



## ANTEPAROS VERTICAIS E SUA INFLUÊNCIA NA VENTILAÇÃO NATURAL EM ESPAÇOS DE SALA DE AULA DOTADOS DE PÉRGULAS.

**Fernando Antonio de Melo Sá Cavalcanti (1); Leonardo Salazar Bittencourt (2);  
Christhina M. Cândido (3)**

(1) Bolsista FAPEAL - Departamento de Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal de Alagoas, Brasil – e-mail: [fernandoantonio@ctec.ufal.br](mailto:fernandoantonio@ctec.ufal.br) (2) Professor Adjunto do Departamento de Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal de Alagoas, Brasil – e-mail: [lsb@ctec.ufal.br](mailto:lsb@ctec.ufal.br) (3) Mestranda em Dinâmicas do Espaço Habitado – Universidade Federal de Alagoas, Brasil – e-mail: [christhina@ctec.ufal.br](mailto:christhina@ctec.ufal.br)

### RESUMO

A busca por edificações adaptadas ao clima do local, passa pela investigação do desempenho ambiental dos diversos componentes arquitetônicos, entre eles as pérgulas e os anteparos verticais, cujo potencial de aplicação é ainda pouco explorado. O presente trabalho tem por objetivo avaliar o efeito produzido pela inserção de anteparos verticais com diferentes alturas, localizados a barlavento das pérgulas, no desempenho da ventilação natural em ambientes de sala de aula, provenientes de um plano a 90° com o plano das pérgulas. Para isto, foram realizadas simulações de modelos computacionais, utilizando o software *PHOENICS 3.5*, considerando salas de aulas com pérgulas e adotando três alturas para os anteparos verticais (3,0m, 6,0m e 9,0m), e incidência dos ventos de 90°. Como resultado dos estudos elaborados neste trabalho, obteve-se valores que variaram entre 0,62m/s e 1,44m/s no interior destas edificações, observando-se assim que a medida que o anteparo vertical aumentava de cota, a velocidade do vento também aumentava, bem como a inserção de pérgulas contribuiu para que o vento circulasse com maior velocidade. Assim, evita-se o uso de aparelhos de ar condicionado e sistemas de iluminação artificial em situações onde o adequado uso da ventilação e iluminação natural, proporcionam ambientes confortáveis.

Palavras-chave: anteparos verticais; ventilação natural; pérgulas.

### ABSTRACT

The search for adapted buildings to the climate of the region, passes for the inquiry of the environmental performance of the various architectural components, between them pergolas and the vertical obstructions, whose potential of application still is little explored. The present work has for objective to evaluate the effect produced for the insertion of vertical obstructions with different heights, located windward of pergolas, in the performance of the natural ventilation in environments of classroom, proceeding from a plan 90° with the plan of pergolas. For this, has been carried simulations of computational models, using software *PHOENICS 3.5*, considering classrooms with pergolas and adopting three heights for the vertical obstructions (3,0m, 6,0m and 9,0m), and incidence of the winds of 90°. As result of this studies, one got values that had varied between 0,62m/s and 1,44m/s in the interior of these buildings, observing itself thus that the measure that the vertical obstructions increased of quota, the speed of the wind also increased, as well as the insertion of pergolas contributed so that the wind circulated with greater speed. Thus, one prevents the use of conditional air devices and artificial lighting systems in situations where the adjusted use of the ventilation and natural illumination, provides comfortable environments

Keywords: vertical obstructions, natural ventilation, pergolas.

## **1 INTRODUÇÃO**

Até meados do século XX, os projetos arquitetônicos adequavam-se ao clima e seus usuários alcançavam satisfação. Após a Revolução Industrial e a subsequente evolução tecnológica, diversos sistemas de iluminação e climatização artificial foram criados e passaram a ser largamente utilizados nas edificações, resultando em um crescente consumo energético.

No passado, quando a energia possuía baixo custo e estava disponível em grande quantidade, havia poucos incentivos para que os órgãos públicos, os projetistas e os construtores levassem em consideração os problemas energéticos nos edifícios. Atualmente, construir visando o melhoramento do conforto térmico através da máxima utilização dos recursos naturais tornou-se uma necessidade diante do panorama mundial da evolução do consumo em relação à disponibilidade de energia elétrica (MASCARO, 1991).

A partir da crise energética ocorrida no Brasil em 2001, identificou-se que a economia obtida através da eficientização energética nos edifícios é aquela que apresenta a melhor relação de custo/benefício, por evitar elevadas inversões financeiras características do processo de geração de energia (ESPIRITO SANTO, 1989), (PROCEL, 2001).

A construção de edificações adaptadas ao clima local, seja por meio de materiais, tecnologias, ou estratégias arquitetônicas, resultam em uma diminuição do uso de meios artificiais para obtenção de conforto. A inadequação do edifício ao clima local pode proporcionar sensações de desconforto térmico em seus usuários, ocasionando a diminuição do rendimento das atividades executadas em seu interior, além do desperdício de energia (GIVONI, 1991).

Equipamentos de ar condicionado e sistemas de iluminação artificial vêm sendo amplamente utilizados para ‘corrigir’ as insatisfatórias condições de conforto, produzidas no interior dos edifícios devido projetos mal elaborados. Em contraste, existe uma ampla variação de componentes arquitetônicos, que podem promover uma melhor integração das construções ao seu ambiente natural (FATHY, 1986). Entre esses, encontram-se as pérgulas, que podem ser utilizadas com ou sem anteparos verticais.

Sabendo que em regiões de clima quente e úmido, a temperatura do ar raramente ultrapassa a do corpo, apresentando pequenas variações diárias e sazonais, e que o nível de umidade do ar é bastante elevado, tem-se como estratégia principal para obtenção de conforto por meios passivos, a ventilação natural associada à proteção solar, reduzindo assim a necessidade de uso de meios artificiais para refrigeração ou aquecimento do ambiente.

Esta pesquisa busca o conhecimento qualitativo e quantitativo do efeito produzido na ventilação natural, pelas diferentes alturas de anteparos verticais, quando aplicados em conjunto com pérgulas, em espaços de sala de aula, observando a direção dos ventos dominantes na região.

Pretende-se fornecer informações importantes a arquitetos e urbanistas, a fim de estabelecer padrões arquitetônicos mais adequados para o clima local, melhorando o desempenho ambiental dos espaços construídos.

## **2 OBJETIVO**

Este artigo tem por objetivo investigar o desempenho da ventilação natural através de pergulados, quando aplicado em ambientes de salas de aula, em decorrência da implantação de anteparos verticais, aumentando o conforto ambiental e a produtividade nestes espaços, a partir de uma maior adaptação do edifício ao meio climático.

### 3 METODOLOGIA

Utilizou-se a metodologia baseada na comparação entre o desempenho da ventilação natural obtida em uma sala de aula típica medindo 6,00 x 6,00 m, com pé-direito de 3,00 m e possuindo entre sua face de saída dos ventos e o muro uma distância de 3,00m, onde existe um pergolado. Esta comparação se deu a partir da realização de simulações de modelos computacionais utilizando o software PHOENICS 3.5, o qual se fundamenta em Mecânica dos Fluidos Computadorizada. Também conhecida como CFD (*Computer Fluid Dynamic*) Este software apresenta os resultados na forma de vetores, indicando a velocidade, sentido e direção do vento ou de manchas de cor que indicam os isocampos de velocidade do vento e/ou pressão.

Inicialmente, foi simulado o desempenho de uma sala considerada como configuração típica (sem anteparo vertical), que será adotada como referência para fins de comparação com os modelos onde serão inseridos os anteparos verticais. A sala possui três aberturas voltadas para o corredor, consideradas como aberturas de entrada do ar. Uma delas corresponde à porta de acesso à sala. Uma outra abertura é constituída por um rasgo horizontal, preenchido por cobogós, com 0,50m de altura, e localizada a 0,50m do piso. A terceira abertura localiza-se entre a laje da sala e acima da laje do corredor. Esta última abertura possui 2,50m de peitoril e altura de 0,50m. (fig.1 e fig.2). As janelas serão consideradas sempre abertas em todas as simulações, permitindo assim uma melhor distribuição do vento em seu interior.

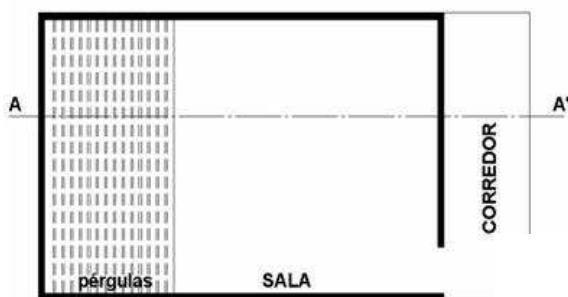


Figura 1 - Planta Baixa da Sala de Aula analisada

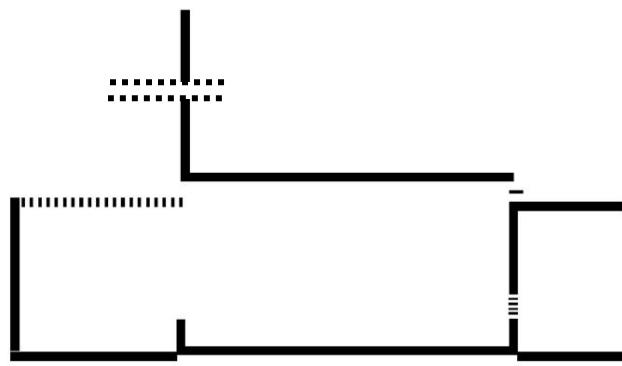


Figura 2 - Corte da Sala de Aula

Na sala de aula analisada (fig.2), a parede voltada para o exterior possui uma abertura de 2,50m de altura, 6,00m de largura, com peitoril de 0,50m. O espaço entre a janela e o muro foi preenchido com pérgulas que possuem altura de 0,15m e afastamento de 0,15m entre si (dimensão comumente utilizada por impedir a entrada de pessoas através desses espaços).

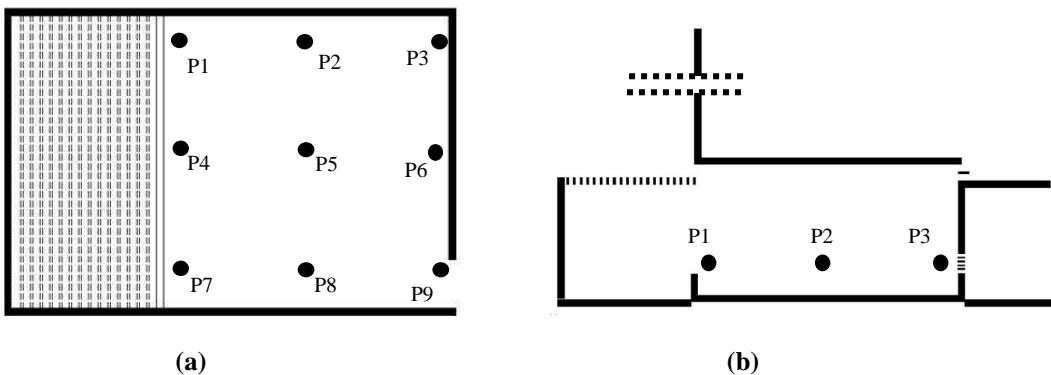
Os modelos foram simulados com ângulo de incidência dos ventos de 90°, em relação ao plano das pérgulas, e velocidade do vento de 1,00 m/s na altura das janelas. Esta velocidade do vento externa adotada, buscou reproduzir as condições do entorno na diminuição da ventilação disponível. Ao valor

da velocidade média do vento em Maceió (3m/s) foram aplicados coeficientes de correção (BRE, 1981), obtendo-se a velocidade de 1,15m/s. Nas simulações este valor será arredondado para 1,00 m/s.

A influência do fluxo de ar no interior dos ambientes será investigada, com o modelo de referência (sem anteparo vertical) e com os modelos dotados de anteparos verticais, localizados a barlavento das pérgulas, com três alturas diferentes (3, 6 e 9 m). A introdução desses anteparos visa examinar a influência de superfícies redirecionadoras do fluxo de vento, alterando o campo das pressões dinâmicas nas proximidades do pergulado.

Estes anteparos exercem efeito semelhante aquele produzido por possíveis construções verticais, localizadas a barlavento, cujo pavimento térreo é dotado de pergulado; a fim de verificar a influência destas edificações na ventilação de regiões de menor altura, será considerado para efeito de simulação sendo estas edificações apenas um anteparo vertical, visto que este anteparo influencia de forma similar na direção e velocidade do vento, aumentando a pressão negativa na face superior das pérgulas.

Com a finalidade de oferecer uma análise mais detalhada do comportamento dos ventos nos ambientes estudados, foi definida uma grelha de medições. Esta grelha é formada por nove pontos de análise em planta a uma altura de 0,85m (altura de realização das atividades dos usuários das salas de aula com os estudantes sentados) e três pontos de análise em corte, permitindo uma avaliação mais completa em todo o ambiente (fig.3).



**Figura 3 – Esquema da sala de aula cm a grelha de análise dos resultados.**  
**(a) Planta Baixa. (b) Corte.**

Para análise da sala de aula foram confeccionados dois blocos ao lado da mesma, representando as salas vizinhas. Esta configuração típica de sala de aula influenciará no desempenho da ventilação natural, tanto no interior dos ambientes, como no exterior.

A partir daí foi realizada uma comparação entre os modelos avaliados para futura análise, com objetivo de verificar a influência da implantação de anteparos verticais em ambientes de salas de aula que possuem pérgulas para aumentar a ventilação natural em seu interior, conforme dados a seguir.

Os resultados serão tabulados de forma a facilitar a compreensão do impacto de cada um dos parâmetros analisados na ventilação natural de salas de aula, a fim de fornecer aos arquitetos e projetistas em geral, material informativo que permita uma avaliação adequada do desempenho do tipo de abertura arquitetônica aqui examinada, em relação à ventilação natural.

## 4 ANÁLISE DE RESULTADOS

### 4.1 Modelo de referência sem anteparo vertical:

Neste modelo foi constatada uma pequena área de vórtice localizada no final da sala. A velocidade do vento declinou de 0,56m/s para 0,14m/s no interior da sala de aula (Fig. 4a). Com os resultados obtidos, constata-se que as zonas de baixa velocidade do vento podem comprometer os níveis de conforto dos usuários. Desta forma, o rendimento das atividades desenvolvidas no interior do edifício pode ser afetado como resultado da sensação de conforto térmico (GIVONI, 1991)

A velocidade média obtida neste modelo foi de 0,36m/s, o que é insatisfatório para o conforto dos usuários, ainda que as aberturas inferiores e superiores localizadas na parede voltada para o corredor direcionem um importante fluxo de ar para o interior do ambiente. Este insuflamento não é suficiente para incrementar as trocas convectivas e evaporativas de calor do corpo discente (fig. 4b).

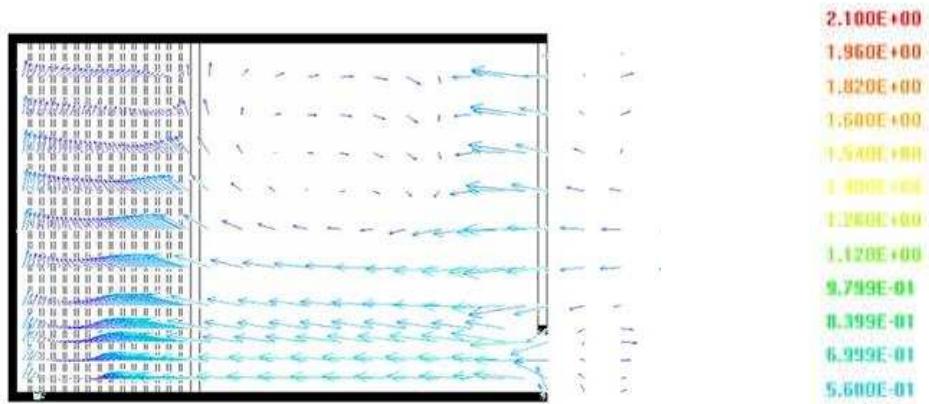


Figura 4a- Planta Baixa - Modelo 1, resultados apresentados sob a forma de vetores.

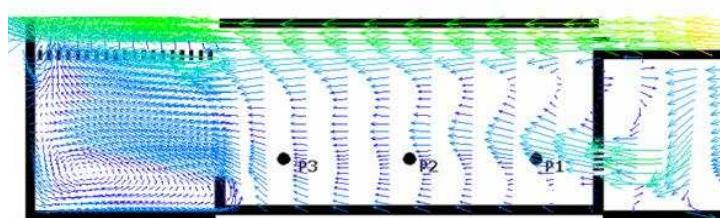
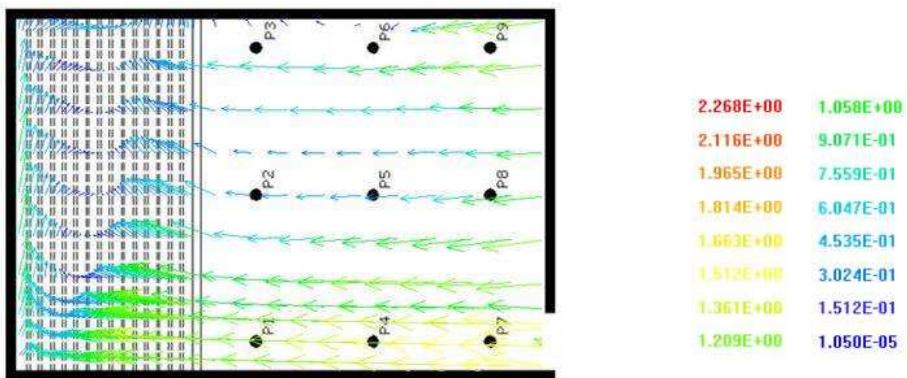


Figura 4b - Corte - Modelo 1

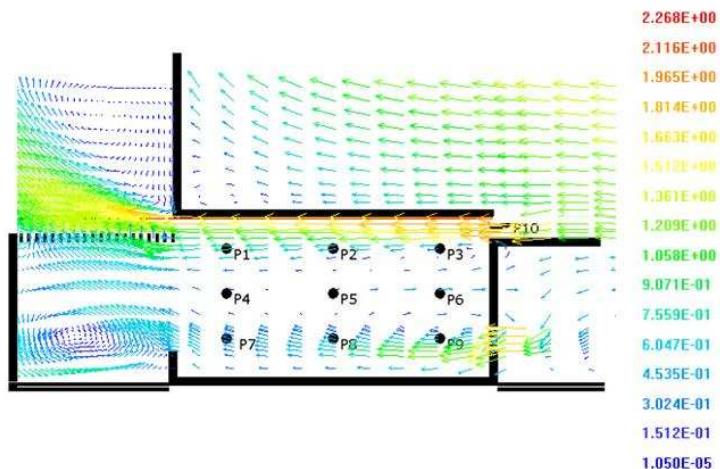
### 4.2 Modelo com anteparo vertical de 3,0m de altura:

Observou-se neste modelo, os vetores dispostos de forma alinhada e paralela, permitindo o aproveitamento da ventilação em todo o espaço das salas de aula, (Fig.5) Outro aspecto observado foi à mínima presença de zonas turbulentas e uma distribuição uniforme dos fluxos, o que pode produzir resultados mais apropriados, reduzindo as correntes de ar e prevenindo a formação de zona de recirculação ou bolsões de ar estagnado (BITTENCOURT, 1993).



**Fig 5 - Resultados em Vetores na Planta Baixa (h=0,85m) Modelo com pérgula e anteparo vertical com 3,0m**

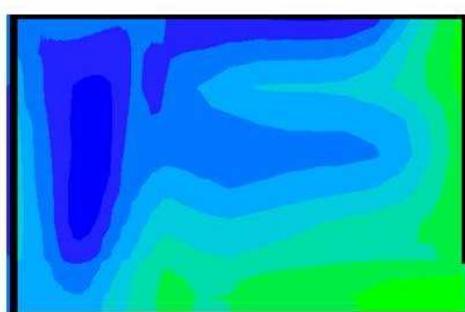
Analisando a influência destes dispositivos na ventilação natural em corte, constatou-se que a extração dos fluxos provocada pela diminuição da pressão decorrente do anteparo vertical, diminuiu a resistência do ar, fazendo com que o vento se movimentasse com maior velocidade (Fig.6).



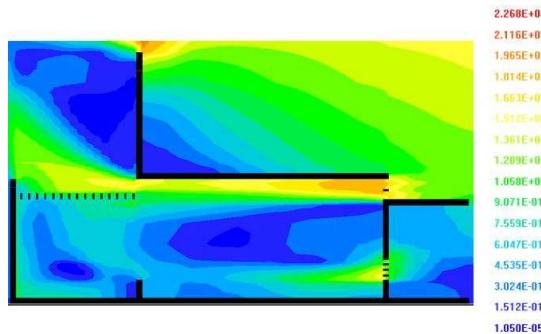
**Figura 6 -Resultados em Vetores no Corte do modelo com pérgula e anteparo vertical com 3,0m**

Constatou-se também ao analisar o resultado apresentado em isocampos de velocidade do vento, uma expansão da cor verde, que representa uma velocidade de 1.2m/s, atingindo o meio da sala (Fig.7 e Fig.8).

Ao se considerar a velocidade dos ventos externos de 1,0m/s foi constatado um incremento de 0.2m/s no interior das salas de aula



**Figura 7 -Resultados em Mancha de cores na Planta Baixa (h=0,85m) do modelo com pérgula e anteparo vertical com 3,0m**



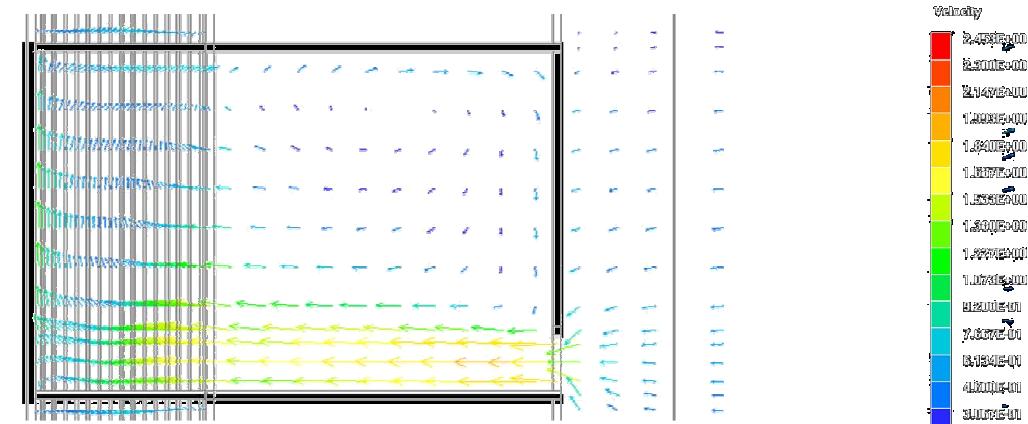
**Figura 8 - Resultados em Mancha de cores no Corte do modelo com anteparo vertical com 3,0m**

Este modelo proporcionou uma média da velocidade de 1,0m/s, constatando-se um bom desempenho da ventilação no interior do ambiente, devido quase que ausência da zona de vórtices, o que produz uma melhor distribuição dos ventos.

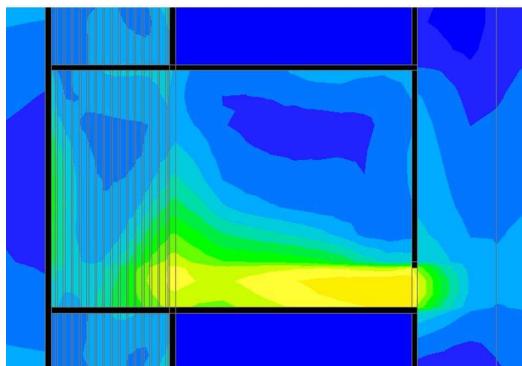
Desta maneira, melhora-se o rendimento nas atividades desenvolvidas no interior do edifício ocasionada pela sensação de desconforto térmico (GIVONI, 1991).

#### **4.3 Modelo com anteparo vertical de 6,0m de altura:**

Analizando este modelo, verificou-se a formação de uma zona de vórtice no final da sala, maior que o verificado anteriormente, com o anteparo de 3,0m (fig.9). porém a velocidade do vento aumentou significativamente, chegando a 1,84m/s próximo a porta e mantendo uma média de 1,36m/s (fig.10). Gerando assim um incremento de 0,36m/s na velocidade do vento.

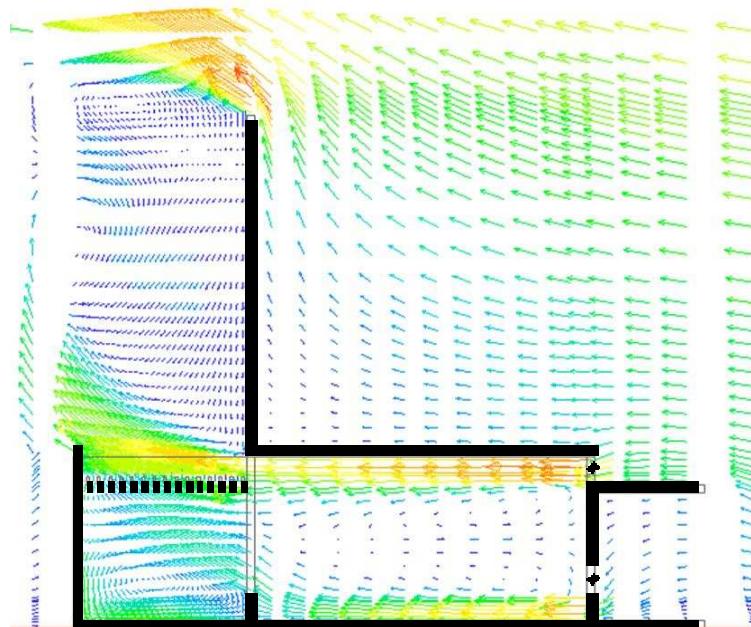


**Fig 9 - Resultados em Vetores na Planta Baixa (h=0,85m) Modelo com pérgula e anteparo vertical com 6,0m**



**Fig 10 - Resultados em Manchas de cores na Planta Baixa (h=0,85m) Modelo com pérgula e anteparo vertical com 6,0m**

Este incremento da velocidade do vento ocorreu devido o aumento da pressão negativa formada pelo anteparo vertical que é proporcional a sua altura. Neste modelo, analisando o resultado em corte (fig.11), observou-se as zonas de vórtices, próximas ao anteparo vertical, como visto nos modelos anteriores.

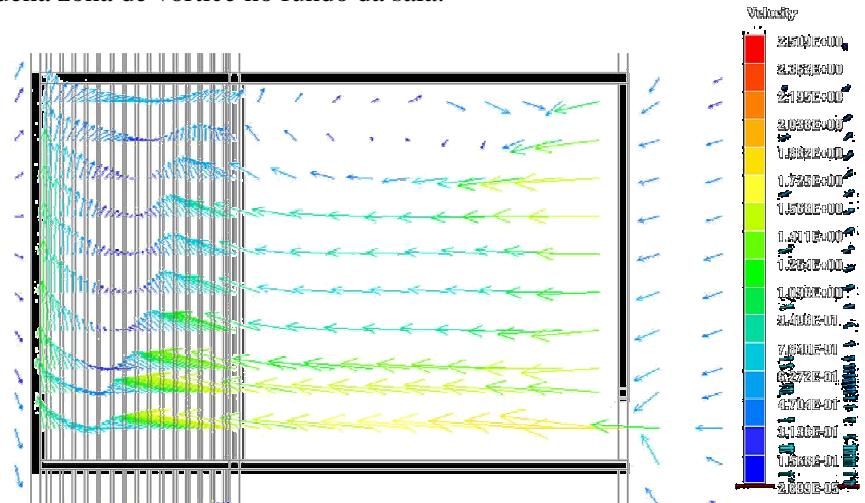


**Fig 11 -Resultados em Vetores no Corte do modelo com pérgulas e anteparo vertical com 6,0m**

Comportando-se desta maneira, a ventilação natural melhora o rendimento nas atividades desenvolvidas pelos usuários no interior do edifício ocasionada pela sensação de conforto térmico (GIVONI, 1991).

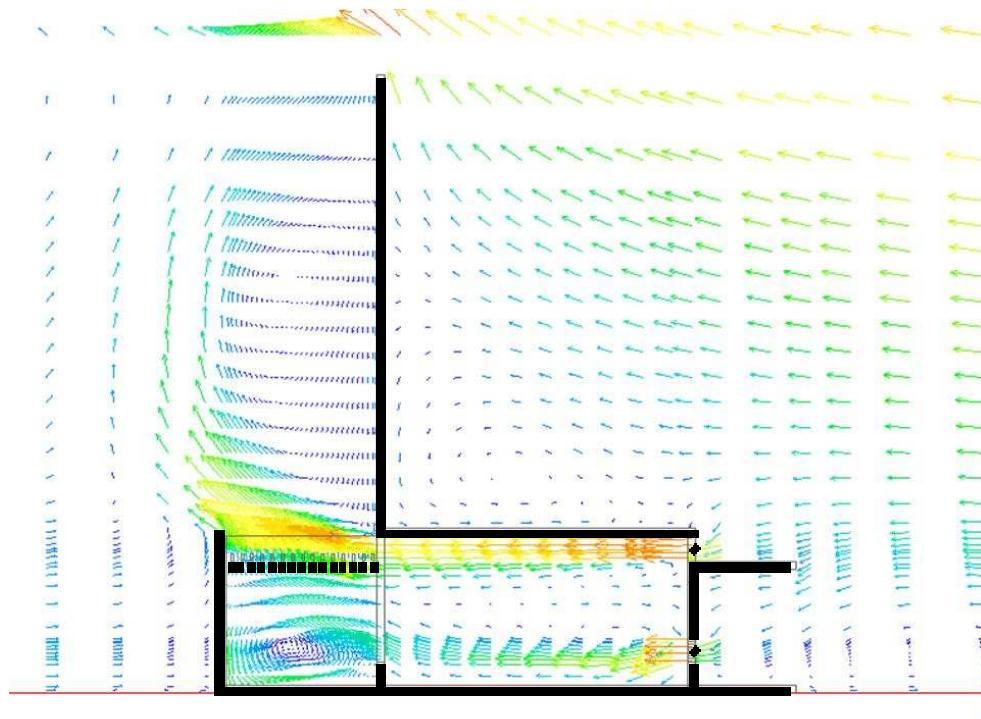
#### **4.4 Modelo com anteparo vertical de 9,0m de altura:**

No ultimo modelo analisado, houve um aumento significativo da velocidade do vento, chegando a 1,44m/s de média (fig.12) analisando os nove pontos da grelha proposta no processo metodológico. Observou-se também uma disposição paralela dos vetores, havendo apenas uma pequena zona de vórtice no fundo da sala.



**Fig 12 - Resultados em Vetores na Planta Baixa (h=0,85m) Modelo com pérgula e anteparo vertical com 9,0m**

Já em corte, pode-se observar a permanência da zona de vórtice próximo ao anteparo vertical e o aumento da velocidade do ar no nível do usuário, aumentando assim a produtividade dos que permanecerem na sala de aula (fig.13).



**Fig 13 -Resultados em Vetores no Corte do modelo com pérgula e anteparo vertical com 9,0m**

## 5 CONCLUSÕES

Com um incremento dos anteparos verticais localizados a barlavento das pérgulas, houve uma melhor distribuição do escoamento do vento e gerou um aumento significativo da velocidade do ar no interior destas edificações, devido o aumento da pressão negativa gerado pelo anteparo vertical adotado, que esta pressão aumenta a medida que a altura do anteparo aumenta.

Com a implementação destes elementos arquitetônicos nos ambientes de sala de aula, houve uma melhor distribuição da circulação do ar e aumento na velocidade média do escoamento, chegando a ultrapassar bastante o valor sugerido por BITTENCOURT (1993), para proporcionar ambientes termicamente confortáveis em Maceió, que é de 0,60m/s, acarretando possíveis problemas com a produtividade dos alunos, por estarem em um ambiente onde os seus instrumentos de trabalho, como papéis, possam ser deslocados com a ação dos ventos, o que sugere mudanças nas aberturas de entrada e/ou saídas destes ambientes, buscando uma menor utilização da energia elétrica para condicionamento do ar.

## 6 REFERÊNCIAS

ASHLEY, S., SHERMAN, M. The Calculation of Natural Ventilation and Comfort. In: ASHRAE Transactions; vol. 90; n°. 1B; pp. 253-271. Atlanta: ASHRAE, 1984.

BAKER, N. Passive and Low Energy Building Design for Tropical Island Climates. London: Commonwealth Science Council, 1987.

BITTENCOURT, Leonardo S., Ventilation as a Cooling Resource for Warm Humid Climates: An Investigation on the Influence of Geometric Aspects of Perforated Block Walls to Improve Ventilation Inside Low-Rise Buildings, 1993.

BITTENCOURT, Leonardo S. CANDIDO, Christhina. Introdução à Ventilação Natural, Maceió, Edufal, 2005.

BRE-Building Research Establishment. Ventilation Requirements. Garston: BRE Digest n°. 206, 1981.

GONÇALVES, J., DUARTE, D. Como melhorar a eficiência energética nos edifícios. Projeto/Design. [www.arcoweb.com.br](http://www.arcoweb.com.br), 2001.

ESPÍRITO SANTO, G. Energia: um mergulho na crise. Maceió: Igasa, 1989.

FATHY, H. Natural Energy and Vernacular Architecture. Chicago: U. P., 1986.

FROTA, A. B. & SHIFFER, S. R. Manual de Conforto Térmico. São Paulo: Livraria Nobel S.A., 1988.

GIVONI, B. Performance and Aplicability of Passive and Low Energy Cooling Systems. Energy and Buildings, vol. 17, 1991, pp. 177-199. Lausane: Elsevier Sequoia, 1991.

GOULART, S. LAMBERTS, R., FIRMINO, F. Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras. Florianópolis: NPC/UFSC, 1997.

KOENIGSBERGER, O., T. G. INGERSOL, A. MAYHEW, S. V. SZOKOLAY. Manual of Tropical Housing and Building. Part I: Climatic Design., London: Longman, 1974.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. Eficiência Energética na Arquitetura. 2ª edição, revisada. São Paulo: Prolivros, 2004.

MASCARO, L. R.; Tecnologia e Arquitetura, Studio Nobel, São Paulo, 1991

MELARAGNO, Michele G., Wind in Architectural and Environmental Design. Van Nostrand Reinhold, New York, 1982.

PROCEL. O que você pode fazer. Informativo Eletrobrás do PROCEL. Rio de Janeiro, n.56, maio 2001.

RIVERO, Roberto. Arquitetura e Clima. Condicionamento Térmico Natural. Porto Alegre: Luzzato, 1985.