



AVALIAÇÃO DA VENTILAÇÃO NATURAL EM ESPAÇOS DE SALA DE AULA A PARTIR DA IMPLANTAÇÃO DE PÉRGULAS

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

(1) Bolsista PIBIC/CNPq - E-mail: famsc_arq@yahoo.it

(2) Bolsista CAPES, Mestrado em Dinâmicas do Espaço Habitado - E-mail: christhina@ctec.ufal.br

(3) Professor Adjunto Depto. Arquitetura e Urbanismo/UFAL – E-mail: lsb@ctec.ufal.br

(1) (2) (3) Universidade Federal de Alagoas, Depto. de Arquitetura e urbanismo, Campus A C Simões, Tabuleiro do Martins, Maceió-AL, CEP 57072-970, Fones: 214-1283

RESUMO:

O presente trabalho apresenta a análise do desempenho da ventilação natural em salas de aula pela influência da utilização de pérgulas, em regiões de climas quente e úmido. Estes dispositivos permitem a circulação do ar e a proteção solar, além de promover a integração entre os espaços interiores e exteriores, sendo assim, adequado para a região. Objetivando aumentar o conforto térmico e diminuir o consumo de energia elétrica em ambientes escolares com dimensões de 36m² e pé direito de 3,00m. Os resultados obtidos através das simulações do *software PHOENICS 3.4* são importantes para estudantes e arquitetos, ao elaborar o projeto, pois possibilita identificar arranjos arquitetônicos mais adequados para edificações escolares no clima quente e úmido, a fim de melhorar o desempenho ambiental destes espaços construídos. Visto que as administrações dos estabelecimentos escolares não possuem recursos suficientes para utilizar aparelhos mecânicos com finalidade de refrigeração. Fazendo-se necessário um bom projeto bioclimático, por meio de vias passivas, para proporcionar melhores condições de conforto térmico aos usuários.

Palavras-chave: ventilação natural, pérgulas, sala de aula, conforto térmico, eficiência energética.

ABSTRACT

This paper presents the analysis of the performance from natural ventilation in classrooms thought by influence from utilization of pergolas, in warm humid climates. These devices allows the circulation of the air and solar protection, over there of promote the integration among the interior spaces and exteriors, such being the case, adequate for region. With the objective of go up the comfort thermal and abate the expenditure of electric power in environments scholastic with dimensions of 36m² and right foot of 3,00m. The results gotten through the simulations of software PHOENICS 3,4 are important for students and architects, when elaborating the project, therefore it makes possible to identify to arrangements more adequate architectural for pertaining to school constructions in the hot and humid climate, in order to improve the ambient performance of these constructed spaces. Since the administrations of the pertaining to school establishments do not possess resources enough to use mechanical devices with refrigeration purpose. Becoming necessary a good bioclimático project, by means of passive ways, to provide better conditions of thermal comfort to the users.

Keys Work: Natural ventilation, pergolas, classrooms, thermal comfort, energy efficiency.

1. INTRODUÇÃO

Em regiões de clima quente e úmido, as edificações devem evitar ganhos de calor do meio externo enquanto dissipam o calor produzido no seu interior, evitando o uso de elementos de refrigeração ou aquecimento artificial. A partir da crise energética ocorrida no Brasil em 2001, identificou-se que a economia obtida através da eficiência 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 (ESPÍRITO 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. 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.

Sabendo que em regiões de clima quente e úmido, a temperatura do ar raramente ultrapassa a do corpo e apresenta apenas pequenas variações diárias e sazonais, e que o nível de umidade do ar é bastante elevado, a ventilação natural associada à proteção solar constitui o meio mais eficiente de se obter conforto térmico por vias passivas, isto é, sem o uso de equipamentos mecânicos (ALLUCI, 1988; ARENS, 1984, ASHLEY, 1984).

A ventilação natural afeta consideravelmente as condições de conforto térmico de determinado ambiente, por acelerar as trocas térmicas entre o homem e o meio, bem como as condições microclimáticas no interior e em torno das edificações, por acelerar as trocas térmicas por convecção entre as envolturas e o ar, proporcionando ambientes confortáveis. A busca por edificações mais adaptadas ao clima do local onde estão inseridas, passa pela investigação do desempenho ambiental dos diversos componentes arquitetônicos, entre eles as pérgulas, cujo potencial de aplicação é ainda pouco explorado.

Atualmente, construir visando a obtenção 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 (MASCARÓ, 1991).

Esta pesquisa pretende investigar a eficácia da ventilação natural obtida pela adoção de pérgulas em edificações escolares, buscando-se conhecimento quantitativo e qualitativo deste recurso, tendo em vista o aumento do conforto térmico e a diminuição do consumo de energia elétrica nestes ambientes. Este componente construtivo, embora largamente utilizado nas construções locais, ainda não possui estudos sobre seu desempenho quantitativo e qualitativo, no que tange à ventilação natural.

2. METODOLOGIA

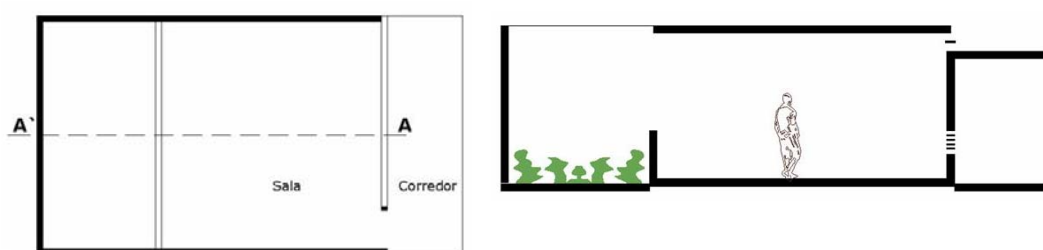
Utilizou-se a metodologia baseada na comparação entre o desempenho da ventilação natural obtida em duas configurações distintas de salas de aula. A primeira configuração consiste numa sala de aula típica, encontrada na cidade de Maceió. A segunda configuração é composta por uma sala de aula semelhante, onde são eliminadas as janelas e inserido um pergulado. Para tal, foram realizadas simulações de modelos computacionais utilizando o software PHOENICS 3.4, o qual se fundamenta em Mecânica dos Fluidos Computadorizada (CFD). Os resultados são apresentados na forma de vetores, indicando a velocidade, sentido e direção do vento ou de manchas de cor que indicam os campos de velocidade do vento e/ou pressão.

Os modelos foram simulados com ângulo de incidência dos ventos 45°, em relação ao plano das pérgulas, e velocidade do vento de 1 m/s na altura das janelas. A velocidade do vento externa a ser adotada é de 1,00m/s, buscando-se 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 m/s, A influência do fluxo de ar no interior dos ambientes será investigada, com o modelo de referência e com o modelo dotado de pérgulas.

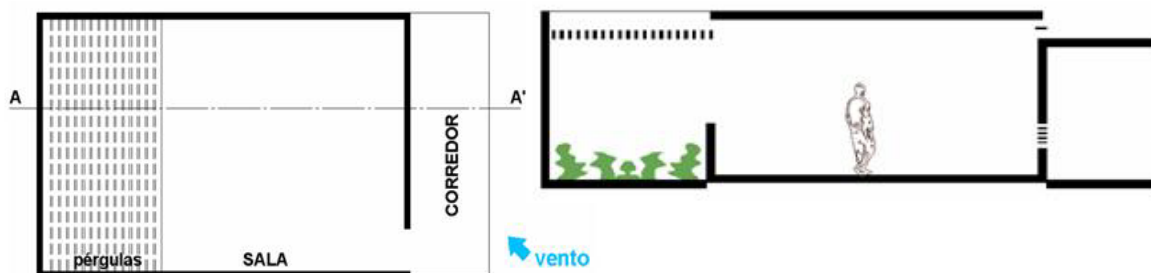
Para efeito das simulações, o modelo considerado representa uma sala de aula comumente utilizada na cidade de Maceió, medindo 6,00 x 6,00 m, com pé-direito de 3,00 m. Inicialmente, será simulado o desempenho de uma sala com a configuração típica (modelo 1), considerada como referência para fins de comparação com os modelos onde serão inseridos os pergulados. Este modelo sofre contato com o ar em um ângulo de 45°. A sala possui três aberturas voltadas para o corredor, 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). As janelas serão consideradas sempre abertas em todas as simulações.

Figura 1. Sala de aula com configuração típica em planta baixa e em corte (modelo 1).



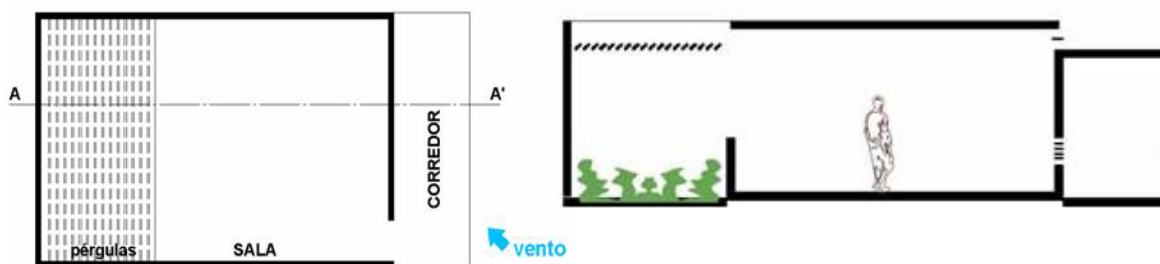
No modelo 2, será inserido um pergulado na área externa da sala de aula. Estas pérgulas terão inclinação de 90° com a horizontal, altura de 0,15m e afastamento de 0,15m entre si (Fig.2) e manterá as mesmas configurações de abertura do modelo anterior.

Figura 2. Sala de aula com Pérgulas a 90° em Planta Baixa e em corte (modelo 2).



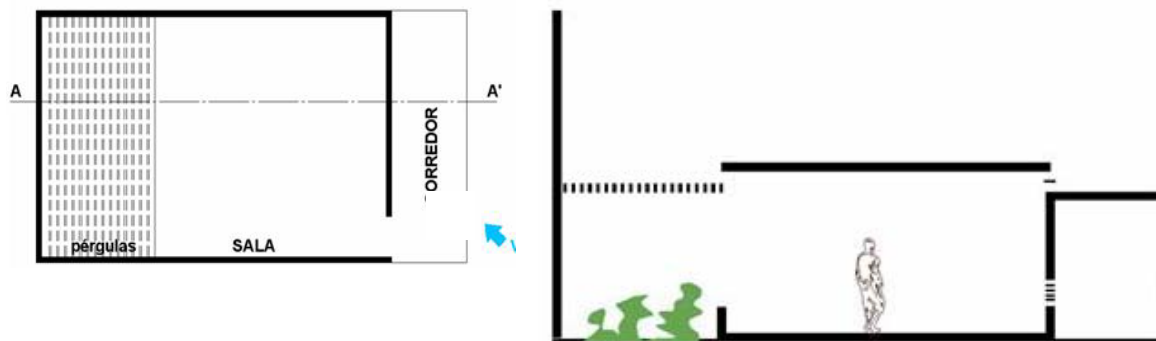
O modelo 3, manterá as mesmas configurações do modelo inicial e também receberá na área externa um pergulado, porém, as pérgulas terão uma inclinação de 45° com a horizontal, altura de 0,15m e afastamento de 0,15m entre si (Fig.3).

Figura 3. Sala de aula com pérgulas inclinadas a 45° em planta baixa e em corte (modelo 3).



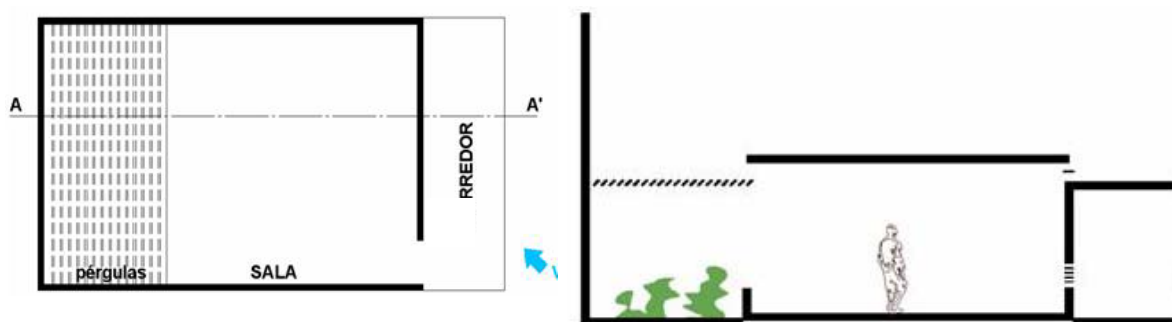
O modelo 4 será semelhante ao modelo 2, acrescido de um anteparo vertical de 3,00m de altura localizado a sotavento da incidência dos ventos conforme indicado na figura 4.

Figura 4. Sala de aula com pérgulas a 90° e com anteparo a sotavento da incidência dos ventos em planta baixa e em corte (modelo 4).



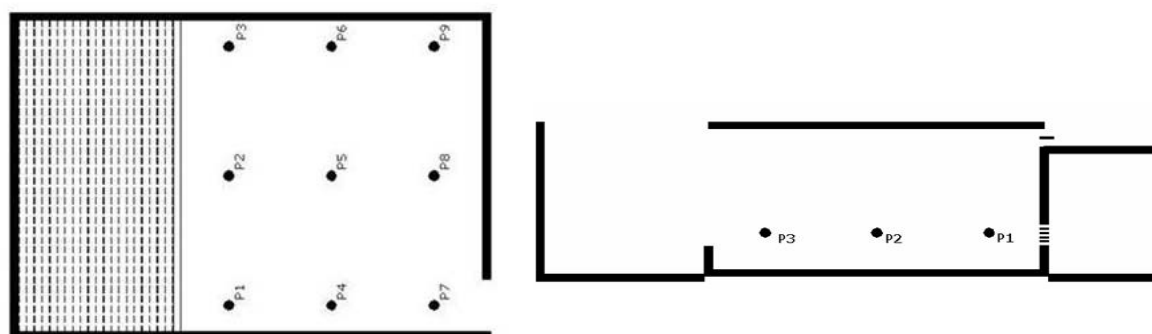
No modelo 5, também foi inserido um anteparo vertical de 3,00m a sotavento da incidência dos ventos, porém com as pérgulas possuindo inclinação de 45° (Fig.5).

Figura 5. Sala de aula com pérgulas a 45° e com anteparo a sotavento da incidência dos ventos em planta baixa e em corte (modelo 5).



Para uma melhor análise dos resultados, adotou-se uma grelha composta por nove pontos, localizados a 0,85m de altura (altura de atividade dos usuários de uma sala de aula) conforme Fig. 6. Este método possibilitou um estudo detalhado quanto a distribuição do fluxo do ar no interior da sala.

Figura 6. Configuração da grelha em planta baixa e em corte.



A partir daí foram realizadas simulações computacionais destes modelos e comparação entre os modelos já simulados 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.

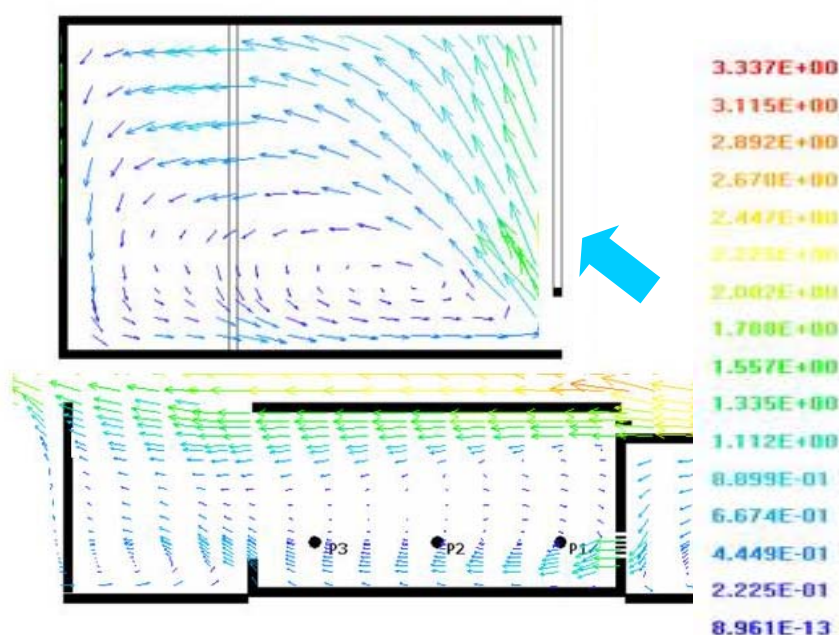
3. RESULTADOS

3.1 – Modelo 1 (Modelo sem pérgulas e sem anteparo)

No modelo desprovido de pergulado e anteparo vertical, a velocidade média registrada foi de 0,51m/s. Próximo às aberturas, onde existe uma aceleração do fluxo de ar para ultrapassar os elementos vazados, a velocidade foi de 1,10m/s. Nestes pontos, existe um importante insuflamento de ar pelas aberturas que se encontram voltadas para o corredor externo. Este insuflamento do ar atingiu apenas metade do ambiente, fazendo com que a velocidade do vento permanecesse entre 0,44m/s e 0,66m/s. Valores próximos ao sugerido por BITTENCOURT (1993), para proporcionar ambientes termicamente confortáveis em Maceió, que é de 0,60m/s (Fig.7)

Este modelo apresenta uma zona de vórtice com uma maior intensidade próximo a porta. Este vórtice, além de dificultar o conforto ambiental naquele ponto, reduz a energia cinética do fluxo de ar nas faixas próximas a ela. Esta zona de vórtice dá-se devido o ângulo de incidência dos ventos, que influencia diretamente a distribuição do fluxo de ar no interior das edificações, podendo comprometer a ventilação de um ambiente, bem como a execução de atividades (KUKREJA, 1982).

Figura 7. Resultados apresentados em forma de vetores para o modelo 1 em Planta Baixa (plano de análise de 0,85m) e Corte.



3. 2 - Modelos 2 e 3 com inserção de pérgulas;

No modelo 2, com pérgulas inclinadas a 90°, foi constatada uma diminuição na área de vórtice localizada próximo a porta. No ponto p1 a velocidade do vento foi de 0,45m/s, declinando para 0,23m/s nos pontos p2 e p3 (Fig. 8a). Ao se inclinar as pérgulas a 45°, no modelo 3, os níveis de velocidade do vento declinaram de forma significativa. Na zona central do ambiente a velocidade foi de 0,42m/s nas proximidades das aberturas de entrada, declinando para 0,28m/s no centro e 0,14m/s no fundo, correspondendo respectivamente aos pontos p4, p5 e p6 (Fig. 8b). Observa-se a formação de uma zona de vórtice que engloba os pontos p2, p3 e p6. Ao incidir sob um ângulo de 45°, o fluxo de ar que entra pelas aberturas baixas (elementos vazados) rebate contra a parede lateral da sala, mudando a

sua direção e contribuindo para a formação de uma zona de turbulência. 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)

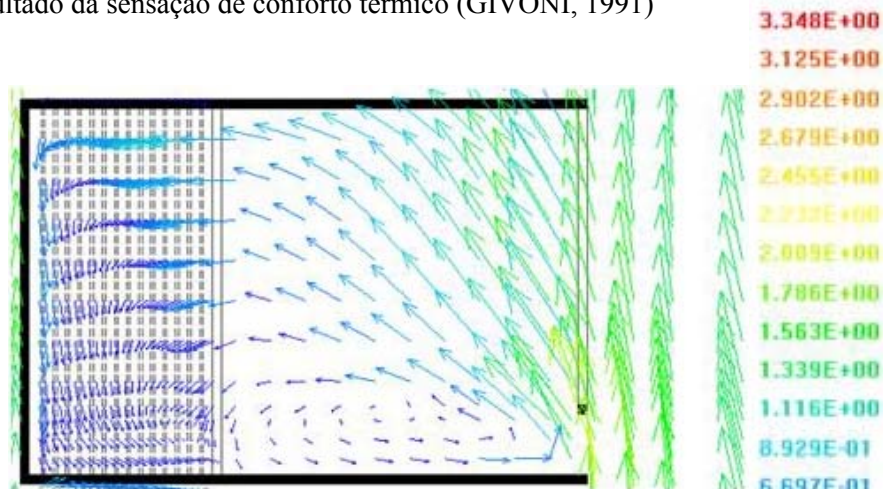


Fig. 8a- Planta Baixa - **Modelo 2 (pérgula inclinada 90°)**, resultados apresentados sob a forma de vetores.

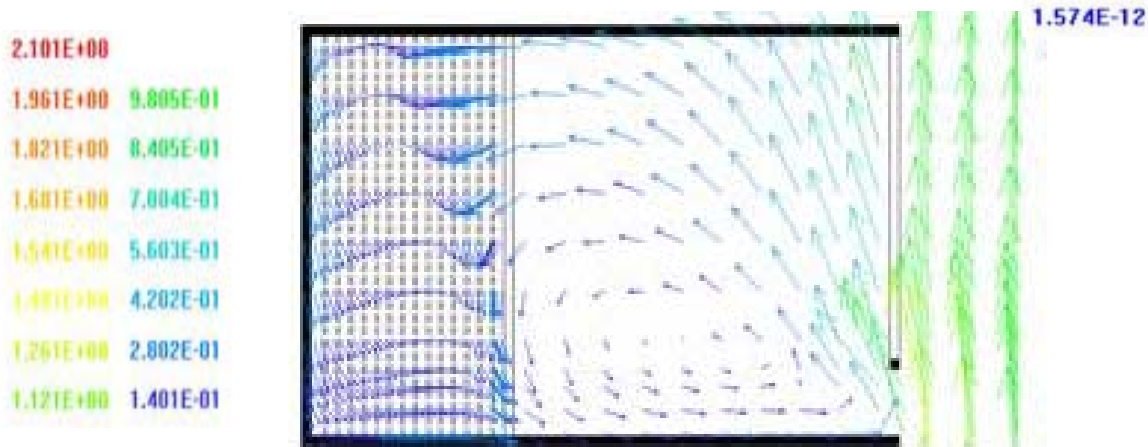


Fig. 8b- Planta Baixa - **Modelo 3 (pérgula inclinada 45°)**, resultados apresentados sob a forma de vetores.

No modelo 2, a velocidade do vento nos pontos p4 e p7 foi de 1,11m/s, pois foi favorecida pelas aberturas vazadas de entrada. a injeção do fluxo de ar por essas aberturas favoreceu uma melhor distribuição do mesmo no ambiente, bem como contribuiu para elevar os valores da velocidade do vento. Nos demais pontos aferidos, a velocidade a velocidade do vento foi de 0,67m/s no ponto p5 e 0,44m/s no ponto p6 (Fig.9a). No modelo 3, nos pontos p7, p8 e p9, os valores da velocidade do vento foram maiores. No ponto p7 a velocidade foi de 0,56m/s, decrescendo para 0,28m/s nos pontos p8 e p9. A aceleração nesta porção do ambiente foi intensificada pelo fluxo de ar proveniente das abertura inferior voltada para o corredor (Fig.9b). As aberturas inferiores e superiores localizadas nesta parede direcionam um importante fluxo de ar para o interior do ambiente. Este insuflamento é de grande importância para incrementar as trocas convectivas e evaporativas de calor do corpo discente.

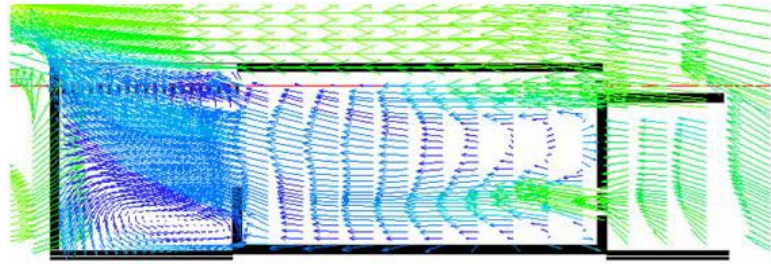


Fig. 9a - Corte - Modelo 2 (pérgula inclinada 90°)

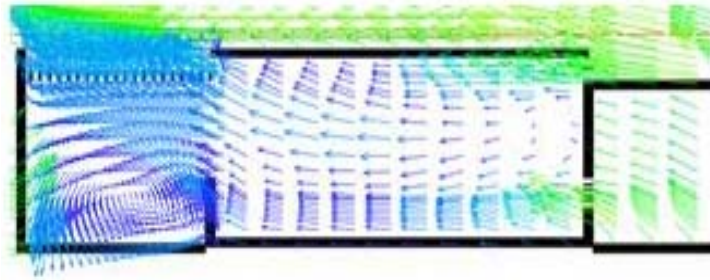


Fig. 9b - Corte - Modelo 3 (pérgula inclinada 45°)

3. 3 Modelos 4 e 5, com pérgulas e com anteparos;

Ao se inserir o anteparo vertical a sotavento do pergulado no modelo 4, os valores obtidos no interior do ambiente foram semelhantes ao modelo com pérgulas e sem anteparo. Na faixa da porta, que corresponde aos pontos p1, p2 e p3, a velocidade do vento foi de 0,22m/s. Este mesmo valor é registrado nos pontos p5 e p6, onde existe a formação de uma zona de vórtice. No ponto p7 a velocidade eleva-se para 0,67m/s devido à abertura existente (Fig.10a). Já no modelo 5, com as pérgulas inclinadas a 45° e com anteparo vertical de 3,00m a sotavento, os valores da velocidade do vento declinaram para 0,23m/s na porção central e na faixa próxima a porta. Próximo à faixa de elementos vazados, constata-se uma elevação dos valores da velocidade do vento para 0,42m/s (Fig.10b). A redução da velocidade do vento pode influenciar negativamente, nos níveis de conforto ambiental, bem como na produtividade dos usuários destas edificações.

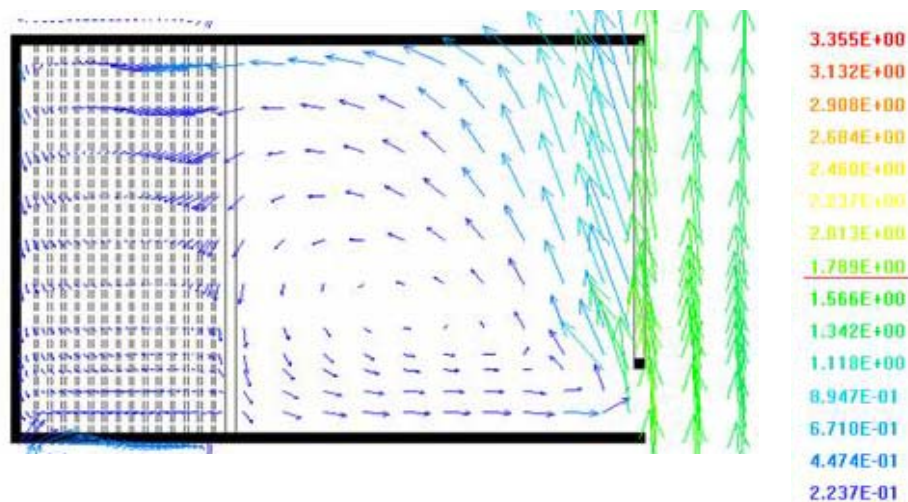


Fig. 10a. Planta-Baixa- Modelo 4 (pérgula inclinada a 90°, com a inserção de anteparo)

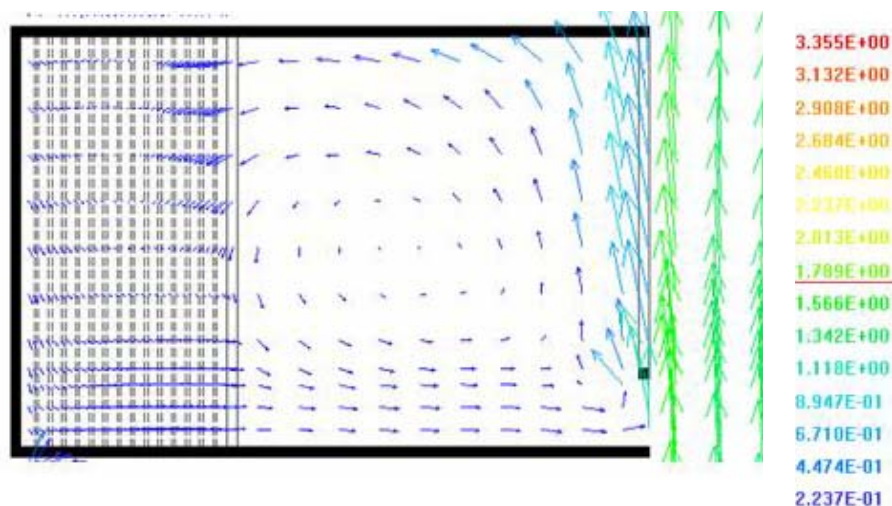


Fig. 10b. Planta Baixa- Modelo 5 (pérgula inclinada a 45°, com a inserção de anteparo)

A inserção do anteparo vertical no modelo 4 diminuiu a injeção do fluxo de ar através dos elementos vazados, impacto negativo para os usuários do edifício. Nota-se que o fluxo de ar é bastante enfraquecido em relação ao modelo onde foi adotado o pergulado sem o anteparo, alcançando uma pequena porção do ambiente (Fig. 11a). No modelo 5, no que tange a distribuição do fluxo de ar, a inclinação das pérgulas foi prejudicial. A porção central da sala apresenta a formação de uma zona de vórtice, influenciando, negativamente, a região compreendida pelos pontos p4, p5 e p6. Na porta, nota-se uma inversão do fluxo do ar onde esta abertura serve como saída do ar e não como entrada. Este fato se deve em grande parte a maior resistência oferecida ao fluxo de ar com as pérgulas inclinadas, onde estas diminuem a abertura de saída (Fig. 11b). O movimento do ar reduz a temperatura efetiva, devido a evaporação do suor da pele e as trocas convectivas entre a corrente do ar e o corpo humano. Desta maneira, a baixa circulação do ar no ambiente pode influenciar no conforto ambiental dos usuários e demandar o acionamento de meios mecânicos de refrigeração, como ventiladores, comumente utilizados em escolas na cidade de Maceió.

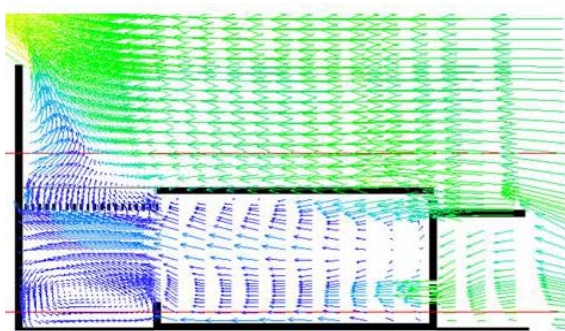


Fig. 14- Modelo 4 (pérgulas inclinadas a 90° e anteparo vertical)

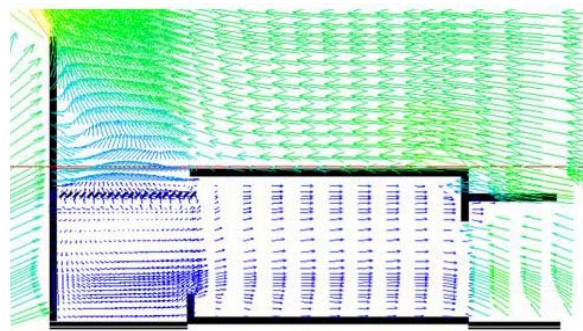


Fig. 15- Modelo 5 (pérgulas inclinadas a 45° e anteparo vertical)

Nota-se que a inserção do anteparo vertical combinado ao pergulado teve um impacto significativo nos valores da velocidade do vento, tanto nos pontos de medição, quanto na média geral da sala. A inclinação das pérgulas a 45° também contribuiu para a diminuição da velocidade média do ar no interior do ambiente.

Na tabela que segue estão discriminados os valores obtidos nos modelos simulados. Estes valores estão apresentados por ponto de análise e pela média de cada modelo.

Tabela. 1- Velocidade do vento ponto a ponto de análise e média do ambiente nos modelos investigados (valores em m/s)

INCIDÊNCIA DOS VENTOS DE 45°										
MODELO	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	MÉDIA
Sem anteparo e sem pérgulas	0,66	0,22	0,22	0,88	0,44	0,22	0,88	0,66	0,88	0,56
Sem anteparo e pérgulas a 90°	0,44	0,22	0,22	1,11	0,67	0,44	1,11	0,67	0,67	0,62
Sem anteparo e pérgulas a 45°	0,14	0,14	0,28	0,42	0,28	0,14	0,14	0,14	0,42	0,23
Com anteparo a sotavento e pérgulas a 90°	1,80	0,26	0,26	0,77	0,77	0,77	0,27	0,77	0,77	0,71
Com anteparo a sotavento e pérgulas a 45°	1,29	0,26	0,26	0,51	0,51	0,51	0,26	0,51	0,51	0,51

4. CONCLUSÕES

A investigação realizada concluiu que a distribuição do fluxo do ar no interior dos ambientes está diretamente relacionada com o ângulo de incidência dos ventos, visto que a 45°, o vento encontra uma barreira na parede posterior da sala, logo, o posicionamento das aberturas em relação à incidência dos ventos é de grande relevância no projeto de um edifício, devendo ser cuidadosamente considerado pelos projetistas.

A modificação da inclinação do pergulado influencia, diretamente na intensidade do fluxo de ar no interior do ambiente, devido ao aumento da resistência à passagem do mesmo.

A inserção de anteparos verticais localizados a sotavento da incidência dos ventos modifica a distribuição dos campos de pressão, influenciando, negativamente, no deslocamento do fluxo de ar. A inserção de tais dispositivos arquitetônicos deve ser estudada de forma a não diminuir a ventilação nos edifícios.

Os edifícios escolares, geralmente dotados de poucos recursos financeiros, devem ser cuidadosamente planejados para minimizar gastos excessivos com dispositivos de iluminação e ventilação por meios mecânicos. Artificiosos arquitetônicos, tais como as pérgulas, devem ter seu potencial investigado para auxiliar a construção de edifícios mais adequados ao clima regional, objetivando sempre o maior grau de eficiência energética.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- 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, 2001.
- ESPÍRITO SANTO, G. Energia: um mergulho na crise. Maceió: Igasa, 1989.
- FATHY, H. Natural Energy and Vernacular Architecture. Chicago: U. P., 1986.

- 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.
- 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