

Estudo do desempenho do peitoril ventilado para aumentar a ventilação natural em escolas de Maceió/AL

Study of the performance of ventilated sills for increasing the natural ventilation of schools in Maceió, Alagoas

Leonardo Salazar Bittencourt
Alexandre da Silva Sacramento
Christhina Cândido
Thalianne Leal

Resumo

A crise de energia deflagrada em 2001 no Brasil revelou um elevado nível de desperdício energético no país. A necessidade de ampliar-se a eficiência energética intensificou a discussão sobre o desperdício energético das edificações. Assim, a demanda para a concepção de edifícios com maior eficiência energética foi incrementada. Estas construções deveriam primar pela utilização de meios passivos de refrigeração e iluminação que apresentem menor dependência dos meios mecânicos, como aparelhos de ar condicionado e sistemas de iluminação artificial. Para o bom aproveitamento das condições regionais, adequando a edificação ao clima, o desempenho de diversos componentes dos edifícios, entre eles os peitoris ventilados, necessita de maior investigação. Este trabalho investiga a adoção do peitoril ventilado como forma de melhorar a distribuição do fluxo de ar em ambientes escolares. Verifica os desempenhos quantitativo e qualitativo desse componente em relação à ventilação natural. Os resultados demonstraram que o peitoril ventilado apresentou-se capaz de aumentar o fluxo de ar no interior das salas estudadas, particularmente no plano de trabalho dos estudantes.

Palavras-chave: Ventilação natural. Peitoril ventilado. Ambientes escolares.

Abstract

The 2001 energy crisis in Brazil has pointed out the high energy waste that exists in this country. The need for increasing energy efficiency has intensified the discussion on the energy waste in buildings. As a consequence, the demand for highly energy efficient buildings has increased. These buildings should rely on the use of passive means for cooling and day-lighting, which decrease the demand for air-conditioning and artificial lighting systems. In order to take advantage of regional conditions, adapting buildings to the climate, the performance of some building components, such as the ventilated window-sill, needs further investigation. This paper examines the use of ventilated sills as a means for improving natural ventilation in classrooms. The quantitative and qualitative performance of this component in relation to natural ventilation has been assessed. The results indicate that the ventilated sill is able to increase the airflow inside the classrooms, especially at the work level of the students.

Keywords: Natural ventilation. Ventilate sill. Classrooms.

Leonardo Salazar
Bittencourt
Departamento de Arquitetura e
Urbanismo
Universidade Federal de
Alagoas
Campus A C Simões
Tabuleiro do Martins
Maceió - Alagoas - Brasil
CEP 57072-970
Tel.: (82) 3214-1262
E-mail: lsb@ctec.ufal.br

Alexandre da Silva
Sacramento
Departamento de Arquitetura e
Urbanismo
Universidade Federal de
Alagoas
Tel.: (82) 3214-1268
E-mail:
alx_sacramento@hotmail.com

Christhina Cândido
Laboratório de Eficiência
Energética em Edificações
Universidade Federal de Santa
Catarina Campus Universitário
Trindade
Florianópolis -SC - Brasil
CEP 88040-970
Tel.: (48) 3331-5184
E-mail:
christhina@labeee.ufsc.br

Thalianne Leal
Departamento de Arquitetura e
Urbanismo
Universidade Federal de
Alagoas
E-mail: thalianne@ctec.ufal.br

Recebido em 26/01/07
Aceito em 28/08/07

Introdução

Em regiões tropicais, como é o caso do Maceió, AL, a temperatura do ar raramente ultrapassa a temperatura do corpo, e o índice de umidade relativa do ar é bastante alto. As edificações devem evitar ganhos de calor externo, enquanto dissipam aqueles produzidos no seu interior (KOENIGSBERGER *et al.*, 1974). Como estratégias bioclimáticas mais eficientes, temos o sombreamento e a ventilação natural (BAKER, 1987; SCHILLER *et al.*, 1988), e a zona de conforto está intrinsecamente relacionada com a velocidade do ar (MALLICK, 1996).

No caso de edificações de permanência diurna, como edifícios de pesquisa, escolas e escritórios, as tipologias arquitetônicas deveriam favorecer o aproveitamento da iluminação natural e dos ventos regionais, minimizando os gastos com energia. Outro fator de importância relaciona-se aos custos operacionais desses ambientes, pois, no caso dos edifícios públicos, a disponibilidade de recursos financeiros é reduzida. Se o projeto, por um lado, deve atender às condições de conforto térmico e lumínico, por outro pode contribuir para minimizar os gastos excessivos com energia elétrica.

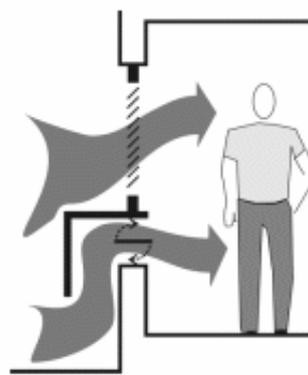
Esta pesquisa avalia a potencialidade de uso de um dispositivo arquitetônico, o *peitoril ventilado*, para incrementar o aproveitamento da ventilação natural em espaços de sala de aula (Figura 1a). O *peitoril ventilado*, utilizado pelos arquitetos Glauco Campelo e Delfim Amorim, e descrito por Holanda (1976) e Amorim (2001), tem sido usado

com bons resultados em alguns edifícios brasileiros. Trata-se de um dispositivo, geralmente executado em concreto, em formato de “L” invertido, sobreposto a uma abertura localizada no peitoril abaixo das janelas, que tem por finalidade atuar como fonte complementar do movimento de ar proporcionado pelas aberturas. Essa abertura apresenta-se protegida das chuvas pelos planos verticais e horizontais do “L”, de maneira a permitir a passagem dos ventos sem que haja a penetração de chuvas. Sua reduzida dimensão favorece ainda que sejam mantidos abertos durante a noite, o que permite a utilização de ventilação noturna sem comprometer a segurança do ambiente (Figura 1b). Tal dispositivo pode ser de uso interessante para ambientes de trabalho, pois direciona o fluxo de ar para a altura das pessoas sentadas. Associado às esquadrias móveis, como é o caso do projeto em questão, pode ter seu funcionamento controlado pelos usuários.

Pesquisas desenvolvidas sugerem que o desempenho do peitoril ventilado é afetado significativamente pela dimensão e forma adotadas (LEAL; BITTENCOURT; CÂNDIDO, 2006). A extensão da parte superior do dispositivo proporciona o direcionamento do fluxo do ar proveniente do peitoril (Figura 2). Por outro lado, formatos mais aerodinâmicos, como inclinados ou curvos, favorecem a maior captação do ar para o interior do ambiente (Figura 3).



(a)



(b)

Figura 1 - Peitoril ventilado em edifício de pesquisa da UFAL, Maceió, AL (a) e o insuflamento de ar proporcionado pelo dispositivo (b)

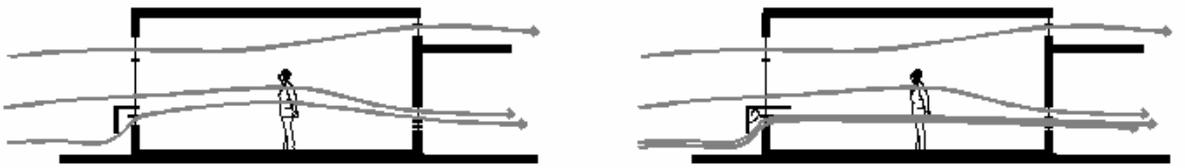


Figura 2 - A extensão da parte superior do peitoril auxilia no direcionamento do fluxo de ar

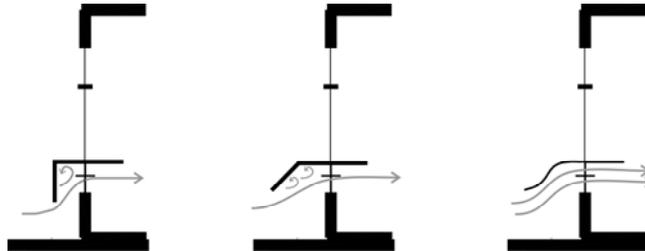


Figura 3 - O formato adotado para o peitoril ventilado influencia na captação do fluxo de ar

Metodologia

A metodologia adotada neste trabalho foi dividida em duas partes. A primeira trata da análise comparativa do desempenho do peitoril ventilado em duas configurações, comum e estendido, para um modelo de um edifício escolar típico. A segunda parte consiste numa análise comparativa de diferentes condições de uso do peitoril ventilado, através de medições feitas em uma sala do Núcleo de Pesquisa Multidisciplinar da Universidade Federal de Alagoas.

Parte 1: Simulações computacionais

Foi realizada uma análise comparativa entre duas diferentes configurações do peitoril ventilado (ortogonal comum e ortogonal estendido) entre si e em relação a um modelo considerado típico (sem a adoção dos dispositivos). Para tal, foram realizadas simulações computacionais com o software Phoenics 3.6, que se baseia na Mecânica dos Fluidos Computadorizada. Tal programa permite a análise da velocidade e da distribuição do fluxo do ar no interior dos ambientes. Os resultados são apresentados sob a forma de vetores, campos de velocidade ou isolinhas do fluxo, associados a uma escala de cores que informa a velocidade do ar para qualquer ponto do ambiente.

Inicialmente foi simulado o desempenho de uma sala com a configuração considerada típica, que serviu como modelo de referência para fins de comparação com os demais modelos (Figura 4a e b). O modelo possui cinco salas dispostas ao longo de um corredor, sendo escolhida para a análise a sala central. A sala mede 6,00 m x 6,00 m, com pé-

direito de 3,00 m (Figura 4a). Foram adotadas duas aberturas voltadas para o corredor e duas para o exterior. As aberturas voltadas para o corredor medem 0,50 m de altura, sendo a primeira localizada entre a laje da sala e a do corredor e a segunda a 0,50 m do nível do piso, preenchida com cobogós (Figura 4b). As aberturas voltadas para o exterior possuem as dimensões de 6,00 m x 1,10 m, peitoril de 1,00 m (janelas) e 6,00 m x 0,50 m, e peitoril de 2,10 m (bandeiras).

Do modelo típico foram derivados dois modelos, um modelo com peitoril ventilado de configuração ortogonal, e o outro que possui a lâmina horizontal estendida em 0,40 m para o interior da sala (Figura 4c e d). Essa configuração de peitoril ventilado possibilita direcionar o fluxo da ventilação na altura do plano de trabalho, de 0,75 m.

O ângulo de incidência do vento é de 0° em relação à normal do plano das aberturas de entrada do vento. O gradiente de velocidades do vento foi calculado utilizando-se os coeficientes de rugosidade para edificações localizadas na malha urbana (JACKMAN, 1980 *apud* BITTENCOURT; CÂNDIDO, 2005.). A velocidade do vento foi calculada por meio da expressão que relaciona a velocidade média (V_m) do vento na estação meteorológica, segundo a Equação 1, medida a uma altura padrão de 10 m, à velocidade média (V) do vento na altura da entrada do vento (z) e os coeficientes de correção da velocidade do vento, de acordo com a rugosidade para a malha urbana ($k = 0,35$, $a = 0,25$). O valor da velocidade do vento medido na estação meteorológica adotado foi de 4,33 m/s, sendo resultante da média entre os meses de dezembro a fevereiro, nos horários de

9h00, 15h00 e 21h00, excluindo-se os períodos com calma.

$$V/V_m = k.z^a \quad (1)$$

Os resultados foram analisados com o auxílio de uma malha composta de nove pontos distantes 0,75 m do piso do ambiente estudado. A malha foi utilizada para a tabulação da velocidade do ar em cada ponto da sala e para o cálculo da velocidade média no interior da mesma (Figura 5).

Parte 2: Medições

As medições foram realizadas no Núcleo de Pesquisa Multidisciplinar da Universidade Federal de Alagoas, com a finalidade de examinar o desempenho do peitoril ventilado aplicado a uma

edificação existente. Para tal, foi escolhida uma sala da edificação, localizada no pavimento superior do edifício, sendo destinada ao laboratório de fotoquímica (Figura 6). Tal escolha se deve a dois motivos. O primeiro relaciona-se à inexistência de obstruções internas no ambiente, que ocorrem no pavimento térreo. O segundo relaciona-se à posição da sala e ao campo de pressões que atuam nas superfícies do edifício. As salas localizadas nas laterais tendem a apresentar menor diferença de pressão entre as fachadas localizadas a barlavento e a sotavento, em comparação às salas localizadas na porção central desse edifício, onde a pressão positiva é maior. A sala escolhida, portanto, apresenta menor potencial de circulação dos ventos devido à menor diferença de pressão entre as duas fachadas.

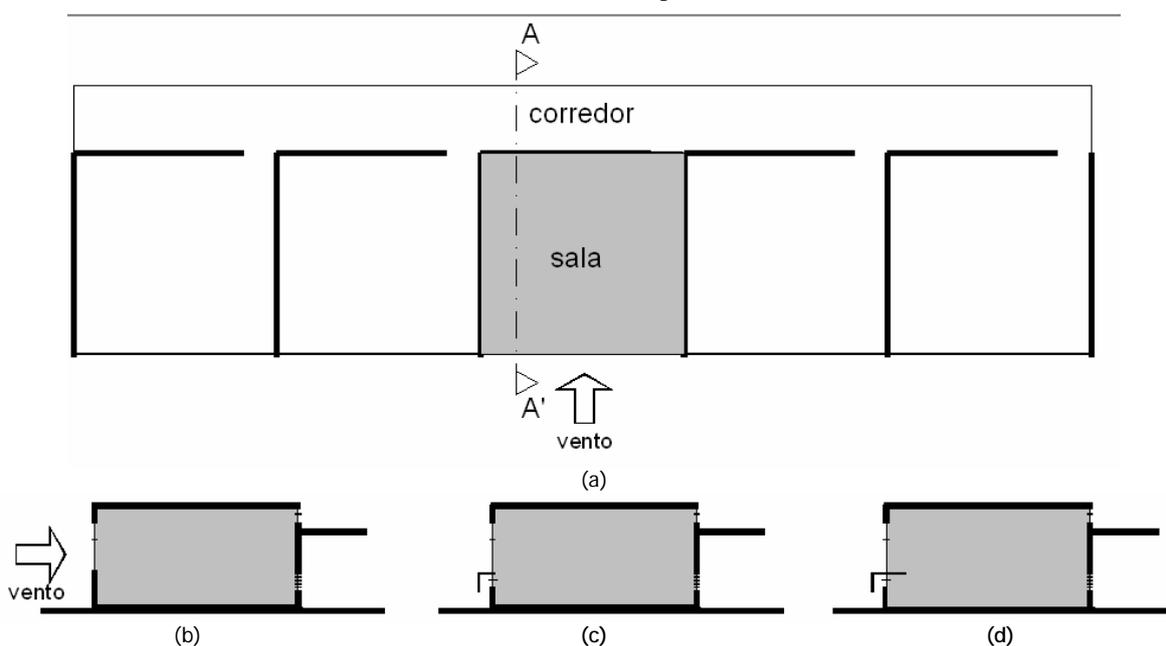


Figura 4 - Planta baixa (a) e corte A-A' (b) do modelo considerado como típico, com peitoril ventilado comum (c) e estendido (d)

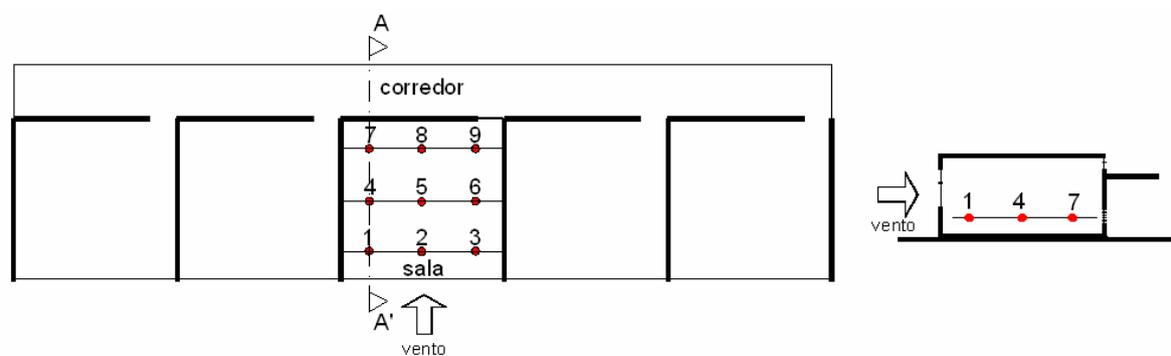


Figura 5 - Malha de análise utilizada para o cálculo de velocidade: planta baixa e corte

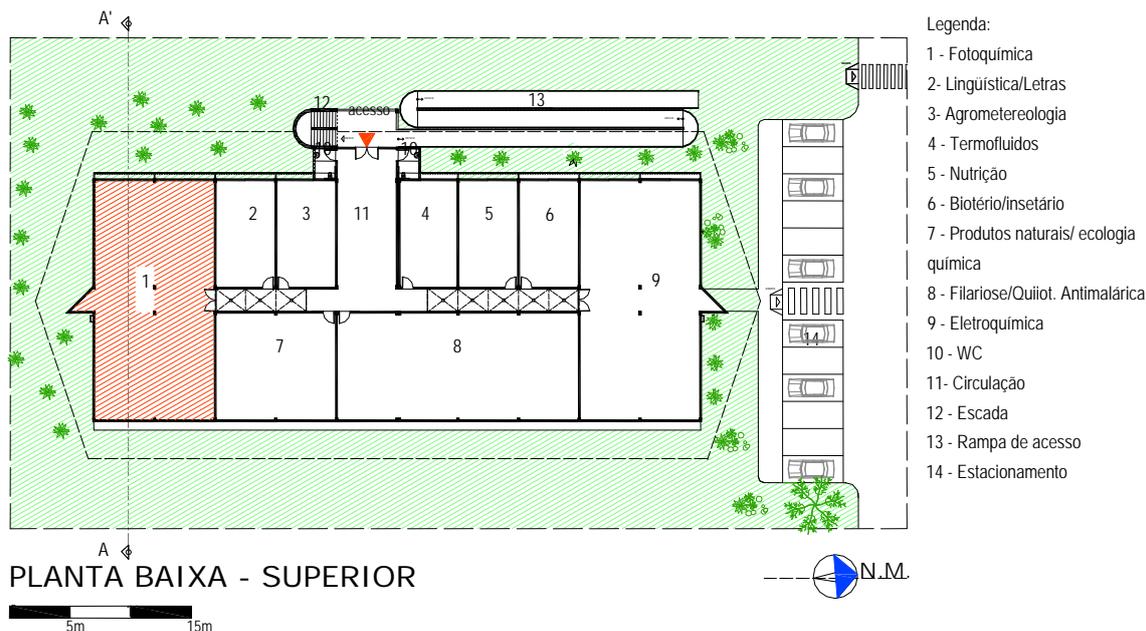


Figura 6 - Planta baixa do pavimento superior do edifício de pesquisa multidisciplinar

Foram realizadas medições da velocidade do vento, tanto externas como internas, por meio de anemômetros (Davis LCA 6000). Para a realização das medições foram definidos três pontos: um ponto externo e os pontos A e B, no interior da sala (Figura 7 e Figura 8). Os pontos A e B estão localizados próximo às aberturas da fachada leste do edifício, pois os ventos dominantes da região são provenientes do quadrante leste.

No ponto externo, localizado a 15 m da fachada, foram locados dois pesquisadores, um responsável pelo monitoramento do equipamento para o registro da velocidade do vento externo, e o outro responsável pela comunicação direta com os pesquisadores locados no interior do ambiente estudado. Os pontos A e B foram considerados num plano horizontal de 0,75 m. O ponto A refere-se à medição no trecho onde o peitoril permaneceu completamente aberto (esquadria de fechamento do peitoril com giro de 90°); e o ponto B, onde a esquadria foi inclinada para cima (45°) (Figura 9a e b). Para a medição nesses dois pontos, foram

alocados três pesquisadores. Dois dos pesquisadores foram responsáveis pelo monitoramento da ventilação, com o auxílio de anemômetros, localizados nos dois pontos internos (ponto A e ponto B). Outro pesquisador foi responsável pelo registro dos dados coletados no exterior da sala estudada.

A sala de análise possui 9,85 m x 20,00 m e pé-direito de 3,10 m. As janelas das fachadas leste e oeste são do tipo d e correr e medem 9,85 m x 1,10 m x 0,95 m, com bandeiras de 0,56 m e aberturas inferiores de 0,30 m de altura, correspondentes ao peitoril ventilado, ao longo de toda a parede (Figura 7). As bandeiras são dotadas de janelas do tipo basculante e, no peitoril ventilado, foram adotadas janelas pivotantes horizontais (Figuras 9a e b).

A sala foi investigada com três combinações de aberturas de entrada (Tabela 1), sendo as janelas de saída mantidas abertas.

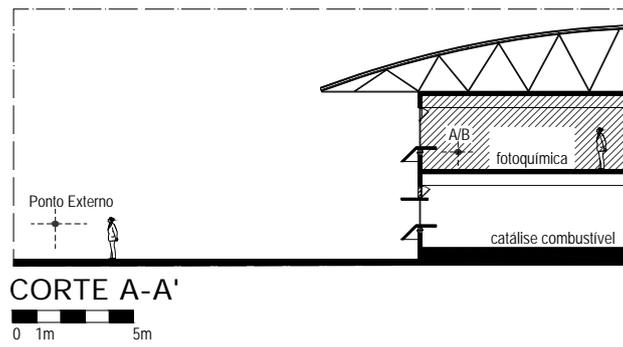


Figura 7 - Corte AA' modelo de análise: pontos de medição da velocidade do vento

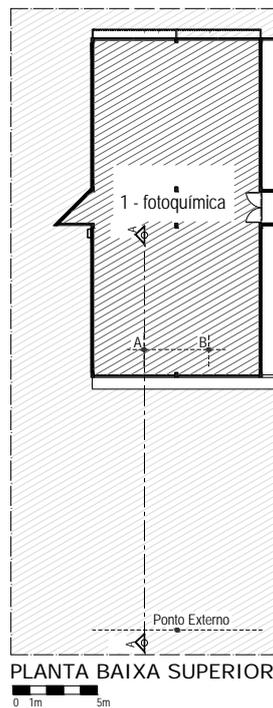


Figura 8 - Planta baixa modelo de análise: pontos de medição da velocidade do vento

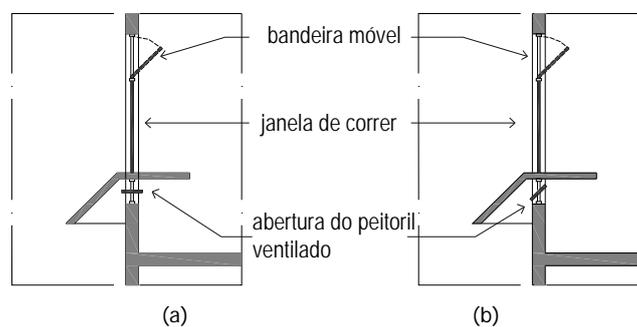


Figura 9 - Detalhe da esquadria adotada no peitoril ventilado em relação ao direcionamento do fluxo de ar quando esta se encontra completamente aberta (90°) (a) ou inclinada (45°) (b)

Condições analisadas	Aberturas
Condição 1	Janela aberta e peitoril fechado
Condição 2	Janela aberta e peitoril aberto
Condição 3	Janela fechada e peitoril aberto

Tabela 1 - Condições de análise do ambiente

As medições foram iniciadas quando as seguintes condições foram constatadas: registro da velocidade do vento externo em torno de 1,5 m/s e direção do vento no quadrante leste. Dessa forma, foi possível estimar o tempo aproximado de chegada da rajada de vento no interior da sala estudada. Foram registradas seqüências ininterruptas de medições, a cada cinco segundos (tempo referente ao resultado fornecido pelo instrumento utilizado) da velocidade do ar, no ponto externo ao edifício e nos dois pontos do interior da sala. Nessa seqüência, foram totalizadas 52 medições de velocidade do ar nos três pontos especificados, para cada combinação de abertura de entrada estudada.

Resultados

Parte 1: Simulações computacionais

No modelo sem o peitoril ventilado verificou-se uma velocidade baixa no plano de trabalho, considerado com 0,75 m de altura (Figura 10a). Seu valor atinge a média de 0,30 m/s, valor considerado baixo para proporcionar conforto térmico aos usuários desses ambientes, visto que nesse tipo de clima velocidades mais altas que essa são desejadas (TANABE *et al.*, 1987; TOFTUM *et al.*, 2003; TOFTUM, 2004).

Em relação à distribuição do fluxo de ar no interior da sala de aula, este se apresentou de maneira não uniforme no ambiente sem o uso do peitoril ventilado (Figura 10b). Constatou-se a formação de zonas de vórtices em aproximadamente 50% do ambiente, o que pode contribuir para uma concentração de ar quente. A intensificação do fluxo de ar nas aberturas de saída é devida ao acréscimo na aceleração dele, resultante da diminuição da área de passagem.

Os resultados do modelo com peitoril ventilado de configuração ortogonal apresentam como média de velocidade do vento o valor de 0,50 m/s ao longo da sala analisada. A comparação com o modelo de referência permite verificar, na atual configuração, um incremento da ordem de 60% no valor da velocidade do vento (Figura 11a).

Constatou-se que, com a inserção do peitoril ventilado de configuração ortogonal, houve diminuição das zonas de vórtices no ambiente. Esse fato se deve ao fluxo de ar insuflado pelas aberturas do peitoril, o que permitiu uma distribuição mais uniforme no ambiente. Entretanto, percebe-se a tendência de o fluxo de ar subir levemente em direção ao teto do ambiente. Tal comportamento do fluxo de ar diminui o potencial de resfriamento, por convecção, dos usuários do ambiente, visto que estes se encontram sentados durante a execução de suas atividades cotidianas. Nesse caso, mesmo com o incremento da velocidade do vento, o fluxo de ar pode apresentar reduzida contribuição para a melhoria do conforto térmico dos usuários, pelo fato de o seu escoamento estar desviado para uma altura maior que a desejada. A grande concentração dos vetores na lateral direita (corte) indica o escoamento pelas aberturas de saída (Figura 11 – Modelo com peitoril ortogonal: Planta baixa (a) e corte no centro da sala (b e c). Visualização em vetores (a e b), plano de análise de 0,75 m

A distribuição do fluxo de vento no modelo com peitoril ventilado estendido apresenta-se constante em toda a sala. Zonas de turbulência, nas quais a renovação do ar torna-se prejudicada, ocorrem apenas em uma pequena faixa na lateral direita, próximo à porta (Figura 12).

Analisando o desempenho do modelo com a introdução do peitoril ventilado estendido, verificou-se a média de velocidade em torno de 0,62 m/s (Figura 13). Em comparação com os valores do vento obtidos no modelo sem peitoril ventilado, verifica-se um acréscimo de 107% na velocidade do vento. Observa-se, ainda, uma grande aceleração do fluxo de ar próximo à porta, devido à localização das aberturas de saída do vento. Na altura do plano de trabalho, a velocidade é ainda maior, situando-se em torno de 0,96 m/s, o que representaria um aumento de 220% em comparação com o modelo sem peitoril ventilado. Esse fato se deve ao prolongamento da lâmina horizontal existente acima da abertura do peitoril, que proporciona um maior direcionamento do fluxo de ar para o plano de trabalho.

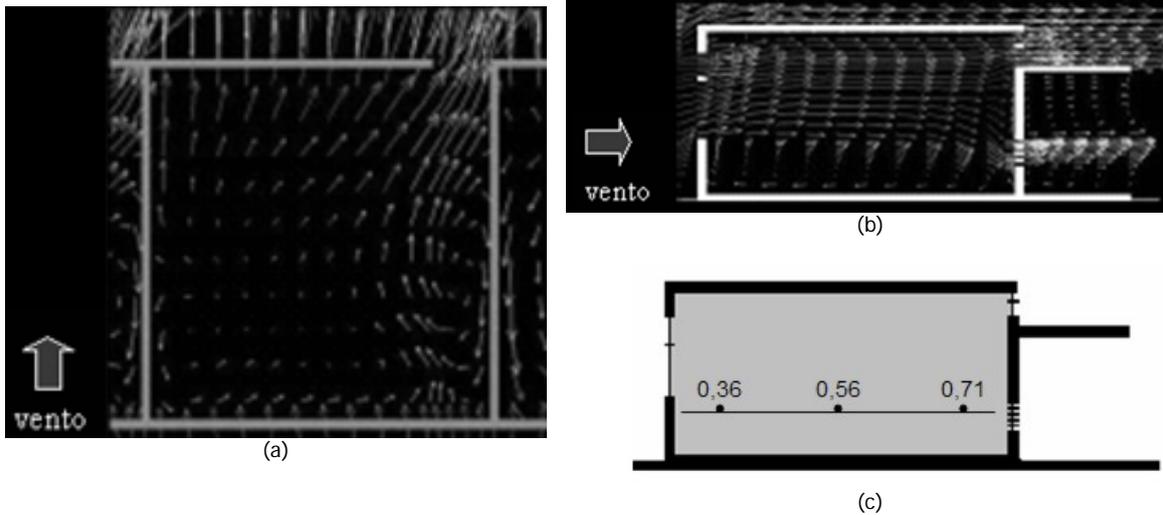


Figura 10 - Modelo típico: Planta baixa (a) e corte no centro da sala (b e c). Visualização em vetores (a e b), plano de análise de 0,75 m

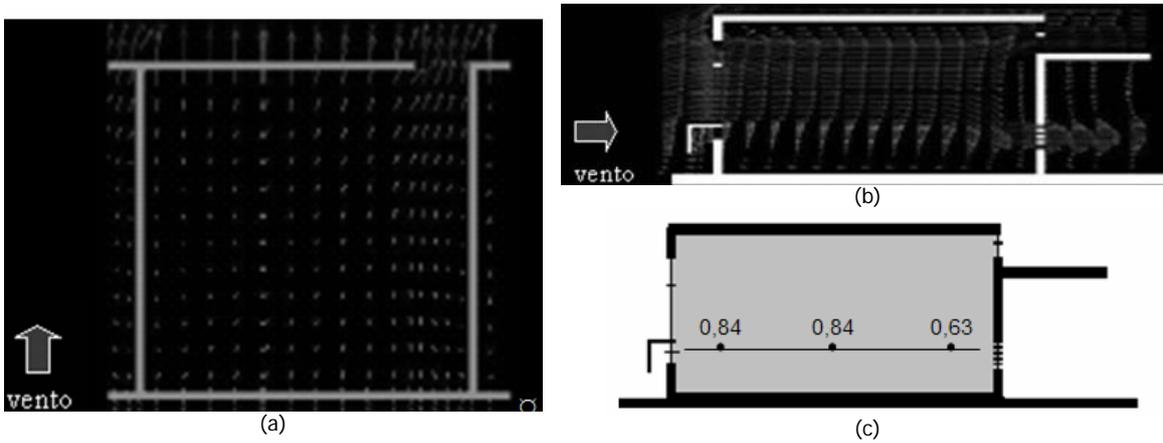


Figura 11 - Modelo com peitoril ortogonal: Planta baixa (a) e corte no centro da sala (b e c). Visualização em vetores (a e b), plano de análise de 0,75 m

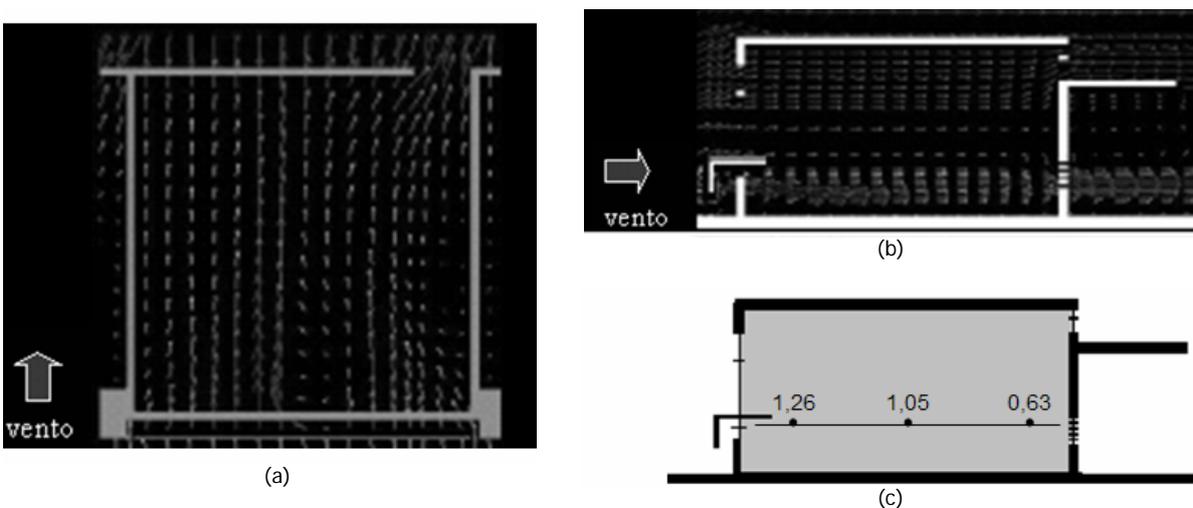


Figura 12 - Modelo com peitoril estendido: Planta baixa (a) e corte no centro da sala (b e c). Visualização em vetores (a e b), plano de análise de 0,75 m

Parte 2: Medições

Resultado comparativo entre as condições 1 e 2 com janela principal aberta

Os dados registrados nas condições em que a janela principal da sala encontra-se aberta corresponderam a valores equivalentes a mais de 50% do valor da velocidade do vento proveniente do exterior (Tabela 2).

Com o peitoril fechado (condição 1), a velocidade média no ponto interno A correspondeu a 61% da velocidade no meio externo. A velocidade média no ponto A, com o dispositivo aberto, é equivalente a 81,7% da velocidade externa do vento (Figura 13).

Esses resultados apontam para a potencialidade do dispositivo avaliado no que se refere a incrementar a velocidade do vento no espaço investigado. O aumento na velocidade média do ar no interior dos espaços examinados foi superior a 20%, com a implantação do peitoril ventilado, mesmo nas

condições em que as janelas de correr estavam abertas.

Resultado da condição com janela principal fechada

Os valores médios de velocidade do vento obtidos a partir da avaliação da condição 3 (janela fechada e peitoril aberto) indicam que no ponto A a velocidade do ar apresenta um valor superior ao registrado no ponto B. Esse fato confirma a influência da inclinação da esquadria de fechamento utilizado no peitoril, tanto na definição da velocidade como na distribuição interna do escoamento do vento (Tabela 3), proporcionando um direcionamento do fluxo de ar para um plano mais alto do que foi medido. A possibilidade de controlar o grau de abertura dessa esquadria constitui-se em opção interessante no período de inverno como forma de controlar eventuais correntes de ar frio na altura dos usuários do ambiente, bem como a entrada de pequenos animais no período noturno.

Condições Analisadas	Velocidade média do vento (m/s)	
	Ponto Externo	Ponto A
1. Janela aberta e peitoril fechado	2,08	1,27
2. Janela aberta e peitoril aberto	1,91	1,56

Tabela 2 - Resultados da velocidade média dos ventos, nas condições avaliadas com janela principal aberta

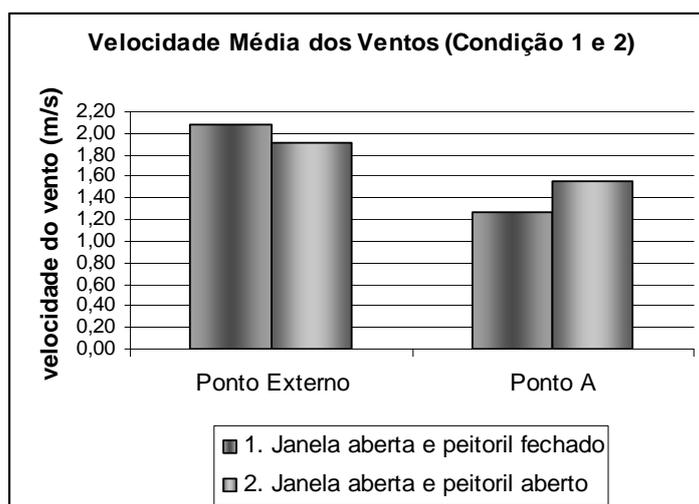


Figura 13 - Gráfico do resultado comparativo dos valores médios da velocidade do vento a partir das condições analisadas com a janela principal aberta

Condição Analisada	Velocidade média do vento (m/s)		
	Ponto Externo	Ponto A	Ponto B
3. Janela fechada e peitoril aberto	2,09	0,74	0,49

Tabela 3 - Resultados da velocidade média dos ventos, nas condições avaliadas com janela principal fechada

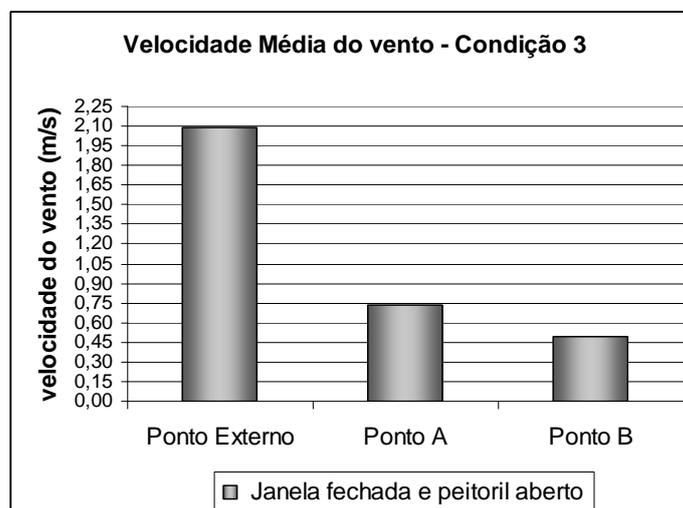


Figura 14 - Gráfico do resultado comparativo entre o desempenho da ventilação natural no ponto A (inclinação da esquadria de fechamento do peitoril de 90° em relação ao plano vertical) e no ponto B (inclinação da esquadria do peitoril de 45°)

O valor da velocidade média no ponto B foi de 0,45 m/s, e no ponto A esse valor eleva-se para 0,75 m/s. Tal incremento pode ser importante para auxiliar no incremento do conforto aos usuários do ambiente em dias mais quentes, comumente registrados na região.

O resultado pode ser justificado pela diminuição na área de abertura do peitoril, diminuindo, conseqüentemente, o fluxo do vento no ponto B; assim como pelo desvio de boa parte do escoamento por cima do plano de medição. Enquanto no ponto A a velocidade do vento correspondeu a 35,4% em relação à registrada no ponto externo, no ponto B o valor da velocidade foi reduzido, correspondendo a apenas 23,4%. Portanto, a inclinação da esquadria presente no peitoril ventilado, caracterizada no ponto B por 45°, apresentou maior resistência à passagem do ar externo e desvio do vento incidente para zonas acima daquelas onde estão os usuários desses ambientes. Entretanto, a utilização de esquadrias reguláveis pode ser importante para permitir o controle do insuflamento de ar pelo usuário quando este for necessário. Nota-se que, mesmo com a esquadria inclinada a 45°, ainda ocorre um insuflamento de ar que pode contribuir para a obtenção do conforto térmico dos usuários desses ambientes.

Os resultados sugerem que o peitoril ventilado se constitui em interessante elemento arquitetônico no que se refere à melhoria das condições de ventilação natural nos espaços internos, contribuindo para a manutenção do insuflamento de ar, mesmo em situações caracterizadas pelo fechamento das janelas principais. É possível que melhores resultados possam ser obtidos ampliando-se a área de abertura para o insuflamento do ar. Entretanto, em dias chuvosos, o peitoril ventilado proporciona o insuflamento de ar sem permitir a entrada de chuva no ambiente. Mantendo-se a janela fechada, a velocidade do vento no interior do ambiente correspondeu a valores acima de 30% da velocidade do vento externo. Nessa situação, constata-se um insuflamento de ar que pode contribuir para condições mais favoráveis ao conforto térmico interno, especificamente no nível do plano de trabalho (0,75 m), quando a janela principal estiver fechada.

É interessante destacar que o desempenho da ventilação natural através do peitoril ventilado dependerá, também, da atuação de outras variáveis, representadas pela localização e pela configuração do ambiente, das aberturas de saída do ar e, em grande medida, pelo formato do peitoril. Esta última variável encontra-se atualmente em investigação no Grupo de Estudos em Conforto Ambiental (GECA/UFAL).

Conclusões

A análise das configurações estudadas demonstra o potencial do uso do peitoril ventilado nos ambientes em relação aos parâmetros analisados. O prolongamento da lâmina horizontal do modelo com peitoril ventilado estendido, em comparação com o peitoril ventilado de configuração comum, apresenta melhores condições de ventilação natural ao nível de trabalho dos estudantes sentados. Essa variação do peitoril ventilado induziu o escoamento da ventilação natural a manter-se na altura do plano de trabalho, diferentemente do peitoril ventilado de configuração comum, onde a ventilação tende a subir.

Os resultados obtidos sugerem um bom potencial de utilização de peitoris ventilados em edifícios localizados em climas quentes e úmidos, como é o caso de Maceió, AL. A inserção do dispositivo incrementou os valores da velocidade do vento, assim como proporcionou um significativo direcionamento do fluxo de ar para a altura dos usuários sentados. Além disso, o mecanismo mostrou-se uma importante ferramenta de insuflamento do ar, mesmo quando as janelas foram consideradas fechadas, fato importante em dias de chuva, por exemplo.

O desempenho da ventilação natural através do peitoril ventilado em espaços internos dependerá, também, da atuação de outras variáveis, representadas pela tipologia dos elementos arquitetônicos complementares, principalmente os relacionados com tipos de fechamentos das aberturas.

Observa-se a necessidade de investigações e estudos sobre outros formatos e tipologias desses elementos de controle da ventilação natural, para que, quando utilizados, possam auxiliar no conforto térmico humano e minimizar a necessidade de meios mecânicos de refrigeração.

Referências

- BAKER, N. **Passive and low energy building design for tropical island climates**. London: Commonwealth Science Council, 1987.
- HOLANDA, A. **Roteiro para se construir no Nordeste**. Recife: Ed. da UFPE, 1997.
- KOENIGSBERGER, O.; INGERSOL, T. G.; MAYHEW, A.; SZOKOLAY, S. V. **Manual of Tropical Housing and Building**. Part I: Climatic Design. London: Longman, 1974.
- LEAL, T. A.; CÂNDIDO, C. M.; BITTENCOURT, L. S. A influência na distribuição e velocidade da ventilação natural a partir do uso do peitoril ventilado em escolas. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11. **Anais...** Florianópolis, 2006.
- MALLICK, F. H. Thermal comfort and building design in the tropical climates. **Energy and Buildings**, v. 23, 1996.
- SCHILLER, G. E.; ARENS, E.; BAUMAN, F.; BENTON, C.; FOUNTAIN, M.; DOHERTY, T. A field study of thermal environments and comfort in office buildings. **ASHRAE Transactions**, v. 94, p. 280-308, 1988.
- TANABE, S.; KIMURA, K.; HARA, T. Thermal comfort requirements during the summer season in Japan. **ASHRAE Transactions**, v. 93, n. 1, p. 564-577, 1987.
- TOFTUM, J.; MELIKOV, A.; TYNEL, A.; BRUZDA, M.A.; FANGER, P. O. Human Response to Air Movement: Evaluation of ASHRAE Draft Criteria. **International Journal of Heating, Ventilation, Air-Conditioning and Refrigeration Research**, 2003.
- TOFTUM. Air movement: good or bad? **Indoor Air**, 2004.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPEAL e ao CNPq, pelas bolsas concedidas, e à Eletrobrás, pelo apoio financeiro para esta pesquisa.