

ESTUDO COMPARATIVO DA VENTILAÇÃO NATURAL PARA DIFERENTES TIPOS DE EDIFÍCIO DO PADRÃO MCMV

Izabella Medeiros (1); Luiz Gustavo da Silva (2); Alexandre Sacramento (3); Juliana Batista (4); Leonardo Bittencourt (5)

(1) Graduanda do Curso de Arq/Urb da UFAL

(2) Graduando do Curso de Arq/Urb da UFAL

(3) Professor Assistente do Curso de Arq/Urb da UFAL, alexandre.s.arquiteto@gmail.com

(4) Professora Adjunta do Curso de Arq/Urb e do Programa de pós-Graduação em Dinâmicas do Espaço Habitado da UFAL, juliana82arq@gmail.com

(5) Professor Voluntário do Curso de Arq/Urb e do Programa de pós-Graduação em Dinâmicas do Espaço Habitado da UFAL, lsb54@hotmail.com

Universidade Federal de Alagoas, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Laboratório de Conforto Ambiental, Campus A. C. Simões, Avenida Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro dos Martins, CEP 57.072-900.

RESUMO

As edificações brasileiras, de modo geral, devem proporcionar uma ventilação adequada nos ambientes internos, proporcionando maior conforto aos usuários. A forma das edificações e a dimensão de suas aberturas são parâmetros que influenciam diretamente na velocidade do vento que adentra os ambientes. Este artigo estuda a ventilação natural ao redor de diferentes configurações de edifícios no padrão Minha Casa Minha Vida e tem o objetivo de identificar quais são os formatos de edifícios que permitem o maior número de apartamentos com a possibilidade de ser bem ventilados. Foram sugeridos seis tipos de 3 pavimentos com a quantidade de apartamentos variando de 8 a 16 por pavimento, e aberturas com áreas iguais a 15% da área do piso de seus ambientes. Quatro tipos foram escolhidos para um estudo mais detalhado com incidência do vento a 90° e 45° em relação ao plano da janela. Os modelos foram simulados com o *software* PHOENICS 3.6 que tem como base a dinâmica dos fluidos computacional. Todos os modelos com incidência de vento a 90° apresentaram média da velocidade do ar interno abaixo de 0,6m/s. Todos os modelos com incidência de vento a 45° apresentaram velocidade média do ar interno acima de 0,6m/s. No entanto, apenas os modelos do tipo L e U apresentaram significativa diferença de pressão entre as fachadas orientadas a barlavento e a sotavento dos apartamentos. Melhor aproveitamento da ventilação natural dentre os parâmetros analisados foi obtido com o bloco do tipo U que apresentou melhor desempenho.

Palavras-chave: Ventilação Natural – Programa Minha Casa Minha Vida – Simulação Computacional

ABSTRACT

Brazilian buildings, in general, should provide adequate indoor ventilation in order to allow for users thermal comfort. The shape of the buildings and the size of their openings are parameters that influence directly the wind speed that enters the building. This paper studies the natural ventilation around different configurations of buildings in the Minha Casa Minha Vida standard and aims to identify the buildings shapes that allow for the largest number of apartments where natural ventilation is possible. Six building types have been selected which have three floors with variation from 8 to 16 apartments per floor, and apertures areas with 15% of the room floor area. Four types were studied in detail considering 90° and 45° wind incidence angle in relation to the aperture plan. The models were simulated with PHOENICS v.3.6, a software based on computational fluid dynamics. All the 90° wind incidence models showed wind velocities lower than 0,6m/s. All the 45° wind incidence models showed wind velocities over 0,6m/s. However, only the L and U models showed a significant pressure difference between windward and leeward facades of the apartments. The better natural ventilation performance, considering the analyzed parameters, was the type U.

Keywords: Natural ventilation – Minha Casa Minha Vida – Computer Simulation

1. INTRODUÇÃO

No meio ambiente em que o homem habita, a sua primeira necessidade espacial é abrigar-se. Através do abrigo o homem consegue modificar o meio ambiente circundante e adequá-lo às suas necessidades psicofisiológicas, protegendo-se das condições adversas do clima e aproveitando dele os recursos naturais desejáveis à sua sobrevivência, isto é, ele atenua os efeitos do calor ou do frio excessivos de modo que o ambiente construído interno, por ele planejado, seja satisfatório ao seu bem-estar.

O ambiente construído deve ser elaborado de modo que trate da maneira mais conveniente as características do clima para satisfazer as necessidades do homem. No entanto, isso só é possível se houver um adequado controle da temperatura, iluminação natural e da ventilação natural. Com isso, deve ser levada em consideração a integração das condições meteorológicas no tempo, que são típicas de uma determinada localização geográfica, isto é, o seu clima (SZOKOLAY, 2004) para que este abrigo seja adequadamente configurado.

As edificações das regiões quente e úmidas devem evitar o ganho de calor externo, enquanto dissipam aqueles produzidos no seu interior (KOENIGSBERGER *et al.*, 1974). Logo, pode-se dizer que o Nordeste do Brasil tem características dessas regiões que, segundo a NBR 15.220 – Parte 3 (ABNT, 2005), têm como principais estratégias de proteção para construções dessa região o sombreamento e a ventilação natural; que quando bem empregadas podem diminuir a necessidade do uso de meios artificiais de resfriamento do ambiente como os aparelhos de ar condicionado, por exemplo, que não são acessíveis a uma considerável parte da população brasileira.

Há alguns anos, o governo brasileiro vem desenvolvendo um programa habitacional conhecido como Minha Casa Minha Vida – MCMV. O programa visa proporcionar aos brasileiros com faixa de renda mais baixa a possibilidade de adquirir sua casa própria em condições satisfatórias de habitabilidade. Entretanto, muitos desses empreendimentos apresentam unidades habitacionais reduzidas que podem influenciar negativamente na adequação do ambiente construído às estratégias desejáveis como a ventilação natural, por exemplo.

O padrão inicial das habitações do programa MCMV era de edifícios de três pavimentos com quatro apartamentos por pavimento, organizadas ao redor de uma circulação vertical central, formando por fim, uma edificação com o formato da letra H. Surgiu então o questionamento se este formato seria o mais adequado para aumentar a quantidade de unidades habitacionais e se essas apresentariam uma condição de ventilação natural satisfatória para o bem-estar dos usuários a partir de suas aberturas.

2. OBJETIVO

O presente artigo estuda a ventilação natural ao redor de diferentes configurações de edifícios no padrão Minha Casa Minha Vida e tem o objetivo de identificar quais são os formatos de edifícios que permitem à maior quantidade de apartamentos uma boa ventilação natural.

3. MÉTODO

De acordo com a NBR 15.220 que trata do Zoneamento Bioclimático Brasileiro (ABNT; 2005), Maceió faz parte da Zona Bioclimática 8. A norma destaca que a ventilação cruzada e o sombreamento são as estratégias mais indicadas para o clima de cidade. Este trabalho busca estudar a ventilação natural ao redor de edificações formadas por apartamentos no padrão Minha casa, minha vida com aproximadamente 50 m² cada. Foram propostos seis tipos de arranjo como alternativa ao formato H (pequeno), tradicionalmente utilizado, buscando demonstrar que com algumas modificações referentes à localização e distribuição dos apartamentos é possível proporcionar ventilação natural adequada em um maior número de unidades.

3.1 Formatos dos modelos propostos para o estudo

Inicialmente foi estabelecido um módulo para compor os formatos propostos no estudo. O módulo tem a forma linear da letra I e é composto por quatro unidades habitacionais unidas por uma circulação vertical. Três das unidades habitacionais têm dimensões iguais a 6,0 m x 7,5 m enquanto que as que ficam nas extremidades apresentam 7,0 m x 7,5 m, pois aproveitam a área que seria deixada para o corredor. O comprimento do módulo é de 30 m, distância máxima permitida pelo corpo de bombeiros até a circulação vertical. Vale salientar que todos os edifícios propostos apresentam quatro pavimentos, por ser o máximo permitido com a utilização apenas de escada.

Foram propostas seis alternativas para o formato dos edifícios: H, formado por quatro módulos e contendo 16 apartamentos por pavimento; Y, formado por 3 módulos e contendo 12 apartamentos por pavimento; U, formado por 3 módulos e contendo 12 apartamentos; L, formado por 2 módulos e contendo 8 apartamentos; I, formado por 2 módulos e contendo 8 apartamentos e T, formado por 3 módulos e contendo

12 apartamentos. Dessas seis possibilidades foram escolhidos quatro formatos para um estudo mais detalhado, que são os formatos H, Y, U e L. O critério de escolha buscou os modelos que apresentam maior densidade na ocupação do terreno, característica utilizada hoje para justificar a larga utilização do modelo H (pequeno, com quatro apartamentos), apontando esta como a solução mais rentável e bastante frequente nos projetos do programa MCMV.

3.2 Aberturas para ventilação

As aberturas de entrada e de saída do ar modelo foram estipuladas para atender à norma NBR 15.575 (ABNT; 2014) que estabelece que as aberturas para ventilação devem apresentar porcentagem maior que 8% da área do piso do ambiente. No entanto, a norma NBR 15.220 – Parte 3 (ABNT, 2005) informa que, para as edificações da Zona Bioclimática 8, da qual faz parte Maceió, as aberturas devem apresentar área maior que 40% da área do piso do ambiente. Porém, essa porcentagem é dificilmente exequível na prática. Optou-se, portanto, por adotar aberturas com porcentagem de 15% da área do piso do ambiente, que corresponde a uma abertura média para a NBR 15.220 (ABNT, 2005), cumprindo assim com o que determina a outra norma NBR 15.575 (ABNT; 2013).

3.3 Ângulos de incidência do vento

Os edifícios foram estudados tomando como parâmetro a orientação do vento predominante em Maceió que é o vento Sudeste, representado com duas incidências nas simulações, sendo estas a 90° e 45° das fachadas principais. Vale salientar que os ventos Nordeste e Leste também ocorrem nessa região. No entanto, o vento Sudeste foi escolhido por ser o mais frequente durante o ano.

3.4 Programa computacional e parâmetros de análise

O estudo foi realizado a partir da elaboração de modelos computacionais desenvolvidos no *software* PHOENICS 3.6 que trabalha com simulação computacional utilizando a dinâmica de fluidos computacional. O *software* permite que se crie um cenário virtual onde o gradiente do vento é configurado e onde é estabelecido o meio urbano onde a edificação está inserida. No caso deste estudo, o meio urbano diz respeito a áreas com grande densidade urbana, isto é, áreas centrais consolidadas. Essas configurações aproximam o modelo da sua situação no espaço urbano real.

As análises foram feitas ao nível de 1,5m do chão, que representa o pavimento térreo do edifício. Considerando que quanto maior a distância do nível do chão, maior é a velocidade do vento, logo o pavimento térreo seria o menos favorecido, e se fosse possível obter bons níveis de conforto no mesmo, consequentemente os demais pavimentos o alcançariam também.

Através dos dados de pressão e velocidade do vento obtidos na simulação foi possível obter de cada modelo proposto o coeficiente de pressão, taxa do fluxo do ar e a velocidade interna da edificação.

- Coeficiente de Pressão:

$$P = C_p \cdot \frac{\rho}{2} V^2 \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

P = Pressão (Pa) = valor obtido na simulação

C_p = Coeficiente de pressão

ρ = Massa específica do ar (Kg/m³) = 0,16

V = Velocidade (m/s) = 2

- Taxa do fluxo do ar:

$$Q = \left[\frac{(C_{p1} - C_{pn+1})V_z^2}{\frac{1}{Cd_1^2 A_1^2} + \frac{1}{Cd_2^2 A_2^2} + \dots + \frac{1}{Cd_n^2 A_n^2}} \right]^{0,5} \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

Q = Vazão volumétrica do ar (m³/s)

C_{p1} = Coeficiente de pressão na abertura de entrada

C_{pn+1} = Coeficiente de pressão na abertura de saída

V_z = Velocidade de referência do vento (m/s) = valor obtido na simulação

$Cd1$ = Coeficiente de descarga na entrada = 0,65 para janelas e 0,75 para portas
 $A1$ = Área de entrada (m^2) = área da abertura da janela da sala (1,60)
 $Cd2$ = Coeficiente de descarga para aberturas internas = 0,75 para portas
 $A2$ = Área de abertura interna (m^2) área da abertura do vão da sala para cozinha (3,75)
 Cdn = Coeficiente de descarga na saída = 0,65 para janelas e 0,75 para portas
 An = Área de saída (m^2) = área da abertura da janela da cozinha (1,38)

- Velocidade Interna:

$$Vi = Q / S$$

Equação 3

Onde:

Vi = Velocidade Interna (m/s)

Q = Vazão volumétrica do ar (m^3/s)

S = Área da sessão do ambiente (m^2) = Sala (6,6)

Para a análise comparativa foram calculadas as velocidades internas do vento na sala de estar, de acordo com o fluxo do vento demonstrado na Figura 1. No cálculo foi desprezada a diminuição da velocidade do vento por fricção e a mudança de direção do vento no interior do apartamento.

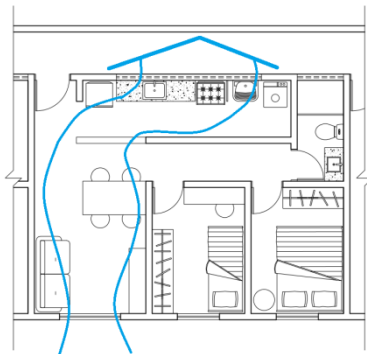


Figura 1: Planta baixa modelo dos apartamentos com indicação do movimento do ar no interior da sala e cozinha/serviço.

Vale salientar também que as velocidades internas foram calculadas a partir dos dados dos apartamentos localizados no centro do bloco a barlavento em todas as configurações. As unidades analisadas correspondem aos apartamentos H-3, Y-7, U-3 e L-3 respectivamente que serão apresentados a seguir. Com os valores da velocidade interna foi possível verificar se esta atinge o nível de conforto considerado adequado para ambientes internos de 0,6m/s, segundo aponta Bittencourt (2005).

4. ANÁLISE DE RESULTADOS:

4.1 Análise Individual - Tipo H:

Essa configuração é a que mais se assemelha aos modelos implantados de edificações de interesse social do programa MCMV. É composta por 64 unidades, sendo 16 em cada pavimento, e na área central está localizada a circulação vertical.

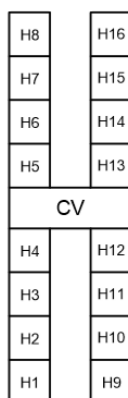


Figura 2: Localização das unidades e circulação vertical do modelo "H" incidência do vento a 45° e 90°:

Incidência do vento a 90°:

Com a incidência da ventilação predominante perpendicular à fachada principal, 90°, obteve-se diferença de pressão nos apartamentos de H-1 a H-7 e de H-9 a H-15, totalizando 87,5% das unidades. Os valores da pressão são mais altos nas unidades localizadas antes da circulação vertical (H-1 a H-4 e H-9 a H-12), sendo os valores mais significativos nos apartamentos H1 e H9, que ocupam toda a fachada frontal. Os apartamentos H-8 e H-16 apresentam diferença de pressão igual a zero, impossibilitando a circulação cruzada do ar dentro dessas unidades.

O diagrama da velocidade indica que sua maior intensidade ocorre ao longo das laterais externas do edifício, abrangendo todas as unidades, sem perda ao longo da forma. Porém a direção deste vento é paralela às aberturas, e para que vento pudesse percorrer o interior da edificação seriam necessários elementos captadores de vento.

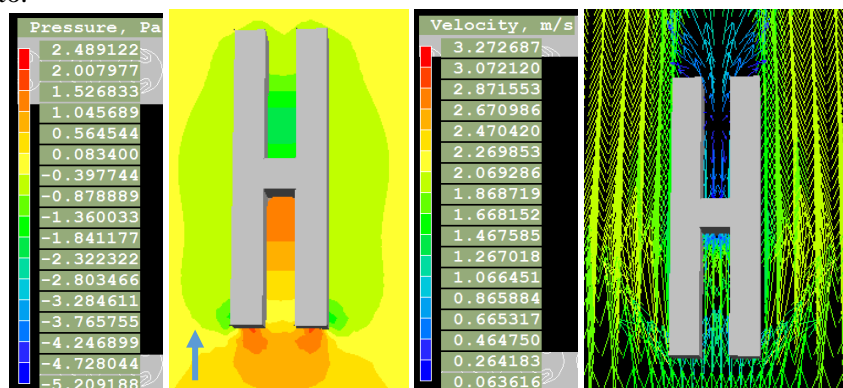


Figura 3: Gráficos de pressão e velocidade, respectivamente, do modelo “H”, no eixo Z a 1,5m de altura com vento a 90°.

Incidência do vento a 45°:

Com a incidência de vento predominante a 45° da fachada principal houve diferença de pressão nos apartamentos de H-1 a H-12, somando 75% das unidades. Já os apartamentos de H-13 a H-16 apresentariam diferença de pressão igual a zero. As maiores diferenças de pressão ocorreram nos apartamentos H-1 e de H-5 a H-12, e devido a existência da circulação vertical no centro da forma a pressão dos apartamentos H-2, H-3 e H4 são altas nas duas faces, diminuindo a valor da diferença de pressão nos mesmos.

Em relação à ventilação observa-se que apesar de apresentar valores diferentes, ela se mantém constante na face externa de todos os blocos. Nos apartamentos de H-1 a H-9, onde se encontram as maiores velocidades, o vento está a 45° das aberturas, sendo facilitada sua entrada no interior das unidades. Já nos apartamentos de H-10 a H-16 a ventilação apresenta valores mais baixos e sua direção é paralela às aberturas, necessitando de elementos captadores de vento para o interior das unidades.

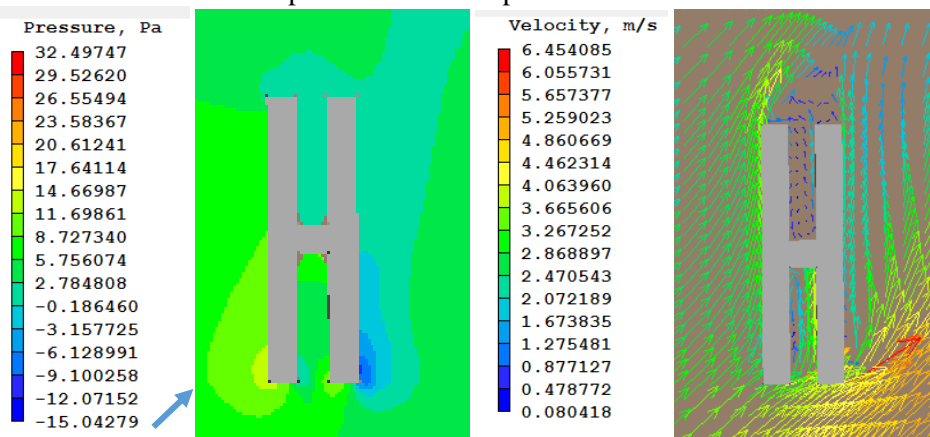


Figura 4: Gráficos de pressão e velocidade, respectivamente, do modelo “H”, no eixo Z a 1,5m de altura.

4.2 Análise comparativa Tipo H

Apesar de apresentar diferença de pressão em um maior número de apartamentos com a incidência do vento a 90°, essa diferença de pressão apresenta valores muito mais baixos que os encontrados no modelo com incidência de vento a 45°. Além disso o movimento do ar no interior da edificação dependeria de estratégias que captassem o vento devido ao seu ângulo de incidência paralelo as aberturas de entrada. Já o segundo modelo apresenta essa incidência direta de vento em pouco mais de 50% das unidades.

Análise Individual - Tipo Y:

É composta por 48 unidades, sendo 12 em cada pavimento, e na interseção dos blocos está localizada a circulação vertical.

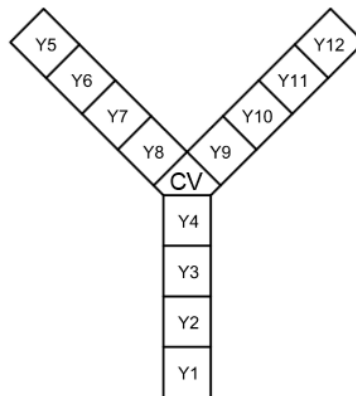


Figura 5: Localização das unidades e circulação vertical do modelo "H"

Incidência do vento a 90°:

A forma em Y com a incidência da ventilação predominante a 90° da fachada principal resultou em uma diferença de pressão igual a zero no bloco com as unidades de Y-1 a Y-4 e uma pressão com valores decrescentes nos dois blocos posteriores, onde as maiores pressões encontram-se na intercessão dos três blocos, onde localiza-se a circulação vertical e as unidades Y8 e Y-9 e as menores pressões nas extremidades (Y-5 e Y-12).

Com relação à velocidade, esta é maior no bloco frontal, porém a direção do vento está paralela às aberturas, necessitando de captadores de vento para que o ar permeie as unidades. Nos blocos posteriores a velocidade do vento é menor, porém o ângulo permite que haja a ventilação cruzada sem a necessidade de elementos captadores. Na imagem é possível observar também que o ângulo dos blocos posteriores provoca um desvio na direção do vento, provavelmente escoando parte deste para as laterais.

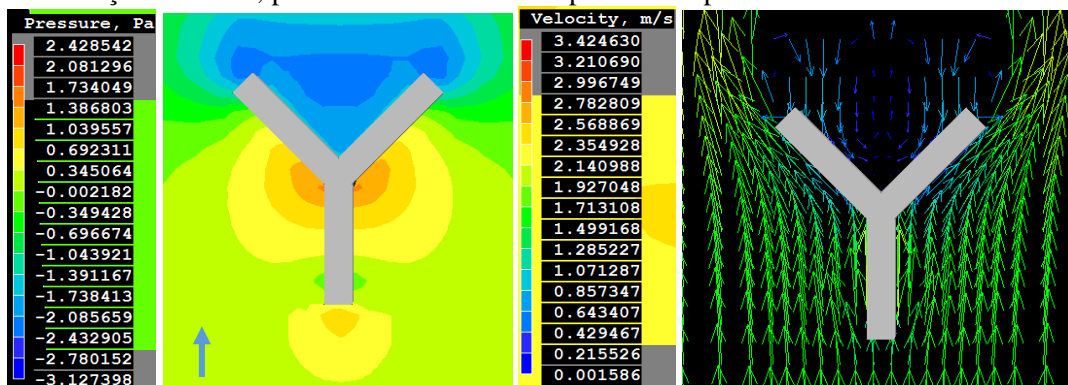


Figura 6: Gráficos de pressão e velocidade, respectivamente, do modelo "Y", no eixo Z a 1,5m de altura.

Incidência do vento a 45°:

Com a incidência do vento a 45° o bloco frontal e posterior esquerdo apresentaram grande diferença de pressão, principalmente nas unidades da extremidade (Y-1 e Y-5), enquanto o bloco posterior direito apresentou uma diferença de pressão menor, que não permeiam as faces completas das quatro unidades (de Y-9 a Y-12).

O diagrama da ventilação demonstra que os blocos frontal e posterior esquerdo (de Y-1 a Y-8) também são os que apresentam a maior velocidade do vento, enquanto o bloco posterior direito apresenta velocidade com a mesma intensidade apenas nas unidades da extremidade (Y-12 e Y-13). As unidades Y-9 e Y-10 foram prejudicadas por estarem localizadas na sombra de vento formada pelo bloco frontal.

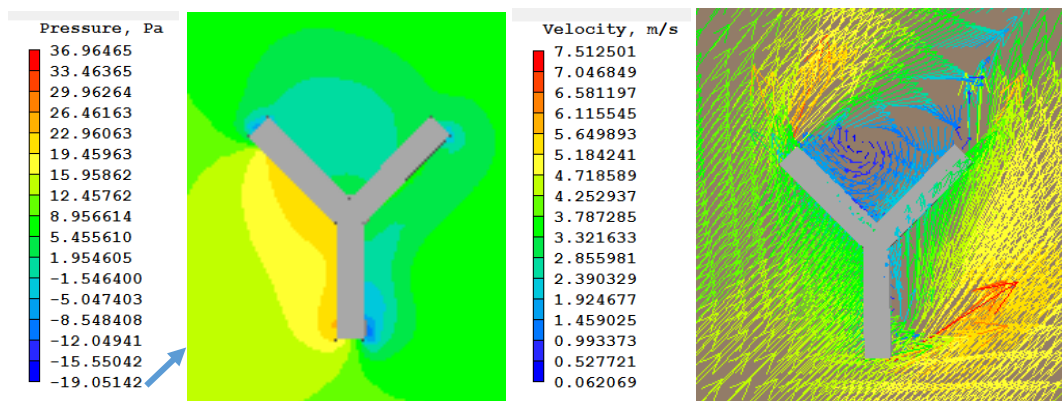


Figura 7: Gráficos de pressão e velocidade, respectivamente, do modelo “Y”, no eixo Z a 1,5m de altura.

4.3 Análise comparativa Tipo Y:

Ao comparar as duas incidências de vento observa-se que a incidência a 45° obteve vantagens em todos os aspectos. Todas as unidades obtiveram diferença de pressão, mesmo que em escalas diferentes. As diferenças de pressão foram também mais altas que as da incidência a 90°. Ao observarmos o diagrama da velocidade, na incidência a 45° apenas duas unidades estariam com a velocidade do vento prejudicadas, enquanto na incidência a 90° quatro unidades necessitariam de elementos captadores de vento para que houvesse alguma circulação de ar no interior das mesmas.

Análise Individual - Tipo U:

Esse tipo é composta por 48 unidades, sendo 12 em cada pavimento, e nas duas interseções dos blocos estão localizadas as circulações verticais.

CV	U5	U6	U7	U8	CV
U4					U9
U3					U10
U2					U11
U1					U12

Figura 8: Localização das unidades e circulação vertical do modelo “H”

Incidência do vento a 90°:

A diferença de pressão com a incidência a 90° ocorre em 100% das unidades. Os valores mais altos ocorrem nos apartamentos U-1 e U-12, que são os dois frontais, seguido pelos apartamentos de U-5 a U-8, que estão localizados perpendicularmente ao vento. As menores diferenças de pressão do modelo estão nas unidades de U-2 a U-4 e de U-9 a U-11.

Os ventos atingem a edificação com maior velocidade nos apartamentos frontais (U-1 e U-2) e vão diminuindo ao longo de toda a forma, até atingir a barreira de apartamentos paralela a fachada principal na área central (U-5 a U-8). Ao longo do exterior dos dois blocos perpendiculares a fachada principal deveria apresentar captadores de ventos para o interior da edificação, já que a incidência do vento é paralela às possíveis aberturas.

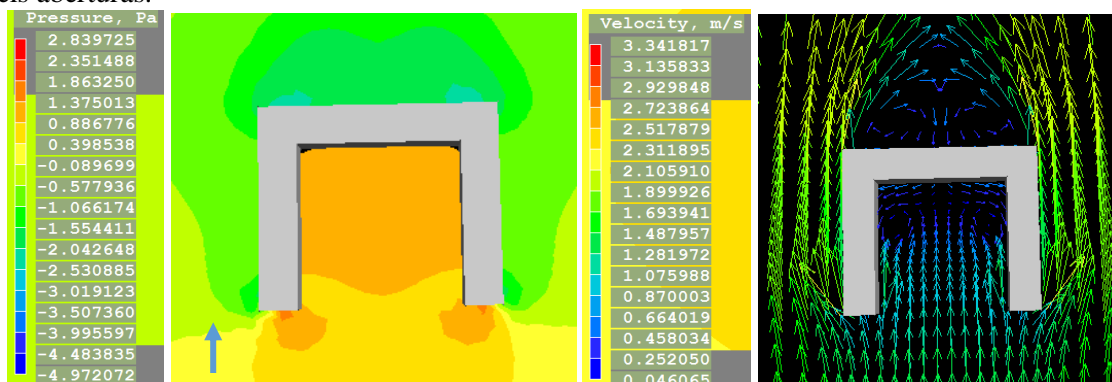


Figura 9: Gráficos de pressão e velocidade, respectivamente, do modelo “U”, no eixo Z a 1,5m de altura.

Incidência do vento a 45°:

Neste modelo a diferença de pressão continua atingindo todos os apartamentos. As maiores diferenças de pressão ocorrem no bloco direito, perpendicular fachada principal, onde estão localizadas as unidades de U-9 a U-12. A diferença de pressão do lado esquerdo é menor, pois a área central fechada provoca a elevação da pressão na face interna deste bloco. As menores pressões são encontradas nas unidades U-5 e U-6.

Os ventos se comportam de maneira semelhante entre os apartamentos de U-1 a U-4 e de U-9 a U-12, com boa velocidade e incidência de vento a 45° das aberturas, porém o bloco esquerdo perpendicular fachada principal forma uma esteira de vento que prejudica as unidades de U-5 a U-8, diminuindo significativamente sua velocidade.

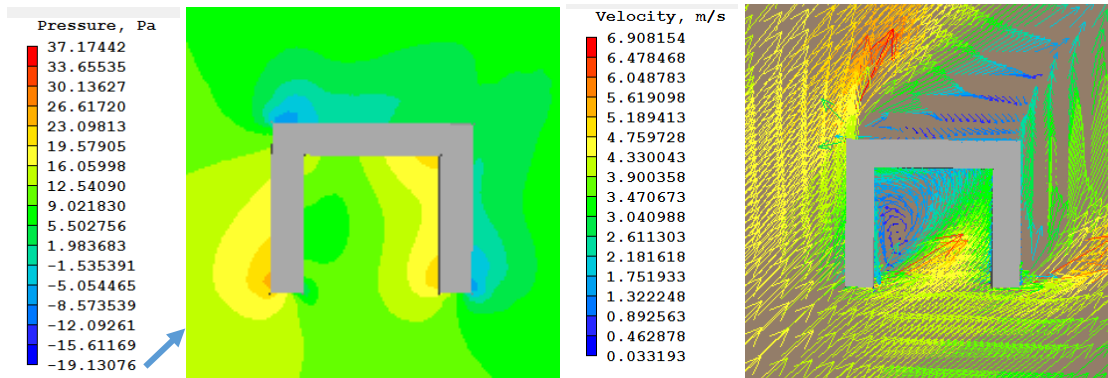


Figura 10: Gráficos de pressão e velocidade, respectivamente, do modelo “U”, no eixo Z a 1,5m de altura.

Análise comparativa Tipo U:

Nos dois blocos as diferenças de pressão ocorreram em 100% das unidades, porém todos os valores foram maiores na incidência a 45°. Ao observar a trajetória do vento no modelo com incidência a 90° os apartamentos do bloco paralelo a fachada principal foram mais beneficiados (U-5 a U-8), pois os demais necessitariam de captadores. Já na incidência a 45°, os apartamentos dos blocos paralelos à fachada principal (U-1 a U-4 e U-9 a U-12) é que foram beneficiados, e apesar de ser em maior número, deixaram os outros apartamentos (U-5 a U-8) em situação desfavorável com esteira de vento em suas duas faces.

4.4 Análise Individual - Tipo L:

É composta por 32 unidades de apartamentos, sendo 8 em cada pavimento, e na interseção dos dois blocos está localizada a circulação vertical.

CV	L5	L6	L7	L8
L4				
L3				
L2				
L1				

Figura 11: Localização das unidades e circulação vertical do modelo “H”

Incidência do vento a 90°:

Neste tipo a incidência a 90° proporciona diferença de pressão em todas as unidades, sendo os valores do bloco perpendicular a fachada principal (L-1 a L-4) um pouco menores do que os valores do bloco paralelo (L-5 a L-8).

Em relação à velocidade do vento, assim como nos outros modelos analisados, o bloco perpendicular a fachada principal (L-1 a L-4) teria que apresentar elementos captadores de vento para que houvesse a circulação de ar no interior das unidades. Já o bloco de L-5 a L-8 apresenta a possibilidade de ventilação cruzada, porém com a velocidade do vento reduzida.

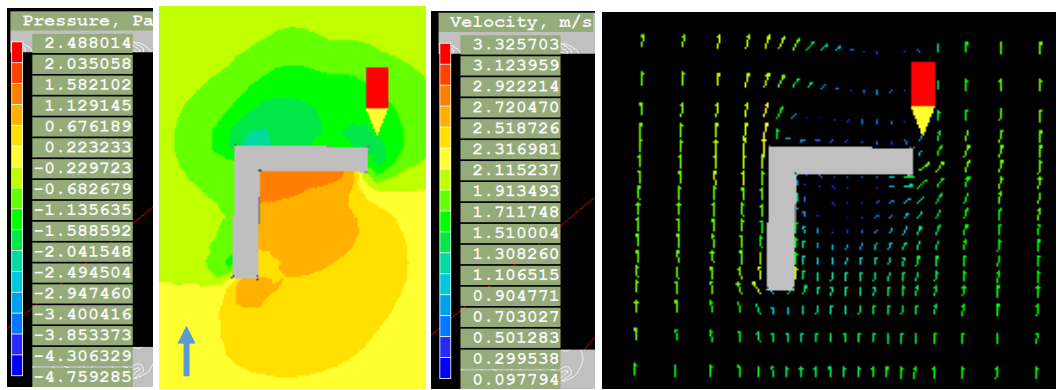


Figura 12: Gráficos de pressão e velocidade, respectivamente, do modelo “L”, no eixo Z a 1,5m de altura.

Incidência do vento a 45°:

Com esta incidência também houve diferença de pressão em todos os apartamentos. Seus maiores valores estão nas extremidades dos dois blocos (L-1 e L-8) e decrescem a medida que se aproximam da área central da forma (circulação vertical).

No diagrama da ventilação é possível identificar a possibilidade de ventilação cruzada em todos os apartamentos, e novamente os maiores valores encontram-se nas extremidades (L-1 e L-8) e decrescem um pouco na área central.

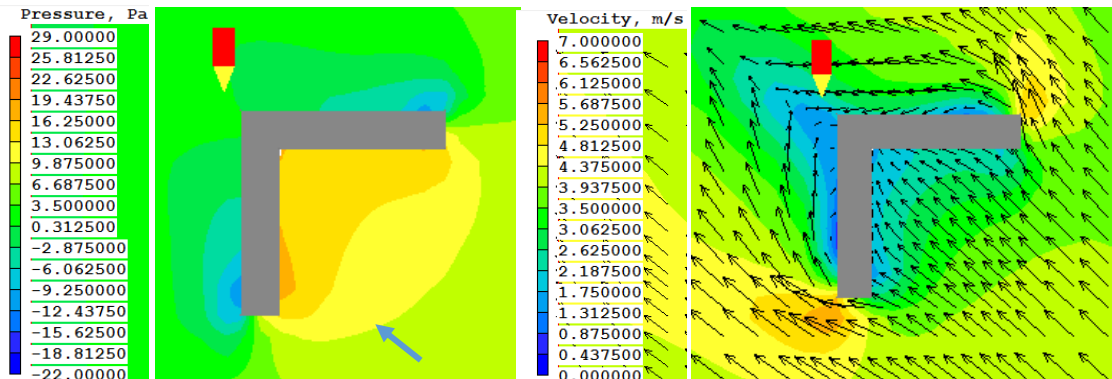


Figura 13: Gráficos de pressão e velocidade, respectivamente, do modelo “L”, no eixo Z a 1,5m de altura.

Análise comparativa Tipo L:

As duas incidências provocaram diferença de pressão em todas as unidades, porém a incidência a 45° apresentou valores maiores. Em relação a ventilação a incidência a 45° também foi mais satisfatória pois possibilitou a ventilação cruzada em todos os apartamentos, enquanto a incidência a 90° apresentou apenas em 50%.

4.5 Análise comparativa geral

Na tabela síntese abaixo estão relacionados os tipos de apartamentos analisadas nas incidências de 90° e 45°. Contabilizou-se a quantidade de apartamentos, em cada modelo, que apresentam diferença de pressão entra as faces dos blocos e, a partir das velocidades internas obtidas a partir do método descrito na metodologia, classificou-se quais tipos atingiram a velocidade interna de conforto.

Tabela1: Síntese da análise dos tipos estudados

Tipo	Orientação	Quantidade de apartamentos por pavimento	Quantidade de apartamentos por pavimento com diferença de pressão	%	Velocidade do vento interna	Atingiu velocidade interna de conforto (0,6m/s)
H	90	16	14	87,5	0,11	Não
	45	16	12	75	0,76	Sim
Y	90	12	8	66,7	0,11	Não
	45	12	11	91,7	0,69	Sim
U	90	12	12	100	0,14	Não
	45	12	12	100	0,87	Sim
L	90	8	8	100	0,1	Não
	45	8	8	100	0,63	Sim

A partir da análise observou-se que os tipos U e L, com a incidência a 45°, foram as únicas que apresentaram significativa diferença de pressão em 100% dos apartamentos e alcançaram a velocidade interna dos apartamentos mínima para conforto.

Apesar da velocidade interna do vento ser maior no modelo U no ponto analisado, quando remetemos à análise individual desse tipo, observamos que quatro (de U-5 a U-8) dos doze apartamentos apresentam a ventilação prejudicada por uma esteira de vento formada pelos apartamentos de U-1 a U-4. Ou seja, apenas oito dos doze apartamentos por andar apresentariam a velocidade de vento interna adequada.

Já no tipo L, todos os oito apartamentos por pavimento apresentariam a velocidade de vento interna de conforto adequada. Porém dentre os modelos apresentados este tipo é a que apresenta menor densidade na ocupação do terreno. Uma alternativa para que a densidade fosse aumentada sem prejuízo para a qualidade do conforto nos apartamentos seria a adoção de uma maior quantidade de pavimentos.

5. CONCLUSÃO

Este trabalho mostra um estudo da ventilação natural de edificações baseadas nos edifícios do programa Minha casa, minha vida – MCMV. Com o estudo percebeu-se que é possível elaborar tipos de projeto diferentes que atendam aos requisitos de área indicados pelo programa. No entanto, nem todos os tipos estudados apresentaram resultado satisfatório no que diz respeito aos parâmetros estudados, como o ângulo de incidência do vento, se 90° ou 45°, e a velocidade do vento interna na sala de estar dos apartamentos estudados a uma altura de 1,5m.

Observou-se que, em todos os casos, na incidência do vento a 90° todos os apartamentos estudados não alcançaram a velocidade mínima de 0,6m/s, necessária à obtenção de conforto térmico dos usuários. No entanto, para a incidência do vento a 45°, esse panorama foi inverso: todos os casos alcançaram o nível mínimo de velocidade estipulado no estudo.

Com base nessas informações, conclui-se que os tipos U e L foram os que demonstraram melhores resultados quanto à porcentagem de apartamentos que apresentaram significativas diferenças de pressão. Do ponto de vista da maior quantidade de apartamentos por pavimento, o tipo U foi a que melhor preencheu os requisitos do estudo junto com os resultados de ventilação obtidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. **NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social. Rio de Janeiro, 2005b.
- _____. **NBR 15575-1**, Edificações Habitacionais – Desempenho, requisitos gerais. 2013.
- BITTENCOURT, Leonardo S. CANDIDO, Christhina. *Introdução à Ventilação Natural*. Maceió, Edufal, 2005.
- KOENIGSBERGER, O.; INGERSOL, T.G.; MAYTHEW, A.; SZOKOLAY, S.V. **Manual of Tropical Housing and Building. Part I: Climatic Design**. Londres: Longman, 1974.
- SZOKOLAY, S. V. **Introduction to Architectural Science: The Basis of Sustainable Design**. Elsevier: Architectural Press, London, 2004.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à ELETROBRAS/PROCEL e pelos recursos financeiros aplicados no financiamento do projeto e à UFAL pelo apoio no espaço físico.