

# A INFLUÊNCIA DA TIPOLOGIA ARQUITETÔNICA NA VENTILAÇÃO NATURAL INTERIOR DE EDIFÍCIOS MULTIFAMILIARES DO PROGRAMA BRASILEIRO “MINHA CASA MINHA VIDA”

Juliana M. S. C. Moraes<sup>a</sup>, Lucila C. Labaki<sup>b</sup>, Leonardo M. Rosa<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Arquiteta, doutoranda do Programa de Pós Graduação em Arquitetura, Tecnologia e Cidade da Universidade Estadual de Campinas- UNICAMP, Brasil. Email: [jumagnacosta@hotmail.com](mailto:jumagnacosta@hotmail.com).

<sup>b</sup>Professora Doutora do Programa de Pós Graduação em Arquitetura, Tecnologia e Cidade da Universidade Estadual de Campinas- UNICAMP, Brasil. Email: [lucila@fec.unicamp.br](mailto:lucila@fec.unicamp.br).

<sup>c</sup>Pesquisador do Laboratório de Pesquisa em Processos Químicos e Gestão Empresarial- PQGe.

**Keywords:** Ventilação natural, simulação computacional, habitação de interesse social.

**Resumo:** O objetivo geral do artigo é discutir a ventilação natural no interior de edifícios multifamiliares do programa “Minha casa minha vida” através de um estudo realizado com CFD (Computer Fluid Dynamic) em 3 tipologias arquitetônicas diferentes localizadas na cidade de Campinas/SP, visando contribuir para futuros projetos de habitação de interesse social no país de maior qualidade do meio ambiente interno. Depois de selecionados os empreendimentos a serem estudados, foram desenvolvidos modelos tridimensionais dos mesmos considerando nos apartamentos as aberturas efetivas para a ventilação (portas e janelas abertas, exceção da porta de entrada fechada). Estes modelos foram usados para simulação computacional da ventilação natural, através do ANSYS-CFX, um tipo de CFD que vem sendo largamente utilizado em pesquisas no mundo todo. Foram inseridos dados de direção e velocidade dos ventos obtidos do banco de dados de Campinas/SP no período de 2001 à 2010. Foram extraídos os resultados qualitativos (imagens do comportamento do fluxo de ar interno nos apartamentos) e quantitativos (médias de velocidades do ar no interior dos cômodos h=1,5m do piso). Os resultados mostram que nenhuma das três tipologias foi projetada levando-se em conta a ventilação natural como prioridade. Isto acarreta sérias consequências do ponto de vista de conforto térmico e eficiência energética destes edifícios. O pior desempenho foi verificado no edifício retangular com maior fachada monolítica (sem reentrâncias). Soluções simples de projeto podem incrementar a ventilação natural interior.

## 1 INTRODUÇÃO

A Ventilação natural acontece na arquitetura quando o vento, por meio de processos naturais, permeia as edificações no ambiente urbano e consegue atravessá-las – passando por seu interior – promovendo inúmeros benefícios principalmente em climas quentes como no Brasil.

De acordo com Santamouris et al (2007), a ventilação natural é um instrumento efetivo para obtenção de qualidade do ar no interior de edificações em ambientes urbanos, proteção da saúde, conforto térmico e redução do consumo de energia, uma vez que a extrema urbanização ao longo dos últimos anos resultou em importantes problemas econômicos, sociais, ambientais e de consumo energético.

Neste contexto, a ventilação natural tornou-se um recurso, ou ainda uma estratégia projetual, que se consolida como uma solução direta e de baixo custo, principalmente para as classes sociais menos favorecidas. Por isso o cenário escolhido para a realização desta pesquisa são as Habitações de Interesse Social-HIS, especificamente aquelas que estão inseridas no programa do governo federal brasileiro denominado Minha Casa Minha Vida - MCMV.

Este programa habitacional do governo federal, lançado em 2009, tem uma grande abrangência social, oferecendo subsídios para famílias de baixa renda - 0 à 3 e 3 à 6 salários mínimos- bem como famílias de renda mais elevada- 6 à 10 salários mínimos- para aquisição da “casa própria”. Isto aqueceu fortemente o mercado da construção civil brasileiro, principalmente quando o atual governo da presidente Dilma Roussef anunciou a nova fase do MCMV com meta de construção de 2,4 milhões de moradias até o fim de 2014. Esta grande demanda coloca em pauta a qualidade destas habitações do ponto de vista da ventilação natural interna e seu rebatimento no conforto térmico das mesmas.

O objetivo geral do artigo é discutir a ventilação natural no interior de edifícios multifamiliares do programa “Minha casa minha vida” através de um estudo realizado com CFD (Computer Fluid Dynamic) em 3 tipologias arquitetônicas diferentes localizadas na cidade de Campinas/SP, visando contribuir para futuros projetos de habitação de interesse social no país de maior qualidade do meio ambiente interno.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 Caracterização e escolha dos edifícios estudados

Inicialmente foram escolhidos os empreendimentos do MCMV na cidade de Campinas/SP que serviriam de base para o referido estudo. Esta escolha partiu de alguns critérios: empreendimentos dentro da faixa salarial de 0 à 3 salários mínimos, com o maior número de unidades habitacionais, com projeto aprovado pela prefeitura municipal e que apresentem configuração espacial interna diferentes entre si.

Sendo assim 3 empreendimentos foram selecionados como estudos de caso. Todos estes empreendimentos apresentam dois quartos, uma sala, uma cozinha, um banheiro e uma área de serviço, totalizando 42m<sup>2</sup> no máximo de área útil. Quanto a altura, todos os três edifícios possuem térreo mais 4 pavimentos (neste trabalho adotou-se o térreo como primeiro pavimento, assim são 5 pavimentos ao total). O pé direito interno dos apartamentos é 2,4m.

O Estudo de caso 1 é um empreendimento localizado na região Sudoeste de Campinas, que possui 2380 unidades habitacionais dispostas em 119 blocos. Sua planta é do tipo “H”, tipologia bastante comum neste tipo de habitação no país, conforme mostra Figura 01.

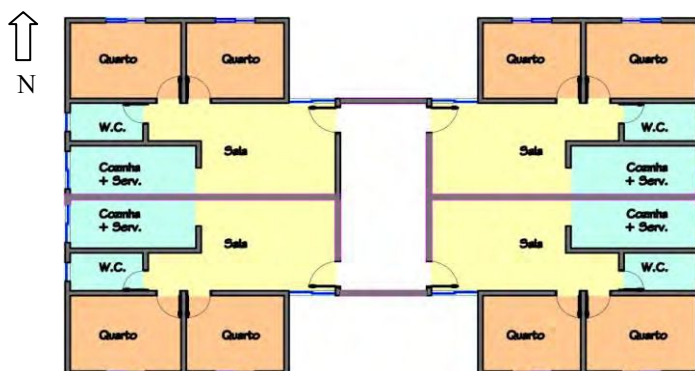


Figura 01: Fotografia e planta baixa do estudo de caso 1.

O Estudo de caso 2 é um empreendimento também localizado na região Sudoeste de Campinas, que possui 2700 unidades habitacionais dispostas em 135 blocos. Sua planta é levemente retangular, porém apresenta um grande diferencial das demais, pois a ventilação da cozinha e do banheiro se dá pela abertura da área de serviço (ver figura 02). Não raramente, este tipo de solução arquitetônica é adotada pelos projetistas e precisa ser avaliada.

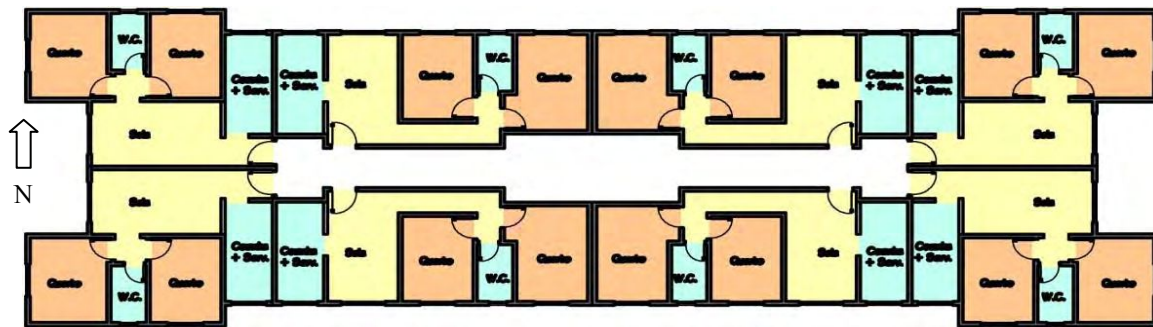


Figura 02: Fotografia e planta baixa do estudo de caso 2.

Finalmente o Estudo de caso 3 que localiza-se na região Sul de Campinas e possui 2120 unidades habitacionais distribuídas em 53 blocos com 8 unidades habitacionais por pavimento. Sua planta é acentuadamente retangular e diferentemente dos demais, possui banheiro localizado entre os quartos como mostra a figura 03.



(a)



(b)

Figura 03: Fotografia (a) e planta baixa (b) do estudo de caso 3.

## 2.2 Construção dos protótipos 3D e da malha tetraédrica

Sabe-se que para realizar uma simulação computacional com CFD é necessário construir o modelo 3D do objeto a ser estudado, salientando que estes modelos seguiram as características das construções existentes na realidade. Esses modelos 3D foram então confeccionados no AutoCAD e posteriormente exportados para o ICFM- CFD. Na referida pesquisa optou-se por utilizar um domínio cúbico, pois o foco é a ventilação no interior das unidades habitacionais, e esta decisão deu bastante agilidade às simulações.

Para confecção dos modelos tridimensionais, foram consideradas todas as aberturas existentes nos edifícios (portas e janelas). Para as portas, todas foram consideradas abertas, com exceção da porta de entrada que normalmente permanece fechada por questões de segurança e privacidade dos usuários. Para as janelas, foram consideradas apenas as aberturas efetivas de passagem do ar, ou seja, nas janelas de correr dos quartos, salas e cozinhas, considerou-se 50% da área da janela. Já nos banheiros, como as janelas usadas são basculantes de abertura total, considerou-se 100% da área da janela para passagem do ar. As Figuras 04, 05 e 06 mostram os modelos tridimensionais dos estudos de caso prontos.

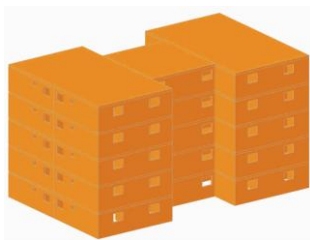


Figura 04: modelo 3D do estudo de caso 1.

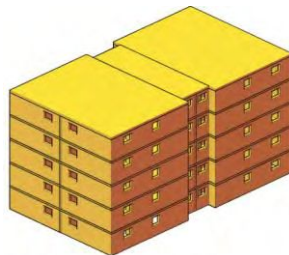


Figura 05: modelo 3D do estudo de caso 2.

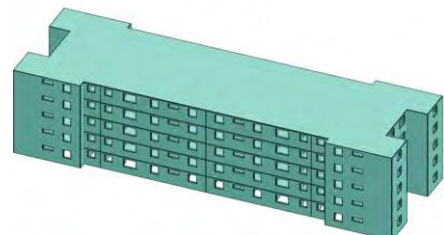


Figura 06: modelo 3D do estudo de caso 3.



No ICEM-CFD foram definidas as *Parts* do modelo, criado o Ponto material (*body*) e definidos os parâmetros para criação da malha tetraédrica. Optou-se por refinar a malha na parte do edifício e do piso (ver Figura 07).

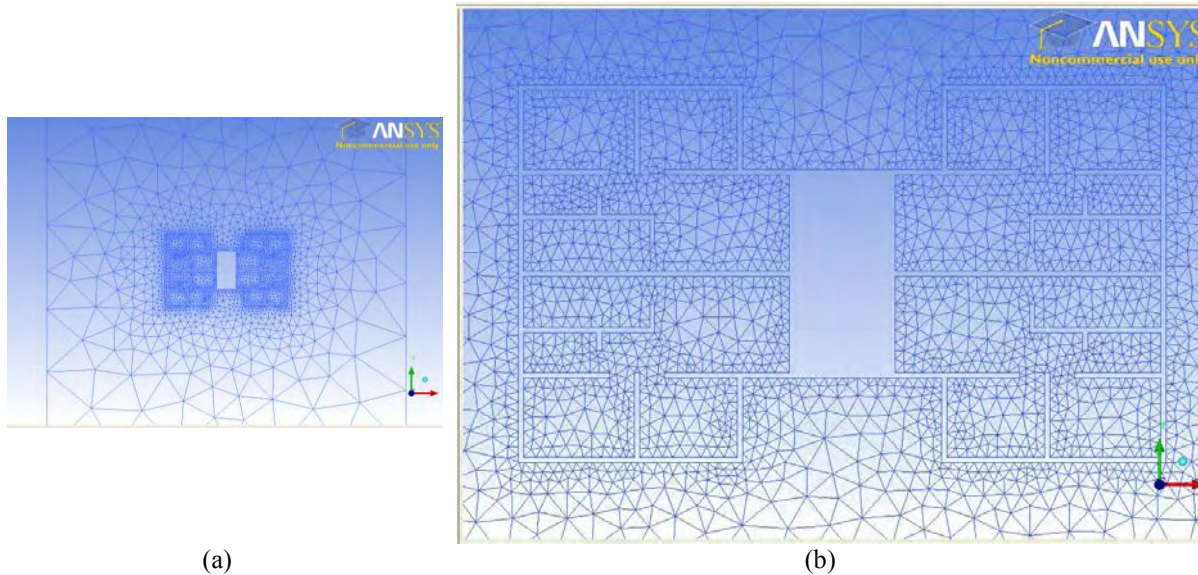


Figura 07: visualização malha tetraédrica estudo de caso 1(a), visualização aproximada em planta (b).

### 2.3 Dados climáticos de Campinas/SP

Como se pretendia a situação mais próxima da realidade, de estudo de ventilação por ação dos ventos exclusivamente, contactou-se a estação climatológica mais próxima dos empreendimentos. Neste caso foram usados dados fornecidos pela estação do Instituto Agrônomo de Campinas-IAC, relativos ao regime de ventos em Campinas no período de 9 anos consecutivos (2001 à 2010). Neste artigo serão apresentados resultados da direção Sudeste, que é predominante na cidade de Campinas, com uma velocidade do ar média de 3,59m/s. Estes foram os dados de entrada de vento (direção e velocidade) que foram usados nas simulações computacionais com o ANSYS-CFX.

### 2.4 Simulação computacional com ANSYS-CFX

No CFX-Pre, que é o primeiro módulo do CFX, foram definidas as condições iniciais e de contorno das simulações computacionais. O parâmetro mais importante inserido foi relativo à equação de perfil logarítmico de vento (Eq. (1)).

$$V(z) = V(z_{ref}) \frac{\ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{z_{ref}}{z_0}\right)} \quad (1)$$

Onde:

$V_{(z)}$ = velocidade na altura desejada;

$z$ = altura desejada;

$z_{ref}$ = altura de referência (no caso utilizou-se altura de 10m);

$z_0$ = Rugosidade da região (no caso, usou-se 0,5m para áreas de subúrbios).

No CFX-Solver realizou-se a simulação propriamente dita de cada modelo. No CFX- Post foram obtidos dados qualitativos para avaliação do fluxo de ar interno (imagens) e quantitativos através da obtenção das velocidades médias internas de cada cômodo.

Para as avaliações qualitativas foram obtidas imagens do comportamento de fluxo de ar interno por meio de planos (Figura 08) e vetores (Figura 09). Foram criados planos que correspondem à altura de zona de respiração humana de usuários no primeiro (térreo), terceiro e quinto pavimentos.

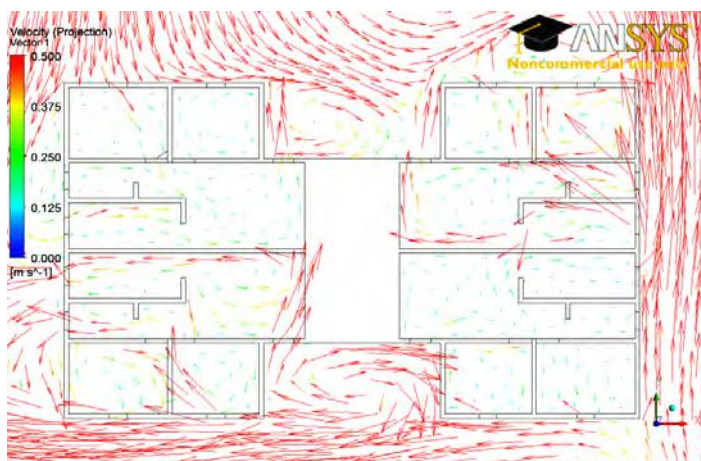


Figura 08: imagem de fluxo de ar interno do primeiro pavimentos por meio de vetores. Estudo de caso 1.

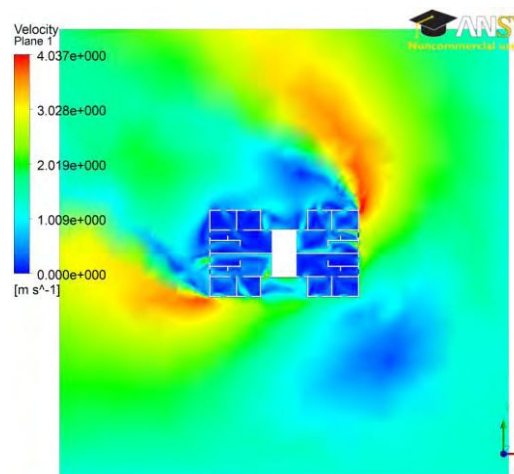


Figura 09: imagem de fluxo de ar interno do primeiro pavimento por meio de plano. Estudo de caso 1.

Os dados de velocidades do ar interna média em todos os cômodos dos apartamentos do primeiro (térreo), terceiro e quinto pavimentos, foram obtidos através da criação de “isoclips”. Esta é uma ferramenta do CFX-Post que corresponde à um corte na simulação segundo parâmetros do domínio (distâncias nos eixos x e y) fornecidos pelo usuário. Criada a *Isoclip*, o usuário pode obter informações sobre diversas variáveis (como velocidade do ar, temperatura, pressão) tendo por base cálculos realizados nos nós da malha tetraédrica localizados somente naquele local (Figura 10).

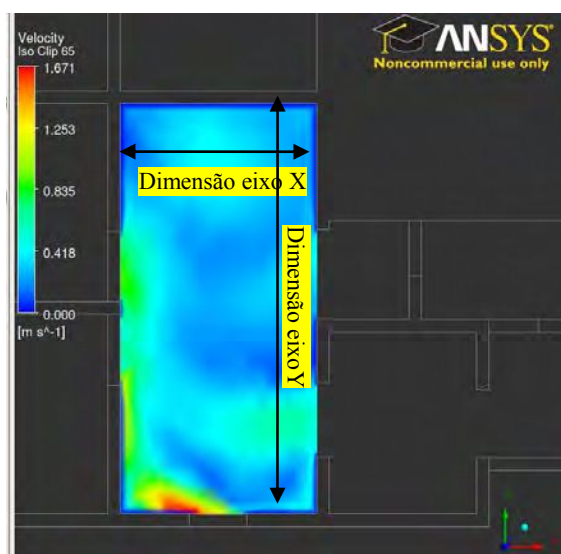


Figura 10: Exemplo de isoclip da sala do estudo de caso 2.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referem-se a ventilação natural para obtenção do conforto térmico dos usuários. Primeiramente foram interpretados os dados de velocidade interna média de cada cômodo de cada tipologia e obtidos gráficos para tal (Figura 11). Posteriormente foi feita análise do aproveitamento interno, que significa a relação de quanto do vento externo (velocidade do vento livre de obstáculos na mesma altura) foi aproveitado no ambiente interno (Figura 12). Esta relação foi proposta por Givoni (1962).

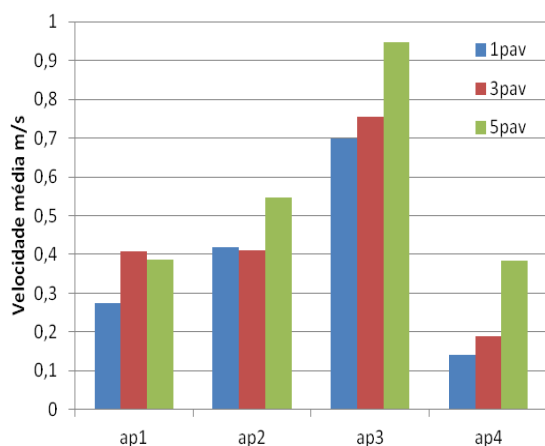


Figura 11: velocidades médias internas das cozinhas do estudo de caso 1, nos três pavimentos estudados.

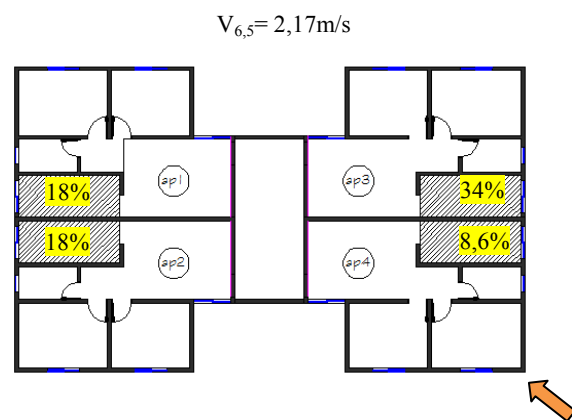


Figura 12: aproveitamento interno das cozinhas do estudo de caso 1, do terceiro pavimento.

No intuito de resumir os resultados e facilitar a visualização dos mesmos por parte dos projetistas, elaborou-se uma escala quantitativa (ver Figura 70) acerca das velocidades médias obtidas nos ambientes internos, a qual balizou as discussões apresentadas neste artigo. Em seguida foram elaborados diagramas cromáticos, que serão apresentados a seguir, nos quais estão expostos resultados filtrados como maioria entre o primeiro, terceiro e quinto pavimentos.

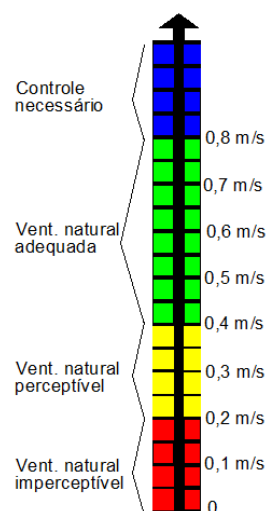


Figura 13: Escala cromática de velocidades do ar médias e seu efeito no conforto térmico.

Os resultados do estudo de caso 1, mostrados na Figura 14, mostram que o apartamento 2 é o mais bem ventilado, principalmente porque o fluxo acontece num sentido correto, ou seja, entra pelas zonas “secas” (quartos e sala) e sai pelas zonas “molhadas” (cozinha e banheiro). A posição da janela da sala na reentrância da forma “H” foi decisiva para este resultado.

O apartamento 3 apresenta boa ventilação na sala, cozinha e banheiro (até excessiva), no entanto o sentido do fluxo de ar acontece de forma invertida neste apartamento, pois entra pela cozinha e banheiro, saindo pela sala e quartos.

O apartamento 1, localizado na sombra de vento, apresenta ventilação natural inexistente nos ambientes de longa permanência (quartos e sala). Isto indica que os usuários desta unidade habitacional precisarão de outro sistema para retirada de calor produzido neste apartamento, o que elevará certamente o consumo energético no mesmo.

O apartamento 4, que está posicionado totalmente a favor de vento incidente, expõe suas aberturas sob pressão positiva de tal maneira que não havendo diferença de pressão significativa nas mesmas, não há ventilação cruzada no apartamento, o que confirma o péssimo resultado mostrado na Figura 14.

Portanto nesta tipologia, com vento incidente Sudeste, 50% dos apartamentos apresentaram deficiência quanto à ventilação natural, o que nos faz questionar a simetria imposta pela forma do edifício.

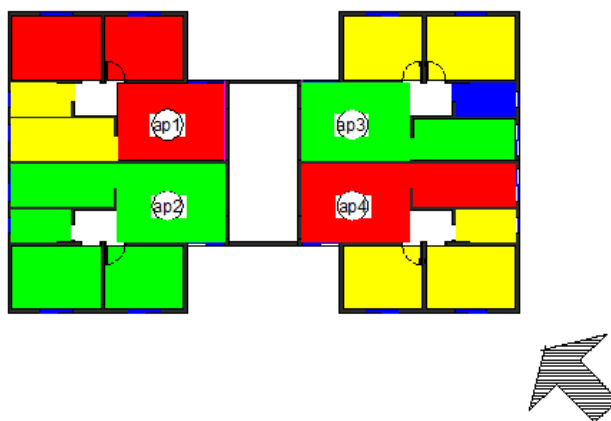


Figura 14: Diagrama dos resultados obtidos no estudo de caso 1 com vento incidente Sudeste.

Os resultados do estudo de caso 2, mostrados na Figura 15, mostram que o apartamento 4 é o mais bem ventilado, principalmente devido à abertura localizada na pequena reentrância que permite a entrada do fluxo de ar fortemente pela área de serviço. Vale salientar, no entanto, que o sentido do fluxo de ar neste apartamento acontece das zonas de “áreas molhadas” para zonas “secas”.

O apartamento 2 apresenta ventilação excessiva em um dos quartos, o que pode proporcionar desconforto térmico para frio. No entanto nos demais ambientes a ventilação não atingiu um bom resultado, principalmente na cozinha.

O apartamento 1, localizado na sombra de vento, apresenta sérios problemas de ventilação. O apartamento 3, por motivos antagônicos também.

Assim, esta tipologia mostra que a criação de ambientes sem aberturas externas diretas para a ventilação, como acontece na cozinha e no banheiro, não é numa boa solução de projeto e não deve ser praticada pelos projetistas. De uma maneira geral, o único apartamento que apresentou resultado razoável de ventilação natural (apartamento 4), possui fluxo invertido.



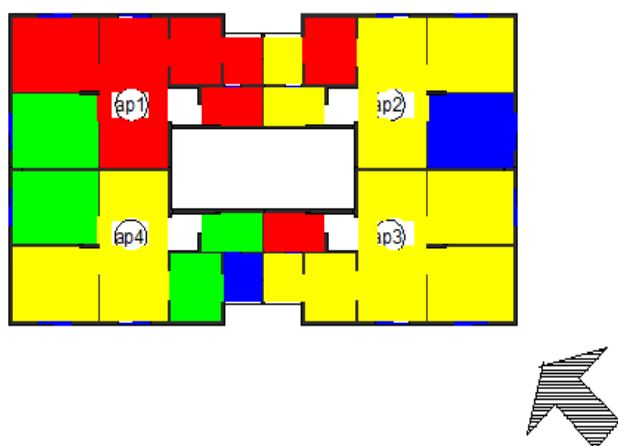


Figura 15: Diagrama dos resultados obtidos no estudo de caso 2 com vento incidente Sudeste.

Os resultados do estudo de caso 3, mostrados na Figura 16, mostra que os apartamentos do canto (1 e 4) apresentam os melhores resultados. No apartamento 4 o vento entra pela sala, saindo pela cozinha e quartos. No apartamento 5 ocorre o oposto, pois o vento entra pela cozinha (com abertura localizada na reentrância) saindo pela sala.

Os apartamentos do centro posicionados à barlavento ( apartamentos 6 e 7) não apresentam boa ventilação. Isto ocorre pois as aberturas estão todas voltadas para a mesma fachada, expostas à mesma pressão, o que configura ventilação unilateral. Nos apartamentos à sotavento ( apartamentos 1, 2 e 3) a ventilação natural não funciona, o que indica que para todos estes será necessário outro sistema de retirada de calor e promoção de conforto térmico. Assim, nesta tipologia, com vento incidente Sudeste, 50% das unidades habitacionais apresentaram ventilação inexistente, outros 25% apresentaram ventilação apenas perceptível, porém sem efeito direto no conforto térmico.

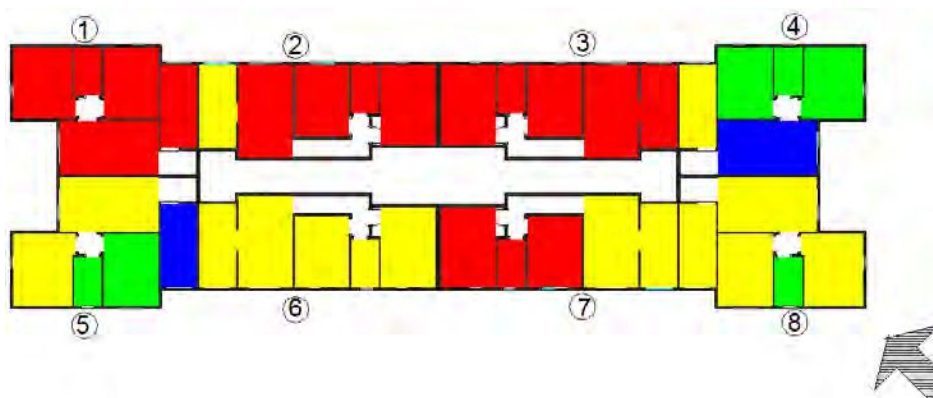


Figura 16: Diagrama dos resultados obtidos no estudo de caso 2 com vento incidente Sudeste.

Estes resultados trazem algumas reflexões para os projetistas em geral acerca de simples decisões projetuais em favor da ventilação natural. A simetria formal apresentada pelas três tipologias aqui discutidas deve ser questionada pelos projetistas.

O uso de fachadas monolíticas e muito alongadas deve ser evitado, principalmente em edifícios que possuem corredor central (como é o caso aqui estudado). No intuito de combater

este problema, o uso de reentrâncias é bem aceito, pois proporciona mais diferença de pressão nas fachadas.

O ideal neste tipo de habitação é o uso de circulações periféricas e bem ventiladas com inserção de portas de entrada ventiladas ( por meio de venezianas ou bandeiras).

A especificação do tipo de esquadrias pode funcionar como uma reentrância, proporcionando uma canalização para entrada ou saída do fluxo de ar.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Além de vários cuidados que o projetista pode ter ainda na fase de projeto, discutidos neste artigo, outros cuidados podem ser mencionados para os órgãos executores e fiscalizadores deste tipo de habitação. Devem-se observar atentamente as tipologias que estão sendo aprovadas neste programa habitacional quanto à ventilação natural. Devem-se usar métodos para avaliação do edifício ainda na fase de projeto, bem como na fase pós-ocupação. Seria muito importante se houvesse por parte do governo a promoção de benefícios aos executores que priorizam uso de ventilação natural, culminando assim em edifícios mais eficientes do ponto de vista energético e do conforto térmico.

#### **REFERENCIAS**

ALLARD, F. *Natural ventilation in buildings: a design handbook*. James e James: London, 1998.

AWBI, H. B. *Ventilation of Buildings*. London: E & FN Spon, 1995.

BRANDÃO, R. S. *As Interações espaciais urbanas e o clima*. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo, Tecnologia da Arquitetura), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Paulo: FAUUSP, 2009.

BROWN, G. Z & e DEKAY, M. *Sol, vento e luz: estratégias para o projeto de arquitetura*. Porto Alegre: Bookman, 2004.

CANDIDO C, LAMBERTS R., BITTENCOURT L., DEAR R.. *Aplicabilidade dos limites de velocidade do ar para efeito de conforto térmico em climas quentes e úmidos*. Revista Ambiente construído. Porto Alegre, v.10, n.4, p.59-68, out/dez 2010.

COSTA, L. C. do N. *Aproveitamento da ventilação natural nas habitações: um estudo de caso na cidade de Aracaju – SE*. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.

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

SANTAMOURIS et al (2007). Recent progress on passive cooling techniques advanced technological developments to improve survivability levels in low-income households. *Energy and Buildings*, 39. Pg 859, 856.

