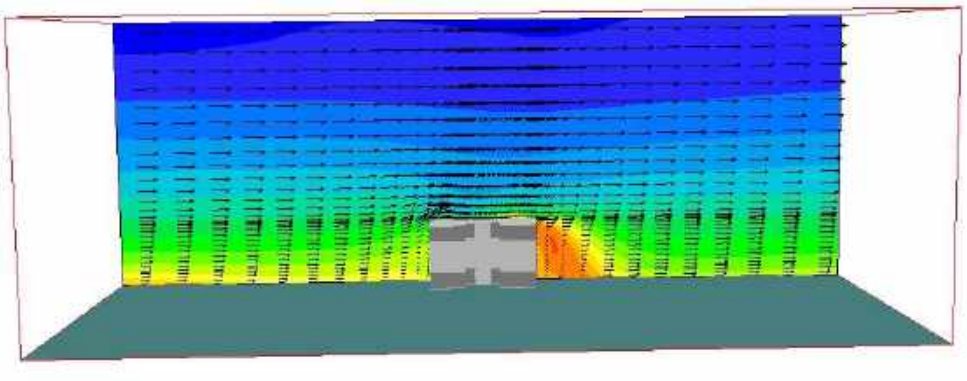


Figura 5– Gradiente de vento determinado no programa por meio da configuração do objeto WIND, com destaque para o gradiente de vento.

3.3.3 Cálculo do domínio

Domínio em um ambiente CFD, é o espaço no qual o modelo será inserido e simulado. Deve ter um tamanho que permita o livre escoamento do fluxo de modo a não ocasionar interferências nos campos de pressão gerados nas simulações (SACRAMENTO, 2012). Para esta investigação, as dimensões do domínio foram calculadas segundo as orientações do suporte técnico do software para utilização do módulo WIND, obtendo-se os seguintes resultados: Xdom= 123,34m, Ydom=95,20m, Zdom=44,60m (Figura 6).

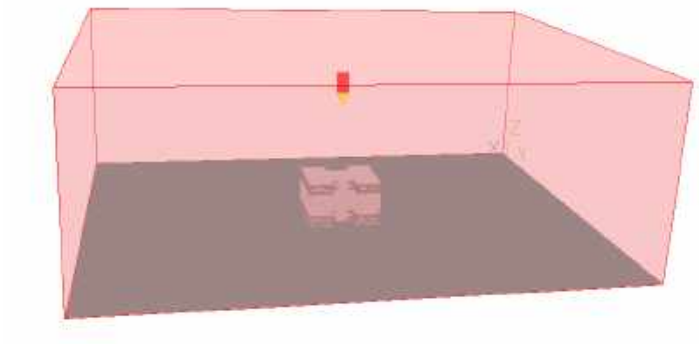


Figura 6 – Domínio calculado, representado pelo WIND, com o modelo ao centro.

3.3.4 Configuração da malha

No caso do PHOENICS, a malha ou grid pode ser configurada de três formas: cartesiana, cilíndrico-polar ou body-fited (BFC). Como o modelo em análise possui forma ortogonal, adotou-se a malha cartesiana para este trabalho.

É importante destacar que a malha foi configurada de modo a se obter resultados mais precisos dentro do edifício onde foram realizadas as análises desta tese. Além disto, o suporte técnico do programa recomenda evitar a proximidade de células de tamanhos diferentes a fim de minimizar a possibilidade de erros de simulação. Isto foi feito utilizando a ferramenta Power Law que possibilita uma gradação automática no tamanho das células.

3.3.5 Parâmetros de relaxamento e critérios de convergência

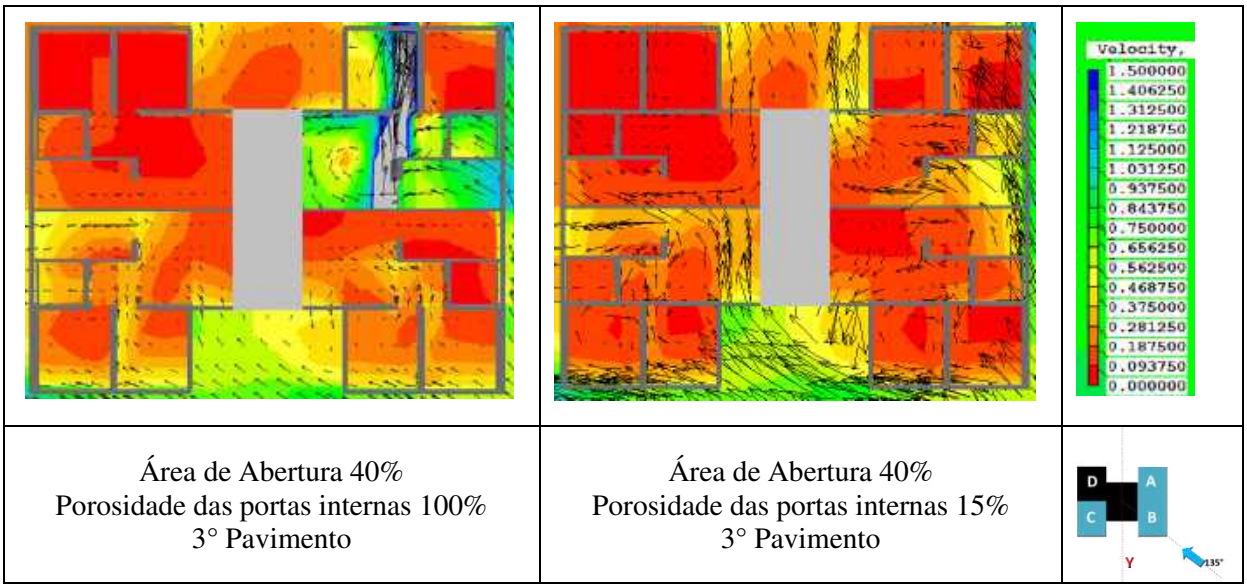
A relaxação é uma técnica que o programa utiliza para diminuir as possíveis taxas excessivas de oscilação dos resultados. Isso não afeta a solução final. Em muitos casos, a convergência será muito difícil de obter sem configurações de relaxamento adequadas, por isto é muito importante que elas sejam configuradas corretamente. Foram utilizados os seguintes parâmetros de relaxamento: P1=0.1; U1=V1=W1=0.0155; KE=0.1; EP=0.1, onde P= pressão, U = velocidade em X, V= velocidade em Y, W= velocidade em Z, KE= energia cinética turbulenta, EP= dissipação da energia cinética, seguindo instruções do suporte técnico para as condições de simulação deste trabalho.

O algoritmo computacional do software utiliza o método dos elementos finitos e o modelo de turbulência utilizado foi o k-ε, que é mais comumente utilizado neste tipo de simulação. Como critério de convergência dos resultados, foi inserido um erro médio de 10-4.

4. RESULTADOS

4.1 Análise qualitativa

Quanto à diferença de porosidade das portas internas, fica claro através dos resultados, a influência que as portas têm no padrão de escoamento do vento interno (Figura 7). Verifica-se que a entrada de ventilação através das janelas dos quartos é bem maior no modelo com porosidade das portas de 100% do que no modelo onde as portas possuem porosidade de 15%. Neste último, o fluxo ocorre da janela da sala para a janela da cozinha, já que as portas dos quartos e banheiros estão fechadas. As imagens foram extraídas a 1,5m do chão.



Área de Abertura 40% Porosidade das portas internas 100% 3° Pavimento	Área de Abertura 40% Porosidade das portas internas 15% 3° Pavimento	

Figura 7– Distribuição do fluxo de ar nos modelos com 40% de área de abertura em relação à área de piso, variando a porosidade das portas internas: 100% e 15% de porosidade. Incidência dos ventos de 135º.

4.2 Análise quantitativa

A 0,6m do chão o maior valor de velocidade média do ar encontrado foi de 0,65m/s e ocorreu no modelo com porosidade das portas internas de 100%. A 1,5m de altura do chão, o maior valor de velocidade ocorreu no mesmo modelo com valor de 0,84m/s. Tanto a 0,6m quanto a 1,5m do chão os valores mais altos de velocidade encontrados foram registrados na sala.

No terceiro pavimento, a 8,6m do chão, o maior valor encontrado foi de 1,04m/s e ocorreu no modelo configurado com porosidade das portas internas de 100%. O mesmo ocorreu a altura de 9,5m do chão, só que o valor encontrado foi um pouco mais alto, de 1,14m/s. Tanto a 8,6m quanto a 9,5m do chão os valores mais altos de velocidade encontrados foram registrados na sala (Figura 8) Esta análise mostra que a velocidade média do ar também ocorre em função da altura das aberturas na edificação.

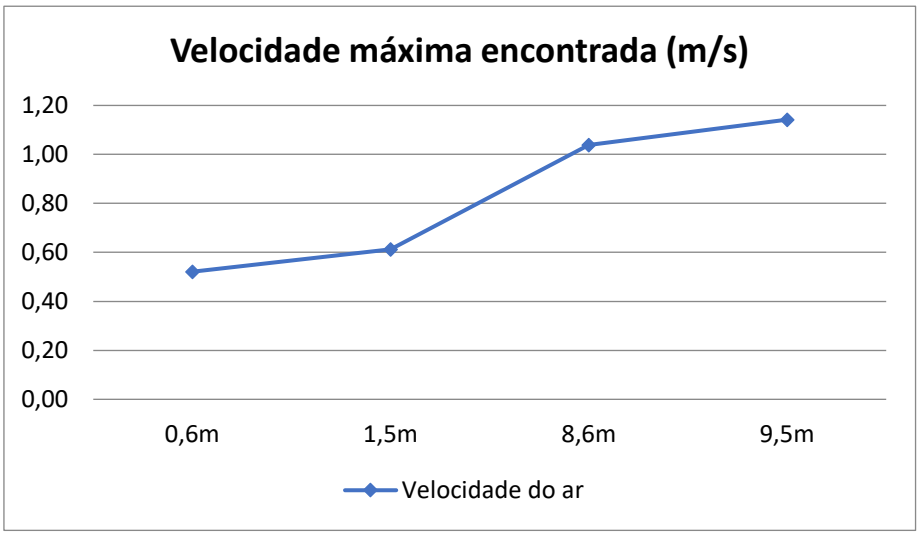


Figura 8– Valores de velocidade máxima encontrados nas alturas investigadas.

Todos os valores máximos foram encontrados em modelos simulados com o vento a 135°, que foi a incidência que proporcionou velocidades de ar mais altas. Com o vento incidindo a 0° os valores mais altos de velocidade do ar foram obtidos a altura de 9,5m do chão, na cozinha dos apartamentos A e D, no modelo com 100% de porosidade das portas internas. O valor máximo obtido nesta incidência foi de 0,35m/s. Nas simulações com o vento a 90°, o valor mais alto de velocidade do ar foi de 0,66m/s, obtido a altura de 9,5m do chão, na cozinha dos apartamentos A e B, também no modelo com 100% de porosidade das portas internas.

Por fim, foram comparadas as velocidades do ar nos ambientes internos dos modelos com incidência de 135°, no terceiro pavimento, que representam o melhor caso em relação aos valores de velocidade do ar obtidos. Aqueles com 100% de porosidade das portas internas obtiveram velocidades do ar mais altas em todos os ambientes exceto no quarto 2, onde as velocidades dos três modelos foram bem próximas, de aproximadamente 0,2m/s. Isto ocorreu a altura de 1,5m do piso (Figura 9).

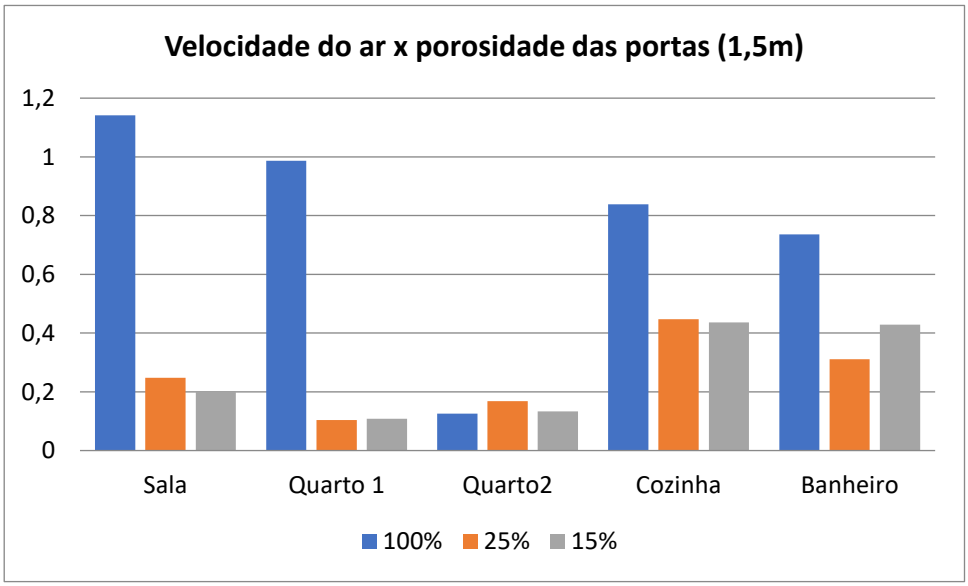


Figura 9 – Gráfico de velocidades do ar para os três tipos de porosidade das portas a 1,5m do chão

Observando o percurso do vento neste caso, verificou-se que ele entra pela janela da sala que fica na reentrância do edifício e a porta do quarto 1 quando aberta gera uma diferença de pressão que faz com que o ar penetre em alta velocidade no quarto 1, deixando o quarto 2 com velocidades bem mais baixas. Por esta razão, as velocidades obtidas nos modelos com 25% e 15% de porosidade das portas internas foram mais altas neste ambiente.

O mesmo ocorre a 0,6m do piso, neste mesmo modelo com porosidade das portas internas de 100%, onde a velocidade do ar foi mais alta no quarto 1 do que no quarto 2, só que a esta altura, o modelo com porosidade interna da porta de 25% apresentou velocidade mais alta, de 0,24m/s (Figura 10).

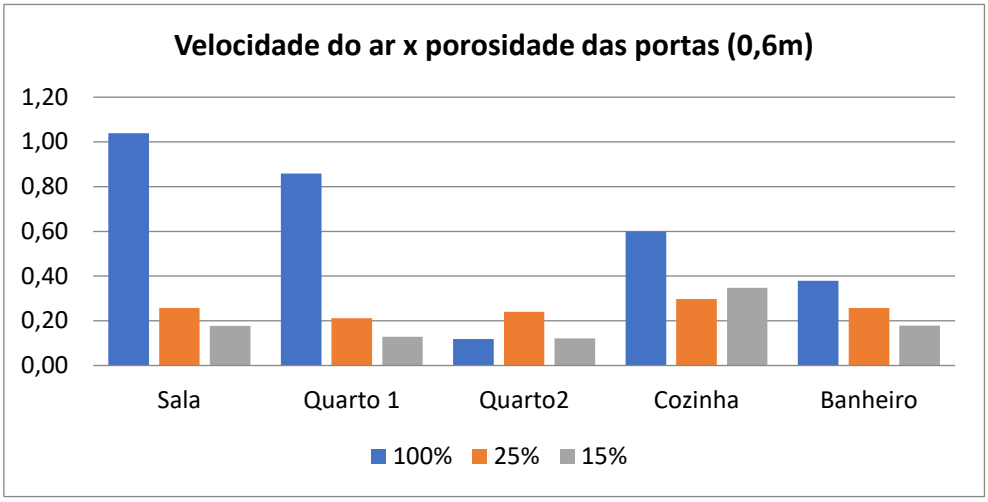


Figura 10 – Gráfico de velocidades do ar para os três tipos de porosidade das portas a 0,6m do chão.

Este foi o único caso em que se verificou aumento da velocidade do ar na altura de 0,6m do piso no modelo em que a porosidade das portas foi igual a 25%, em relação aos modelos com 100% de porosidade das portas internas. A análise em diferentes alturas em relação ao piso mostrou que na maioria dos casos os maiores valores foram verificados a 1,5m do chão. Isto confirma a necessidade de prover elementos que contribuam com a ventilação natural na altura do usuário sentado, como peitoris ventilados, por exemplo, principalmente em ambientes como quartos e salas, para que o vento seja capaz de promover o resfriamento fisiológico dos usuários.

5. CONCLUSÕES

A influência das portas internas no desempenho da ventilação natural na edificação foi evidenciada através dos resultados obtidos na pesquisa, pois é através delas que a ventilação se desloca de um ambiente para o outro. Os valores de velocidade do ar obtidos nos modelos com 100% de porosidade das portas foram sempre superiores aos encontrados nos modelos com 25% e 15% de porosidade.

Como em edificações residenciais multifamiliares existem, muitas vezes, ambientes com apenas uma janela que funciona como abertura de entrada, as portas assumem papel fundamental, pois funcionam como aberturas de saída. Uma vez que essas portas permanecem fechadas a maior parte do tempo, torna-las porosas possibilita a ventilação cruzada no ambiente mesmo quando as portas estiverem fechadas. Apesar disto, este é um aspecto ausente das atuais normas vigentes no Brasil e muitas vezes desconsiderado por projetistas.

Existem ainda outros aspectos em relação à configuração das aberturas que devem ser considerados, tais como: a relação entre área de aberturas de entrada e área de aberturas de saída em uma unidade habitacional e o próprio dimensionamento das aberturas, localização, existência de elementos captadores, dentre outros. Este trabalho, porém, deriva de uma tese de doutorado e foca apenas no aspecto porosidade das portas, pelos motivos já apontados anteriormente.

Contudo, é importante destacar a necessidade de considerar, de forma integrada, os diversos condicionantes arquitetônicos envolvido no projeto das aberturas: além da ventilação natural, a iluminação natural, o ruído, a incidência de chuvas, dentre outros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 15220: **Desempenho térmico para habitações de interesse social.** Rio de Janeiro, 2005.AFLAKI et al, 2015).

ASFOUR, O. S.; GADI, M. B. A comparison between CFD and Network models for predicting wind-driven ventilation in buildings. **Building and Environment**. V. 42. P. 4079-4085. 2007.

AYNSLEY, R. M.; MELBOURNE, W.; VICKERY, B. J. **Architectural Aerodynamics**. Architecture Science Series. Applied Science Publishers Ltd. Londres, 1977.

BITTENCOURT, L. S.; CÂNDIDO, C. M. **Introdução à ventilação natural**. 3. ed. Maceió: EDUFAL, 2008.

CHEN,Y.; TONG, Z.; MALKAWI, A. Investigating natural ventilation potentials across the globe: Regional and climatic variations. **Building and Environment**. 122: 386-396, 2017.

GAO, C.F; LEE, W.L. Evaluating the influence of openings configuration on natural ventilation performance of residential units in Hong Kong. **Buildings and Environment** 46 (2011). 961-969.

GIVONI, B. **Basic study of ventilation problems in houses in hot countries**. Israel: Building Research Station of the Institute of Technology, 1962.

KOENIGSBERGER, O.; INGERSOL, T. G.; MAYTHEW, A.; SZOKOLAY, S. V. **Manual of Tropical Housing and Building**. Part I: Climatic Design. Londres: Longman, 1974.

SACRAMENTO, A. S. **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.

SANTAMOURIS, M; WOUTERS, P. **Building ventilation**: the state of the art. James andJames,2006.

SANTAMOURIS, M.; KOLOKOTRONI, M. **Ventilation for Cooling**. In: SANTAMOURIS, M. (Ed.). Advances in Passive Cooling. London: Earthscan, 2007. p.140-189.

TRIANA, M. A.; LAMBERTS, R.; SASSI, P. Characterization of representative building typologies for social housing projects in Brazil and its energy performance. **Energy policy**. v. 87. Pp. 524-541, 2015.