



ENTAC2006

A CONSTRUÇÃO DO FUTURO | XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído | 23 a 25 de agosto | Florianópolis/SC

CÓDIGO DE OBRAS E CONFORTO TÉRMICO: A INFLUÊNCIA DA TIPOLOGIA DE ESQUADRIA NA VENTILAÇÃO NATURAL EM EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIO EM MACEIÓ/AL.

Christhina Cândido (1); Leonardo Bittencourt (2)

(1) Laboratório de Conforto Ambiental – Universidade Federal de Alagoas, Brasil – e-mail: christhina@ctec.ufal.br

(2) Departamento de Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal de Alagoas, Brasil – e-mail: lsb@ctec.ufal.br

RESUMO

Proposta: O incremento da ventilação no interior dos ambientes dependerá, entre outros fatores, da tipologia arquitetônica adotada e das especificações relacionadas às aberturas do ambiente. Entretanto, os projetos arquitetônicos de escritórios não consideram, adequadamente, os aspectos relacionados à ventilação, das diversas tipologias de aberturas existentes e da localização das mesmas. Esse trabalho investiga o impacto decorrente da utilização do tipo de 3 tipos diferentes de esquadrias (*correr, maxim-ar e pivô vertical*), na distribuição do fluxo de ar, considerando a área de abertura especificada pelo Código de Obras de Maceió/AL. **Método de pesquisa/Abordagens:** Análise comparativa dos três tipos de esquadrias, utilizando o *software* PHOENICS 3.6, de uma edificação considerada típica. **Resultados:** A esquadria de pivô vertical demonstrou um melhor desempenho quanto à distribuição do fluxo do ar e velocidade do vento no interior dos ambientes. A tipologia de correr proporciona um insuflamento de ar concentrado na área das aberturas e ocorre a formação de zonas de vórtices no ambiente. A esquadria maxim-ar, além de não proporcionar um insuflamento de ar uniforme no ambiente, mostrou-se como obstáculo à entrada dos ventos devido ao seu formato. **Contribuições/Originalidade:** Para a mesma especificação de área de abertura do Código de Obras, a distribuição do fluxo de ar e a velocidade do vento será influenciada pela tipologia de esquadria adotada pelo projetista. As especificações poderiam adotar coeficientes de correção para diferentes tipologias de esquadria a rever a área de abertura para a ventilação.

Palavras-chave: ventilação natural, Códigos de Obras, escritórios, esquadrias.

ABSTRACT

Propose: Passive cooling inside the buildings depends of the architectonic typology and the opening characteristics. However, some office buildings projects have been using an inappropriate opening design to improve passive cooling inside of then. The aim of this study is to investigate three different kinds of openings in office buildings in Maceio city with area based on the Construction Code. **Methods:** Comparative analysis between three different openings with a typical office building. Simulations where realized with PHOENICS 3.6 software on a typical office building. **Findings:** The opening design is an important aspect in buildings where passive cooling is a bioclimatic strategy. Construction Code needs to consider this aspect. **Originality/value:** For the same opening area specified for the Maceio' Construction Code the airflow and air velocity inside the office building will be different depends on the opening design. In this case, some coefficients need to be investigating for different opening design. Maceio Construction Code needs to apply large openings to improve passive cooling inside the buildings.

Keywords: passive cooling, Construction Code, office buildings, openings.

1 INTRODUÇÃO

Segundo Gratia e Herde (2004), em edifícios 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. Entretanto, a ventilação natural, se bem explorada, pode suprir tais expectativas com eficiência em boa parte do tempo de ocupação. Em tais ambientes, as pessoas preferem ter o controle da iluminação e da ventilação, o que pode exigir um projeto de condicionamento diferenciado ou o condicionamento natural.

A flexibilidade preferida pelos usuários, muitas vezes, é incompatível com os dispositivos de refrigeração adotados, pois estes desconsideram a adaptação do indivíduo ao ambiente. Tais dispositivos determinam as condições de temperatura e iluminação baseado em dados numéricos dos sistemas de condicionamento e iluminação, podendo gerar desconforto para os usuários. Por outro lado, os usuários destes ambientes parecem se adaptar às mudanças da temperatura durante o período de trabalho, desde que ocorra um incremento na ventilação (NICOL, 2004; GRATIA; HERDE, 2003), aceitando em torno de 3°C acima das temperaturas apontadas como confortáveis (AYNSLEY, 1999).

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 (KUKREJA, 1978; OLGAY, 1998), itens influenciados diretamente pelos códigos de obras. Tal normalização é de grande importância ao especificar padrões mínimos das variáveis arquitetônicas de impacto no conforto ambiental, tais como área dos ambientes, área de abertura destinada à ventilação e iluminação dos ambientes, tipo de ventilação a ser privilegiada, etc. Dessa forma, nota-se que normas e códigos necessitam se adequar, por meio de revisões, sob o prisma da eficiência energética (PEDRINI; LAMBERTS, 2003).

O incremento da ventilação no interior dos ambientes dependerá, entre outros fatores, da tipologia arquitetônica adotada e das especificações relacionadas às aberturas do ambiente. As aberturas dos ambientes permitem ou dificultam o insuflamento e distribuição do fluxo de ar no interior dos ambientes, assim como são responsáveis pela proteção contra a chuva, ruídos e radiação solar excessiva. Desta forma, o projeto das aberturas deve ser devidamente considerado, sob a pena de comprometer as condições de conforto de um determinado ambiente. A tipologia da abertura influencia a ventilação dos ambientes por oferecer maior ou menor resistência à passagem do ar. Esquadrias que permitam uma maior passagem dos ventos, com menor resistência, são mais eficazes para o clima úmido como o de Maceió/AL.

No Código de Obras de Maceió 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.

Nos edifícios de escritório de Maceió/AL, as esquadrias do tipo de correr ou maxim-ar, em vidro com caixilhos em alumínio são as mais empregadas. A esquadria de correr não possibilita o adequado direcionamento do fluxo de ar, nem abertura parcial em dias de chuva, figuras 1a e b. 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, figuras 1c e d. As esquadrias pivotantes, basculantes e dotadas de venezianas móveis parecem ser constituir em interessante tipologia por permitir a passagem dos ventos, somada ao direcionamento do fluxo do ar, além da possibilidade de integração com o exterior e proteção contra a radiação solar intensa. Por outro lado, esquadrias de pouco controle e direcionamento do fluxo de ar, como as de correr, e com folhas em vidro parecem ser as menos indicadas. Entretanto, esta última tipologia tem sido largamente utilizada nas edificações, especialmente em edificações de escritório.

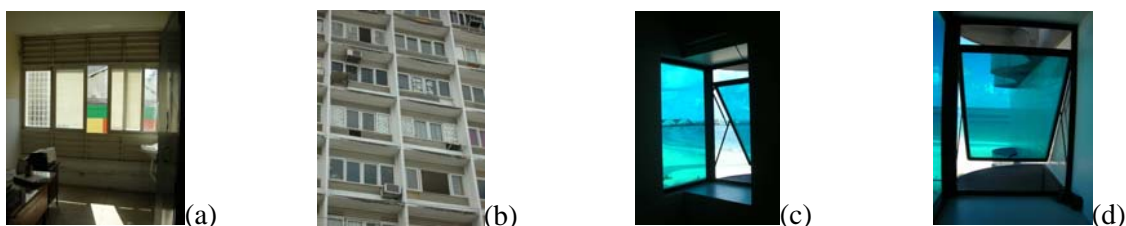


Figura 1 - Esquadrias de correr e maxim-ar não favorecem o controle do fluxo de ar e luz no interior dos ambientes. Fonte: Os autores, 2005 (não publicadas).

Constata-se, portanto, que a escolha do tipo de esquadria, na maioria dos casos, não contempla adequadamente o aproveitamento da ventilação natural, embora atendam à área mínima para a ventilação especificada pelo código de obras. Os aspectos relacionados ao comportamento da ventilação natural, no que tange ao padrão de distribuição e velocidade do vento, resultante da área de abertura efetiva destinada à ventilação precisam ser avaliados. Tal avaliação pode auxiliar em futuras modificações nas especificações dos códigos de obras e esse trabalho pretende contribuir nesse sentido.

2 OBJETIVO

Investigar o impacto decorrente da utilização do tipo de 3 tipos diferentes de esquadrias (*correr*, *maxim-ar* e *pivô vertical*), na distribuição do fluxo de ar e na velocidade do vento, no interior dos ambientes de escritório, utilizando como área mínima para a ventilação a especificada pelo Código de Obras de Maceió/AL.

3 METODOLOGIA

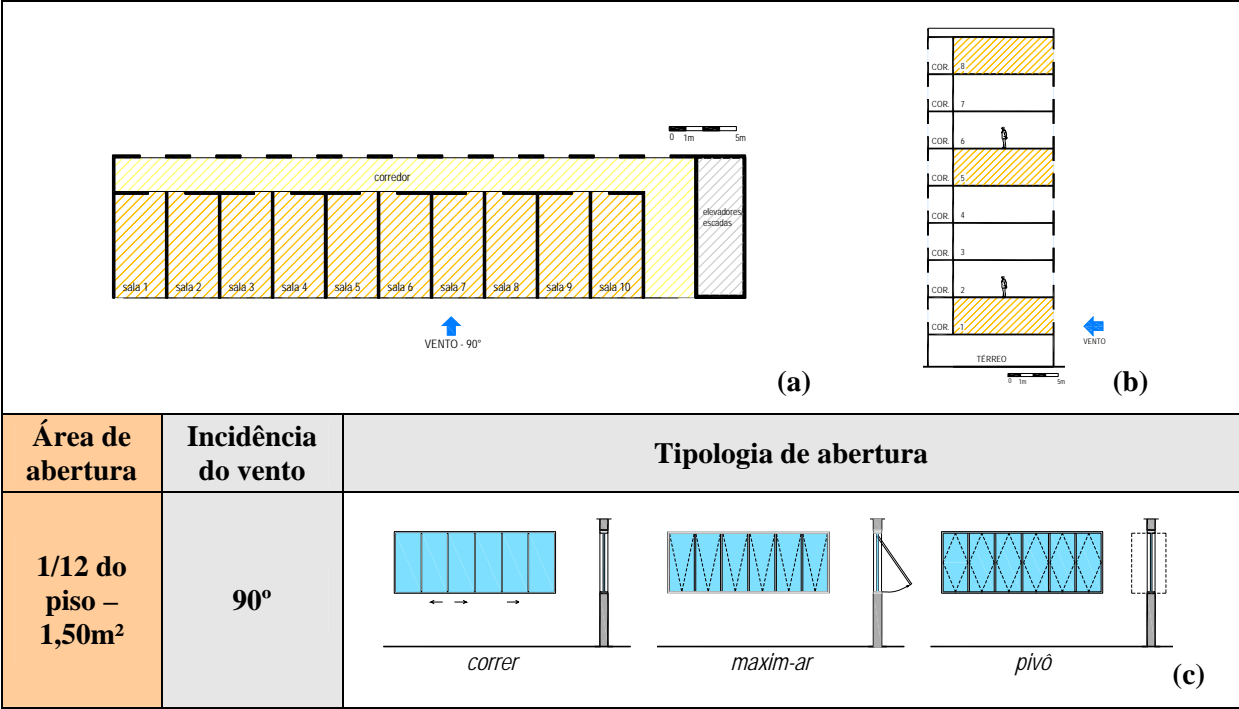
A metodologia desenvolvida no trabalho constitui-se em uma análise comparativa entre o desempenho de três tipos diferentes de esquadrias (*correr*, *maxim-ar* e *pivô vertical*) em edificações de escritório. Para tal, foi utilizada a ferramenta computacional PHOENICS 3.6. O programa baseia-se na dinâmica dos fluidos computadorizada (*CFD*), que surgiu como ferramenta alternativa aos tradicionais túneis de vento nos estudos de ventilação natural nas edificações. Os resultados podem ser visualizados sob a forma de vetores, campos de velocidade ou isolinhas, onde a variação do valor da velocidade do vento é apresentada em escala de cores.

A edificação utilizada como modelo típico possui as salas distribuídas ao longo de um corredor, com oito pavimentos, quadro 1a. As salas têm área de 18m² (3,00 x 6,00m), pé-direito de 2,60m e janela centralizada na parede voltada para o exterior, com a dimensão de 1,10 x 3,00m, com peitoril de 1,00m e bandeira de 0,50 x 3,00m. Dessa dimensão, foi considerada 1/12 da área do piso como área efetiva para ventilação (1,50 m²), conforme especifica o Código de Obras da cidade de Maceió/AL.

Foram investigadas as salas correspondentes ao 1º, 5º e 8º pavimentos, que correspondem, respectivamente, ao pavimento mais baixo, a um pavimento localizado na altura média, e ao pavimento mais alto. Dessa forma, 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 1b. Como abertura de saída considerou-se a porta da sala sempre aberta.

Foram utilizados três tipos de esquadrias: a de *correr*, *maxim-ar* e *pivô vertical*, quadro 1c. As duas primeiras correspondem à tipologia mais frequentemente utilizadas nas edificações de escritório visitadas na cidade. O terceiro tipo investigado, a esquadria pivô vertical, embora não seja a tipologia utilizada na maioria das edificações de escritório, oferece uma menor resistência à passagem do ar e a possibilidade de direcionamento do fluxo do ar. Entretanto, tal potencialidade não tem sido devidamente explorada. Foram comparadas as três esquadrias em relação ao seu desempenho

qualitativo e quantitativo, no que concerne à ventilação natural. Tal informação pode ser importante para o melhor entendimento do impacto da modificação do tipo de esquadria na distribuição e na velocidade do ar no interior dos ambientes de escritório, para uma mesma área de abertura utilizada.



Quadro 1 – Resumo das variáveis arquitetônicas investigadas

O ângulo de incidência do vento adotado foi 90°, correspondendo à incidência normal à fachada. A velocidade do vento foi calculada utilizando os coeficientes de rugosidade do terreno para edificações localizadas no centro de cidade, os dados da velocidade do vento (medido na estação meteorológica) e a altura das aberturas (JACKMAN,1980 apud BITTENCOURT; CÂNDIDO, 2005). A velocidade média do vento medida na estação meteorológica (V_m) considerada 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 $a = 0,33$. O gradiente resultante possui variação da velocidade do vento a cada 1,00m, até atingir 30m. A velocidade do vento no primeiro pavimento foi de 1,60m/s, de 2,41m/s no quinto pavimento e 2,77m/s no oitavo pavimento.

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 corresponde à metade do pé-direito do ambiente, analisando o fluxo de ar insuflado para o resfriamento dos usuários e da envolvente. Esta malha foi utilizada para a tabulação da velocidade do vento em cada ponto da sala e para o cálculo da velocidade média no interior da mesma, figura 2.

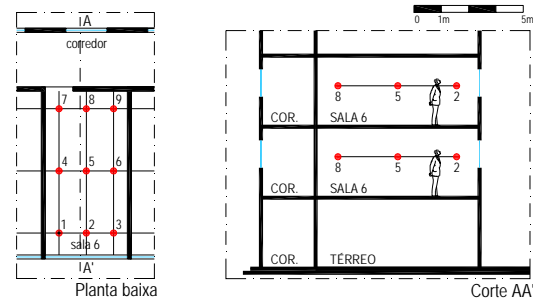


Figura 2 – Malha de análise adotada para o cálculo da velocidade média no interior das salas.

Complementar aos valores da velocidade média, os resultados foram analisados considerando-se uma faixa da velocidade do vento entre os valores de 0,60m/s e 1,50m/s. Tais valores são apresentados como suficientes para permitir a percepção do fluxo de ar pelos usuários do ambiente sem causar transtornos como o vôo de papéis no interior do ambiente (AYNSLEY, 1999; BITTENCOURT, 1993)

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1 Esquadria de correr

No primeiro pavimento, a velocidade média foi de 0,86m/s. A velocidade máxima foi de 1,47m/s, concentrando-se nos pontos 1, 2 e 3, próximo às aberturas das esquadrias e na porta da sala, figura 3a. A velocidade mínima foi de 0,36m/s nos pontos 6 e 9 (com exceção da sala 10, onde a velocidade no ponto 9 foi de 0,73m/s). Nos demais pontos dos ambientes, a velocidade do vento variou entre 0,73m/s e 1,10m/s, totalizando 78% dos pontos da sala.

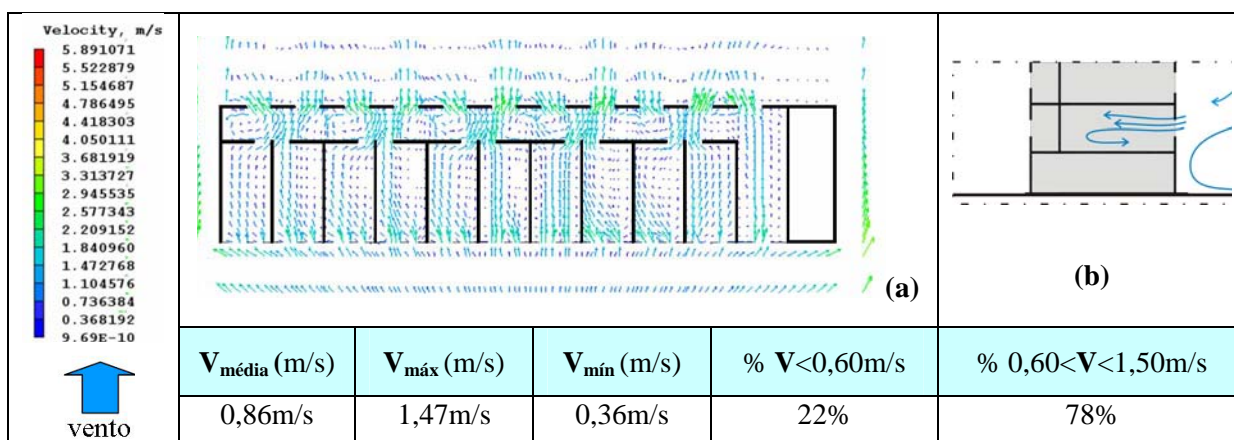


Figura 3 – Planta baixa (a) e corte (b) modelo com esquadria de correr - plano de análise: 4,5m (1º Pavto), visualização em vetores de velocidade. Incidência do vento de 90° e área de abertura de 1,50m².

Em relação à distribuição do fluxo de ar, as esquadrias de correr, proporcionam um jato concentrado onde estas se encontram abertas. Em 60% do ambiente a velocidade do vento não ultrapassou o valor de 0,36m/s, correspondendo ao local onde a folha da esquadria de correr encontra-se fechada, figura 3a. Constatase a influência da tipologia de esquadria na distribuição do fluxo de ar no interior do ambiente, favorecendo a concentração do insuflamento nas porções abertas. Considerando-se que o valor da velocidade do vento externo é de, 1,60 m/s, os valores da velocidade média interna correspondeu entre 43% e 62% da velocidade externa disponível. O fluxo de ar é direcionado para a altura do usuário, mas com baixa velocidade e distribuição não uniforme, figura 3b.

No quinto pavimento, os valores da velocidade do vento média foram levemente maiores que no primeiro pavimento. Nas salas 1 e 2 a velocidade média foi de 0,85 m/s, decrescendo para 0,78 m/s na sala 3. Na sala 4 a velocidade elevou-se para 1,06 m/s, para 1,10 m/s nas salas 5 e 6 e para 1,13 m/s na sala 7. Na sala 8 a média foi de 0,89 m/s e diminuiu para 0,73 m/s nas salas 9 e 10, figura 4a.

Em relação à distribuição do fluxo de ar, observa-se a não uniformidade do insuflamento de ar no ambiente. A formação de zonas de vórtices na maioria das salas indica que a área efetiva da abertura destinada para a ventilação pode ser insuficiente para proporcionar um insuflamento de ar uniforme. A canalização do fluxo de ar onde as esquadrias estão abertas ocorre, sem auxiliar na distribuição do ar no ambiente, podendo prejudicar o conforto térmico dos usuários que permaneçam nos espaços que não são beneficiados pelo movimento de ar.

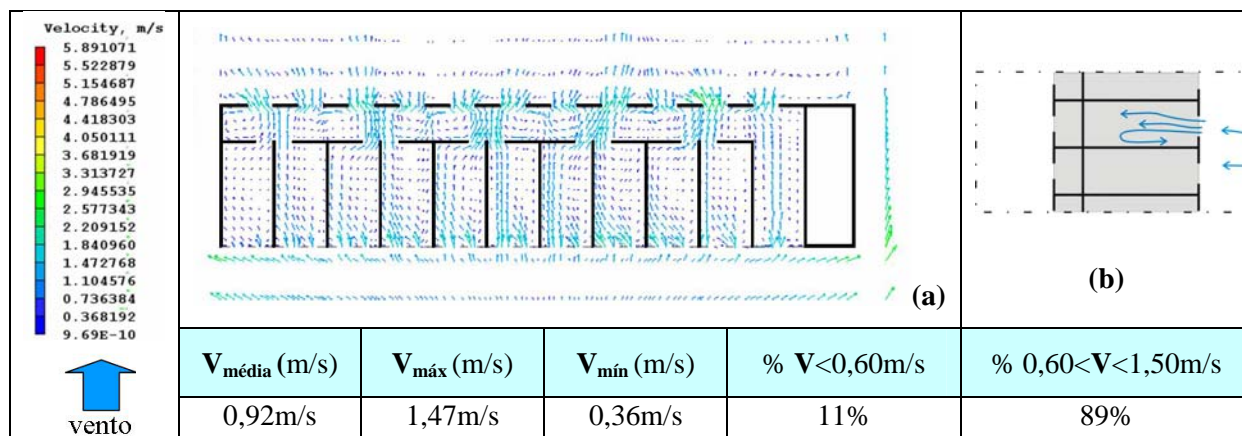


Figura 4 – Planta baixa (a) e corte (b) modelo com esquadria de correr - plano de análise: 16,5m (5º Pavto), visualização em vetores de velocidade. Incidência do vento de 90º e área de abertura de 1,50m².

No oitavo pavimento, na sala 1, a média da velocidade foi de 0,77 m/s, elevando-se para 0,81 m/s nas salas 2 e 3 e 0,85 m/s nas salas 4 e 5. Na sala 6 eleva-se para 1,06 m/s, diminuindo para 0,94 m/s na sala 7. Nas salas 8 e 9 os valores foram 1,06 e 1,02 m/s, respectivamente e na sala 10 foi de 0,81 m/s. A elevação destes valores foi influenciada pela velocidade registrada na faixa próxima às janelas, visto que neste pavimento a velocidade do ar externa é de aproximadamente 2,77 m/s. Entretanto, esta aceleração não produziu uma razoável distribuição do fluxo de ar no ambiente como um todo, figura 5a. A área com velocidade do vento entre 0,36 e 0,73 m/s é comparativamente maior que nos outros pavimentos, figuras 3a, 4a e 5a. A distribuição do fluxo do ar é irregular, com a presença de zonas de vórtice com reduzida velocidade do ar, figura 5. O fluxo do ar é direcionado para a parte de cima do ambiente, forçado pelo movimento do ar externo que faz o movimento ascendente para ultrapassar o obstáculo criado pelo próprio edifício, figura 5a. Como esquadria adotada é a de correr, esta não possibilita o direcionamento do fluxo do ar pelo usuário, figura 5b.

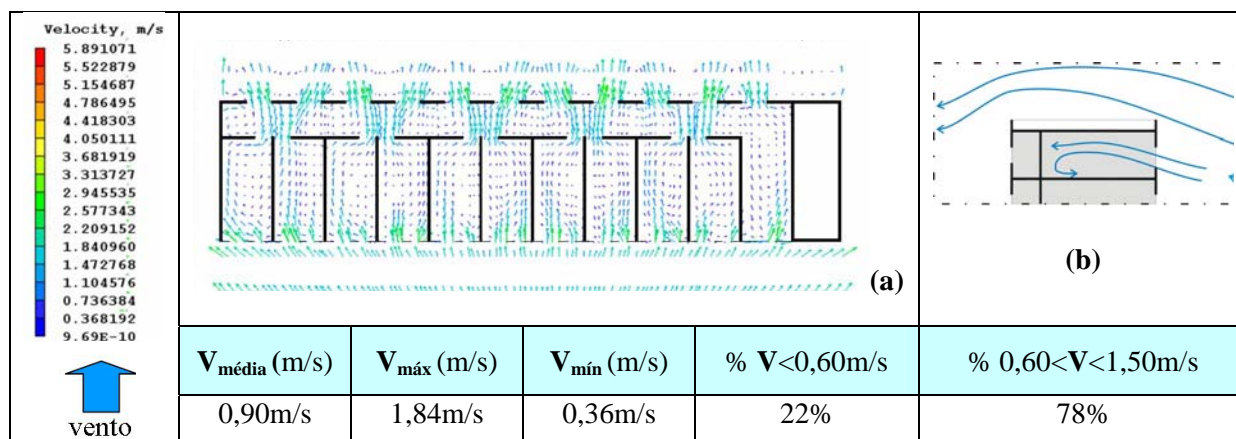


Figura 5 – Planta baixa (a) e corte (b) modelo com esquadria de correr - plano de análise: 22,5m (8º Pavto), visualização em vetores de velocidade. Incidência do vento de 90º e área de abertura de 1,50m².

4.2 Esquadria maxim-ar

Na sala 1, a velocidade do vento foi de 0,60 m/s, de 0,70 m/s na sala 2 e de 0,67 m/s na sala 3. Na sala 4 a média foi de 0,83 m/s, na sala 5 foi de 0,77 m/s e de 0,80 m/s na sala 6. Nas salas 7, 8, 9 e 10 as velocidades foram de 0,83 m/s, 0,87 m/s, 0,90 m/s e 0,80 m/s, respectivamente, figura 7. Neste pavimento, a velocidade do vento externa na altura da abertura foi de aproximadamente 1,60 m/s. Comparando-se com os valores da velocidade do vento média interna pode-se obter o percentual de aproveitamento do vento externo no interior do ambiente. Os valores da velocidade média interna corresponderam entre 40 e 60% do vento externo, figura 6a.

Em relação ao modelo dotado de esquadrias de correr, a velocidade do vento média no interior dos ambientes com esquadria maxim-ar foram menores. Entretanto, a distribuição dos valores na sala foi mais uniforme quando as esquadrias são maxim-ar, especialmente nas salas 4, 5, 6, 7 e 8. Ainda assim, em pelo menos 30% da área do ambiente a velocidade do vento foi de 0,30 m/s, valor este considerado baixo para a percepção do fluxo de ar pelo usuário do ambiente.

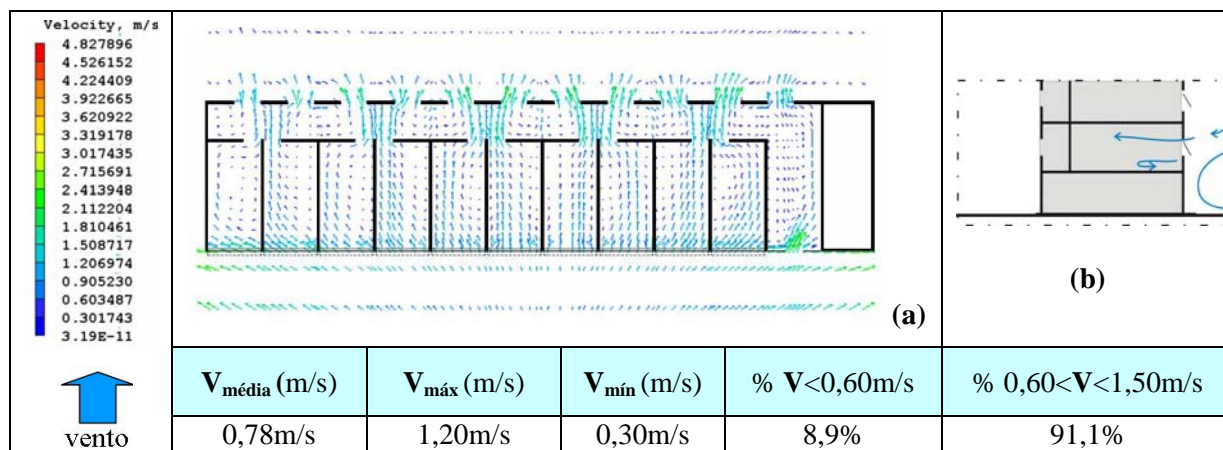


Figura 6 – Planta baixa (a) e corte (b) modelo com esquadria maxim-ar - plano de análise: 4,5m (1º Pavto), visualização em vetores de velocidade. Incidência do vento de 90° e área de abertura de 1,50m².

No quinto pavimento, os valores médios da velocidade do vento elevaram-se em relação ao primeiro pavimento. Na sala 1 a velocidade média foi de 0,73 m/s, elevando-se para 0,87 m/s na sala 2 e 0,93 m/s nas salas 3, 4 e 5. Na sala 6 o valor obtido foi de 0,97 m/s, decrescendo para 0,93 m/s na sala 7 e voltando para 0,93 m/s na sala 8. Nas salas 9 e 10 a média foi de 0,90 m/s, figura 7a. O percentual de aproveitamento da velocidade do vento, que na altura do quinto pavimento ficou em torno de 2,41 m/s, externa variou entre 31 e 40%. Nota-se, portanto, que a tipologia de esquadria adotada produz um grande impacto de redução na possibilidade de insuflamento de ar para o ambiente.

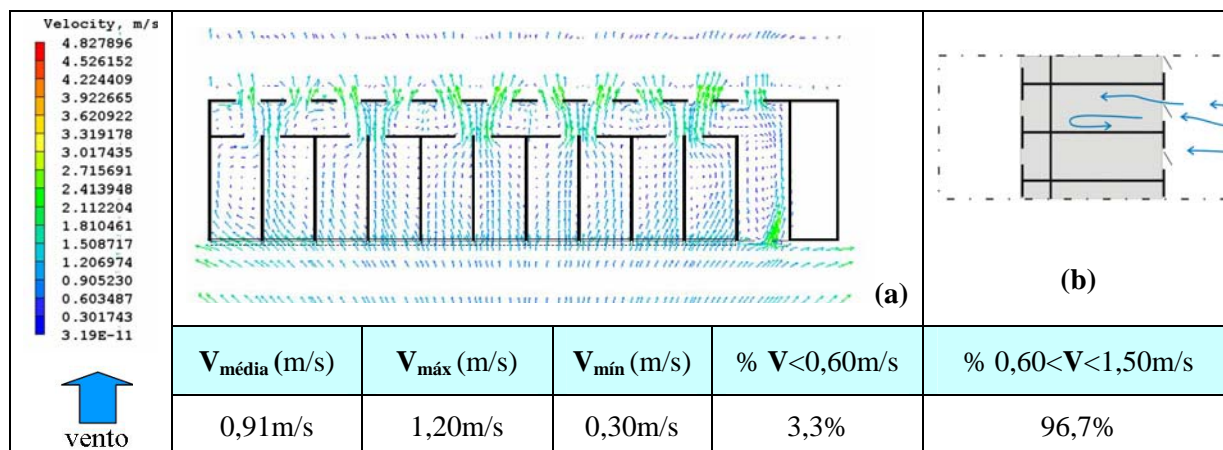


Figura 7 – Planta baixa (a) e corte (b) modelo com esquadria maxim-ar - plano de análise: 16,5m (5º Pavto), visualização em vetores de velocidade. Incidência do vento de 90° e área de abertura de 1,50m².

No oitavo pavimento, nas salas 1 e 2 a velocidade média foi de 0,80 m/s, aumentando para 0,87 nas salas 3 e 4. Esse valor eleva-se para 0,97 m/s e para 1,03 m/s nas salas 5 e 6. Nas salas 7 e 8 o valor é de 0,87 m/s e 0,80 m/s para a sala 10, tabela 3. Em relação à distribuição do fluxo de ar, nota-se que a maior parte do ambiente é contemplada com o insuflamento, figura 8a. Os valores da velocidade do vento foram mais elevados que nos outros pavimentos. Favorecido pela componente ascendente externa, o fluxo de ar é induzido a entrar pela abertura da esquadria maxim-ar, figura 8b.

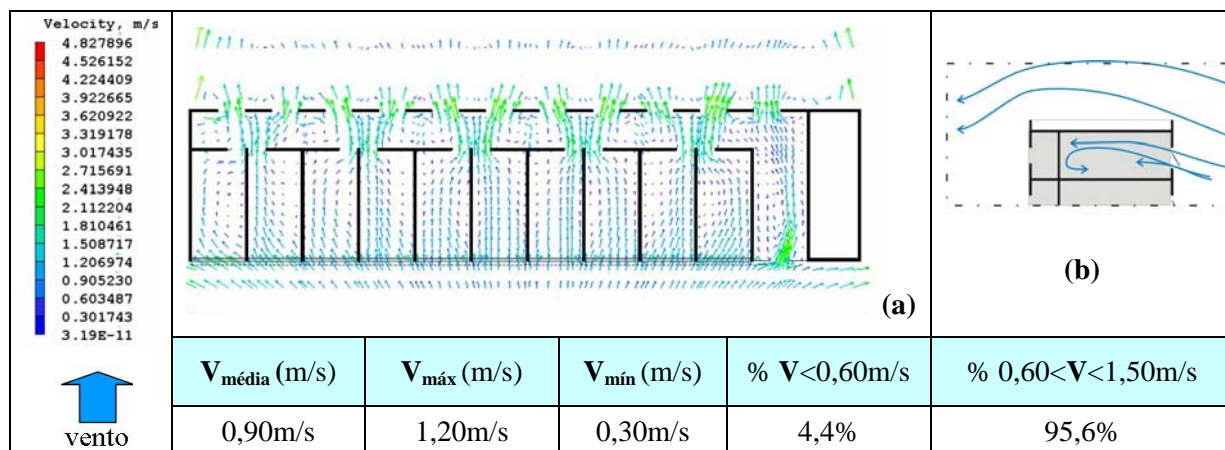


Figura 8 – Planta baixa (a) e corte (b) modelo com esquadria maxim-ar - plano de análise: 22,5m (8º Pavto), visualização em vetores de velocidade. Incidência do vento de 90º e área de abertura de 1,50m².

4.3 Esquadria de pivô vertical

A distribuição do fluxo do ar no interior do ambiente foi uniforme, sendo o valor mais baixo da ordem de 0,67 m/s, figura 9a. Devido à permeabilidade proporcionada pela esquadria, o insuflamento de ar alcançou maior área do ambiente em relação aos modelos dotados de esquadrias de correr e maxim-ar figuras 3a, 6a e 9a. A média da velocidade nas salas 1, 2 e 3 foi de 0,71 m/s. Na sala 4 o valor foi de 0,86 m/s, elevando-se para 1,01 m/s na sala 5. Na sala 6 a média foi de 0,82 m/s crescendo nas salas 7 e 8 para 0,93 m/s. Nas salas 9 e 10 a velocidade foi de 0,82 m/s. O percentual de aproveitamento do vento externo variou entre 47 e 67%, considerando-se a velocidade aproximada de 1,60 m/s na altura do plano de análise, tabela 6. Nota-se, portanto que a tipologia pivô vertical proporcionou um melhor aproveitamento da velocidade do vento externo com uma mesma área de abertura efetiva das esquadrias de correr e maxim-ar.

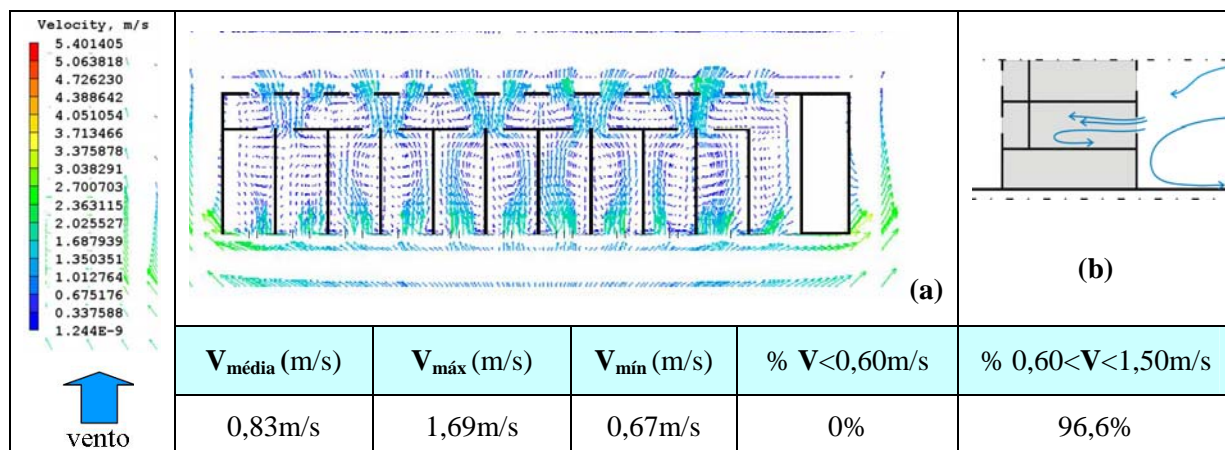


Figura 9 – Planta baixa (a) e corte (b) modelo com esquadria de pivô vertical - plano de análise: 4,5m (1º Pavto), visualização em vetores de velocidade. Incidência do vento de 90º e área de abertura de 1,50m².

No quinto pavimento, os valores da velocidade média corresponderam a 42 e 70% do valor externo que é de 2,40 m/s. Essa tipologia, as esquadrias oferecem menos resistência à passagem do ar, resultando um maior aproveitamento do vento externo e um maior insuflamento de ar no interior do ambiente. Tal aproveitamento se configurou em uma distribuição mais uniforme do fluxo de ar e na diminuição na formação das zonas de vórtices, figura 10a. A velocidade média na sala 1 foi de 1,01 m/s, 1,24 m/s na sala 2 e 1,27 na sala 3. Na sala 4 o valor eleva-se para 1,64 m/s, decrescendo para 1,54 na sala 4 e 1,35 m/s na sala 5. Na sala 6 o valor da velocidade média foi de 1,68 m/s, diminuindo para 1,38 m/s e 1,35 m/s nas salas 9 e 10, figura 10.a

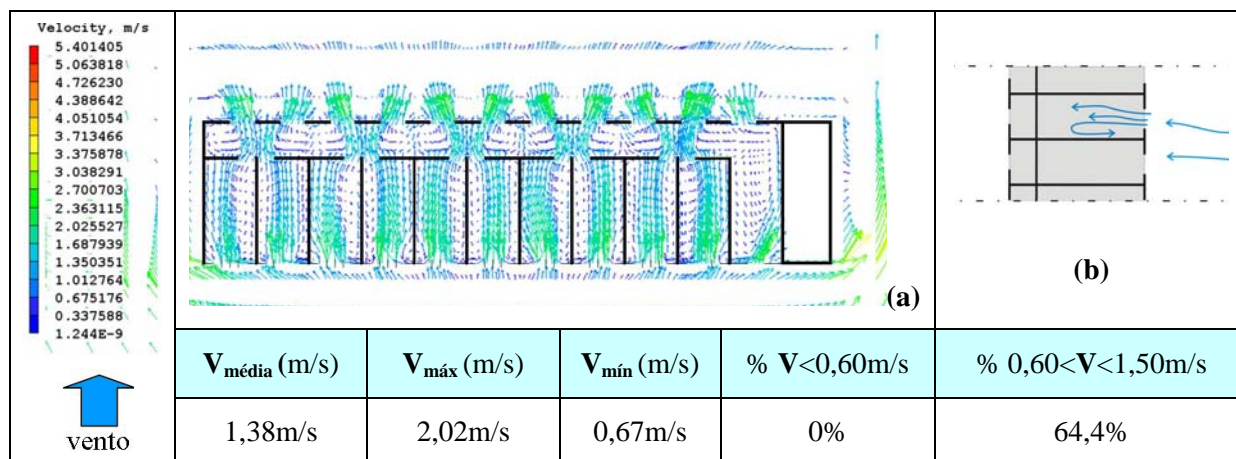


Figura 10 – Planta baixa modelo com esquadria de pivô vertical - plano de análise: 16,5m (5º Pavto), visualização em vetores de velocidade. Incidência do vento de 90° e área de abertura de 1,50m² (1/12).

No oitavo pavimento, em relação à distribuição do fluxo de ar, houve pontos de diferença entre os valores, não sendo, portanto uniforme em valores absolutos. Entretanto, ao analisarmos o insuflamento de ar no interior do ambiente, constata-se a presença de poucas áreas com formação de zonas de recirculação. Mesmo nas áreas o insuflamento de ar ocorre em menor intensidade, velocidade do vento não foi menor que 0,67 m/s, figura 11A. Os valores médios da velocidade do vento foram mais elevados, permanecendo acima de 1,00 m/s em todos os ambientes. Na sala 1 o valor foi de 1,08 m/s, elevando-se para 1,38 m/s nas salas 2 e 3 e 1,57 m/s na sala 4. Na sala 5 a média foi de 1,72 m/s, diminuindo para 1,16 m/s na sala 6. Na sala 7 esse valor aumenta para 1,57 e permanece em 1,61 m/s nas salas 8, 9 e 10.

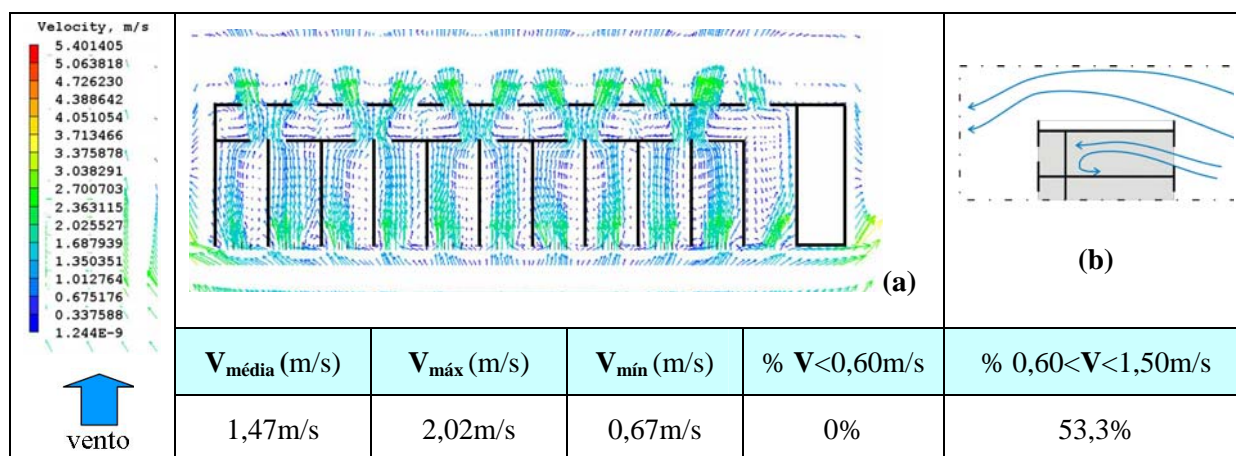


Figura 11 – Planta baixa modelo com esquadria de pivô vertical - plano de análise: 22,5m (8º Pavto), visualização em vetores de velocidade. Incidência do vento de 90° e área de abertura de 1,50m² (1/12).

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.

O desempenho da esquadria demonstrou ser influenciado diretamente pela variação da sua localização na edificação (pavimento). Tal fato é constatado pela análise do comportamento vertical da ventilação ao longo dos pavimentos estudados. Dependendo da altura do pavimento ocorre o direcionamento do

fluxo de ar no interior do ambiente para a parte superior ou inferior. Esse direcionamento é também influenciado pela tipologia e localização da aberturas de entrada e saída do ambiente. Em relação às aberturas de saída do ar, estas demonstraram influência no padrão de distribuição horizontal do fluxo de ar no interior do ambiente, devendo ser melhor considerada no projeto das edificações. Sugere-se, no entanto o desenvolvimento de mais estudos sobre a localização e a tipologia das aberturas de saída.

A esquadria de pivô vertical demonstrou um melhor desempenho quanto à distribuição do fluxo do ar e velocidade do vento no interior dos ambientes. A tipologia de correr proporciona um insuflamento de ar concentrado na área das aberturas e, devido às folhas fixas, ocorre a formação de zonas de vórtices no ambiente. A esquadria do tipo maxim-ar, além de não proporcionar um insuflamento de ar uniforme no ambiente, mostrou-se como obstáculo à entrada dos ventos devido ao seu formato, principalmente no primeiro e quinto pavimentos.

A necessidade de variação do tipo de abertura nos diferentes pavimentos embora não seja o foco do Código de Obras, poderia ser utilizado pelos projetistas na concepção dos ambientes. Em relação à importância das aberturas de saída do ar, estas deveriam se constituir em item maior estudo por parte dos projetistas, pra proporcionar melhores condições de conforto no interior dos ambientes. Tais itens poderiam ser muito úteis na formulação de normas e Códigos mais adequados e conseqüente melhor desempenho do ponto de vista energético e do conforto do ambiente construído. No entanto, observa-se que a importância o domínio dos princípios de ventilação por parte dos projetistas visando a sua aplicação nas edificações. Associado ao papel restritivo da norma, tal entendimento por parte dos profissionais pode contribuir para a construção de ambientes mais adequados ao aproveitamento da ventilação natural como estratégia de resfriamento dos ambientes.

5 REFERÊNCIAS

- AYNSLEY, R., Estimating summer wind driven natural ventilation potencial for indoor thermal comfort. **Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics**. 83, pp. 515-525, 1999.
- BITTENCOURT, L. **Ventilation as a cooling resource for warm humid climates: An investigation on perforated block wall geometry to improve ventilation inside low-rise buildings**. Tese (Doutorado em Environment and Energy Studies). Architectural Association Graduate School, Londres, 1993.
- BITTENCOURT, L., CÂNDIDO, C., **Introdução à Ventilação Natural**. EDUFAL: Maceió, 2005.
- GRATIA, E., HERDE, A. How to use natural ventilation to cool narrow office buildings. **Building and environment**, fevereiro de 2004.
- GRATIA, E., A. DE HERDE. Is day natural ventilation still possible in office buildings? **Building and environment**, outubro de 2003.
- NICOL, F. Adaptive thermal comfort standards in the hot humid tropics. **Energy and Buildings: Elsevier Science**, julho de 2004.
- OLGYAY, V. **Arquitectura y clima. Manual de Diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas**. Editorais Gustavo Gili: Barcelona, 1998.
- PEDRINI, A.; LAMBERTS, R.. Influência do tamanho e forma sobre o consumo de energia de edificações de escritório em clima quente ENCAC 2003 - VII Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, Curitiba, 2003. **Anais...** Curitiba: 2003.

6 AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à Capes pela concessão da bolsa à mestranda e a FAPEAL e ELETROBRÁS pelo auxílio na aquisição do *software* e equipamentos utilizados no desenvolvimento deste trabalho.