



XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Avanços no desempenho das construções – pesquisa, inovação e capacitação profissional

12, 13 E 14 DE NOVEMBRO DE 2014 | MACEIÓ | AL

PROJETOS DE EDIFÍCIOS MULTIFAMILIARES DO “MINHA CASA MINHA VIDA”: ANÁLISE DO PONTO DE VISTA DA VENTILAÇÃO NATURAL

MORAIS, Juliana Magna Costa (1); LABAKI, Lucila Chebel

(1) UNICAMP, e-mail: jumagancosta@hotmail.com (2) UNICAMP, e-mail: lucila@fec.unicamp.br

RESUMO

A ventilação natural é uma estratégia projetual que deve ser usada sempre que possível em países de clima quente como o Brasil. O uso desta estratégia deve ser priorizado principalmente em projetos destinados à população de baixa renda como é o caso dos edifícios incluídos no “Programa Minha Casa Minha Vida”- PMCMV. O objetivo geral deste artigo é discutir a qualidade de projetos de edifícios multifamiliares criteriosamente escolhidos do PMCMV, do ponto de vista da ventilação natural no interior de edifícios. Metodologicamente a pesquisa baseia-se em três estudos de caso avaliativos quanto ao desempenho da ventilação natural interna por meio de simulação computacional com CFD (Computer Fluid Dynamics). Primeiramente realizou-se a seleção dos edifícios que serviram de estudo de caso e a consequente modelagem 3D destes, considerando suas aberturas. Posteriormente realizou-se caracterização climática dos ventos (de Campinas), para obtenção dos dados de entrada no CFD. Por fim, realizou-se a simulação computacional da ventilação natural nas três tipologias escolhidas como estudos de caso para três diferentes ângulos de incidência do vento (0°, 90° e 135°). Foram extraídos resultados quantitativos (velocidade média do vento em cada ambiente interno) e qualitativos (imagens do fluxo de ar externo e interno). Entre as tipologias estudadas os resultados apontam para um melhor desempenho de ventilação interna no edifício da tipologia 1, com planta tipo “H”, no qual a abertura localizada na grande reentrância representou papel determinante para tal. Na tipologia 2, com planta quadrada, comprovou-se que a solução projetual de ventilar banheiro e cozinha por meio de abertura localizada na área de serviço não é eficiente. Porém o pior desempenho foi verificado na tipologia 3 com planta retangular o qual apresenta maior fachada monolítica (sem reentrâncias). Os apartamentos mais prejudicados foram aqueles localizados na parte central do edifício. Assim, propõem-se recomendações projetuais visando evitar erros os quais comumente acontecem em nosso país, uma vez que este tipo de projeto se repete, independentemente das características climáticas de cada região.

Palavras-chave: Ventilação natural, simulação computacional e habitação de interesse social.

ABSTRACT

The natural ventilation is a project strategy that must be used always when possible, mainly in warm countries like Brazil. The use of such strategy must be prioritized mainly in projects that has objective to the low-incomes families, like the buildings included in the very know Brazilian social program “My House, My Life” – PMCMV. This paper aims the discussion of the natural ventilation into the multifamily buildings to PMCMV in three different architectonics typologies localized in Campinas city – SP. Methodologically, this thesis bases in three cases’ studies that evaluate the performance of natural internal ventilation through computational simulation with CFD (Computer Fluid Dynamics). So, first of all it was made the selection of the undertaken that were the focus of this case’s research, and the consequent 3D modeling of those buildings considering their openings. In a second step, it was made the wind’s climate characterization in Campinas, looking to obtain starting data to CFD. At the end, it was done the computer simulation to the natural ventilation for the threes typologies chosen as the case’s study to the three different incident angles of the wind (0°,90° e 135°). It were obtained quantitative results (average speed to the wind in each internal environment) and qualitative (internal and external

air flow images). Among the three typologies researched, the results points to the better performance for the internal ventilation in the building of the typology 1, with the plant kind “H”, where the opening localized on the big reentrance showed important role to that. In the typology 2, it was concluded that the projectual solution to ventilate the bathroom and kitchen through the opening localized in the service area it wasn't efficient.. However, the worst performance was verified to the rectangular building with the bigger monolithic façade (without reentrances), mainly to the apartments localized in the central part of the building. Therefore, the biggest research's contribution is through to the projectual recommendations aiming to avoid detected mistakes into those studies' cases, which constantly repeat in our country, when such kind of project is rather repeated, independently of the climates characteristics in each region.

Keywords: natural ventilation, computer simulation, public housing.

1 INTRODUÇÃO

Desde que se confirmou a crise no cenário energético mundial, a arquitetura passou a desempenhar um papel ainda mais importante, pois pode através da correta utilização de recursos naturais, oferecer aos seus usuários não somente um edifício mais confortável e saudável, como também eficiente energeticamente. Assim, o uso de estratégias passivas de resfriamento deveria ser o ponto de partida quando se visa projetos adequados a climas quentes como é o caso do Brasil. A ventilação natural é um recurso, ou ainda uma estratégia projetual, que se consolida como uma solução direta e de baixo custo, trazendo inúmeros benefícios dentre eles o conforto térmico e a eficiência energética, uma vez que os edifícios bem ventilados não necessitam de climatização artificial.

Este artigo discute o uso da ventilação natural em habitações de interesse social, especificamente aquelas que estão inseridas no programa do governo federal denominado “Programa Minha Casa Minha Vida” - PMCMV.

Mesmo sabendo que cada região do Brasil faz parte de um mesoclima com especificidades que determinam características de projeto diferenciadas, o que ocorre na pratica é que os projetos deste tipo de habitação no país são repetidos em várias localidades. Isto acontece, sobretudo por parte das empresas executoras que utilizam o mesmo projeto arquitetônico numa obra seja em Campinas/SP ou em Fortaleza/CE. Outra questão é que visando a maior obtenção de lucros por parte das empresas executoras, os blocos são implantados nos lotes quase que aleatoriamente, considerando apenas objetivo final de locar o máximo numero possível de blocos por gleba. Com isso, são esquecidos requisitos tão importantes como a implantação mais eficiente do bloco frente ao vento dominante, o que confirma que a ventilação natural não é tratada como item de prioridade nestes edifícios.

2 OBJETIVO

O objetivo deste artigo é apresentar análise de ventilação natural por meio de simulação computacional em projetos de edificios do programa “Minha Casa Minha Vida” no intuito de alertar os projetistas em geral sobre decisões de projeto que podem influenciar na ventilação interna e consequentemente no conforto térmico dos usuários.

3 METODO

O método adotado neste artigo está dividido em três etapas principais:

1. Seleção e caracterização dos estudos de caso em Campinas/SP
2. Caracterização dos ventos em Campinas/SP
3. Simulação computacional da ventilação natural usando ANSYS CFX

3.1 Seleção e caracterização dos estudos de caso em Campinas/SP

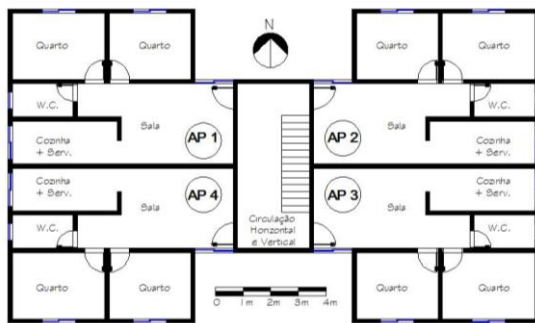
O PMCMV chegou a Campinas no ano de 2009. No ano seguinte, o panorama de construções aprovadas pelo programa nesta cidade já era considerado muito grande. O principal critério para seleção dos empreendimentos foi a abrangência social (por isso optou-se por edificações multifamiliares), sendo assim, foram selecionados empreendimentos que tivessem aproximadamente 2 mil unidades habitacionais e que estivessem na faixa salarial de 0 a 3 salários mínimos, a qual corresponde à população de baixa renda. Outro fato levado em consideração foi a escolha de empreendimentos que tivessem seus projetos já aprovados pela Prefeitura de Campinas, pelo simples fato de serem avaliados edifícios que já estão sendo usados pela população. Por fim foram selecionados edifícios com tipologias arquitetônicas diferentes, que resultam em plantas e volumetrias também distintas. Neste artigo serão comparados três estudos de caso, todos com cinco pavimentos (sendo o térreo o primeiro deles).

O estudo de caso 1 está localizado no conjunto residencial Parque São Bento, na macrorregião Sudoeste de Campinas e foi entregue à população no fim de 2011. Este empreendimento possui um total de 2.380 unidades habitacionais distribuídas em 119 blocos. Sua planta de pavimento tipo, mostrada na Figura 1, é do tipo “H”, tipologia bastante usada no país desde a época dos Institutos de Aposentadorias e Pensões- IAP’s (BRUNA,2010). Numa rápida análise do projeto, percebe-se que a porta principal de cada apartamento encontra-se numa posição que não somente compromete a abertura da janela da sala, como também está alinhada em relação à porta do banheiro. Isto poderia ter sido evitado ainda na fase de projeto.

O estudo de caso 2 constitui-se numa particularidade. Ele não foi realmente construído como consta no projeto apresentado pela prefeitura, no entanto, foi escolhido porque a planta original apresenta ventilação de cozinha e banheiro através da abertura da área de serviço e esta, infelizmente, não é uma solução projetual difícil de ocorrer neste tipo de empreendimento. O conjunto localiza-se na macrorregião Sudoeste de Campinas e apresenta 2700 unidades habitacionais distribuídas em 135 blocos. Quanto à distribuição interna das unidades habitacionais, há um claro problema de circulação, pois a porta de entrada quando aberta, interrompe a passagem para o banheiro. Isto também poderia ter sido facilmente evitado em fase de projeto: apenas a relocação da porta para a parede ao lado. Nesta tipologia, a sala dá acesso direto aos quartos, não havendo hall para essa ligação e seu formato é, portanto, bastante longilíneo (Figura 2).

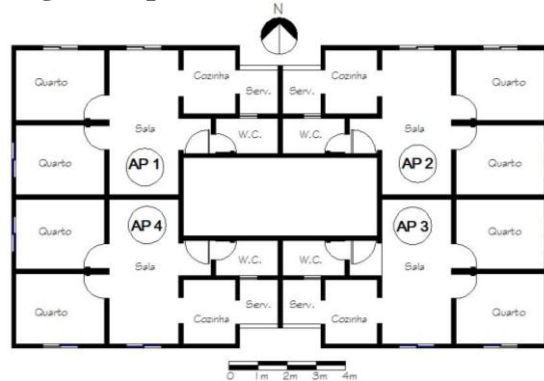
O estudo de caso 3 localiza-se na macrorregião Sul de Campinas, às margens da rodovia Anhanguera SP330. O empreendimento total apresenta 2120 unidades habitacionais distribuídas em 53 blocos, resultando em oito unidades habitacionais por pavimento (Figura 3). Esta construtora habitualmente constrói blocos conjugados dois a dois com parede geminada, o que é uma tendência atual deste mercado devido à vantagem de ganhar mais espaço na gleba para acomodar mais blocos. O resultado final é um edifício bastante alongado com duas fachadas monolíticas dotadas de pequena reentrância e duas fachadas menores com reentrância considerável. Internamente possui 4 unidades habitacionais de canto iguais entre si (ap1, ap4, ap5 e ap 8), e as demais unidades habitacionais na parte central do edifício, também iguais entre si (pior distribuição interna). Diferentemente dos outros, este edifício apresenta banheiro entre os quartos, e não ao lado da cozinha.

Figura 1: planta baixa estudo de caso 1



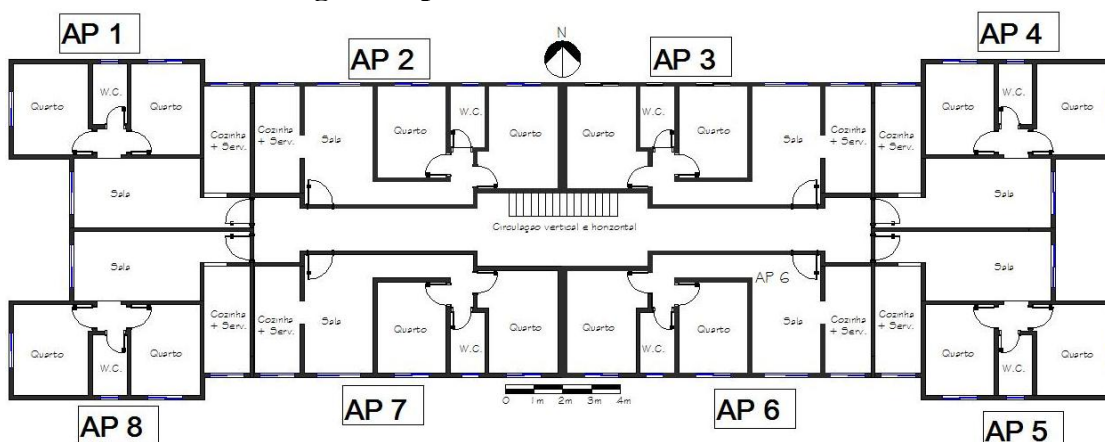
Fonte: autora

Figura 2: planta baixa estudo de caso 2



Fonte: autora

Figura 3: planta baixa do estudo de caso 3



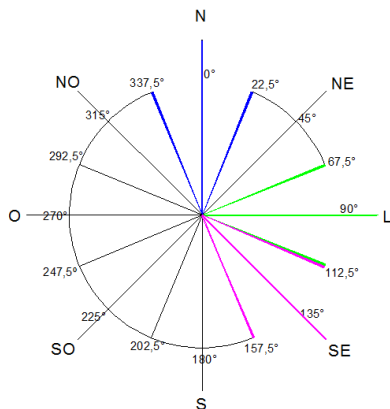
Fonte: autora

3.2 Caracterização dos ventos em Campinas/SP

A caracterização de ventos se fez necessária, pois se precisava criar um cenário próximo à realidade nas simulações computacionais. A estação utilizada pertence ao posto meteorológico do Instituto Agrônomo de Campinas- IAC, localizado na Fazenda Santa Elisa (latitude de 22°53' S; longitude de 47°5' W; altitude de 664 m). Este posto localiza-se numa zona próxima a um dos empreendimentos estudados (estudo de caso 3) e com rugosidade similar a dos empreendimentos (região suburbana). Para tal caracterização foram enviados, pela estação, dados de velocidade do ar e direção do vento. Os dados enviados eram diários e horários, abrangendo um período de nove anos consecutivos (de 2001 à 2010). Sequencialmente procedeu-se a determinação das direções predominantes dos ventos e a consequente velocidade média representativa de cada direção. A Figura 4 mostra os intervalos que foram considerados como sendo de cada direção no banco de dados. Em Campinas verificou-se que a direção predominante é Sudeste com velocidade média representativa de 3,59m/s seguida da direção Norte, com velocidade média de 2,64m/s.

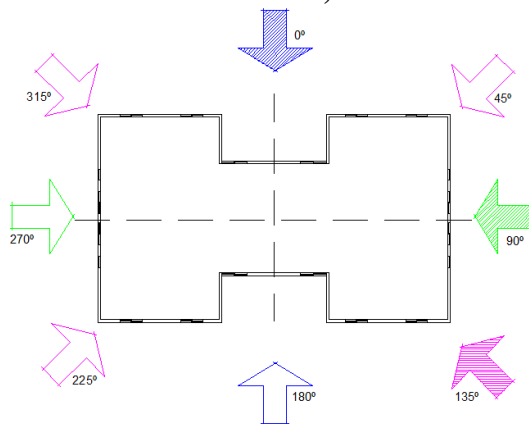
Assim, decidiu-se simular as direções 0° (usou-se banco de dados direção Norte), 135° (banco de dados da direção Sudeste) e 90° (usou-se banco de dados do vento Leste com velocidades médias de 2,17 m/s), pois a intenção é mostrar aos projetistas o comportamento da ventilação interna destas tipologias em pelo menos três diferentes incidências de vento em relação à geometria dos edifícios (que são simétricos). Assim o projetista pode entender o que ocorre nas demais orientações, como mostra a Figura 5.

Figura 4: intervalos de valores de direção registrados pela estação IAC considerados no banco de dados.



Fonte: autora

Figura 5: esquema gráfico indicativo da implantação do edifício 1 diante dos ventos simulados de 0°, 90° e 135°.



Fonte: autora

Sendo assim os valores de velocidade média e direções foram usados nas simulações apenas para se tentar reproduzir um cenário de ventilação externa ao edifício próximo a uma realidade existente – no caso escolheu-se a cidade de Campinas. No entanto as análises podem ser consideradas para outras localidades desde que se entenda a posição do bloco em relação ao vento dominante local e, que se considerem os valores de velocidade média do mesmo a uma altura de 10m.

3.3. Simulação computacional da ventilação natural com ANSYS/CFX

Para a referida pesquisa utilizou-se o CFX 13.0 produzido pela empresa ANSYS e devidamente licenciado no laboratório da Engenharia Química. As simulações foram executadas por um “cluster” computacional com 90 nós de processamento de 3GHz. O ANSYS-CFX compõe-se de quatro módulos nos quais podem ser executadas etapas da simulação que vão desde a confecção do modelo até o tratamento dos resultados. Antes de qualquer passo, fez-se necessária a construção dos modelos a serem simulados.

Os modelos tridimensionais foram confeccionados no AutoCad e exportados para o ICEM CFD. Nos três modelos utilizou-se a altura de parede de 2,4m com laje de 10cm como os modelos tem 5 pavimentos (térreo +4), a altura total dos edifícios foi de 12,5m. Nestes modelos todas as janelas foram consideradas abertas assim como as portas internas, com exceção da porta de entrada do apartamento, que por questões de privacidade/segurança normalmente permanecem fechadas.

Apenas aberturas efetivas para ventilação foram consideradas nas janelas. Ou seja, nas cozinhas, quartos e salas, onde o tipo de esquadria utilizado foi janela de correr, considerou-se apenas 50% do tamanho da esquadria. Já nos banheiros, o tipo de esquadria utilizada foi basculante com abertura total, então a área efetiva de abertura é igual à área da janela.

O próximo passo foi a definição do domínio. Como o objetivo era avaliar a ventilação interna do edifício, utilizou-se um domínio cúbico. Esta decisão deu agilidade às simulações uma vez que mudando as coordenadas vetoriais do vento incidente (direção e velocidade de referência), foi possível fazer uma nova simulação utilizando a mesma malha e o mesmo modelo.

Quanto à malha, os principais parâmetros seguiram padrões estabelecidos em outras simulações computacionais de ventilação natural (PRATA, 2005; LEITE, 2010). Utilizou-se a malha tetraédrica em função do tempo de simulação, além de que, se ajusta melhor a geometrias complexas. Refinou-se as Parts CHAO e PREDIO onde o tamanho máximo do tetraedro foi de 0,3m.

No *CFX-Pre* as condições iniciais seguiram o padrão indicado pelo CFX para este tipo de simulação, apenas ressalta-se a escolha do modelo de turbulência. Utilizou-se o modelo de turbulência híbrido conhecido pela sigla SST que reúne dois tipos de modelos: o k-ε (k-Epsilon), que é mais usado para escoamentos externos e o k-ω (k-ômega), o qual é mais usado em escoamentos confinados ou junto às paredes. Esta decisão deu-se em função do objetivo geral que visa à ventilação interna dos edifícios escolhidos como estudos de caso.

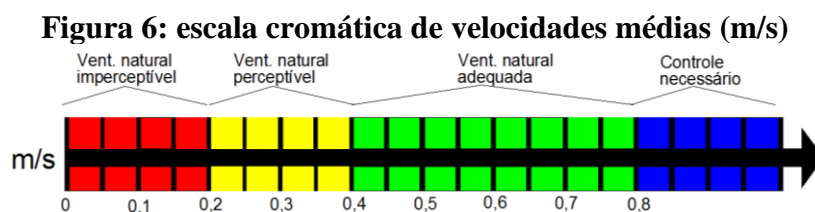
As condições de contorno são um conjunto de parâmetros aplicados às *parts* do domínio, que interferem diretamente no escoamento. Neste artigo utilizou-se a equação de perfil logarítmico do vento como dado de entrada (INLET) onde o valor da velocidade a 10m foi substituído pelo valor médio encontrado em cada direção.

No *CFX-Post*, foram gerados três planos horizontais localizados respectivamente a 1,5m, a 6,5m e a 11,5m do solo. Essas alturas foram escolhidas por corresponderem à altura de zona de respiração humana (em média 1,5m acima do piso) do primeiro, terceiro e quinto pavimentos. Além de recursos de análise qualitativa do fluxo de ar interno, como é o caso de visualização por meio de vetores, utilizou-se ferramenta denominada *Isoclips*, que corresponde a 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 tendo por base cálculos realizados nos nós da malha tetraédrica localizados naquele local. Esta ferramenta permitiu a obtenção dos valores de **velocidade média** do ar em cada ambiente nos três planos em questão se aproximando assim da metodologia proposta por Givoni (1962).

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

A seguir serão apresentados os resultados obtidos para 3 direções de vento incidente: 0° (vento Norte), 90° (vento Leste), incidência de vento oblíqua à 135° (vento Sudeste). Como os edifícios estudados são simétricos, estes resultados podem ser rebatidos.

Para cada estudo de caso inicialmente são tecidas análises qualitativas, obtidas de imagens vetoriais do fluxo de ar no interior dos apartamentos relacionadas a direção e percurso do vento. Em seguida apresentam-se as análises quantitativas obtidas das velocidades médias registradas nas *Isoclips*. Para estas análises de velocidades médias estabeleceu-se uma escala cromática de valores relacionados ao conforto térmico (Figura 6). Esta escala foi desenvolvida com base no trabalho de Cândido et al (2010).



Fonte: autora.

Os resultados que serão apresentados a seguir foram obtidos da seguinte maneira: realizou-se classificação cromática das velocidades médias de cada ambiente para as três alturas de pavimento estudadas (primeiro, terceiro e quinto pavimentos). A seguir foram obtidos os diagramas finais sempre representando dois dos três resultados

encontrados. Ou seja, sempre a maioria. Assim é possível dar um panorama geral do desempenho da tipologia por direção de vento incidente.

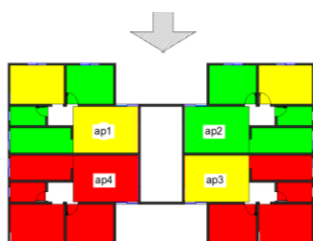
4.1 Estudo de caso 1

Em linhas gerais quando o vento incidiu a 0° (Figura 7) o fluxo de ar que percorreu os apartamentos a barlavento (ap1 e ap2) entrou pela abertura da sala –posicionada na grande reentrância- e usou as aberturas da cozinha e banheiro como saída. Este sentido de percurso, onde o ar entra por uma zona seca e sai por zonas de áreas molhadas, responsáveis pela grande produção de odores, é considerado correto e deve ser buscado sempre que possível pelos projetistas. Porém nos demais apartamentos, ap3 e ap4 - os quais se localizam à sotavento- apesar do mesmo sentido, os valores de velocidades médias foram baixíssimos.

Para incidência à 90° (Figura 8), a eficiência da ventilação ficou totalmente concentrada nos ambientes que possuem abertura direta para esta posição (cozinhas e banheiros), funcionando como entrada de ar (zona de pressão positiva) e na sala por ter abertura que funcionou como saída de ar (localiza-se numa zona de pressão negativa). Ou seja, nestes apartamentos o vento vai da cozinha para a sala estando os quartos sem ventilação. A simples adoção de outra abertura ou do deslocamento da existente para a fachada de vento incidente mudaria este resultado.

Já na incidência à 135° (Figura 9) identificou-se um maior incremento da ventilação nos apartamentos 2 e 4 e deficiência nos apartamentos 1 e 3 . No apartamento 4 além de ser ótima a ventilação em todos os ambientes, ela ocorreu no sentido correto, contrariamente ao apartamento 2.

Figura 7: síntese dos resultados da tipologia 1. Vento incidente 0° .



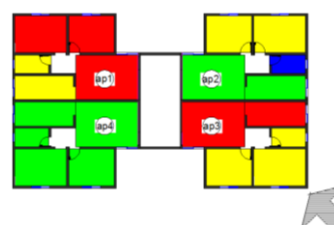
Fonte: autora.

Figura 8: síntese dos resultados tipologia 1. Vento incidente 90° .



Fonte: autora.

Figura 9: síntese dos resultados tipologia 1. Vento incidente 135° .



Fonte: autora.

4.2. Estudo de caso 2

Nesta tipologia, com incidência de vento a 0° (Figura 10), de uma maneira geral, nem os apartamentos à barlavento apresentaram valores de velocidades médias adequados ao conforto (com exceção da área de serviço e quarto com abertura lateral).

Na incidência de vento à 90° (Figura 11), somente os quartos com aberturas localizadas à barlavento (quartos D dos apartamentos 2 e 3) apresentaram resultados satisfatórios do ponto de vista de ventilação natural para conforto térmico. Nos demais ambientes, mesmo nos apartamentos à barlavento, os resultados foram ruins. O desempenho geral desta tipologia para incidência de vento à 90° é considerado muito baixo.

Para vento incidente à 135° o apartamento mais bem ventilado foi o apartamento 4. Ainda assim a sala e o quarto C apresentaram deficiência de ventilação indicando provável desconforto térmico para calor nestes ambientes. O apartamento 3 por ter a

maior parte das aberturas sob pressão positiva, não apresentou boa ventilação. O apartamento 1, como já era esperado por localizar-se à sotavento, também não obteve bons resultados, com exceção do quarto D (eixo do edifício) o qual apresentou ventilação adequada devido a diferença de pressão nas aberturas.

Figura 10: síntese dos resultados da tipologia 2. Vento incidente 0°.



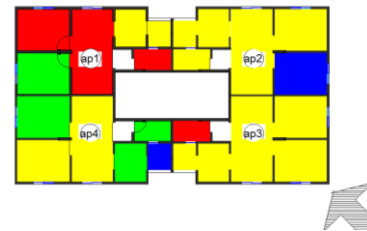
Fonte: autora.

Figura 11: síntese dos resultados da tipologia 2. Vento incidente 90°.



Fonte: autora.

Figura 12: síntese dos resultados da tipologia 2. Vento incidente 135°.



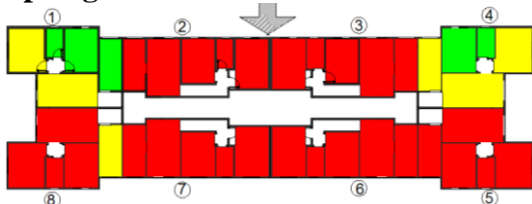
Fonte: autora.

4.3. Estudo de caso 3

Para ventos a 0° (Figura 13) apenas os apartamentos de canto à barlavento (ap1 e ap4), apresentaram ventilação regular, pois as aberturas de cozinha e quartos serviram de entrada e a abertura da sala, posicionada na grande reentrância, serviu como saída de ar. Os demais apartamentos a barlavento, por apresentarem aberturas todas voltadas para a mesma fachada, sob a mesma pressão do vento, não apresentaram ventilação cruzada, e sim unilateral. Nos apartamentos à sotavento os resultados foram péssimos.

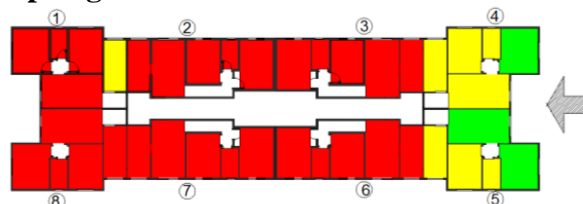
Praticamente o mesmo resultado pode ser observado para incidência à 90° (Figura 14), onde dos 8 apartamentos, apenas 2 apresentaram ventilação natural cruzada.

Figura 13: síntese dos resultados da tipologia 3. Vento incidente 0°.



Fonte: autora.

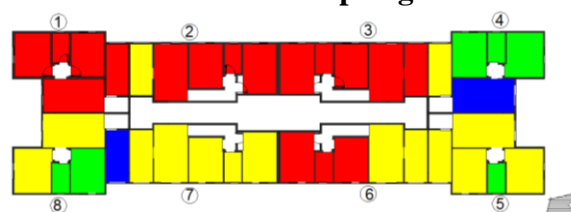
Figura 14: síntese dos resultados da tipologia 3. Vento incidente 90°.



Fonte: autora.

Com vento incidente à 135° a situação melhorou um pouco (Figura 15) para os apartamentos do centro à barlavento pois houve incremento de diferença de pressão nas aberturas, mas nada significativo para conforto térmico. Os melhores resultados foram nos apartamentos de esquina, 4 e 8. No apartamento 4 o sentido da ventilação acontece de forma desejável (da sala para quartos e cozinha), já no apartamento 8 ocorre sentido inverso (ventilação vinda da cozinha para sala), o que deve ser evitado pelo projetista.

Figura 15: síntese dos resultados da tipologia 3. Vento incidente 135°.



Fonte: autora.

4.3. Comparação entre os estudos de caso

Para comparar as três tipologias realizou-se tratamento estatístico do banco de dados das velocidades médias em todos os ambientes nas três alturas de pavimento e nas três direções de vento dominante. Foi necessário utilizar um procedimento estatístico de comparação de médias, denominado análise de variância- ANOVA, a fim de obter evidências sobre quais diferenças foram estatisticamente significativas. Foram elaborados gráficos (Figuras 16 e 17) para demonstrar o “perfil das velocidades médias” considerando estes fatores que foram diferentes estatisticamente.

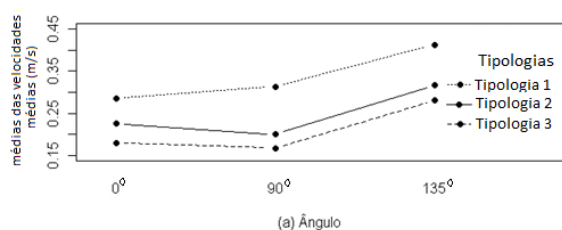


Figura 16: Perfis de velocidades médias do ar por ângulo (a) para as três tipologias

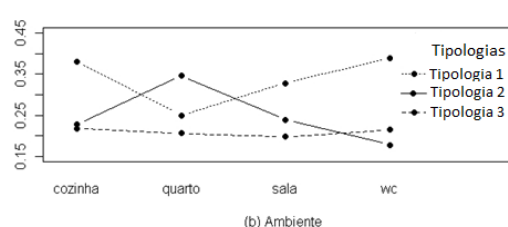


Figura 17: Perfis de velocidades médias do ar por ambiente (b) para três tipologias

Resumidamente a tipologia 1 apresentou melhor desempenho que as demais nos três ângulos de incidência. Além disso, nos três estudos de caso a incidência a 135° foi melhor que as demais. Relativo aos ambientes, o estudo de caso 1 apresentou maiores velocidades médias do ar em quase todos, exceto nos quartos, onde é superada pela Tipologia 2. Esta, por sua vez, mostrou um péssimo resultado no banheiro (WC) e cozinha, os quais são ventilados pela área de serviço. Em relação à Tipologia 3, é interessante notar que as médias de velocidades permanecem praticamente constantes em todos os ambientes, nos quais foram registrados valores baixíssimos.

5. CONCLUSÕES

Primeiramente alerta-se para a implantação do edifício no lote. Nesta pesquisa investigou-se três implantações diferentes dos blocos perante o vento dominante e constatou-se que a posição de implantação oblíqua (ou diagonal) do edifício em relação ao vento dominante é a mais indicada para as três tipologias estudadas.

Quanto ao aspecto geométrico dos edifícios, observou-se que o uso de reentrâncias nas fachadas incrementa a diferença de pressão nas aberturas ali contidas. Entre as três tipologias estudadas a tipologia 1, com grande reentrância central na fachada, apresentou os melhores resultados de ventilação nos apartamentos. Para o caso de edifícios com circulação vertical central e sem bandeiras nas portas internas e principal (como é o caso deste tipo de habitação), afirma-se ainda que edifícios monolíticos e muito alongados, com fachadas desprovidas de reentrâncias, resultam em apartamentos centrais desprovidos de ventilação, como ocorreu na Tipologia 3. Portanto, este tipo de solução formal/volumétrica precisa ser repensada. Uma alternativa seria promover captação de ventilação no hall central dos apartamentos (boa solução são elementos vazados) para aumentar a permeabilidade desta fachada ao vento, e nos apartamentos, promover uso de aberturas altas, como bandeiras, ou portas de entrada ventiladas.

A simetria formal comprometeu os resultados das três tipologias, impedindo que o bom desempenho fosse superior a 50% dos apartamentos. Se os apartamentos fossem pensados de modo mais independente uns dos outros no tocante à posição e quantidade de aberturas, bem como configuração do ambiente interno, talvez pudessem ser atingidos melhores resultados. É claro que pra isso, estudos prévios devem ser

realizados, inclusive em CFD's, para que o projetista chegue a uma solução mais eficiente do ponto de vista da ventilação natural, porém viável para o executor.

Evitar usar aberturas de um ambiente para ventilar ambientes adjacentes, como ocorreu com cozinhas e banheiros da Tipologia 2. Definitivamente esta solução de projeto não garante resultados satisfatórios de ventilação natural nos ambientes desprovidos de aberturas externas próprias, independentemente da altura do pavimento.

Por fim recomenda-se o planejamento dos ambientes internos, conhecendo a posição do vento dominante local em relação ao edifício, de modo que o sentido do fluxo de ar seja previsto sempre partindo de zonas “secas” para zonas “molhadas”, mantendo a qualidade do ar interior mais saudável e os ambientes mais confortáveis termicamente através do uso da ventilação natural resultando em baixo consumo energético. Espera-se que muitos outros trabalhos possam colaborar com esta temática e que tenhamos em breve projetos do PMCMV de maior qualidade em todo o país.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRUNA, P. **Os primeiros arquitetos modernos: Habitação Social no Brasil 1930-1950**. São Paulo: EdUSP, 2010.

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.

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

LEITE, R. V. **Fortaleza: terra do vento. A influência da mudança nos padrões de ocupação do solo sobre a ventilação natural em cidade de clima tropical úmido**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Paulo: FAUUSP, 2010

PRATA, A. R. **Impacto da altura de edifícios nas condições de ventilação natural do meio urbano**. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo, Tecnologia da Arquitetura) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem a CAPES pela bolsa de estudo de Doutorado.