

## IMPACTO DE DIFERENTES ÁREAS DE ABERTURA NA VENTILAÇÃO NATURAL DE EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIO EM MACEIÓ/AL.

**Christhina Cândido (1); Leonardo Bittencourt (2)**

(1) Universidade Federal de Santa Catarina, CTC/ECV/NPC/LabEEE Campus Universitário - Trindade - Florianópolis /SC. e-mail: [christhina@labeee.ufsc.br](mailto:christhina@labeee.ufsc.br) (2) Universidade Federal de Alagoas, Campus A. C. Simões, BR 104 - Norte, Km 97, Cidade Universitária, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo/GECA – Maceió/AL, e-mail: [lsb@ctec.ufal.br](mailto:lsb@ctec.ufal.br)

### RESUMO

Esse trabalho analisa o impacto decorrente da utilização de duas áreas de aberturas na velocidade e distribuição do fluxo de ar no interior dos ambientes de escritório em Maceió/AL. A primeira área é a especificada como mínima para a ventilação pelo Código de obras, correspondendo a 1/12 da área do piso. A segunda corresponde à duplicação da área para 1/6 do piso. A análise comparativa foi realizada com o software PHOENICS 3.6, de uma edificação com salas dispostas ao logo de um corredor, oito pavimentos e esquadrias do tipo *maxim-ar*, sendo esta a configuração típica. A incidência do vento é de 45° em relação à normal da fachada. Os resultados indicam que o aumento da área efetiva para a ventilação proporcionou uma distribuição mais uniforme do fluxo de ar nos ambientes. A inserção das aberturas com área de 1/6 intensificou o insuflamento de ar, contribuindo para as trocas de calor do usuário e da própria envolvente.

### ABSTRACT

The paper analyzes the impact produced by two different window open areas on air velocity and flow distribution in office rooms at Maceió/AL. The first window presents the minimum open area required, for the ventilation purposes, by the local Building Code, and corresponds to 1/12 of the floor area. The second window presents an open area corresponding to 1/6 of the floor area, twice the area required by the Building Code. A comparative analysis was carried through computer simulation, using PHOENICS 3.6 software and considering computer models representing a typical office building floor, with eight floors height and top hung windows. The wind incidence is 45° in relation to the normal to the façade. Results indicate that doubling the open area provided a more uniform air flow inside office rooms and intensified the air speed, increasing heat exchange by convection between occupants and air currents.

### 1. INTRODUÇÃO

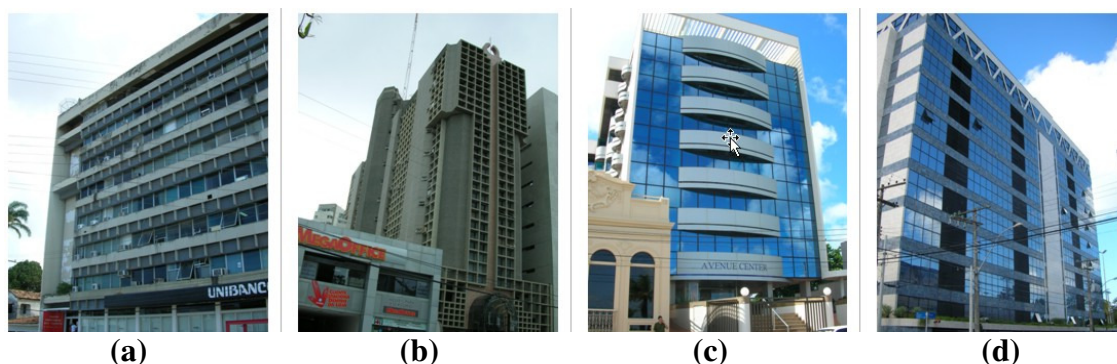
Em ambientes de escritórios, a grande permanência dos ocupantes estimula a preocupação com a qualidade do ambiente. Os ocupantes vêm exigindo um ambiente mais saudável e estimulante que é geralmente provido por meios mecânicos de refrigeração (GRATIA; de HERDE, 2004). Entretanto, a ventilação natural, se bem explorada, pode suprir tais expectativas com eficiência em boa parte do tempo de ocupação (NICOL, 2004). Em tais ambientes, as pessoas preferem ter controle da iluminação e da ventilação, o que pode exigir um projeto de condicionamento diferenciado ou o condicionamento natural.

Em relação à ventilação natural, estratégia importante para climas quentes e úmidos, o tamanho, a forma e a localização das aberturas são os principais fatores determinantes da configuração do fluxo de ar no interior das construções (PRIANTO; DEPECKER, 2003), itens influenciados diretamente pelos códigos de obras. Dessa forma, nota-se que normas e códigos necessitam se adequar, por meio de revisões, sob o prisma da eficiência energética (PEDRINI; LAMBERTS, 2003).

Em Maceió, observa-se a transcrição simples de especificações e normas de uma realidade climática para outra, sem haver qualquer tipo de adequação. No Código de obras datado de 1985 as áreas mínimas de aberturas são determinadas pela área do piso, devendo corresponder a 1/6 para iluminação e 1/12 para a ventilação. Nesse documento, não são mencionados os aspectos relacionados à posição, localização ou qual tipo de ventilação de ser priorizada. Tais itens têm influência direta na determinação do fluxo de ar no interior dos ambientes, assim como no conforto térmico dos usuários.

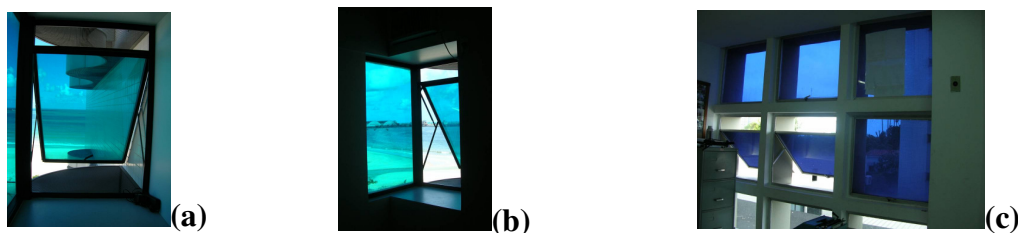
Na atual versão do Código de Obras de Maceió, de 2004, as especificações relacionadas às aberturas foram substituídas por uma referência às normas da ABNT – *Associação Brasileira de Normas Técnicas*. Entretanto, é sabido que as normas da ABNT (NBR 15.220-3: 2005, 2005), tratam do desempenho térmico de edificações residenciais, não se aplicando, portanto, a edificações de escritório.

Na tipologia construtiva adotada, a preocupação com a adequação ambiental parece não fazer parte do repertório dos projetos. Em 55% das edificações não é encontrado nenhum tipo de proteção solar, 27% dos casos a fachada é do tipo pele de vidro (Figura 1 a e b) e apenas 18% apresentam algum tipo de proteção (Figura 1 c e d). No clima de Maceió, essas edificações funcionam como verdadeiras estufas, aquecendo-se ao longo do dia, sem dissipar o calor acumulado durante a noite e dependem fortemente dos aparelhos de refrigeração artificial para permitir a sua ocupação. Nesses casos, os sistemas de refrigeração podem ser sobrecarregados, consumindo mais energia para manter as condições de temperatura internas para os usuários.



**Figura 1 – Utilização de proteção solar nas fachadas (a e b) em contraste com a ausência desta estratégia nos edifícios em Maceió/AL (c e d).**

O tipo de esquadria adotada é, em sua maioria, de correr ou maxim-ar, em vidro com caixilhos em alumínio. A esquadria do tipo maxim-ar possibilita um controle parcial da porosidade da abertura, mas não favorece o direcionamento do fluxo de ar. Por outro lado, o seu tipo de abertura, projetando para o exterior do ambiente, possibilita uma proteção parcial contra a chuva, Figura 2.



**Figura 2 - Detalhe da esquadria maxim-ar com adoção de película para a proteção solar em edifícios de Maceió/AL.**

Outro ponto de relevância é que, se o conjunto de normas do Código de obras de 1985 nem sempre era seguido (TOLEDO, 2002), com o documento atual, pode-se incorrer em construções sem o aproveitamento de meios passivos de climatização e iluminação. Embora os profissionais tenham papel chave em qualquer condição, por decidirem o projeto arquitetônico, nota-se que, entre estes a preocupação relacionada ao conforto ambiental e a eficiência energética é mais um discurso do que uma prática (PEDRINI, 2004). Nesse sentido, o papel restritivo da norma, associada à fiscalização, pode contribuir para uma mudança na postura de projeto.

Diante desse contexto, trabalhos que estudem o impacto da utilização das especificações do Código de obras podem contribuir para posteriores modificações. Este trabalho investiga o impacto, na distribuição e velocidade do fluxo de ar, no interior dos ambientes de escritório, considerando duas áreas de aberturas -  $1/12$  e  $1/6$  da área de piso do ambiente.

## 2. METODOLOGIA

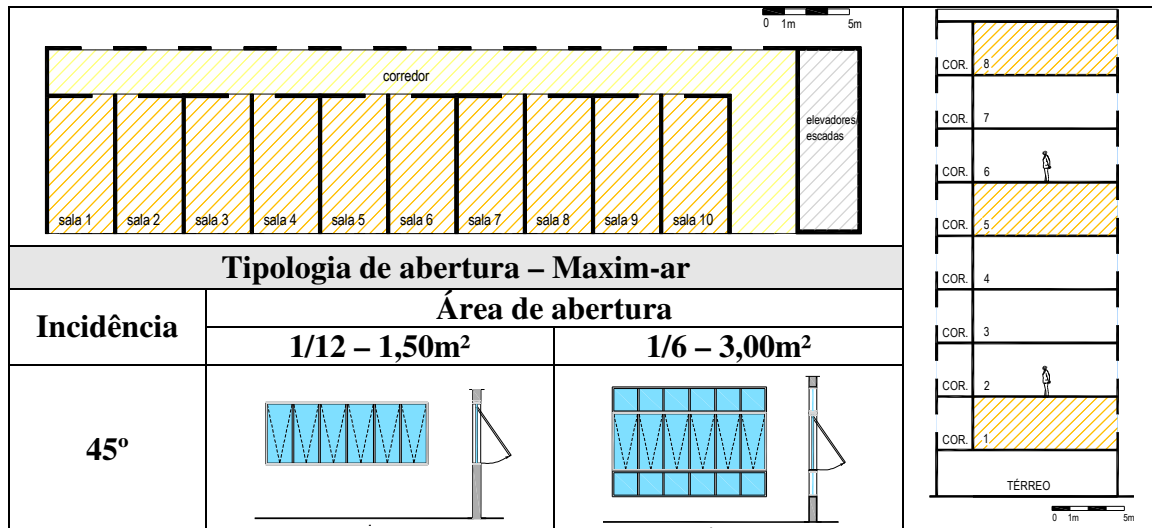
A metodologia desenvolvida nesse trabalho constitui em uma análise comparativa entre o desempenho de ambientes de escritório dotados de duas áreas de aberturas -  $1/12$  e  $1/6$  da área de piso. A primeira corresponde à especificação de área de abertura do Código de Obras de Maceió/AL destinada para a ventilação. A segunda corresponde a  $1/6$  do ambiente havendo, portanto, uma ampliação da área útil disponível para a maior captação e distribuição do fluxo de ar no interior do ambiente.

O desempenho dos modelos analisados foi examinado através da ferramenta computacional PHOENICS 3.6. O programa baseia-se na dinâmica dos fluidos computadorizada (CFD), que surgiu como ferramenta alternativa aos tradicionais túneis de vento nos estudos de ventilação natural nas edificações. A técnica da dinâmica dos fluidos computadorizada vem sendo desenvolvida e utilizada para fins de investigação do comportamento da ventilação há duas décadas e possui bom potencial para as pesquisas relacionadas a este assunto (CHOW, 2003). Tal processo, em que pese a inevitável simplificação do fenômeno real, permite uma comparação mais precisa entre os modelos considerados, uma vez que os demais parâmetros envolvidos na ventilação natural podem ser mantidos exatamente iguais em todos os modelos investigados.

As salas investigadas têm área de  $18\text{m}^2$  ( $3,00 \times 6,00\text{m}$ ), pé-direito de  $2,60\text{m}$  e janela centralizada na parede voltada para o exterior, com a dimensão de  $1,10 \times 3,00\text{m}$ , com peitoril de  $1,10\text{m}$  e bandeira de  $0,50 \times 3,00\text{m}$ . Dessa dimensão foi considerada  $1/12$  da área do piso como área efetiva para ventilação ( $1,50 \text{m}^2$ ) e depois  $1/6$  ou  $3,00 \text{m}^2$ , Quadro 1. Como abertura de saída foi considerada a porta da sala sempre aberta para

permitir a ventilação cruzada. A esquadria adotada, para ambas as áreas foi a maxim-ar, correspondendo à tipologia mais empregada nas edificações de escritório da cidade.

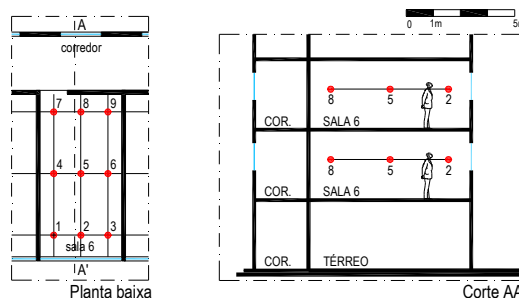
Foram investigadas as salas do 1º, 5º e 8º pavimentos, que correspondem, respectivamente, ao pavimento mais baixo, a um pavimento localizado na altura média, e ao pavimento mais alto. Busca-se uma avaliação mais ampla do comportamento da ventilação no interior dos ambientes devido à variação na velocidade do vento, decorrente do gradiente de vento, nos diversos pavimentos.



**Quadro 1 - Resumo das variáveis investigadas para o modelo computacional.**

Considerou-se a variação da velocidade do ar ocorre a cada 1,00m, até atingir 30m. A velocidade média do vento medida na estação meteorológica ( $V_m$ ) considerado foi de 3,00m/s conforme dados da estação do aeroporto da cidade de Maceió/AL situado a 10m de altura. Os coeficientes de correção do terreno utilizados foram  $k = 0,21$  e  $a = 0,33$ . Como ângulo de incidência dos ventos, foi adotado o valor de 45°, correspondendo à incidência normal à fachada.

Os resultados foram analisados com o auxílio de uma malha composta por nove pontos distantes 1,50m do piso do ambiente em todas as salas estudadas. A altura do plano de análise foi determinada em 1,50m por corresponder à metade do pé-direito do ambiente. Desta forma, a velocidade do ar pode ser analisada tanto para o resfriamento dos usuários quanto da envolvente.



**Figura 3 - Malha de análise adotada para o modelo.**

A malha adotada serviu para a tabulação da velocidade do ar em cada ponto da sala e para cálculo da velocidade média no interior da mesma, Figura 3. Os resultados serão apresentados em vetores de velocidade, permitindo a análise da distribuição do fluxo de ar no interior dos ambientes estudados associados aos valores da velocidade nos pontos determinados pela malha de cálculo.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Área de 1/12 piso – 1,50m<sup>2</sup>

As salas 1, 2 e 3, do primeiro pavimento, o insuflamento de ar ocorreu de forma concentrada na faixa das aberturas de entrada, correspondente aos pontos 1, 2 e 3 e nos pontos 4 e 7, semelhante ao modelo com esquadrias de correr, Figura 4. Nas salas 5 a 10, a distribuição do fluxo de ar ocorreu de forma mais uniforme em relação ao modelo onde foram utilizadas esquadrias de correr. Considerando-se que as esquadrias de correr possuem folhas fixas e móveis, ocorre uma concentração do insuflamento de ar onde estas se encontravam abertas, esquema 1. Entretanto, nos modelos dotados de esquadrias maxim-ar, para se obter a mesma área efetiva de abertura (1,50m<sup>2</sup>), todas as folhas foram consideradas abertas, resultando em uma distribuição mais uniforme do insuflamento de ar no interior das salas.

O valor da velocidade do vento no ponto 1 foi 1,69 m/s nas salas 1 e 2 e 1,27m/s nas demais. Nos pontos 2 e 3, em todas as salas, a velocidade foi de 1,27m/s. No ponto 4 da sala 1, a velocidade foi de 0,84m/s e elevou-se para 1,27 m/s no mesmo ponto dos demais ambientes. No ponto 5 nas salas 1 a 6 a velocidade foi de 0,42m/s, elevando-se para 1,27m/s nas salas 8 a 10. No ponto 6, nas salas 1 a 8, o valor foi de 0,42m/s e 1,27m/s nas salas 9 e 10. O ponto 7 apresentou velocidade de 0,42m/s na sala 1 e 1,27m/s nas demais. Nas salas 1 a 6, o valor da velocidade no ponto 8 foi 0,42m/s e 1,27m/s nas salas 7 a 10. Nas salas 1 a 8 e 9 o valor no ponto 9 foi de 0,42m/s e 1,27m/s na sala 9.

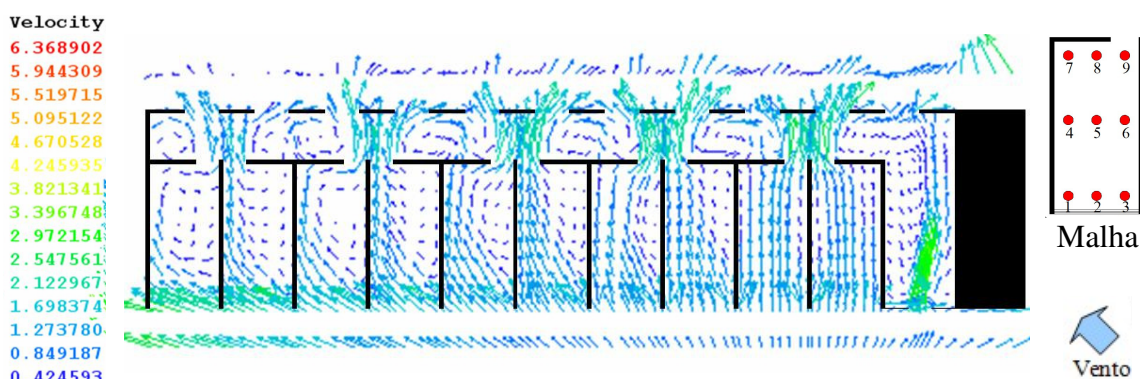
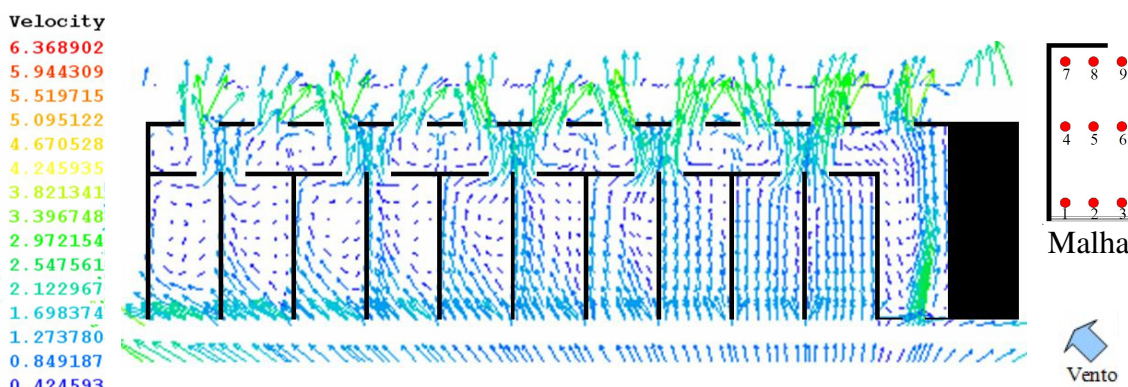


Figura 4 - Planta baixa 1º pavimento - área de abertura de 1,50m<sup>2</sup> (1/12).

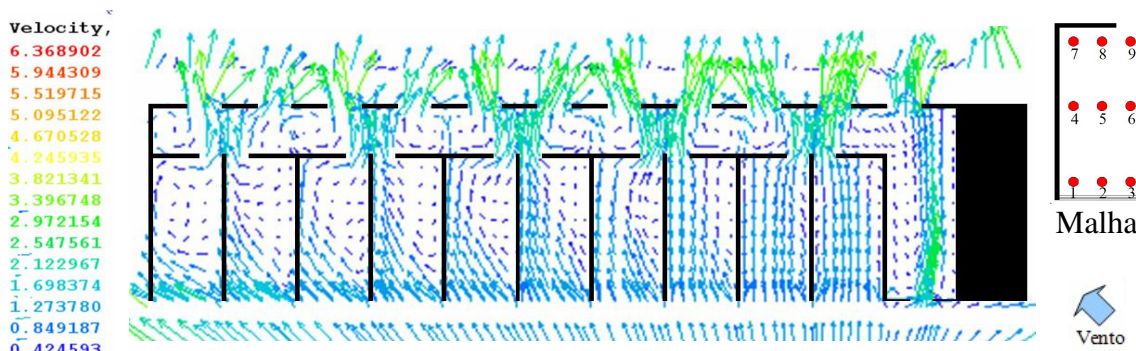
No quinto pavimento, a distribuição do fluxo de ar ocorreu de forma semelhante ao primeiro pavimento, Figura 4 e Figura 5. Entretanto, ao analisarmos os valores da velocidade do ar em cada ponto do ambiente e o percentual de aproveitamento da velocidade do vento externo, constata-se uma diminuição significativa em relação ao primeiro pavimento.

A velocidade média nas salas 1 a 4 foi de 0,64m/s e 0,65m/s nas salas 5 e 6, correspondendo a 25% e 27% do vento externo neste pavimento, que é de 2,41m/s, tabela 2. A média na sala 7 foi de 0,70m/s, 0,75m/s na sala 8 e 0,84m/s nas salas 9 e 10. Nestes ambientes o percentual de aproveitamento da velocidade do vento externa foi de 44% na sala 7, 47% na sala 8 e 53% nas salas 9 e 10. Entretanto, ao compararmos os valores do percentual de aproveitamento da velocidade do vento externo com àqueles obtidos nas mesmas salas no primeiro pavimento, contata-se o impacto decorrente da utilização de esquadrias do tipo maxim-ar.



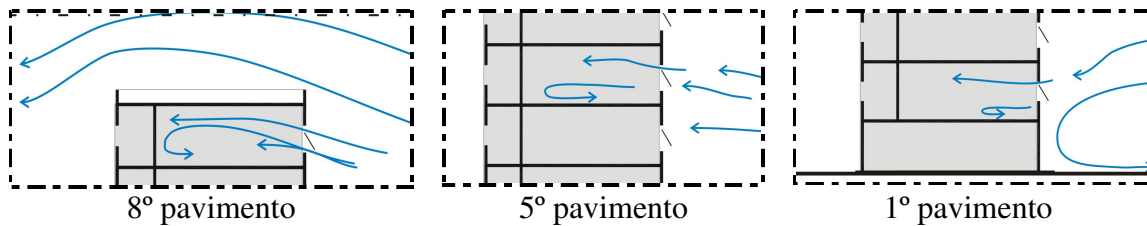
**Figura 5 - Planta baixa 5º pavimento - área de abertura de 1,50m<sup>2</sup> (1/12).**

No oitavo pavimento, o obstáculo gerado pela abertura da esquadria maxim-ar é compensado pela componente ascendente, resultante do comportamento do fluido ao ultrapassar a edificação. A distribuição do fluxo de ar ocorre de forma um pouco mais uniforme em relação ao primeiro e quinto pavimento. A média de velocidade do vento no interior das salas 1 e 3 foi de 0,61m/s, decrescendo para 0,56m/s na sala 2. Nas salas 5 a 8 a velocidade foi de 0,70m/s e 0,84m/s nas salas 9 e 10, Figura 6.



**Figura 6 - Planta baixa 8º pavimento - área de abertura de 1,50m<sup>2</sup> (1/12).**

Observa-se que, devido ao seu mecanismo de abertura, com projeção da folha da esquadria para o exterior, a mesma se constitui em obstáculo ao insuflamento de ar para o interior dos ambientes. A componente descendente formada no primeiro pavimento dificulta o insuflamento de ar no interior do ambiente. No quinto pavimento, o insuflamento apresenta o melhor desempenho e, no oitavo pavimento, o fluxo de ar é direcionado para a porção superior do ambiente, Figura 7.

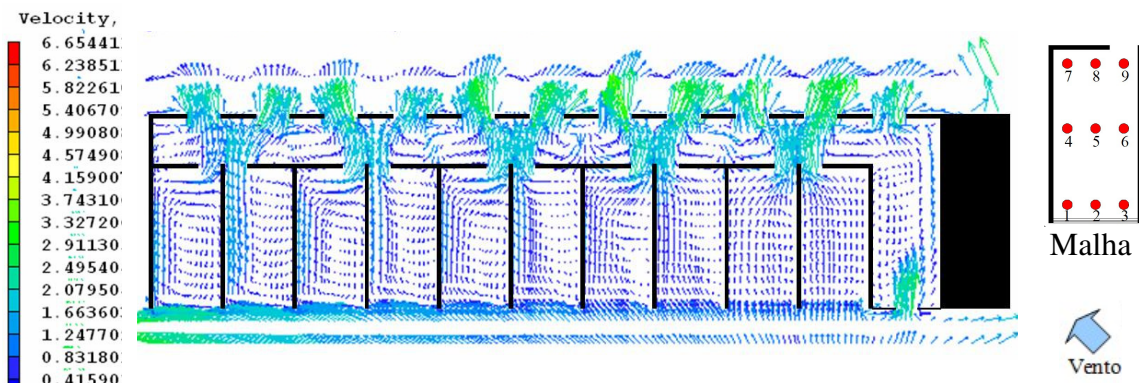


**Figura 7 – Corte esquemático do direcionamento do fluxo de ar no modelo com área de abertura de 1,50m<sup>2</sup>.**

### 3.2 Área de 1/6 piso – 3,00m<sup>2</sup>

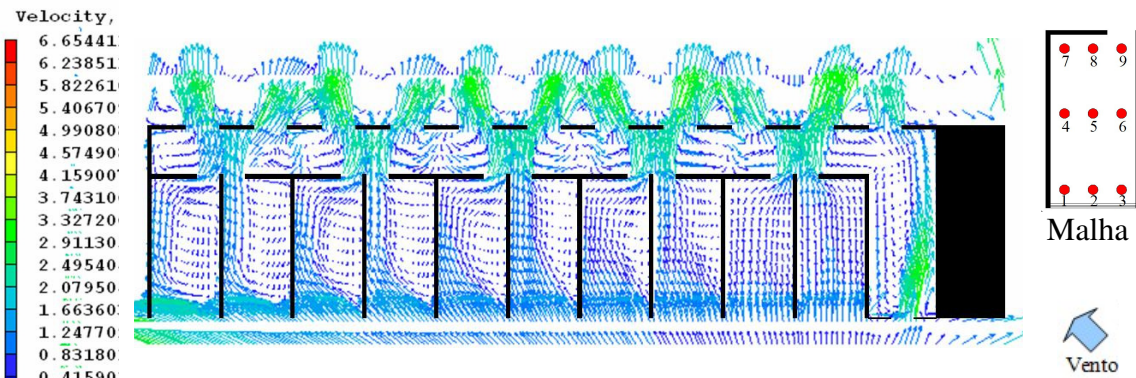
O insuflamento de ar proporcionado pela esquadria maxim-ar, no primeiro pavimento, ocorreu de forma uniforme, com pouca formação de zonas de vórtices. O insuflamento de ar concentra-se em maior intensidade na faixa próxima às aberturas de entrada e de saída do ambiente, onde ocorre uma aceleração do fluxo de ar, Figura 8.

A velocidade média na sala 1 foi de 0,88m/s, elevando-se para 0,97m/s nos demais ambientes. Os valores pontuais da velocidade do vento no interior das salas foram de 0,83m/s e 1,25m/s. Comparativamente ao modelo com área de 1,50m<sup>2</sup>, embora a média das salas seja semelhante, os valores pontuais no interior do ambiente apresentam significativa diferenciação. Com área de 1,50m<sup>2</sup>, a velocidade mais baixa foi de 0,42m/s, praticamente 50% inferior ao menor valor registrado no modelo com área de 3,00m<sup>2</sup>.



**Figura 8 - Planta baixa 1º pavimento - área de abertura de 3,00m<sup>2</sup> (1/6).**

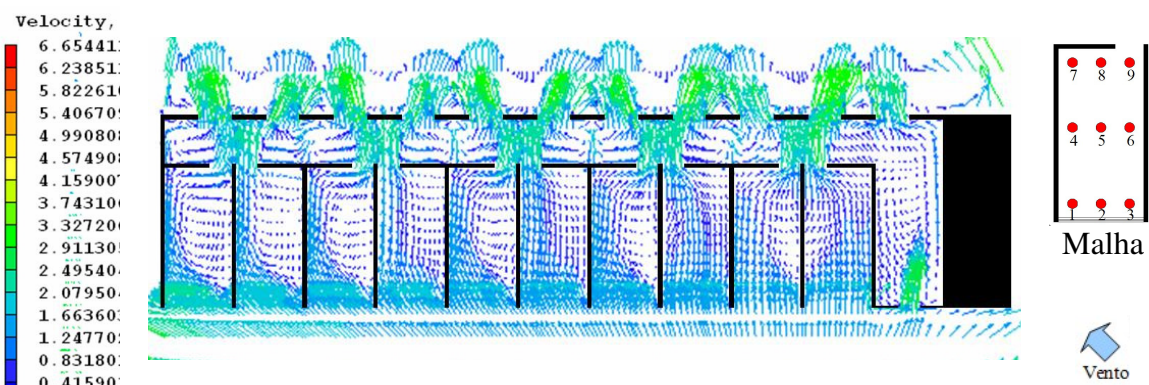
No quinto pavimento, a distribuição do fluxo de ar ocorre de forma irregular no interior do ambiente. Em aproximadamente 2/3 do ambiente constata-se a formação de zonas de vórtices associada ao insuflamento de ar com maior velocidade na proximidade das esquadrias e laterais do ambiente, Figura 9. A média da velocidade na sala 1 foi de 1,11m/s, decrescendo para 1,06m/s nas salas 2 e 3 e 1,02m/s na sala 4. Nas salas 5 e 6, a velocidade foi de 1,06m/s e 1,20m/s nas salas 7 a 10. O percentual de aproveitamento do vento externo variou entre 42 e 50%, um ganho da ordem de 50% em relação ao modelo com aberturas com área de 1,50m<sup>2</sup>.



**Figura 9 - Planta baixa 5º pavimento - área de abertura de 3,00m<sup>2</sup> (1/6).**

O insuflamento de ar proporcionado pelas aberturas inferiores e superiores utilizadas para aumentar a área de abertura efetiva para a ventilação contribuiu para o aumento dos valores da velocidade média no interior dos ambientes, Figura 9. No quinto pavimento, onde a esquadria do tipo maxim-ar se configura em obstáculo para a entrada da ventilação, as aberturas inferiores e superiores se configuraram como dispositivos importantes para o insuflamento de ar no interior do ambiente.

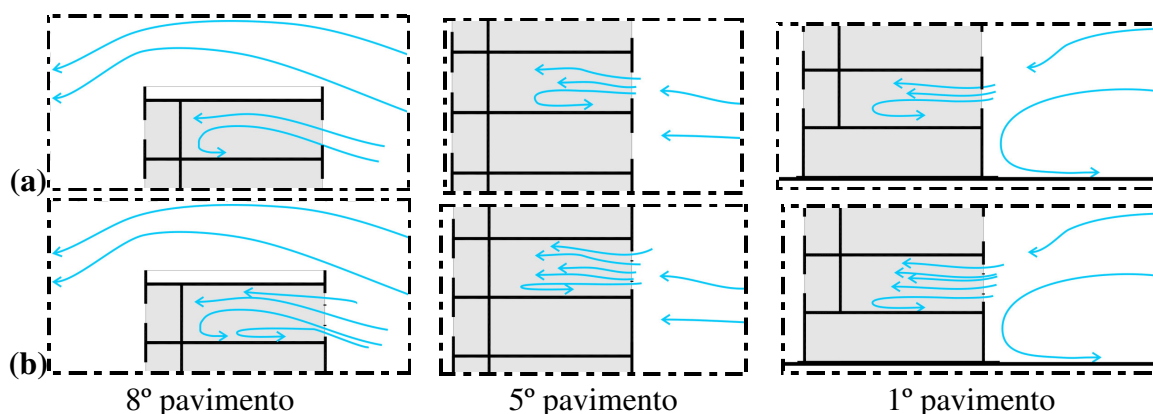
No oitavo pavimento, a velocidade média nas salas 1 e 2 foi de 1,06m/s, elevando-se para 1,11m/s ns salas 3 a 6, diminuindo para 1,06m/s nas salas 7 a 9. Na sala 10, o valor foi de 1,16m/s. O percentual de aproveitamento do vento externo foi de 38 a 40%, Figura 10.



**Figura 10 - Planta baixa 8º pavimento - área de abertura de 3,00m<sup>2</sup> (1/6).**

No oitavo pavimento, o insuflamento de ar ocorre com maior intensidade devido à componente ascendente no fluxo de ar, canalizado para o interior do ambiente pela conformação da esquadria maxim-ar. O fluxo de ar é direcionado para a parte superior do ambiente, inclusive o das aberturas inferiores, Figura 11. Por outro lado, a inserção de aberturas nas partes inferior e superior das esquadrias proporciona diferentes possibilidades da abertura.





**Figura 11 - Corte esquemático no modelo com área de abertura de 1,50m<sup>2</sup> (a) e 3,00m<sup>2</sup> (b).**

As esquadrias superiores podem ser utilizadas para a ventilação noturna dos ambientes, auxiliando na remoção da carga térmica acumulada quando os mesmos não estiverem ocupados. Quando utilizadas abertas durante o período diurno, as aberturas superiores contribuem para o resfriamento da edificação e para a remoção do ar quente formado na porção superior do ambiente.

As aberturas inferiores se constituem em importante estratégia para o resfriamento dos usuários em alturas mais baixas, visto que os mesmos encontram sentados para a realização das atividades. Se forem associadas a elementos direcionadores do fluxo de ar, como venezianas horizontais e peitoris ventilados, por exemplo, podem ser mantidas abertas em dias de chuva e ser fonte complementar da ventilação em alturas mais altas, caso desejado pelo usuário.

#### 4. CONCLUSÕES

A área efetiva destinada à ventilação mostrou-se como item de importância no padrão de distribuição do fluxo de ar e na velocidade do ar no interior dos ambientes. Com o aumento da área efetiva para ventilação constatou-se uma melhor distribuição do fluxo de ar e maior velocidade do ar no interior do ambiente. Sugere-se que tal item seja considerado nas especificações do Código de Obras, visto que a sua modificação pode contribuir para a melhoria das condições de conforto no interior dos ambientes. Entretanto, a variação da área efetiva foi influenciada pela tipologia de esquadria adotada.

Os resultados analisados indicam que a tipologia de esquadria influencia, consideravelmente, os valores da ventilação no interior dos ambientes. O comportamento da distribuição do fluxo do ar também foi diretamente afetado por esta variável, principalmente no que concerne à formação de zonas de vórtices. Embora a influência do tipo de esquadria tenha se constituído em item de importância para a ventilação, não é devidamente considerada nas especificações do Código de Obras. Sugerem-se investigações futuras para o estabelecimento de percentuais de correção para a tipologia de abertura, informando o impacto da adoção de diferentes tipologias de esquadria no valor da velocidade do vento no interior do ambiente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHOW, W.K. (2003). Wind-induced indoor-air flow in a high-rise building adjacent to a vertical wall. *Applied Energy*.
- GRATIA, E.; DE HERDE (2004). A. How to use natural ventilation to cool narrow office buildings. *Building and Environment*.
- PEDRINI, A.(2003). *Integration of low energy strategies to the early stages of design process of office buildings in warm climate*. Tese (Doutorado). University of Queensland, Brisbane.
- PEDRINI, A.; LAMBERTS, R. (2003). Influência do tamanho e forma sobre o consumo de energia de edificações de escritório em clima quente. In: VII Encontro de Conforto no Ambiente Construído, *Anais...* Curitiba.
- PRIANTO, E.; DEPECKER, P. (2003) Optimization of architectural design elements in tropical humid region with thermal comfort approach. *Energy and Buildings*, vol 35.
- NICOL, F. (2004) Adaptative thermal comfort standards in the hot humid tropics. *Energy and Buildings*, v. 36, p. 628-637.
- TOLEDO, A. (2002) Ventilação natural dos edifícios residenciais: Os códigos brasileiros em discussão. In: NUTAU' 2002, São Paulo, 2002. *Anais...* São Paulo.

## AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao financiamento do convênio PROCEL - Edifica para o *upgrade* do *software* utilizado nesta pesquisa e a CAPES pela concessão da bolsa à autora.