

## **ANÁLISE E DIRETRIZES DE VENTILAÇÃO NATURAL PARA EDIFÍCIO ESCOLAR: O CASO DO PROJETO PADRÃO DO PROGRAMA PROINFANCIA**

**Gustavo de Luna Sales (1); Caio Frederico e Silva (2); Cláudia Naves David Amorim (3)**

(1) Dr, Professor do Departamento de Tecnologia, g.lunasales@gmail.com

(2) Dr, Professor do Departamento de Tecnologia, caiofreds@gmail.com

(3) Dr<sup>a</sup>, Professora do Departamento de Tecnologia, navesamorim@gmail.com

Universidade de Brasília (UnB), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU), Cx Postal 04431, Brasília-DF, 70910-090, Tel.: (61) 3107-7454

### **RESUMO**

Este trabalho apresenta parte da pesquisa para elaboração do “Caderno de Eficientização Energética, Conforto Térmico e Qualidade da Luz Natural de Unidades Escolares do Programa Proinfância”, programa do Governo Federal para a construção de creches e pré-escolas no Brasil. Esta pesquisa é fruto de convênio entre o Laboratório de Controle Ambiental (LACAM/UnB) e o Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE). Para análise e definição de diretrizes viáveis para um dos projetos tipo de Unidade Escolar, foram simulados modelos computacionais e aplicados cálculos de ventilação natural para quantificar o impacto das possíveis melhorias. Para tanto, foram escolhidos dois ambientes representativos da edificação – analisados para seis ângulos de incidência do fluxo do ar, três tipos de entorno e dois cenários (C0 – atual, e C1 – com as diretrizes propostas). Os resultados obtidos demonstram, por exemplo, que a utilização da ventilação cruzada, a alteração do tipo de esquadria e a observação da implantação do projeto em relação à ventilação predominante podem aumentar o número de renovações de ar por hora (RAH) em 300%. Além disso, pode-se aumentar significativamente a velocidade média do ar no interior dos ambientes com a aplicação das alterações sugeridas. Tanto o número de RAH quanto a velocidade interna do ar são aspectos fundamentais para a qualidade do ar, conforto térmico passivo e, conseqüentemente, para a eficiência energética em climas quentes e úmidos.

Palavras-chave: edifícios escolares, ventilação natural, simulação computacional.

### **ABSTRACT**

This paper presents part of the research to elaborate the "Guide of Energy Efficiency, Thermal Comfort and Daylight quality in Schools of the Proinfancia Program" - a federal program for the construction of preschools in Brazil. This research project was developed by the Laboratory of Environmental Control of the University of Brasília and the National Fund for the Development of Education. For analysis and definition of guidelines, computational models were simulated and natural ventilation calculations were applied to quantify the impact of possible improvements. Results show that the use of cross ventilation, change of window type and adjustment of project situation in relation to the dominants winds can increase the number of air changes per hour by 300%. Moreover, it is possible to increase the average air speed in rooms by applying suggested changes. Both the number of air changes and the indoor air velocity are key aspects for air quality, passive thermal comfort and energy efficiency in hot and humid climates

Keywords: school buildings, natural ventilation, computer simulation.

## 1. INTRODUÇÃO

O primeiro objetivo do aproveitamento da ventilação natural é a introdução de ar limpo em um determinado espaço buscando a diminuição da concentração de elementos poluentes do ar. O ar que respiramos é composto pela mistura de gases, vapores e partículas, no qual podem estar presentes centenas ou milhares de componentes químicos e particulados prejudiciais à saúde humana, como afirma Spengler et al. (2001). Além disso, as características de temperatura, umidade e velocidade do ar também são determinantes para favorecer condições adequadas de conforto térmico aos usuários do espaço construído e reduzir o consumo energético atrelado a sistemas artificiais de condicionamento (ALLARD e ALVAREZ, 2002; SANTAMOURIS e WOUTERS, 2006).

Na vasta revisão sobre o tema Wargocki et al. (2002) afirmam que uma taxa de ventilação abaixo de 25 l/s por pessoa, em ambientes não industriais (ex.: escolas, escritórios, etc.) afeta significativamente a saúde humana em relação à ocorrência dos sintomas da Síndrome do Edifício Doente. Os estudos de Addington (2001) apontam que, em edificações de ensino, o adequado aproveitamento da ventilação natural representa a redução de faltas em decorrência de doenças infectocontagiosas e o aumento da capacidade de ensino e aprendizagem. Em termos de conforto térmico e eficiência energética, os estudos de Lima et al. (2004) e Bittencourt et al. (2007) exemplificam a adoção da ventilação natural como importante estratégia de projeto. Os autores demonstram que alterações de projeto relativamente simples, como captadores de vento e peitoril ventilado, podem elevar a velocidade interna do ar em 33% a 220%. O aumento da velocidade do ar nos ambientes é aspecto fundamental para favorecer a sensação de conforto térmico em climas tropicais (KOENIGSBERGER et al., 1977; BRAGER e DE DEAR, 2001), reduzindo a dependência de sistemas mecânicos que consomem energia e oneram a manutenção da edificação (LAMBERTS et al., 2004).

De 2007 a 2012, o Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação - FNDE apoiou a construção de mais de 5.500 creches e pré-escolas, em todo o território nacional, baseando-se nos modelos padronizados disponibilizados as prefeituras dos municípios brasileiros. Motivado pela necessidade ampliar o programa, tendo em vista a inclusão do programa Proinfância no Programa de Aceleração do Crescimento, o FNDE em convênio com o LACAM/FAU/UnB buscou avaliar os projetos padrão focando na efficientização energética e na melhoria do conforto ambiental do edifício. A estratégia visa à ampliação da qualidade dos projetos arquitetônicos concebidos por meio da elaboração de um “Caderno de Efficientização Energética, Conforto Térmico e Qualidade da Luz Natural de Unidades Escolares”. Desta forma, o presente artigo aborda do Produto V deste caderno o qual se refere às possíveis melhorias, quanto ao aproveitamento da ventilação natural, de um dos projetos tipo do Proinfância que venham a ser implantados em regiões quentes e úmidas.

## 2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é apresentar a análise e identificação de diretrizes de melhoria de um dos projetos tipo de Unidade Escolar do Programa Proinfância, tendo como foco a ventilação natural nas salas de aula, a partir da comparação dos resultados obtidos por simulação computacional e cálculos analíticos de cenários possíveis de serem implementados pelo “Caderno de Efficientização Energética, Conforto Térmico e Qualidade da Luz Natural de Unidades Escolares”.

## 3. MÉTODO

Para o desenvolvimento da pesquisa foram realizadas as seguintes etapas:

1. Análise do projeto da Unidade Escolar a ser estudada e definição de dois ambientes de sala de aula representativos;
2. Determinação de diretrizes de projeto tendo em vista a melhoria do aproveitamento da ventilação natural;
3. Desenvolvimento de dois modelos computacionais representando o cenário atual (C-0) e o cenário com as alterações propostas (C-1); a serem simulados para os seguintes ângulos de incidência do fluxo de ar: 0°, 45°, 135°, 180°, 225° e 315°.
4. Quantificação do número de renovações de ar (RAH) de acordo com três tipos de Fatores de Correção – representando o tipo de entorno do projeto: rural, suburbano e urbano;
5. Verificação da velocidade e distribuição do escoamento do fluxo de ar nos cenários C-0 e C1.

### 3.1. Análise do projeto e definição dos ambientes representativos

A Unidade Escolar analisada possui sua implantação destinada a terrenos de 2.800m<sup>2</sup>. É composta por quatro blocos, sendo os blocos A e B destinados às salas de aula, o bloco C de serviços e o bloco D administrativo

(Figura 1). A Figura 2 apresenta a fachada frontal e lateral do projeto, exemplificando as características básicas da edificação. Para este estudo optou-se pela análise de duas salas de aula representativas sob o ponto de vista de similaridade com as demais salas e localização/orientação diferenciadas entre si. A Sala 1 está localizada no bloco A, enquanto que a Sala 2 está localizada no bloco B. Para a Sala 1 e Sala 2 são especificadas janelas de correr, em perfil metálico, com percentual de abertura de 50%. No ambiente da Sala 1 a janela possui 3,58m x 1,20m (J1)– enquanto que na Sala 2 possui 2,40 m x 1,20m (J2) (Figura 3).

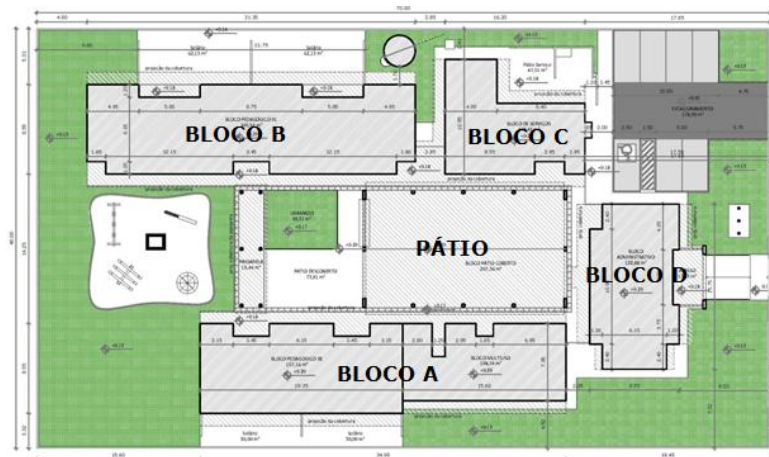


Figura 1 – Planta da Unidade Escolar analisada.



Figura 2 – Fachada principal (A) e elevação lateral (B) da Unidade Escolar analisada.

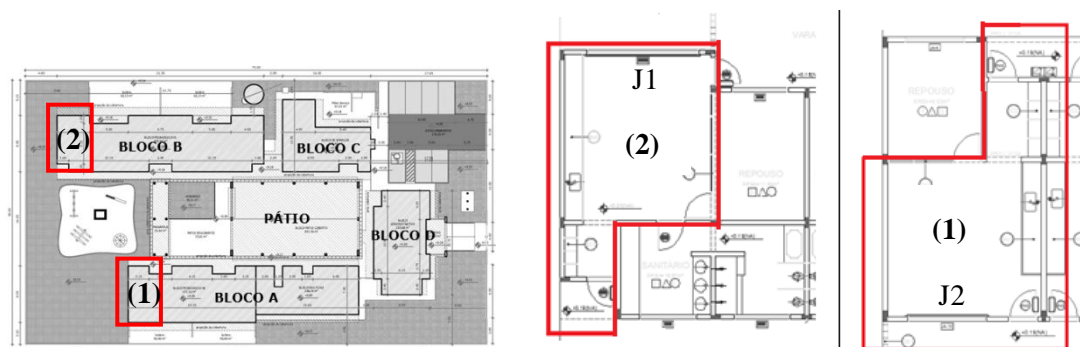


Figura 3 – Planta da Sala 1 e Sala 2 analisadas no estudo, com indicação das janelas.

### 3.2. Identificação de diretrizes para a melhoria da ventilação natural

Tendo em vista a padronização do projeto para facilitar sua implementação nos diversos municípios brasileiros, foram estabelecidas alterações que proporcionassem o mínimo de interferência no modelo atual e que representassem melhorias significativas no aproveitamento da ventilação natural. Assim, foram definidas como melhorias possíveis de serem implementadas:

1. Inserção de aberturas para o aproveitamento da ventilação cruzada;
2. Melhoria no sistema de aberturas (alteração do tipo de esquadria) visando aumentar a área de abertura efetiva;
3. Orientação do projeto, em relação à incidência ao fluxo de ar predominante, que proporcionasse o melhor aproveitamento da ventilação natural.

Importante destacar que outras diretrizes foram desconsideradas tendo em vista o custo de modificação do projeto, custo final da obra e incerteza quanto à disponibilidade de mão de obra qualificada (ex.: forro ventilado, aumento dos recuos em relação ao limite do lote, entre outros). As diretrizes definidas serviram de base para a elaboração dos cenários/modelos a serem simulados.

### 3.3. Desenvolvimento dos modelos computacionais

Os modelos computacionais foram desenvolvidos no programa SolidWorks ver. 2012 e posteriormente exportados para o programa computacional de dinâmica dos fluidos ANSYS/CFX 14.0. Abaixo são apresentados os modelos desenvolvidos.

#### 3.3.1. Cenário Atual (C-0)

O modelo computacional representando o cenário atual (C-0) apresenta as mesmas características do projeto original. Optou-se pelo desenvolvimento de um modelo completo, que considera todos os elementos construtivos da edificação que podem interferir no fluxo de ar incidente sobre a Sala 1 e Sala 2 (Figura 4).

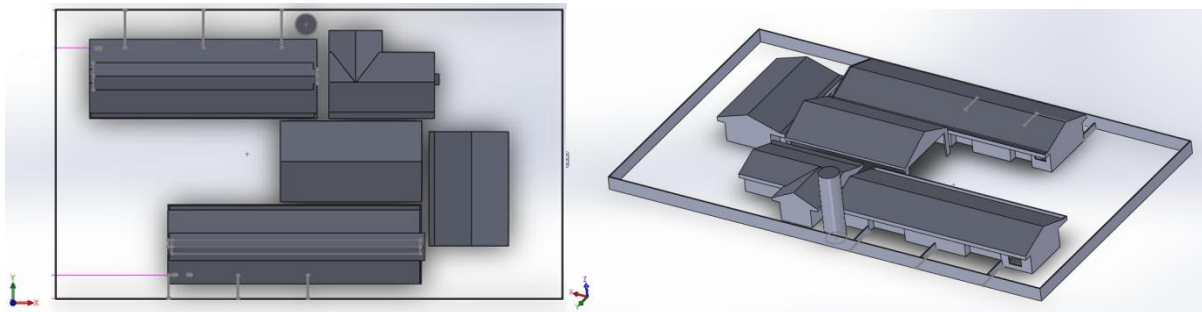


Figura 4 – Modelo computacional desenvolvido para o estudo.

#### 3.3.2. Cenário com Alterações (C-1)

Sobre a base do modelo atual foram inseridas as diretrizes de melhoria definidas na etapa anterior, constituindo o cenário C-1. Para a obtenção da ventilação cruzada nos ambientes da Sala 1 e Sala 2 foi determinada a inserção de uma abertura basculante (com abertura efetiva de 0,2m x 0,76m) na parte superior da porta de saída, conforme mostra a Figura 5. Além disso, foram determinadas venezianas na parte superior da porta que liga cada sala com o recinto adjacente – destinado ao apoio da sala principal. Assim, cria-se um sistema de aberturas opostas que possibilita a entrada e saída de ar por diferentes aberturas, induzindo o ar a cruzar longitudinalmente os ambientes. Para o aumento da área efetiva de abertura das janelas existentes no projeto foi simulada a troca do tipo de esquadria de correr (50% de abertura efetiva) para uma esquadria de abrir (100% de abertura efetiva).

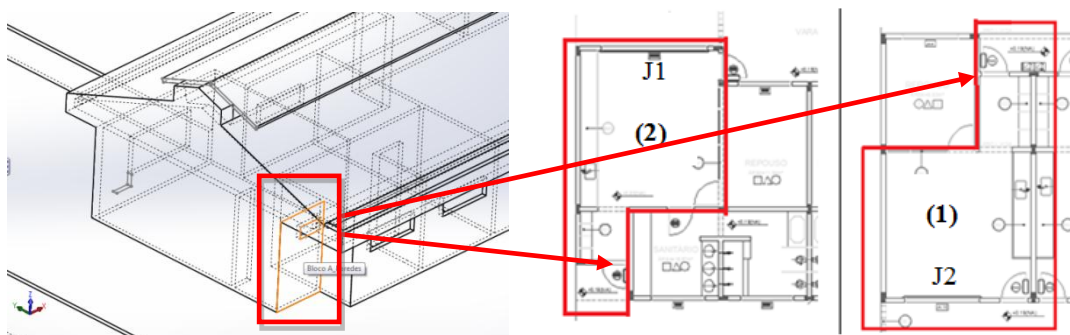


Figura 5 – Inserção de uma abertura basculante na parte superior das saídas (Sala 1 e 2)

Para a identificação da melhor orientação do projeto em relação ao fluxo de ar, foi desenvolvido um domínio de análise em formato de hexágono (Figura 6), o qual poderia ser rotacionado para a análise dos ângulos de incidência 0°, 45°, 135°, 180°, 225° e 315° em relação às aberturas dos ambientes. A título de simplificação do estudo, os ângulos 90° e 270° não foram considerados já que representam as fachadas cegas dos blocos A

e B. No domínio, região onde ocorrem as interações do fluido com o modelo, foram configurados os parâmetros apresentados na Tabela 1. Destaca-se que por não haver dados fixos quanto à velocidade do ar, uma vez que o projeto pode ser implementado em qualquer município brasileiro, foi considerada a velocidade escoamento da ventilação fixa de 2 m/s e temperatura padrão do tipo de fluido simulado – conforme indicado pelo manual do programa para casos análogos.

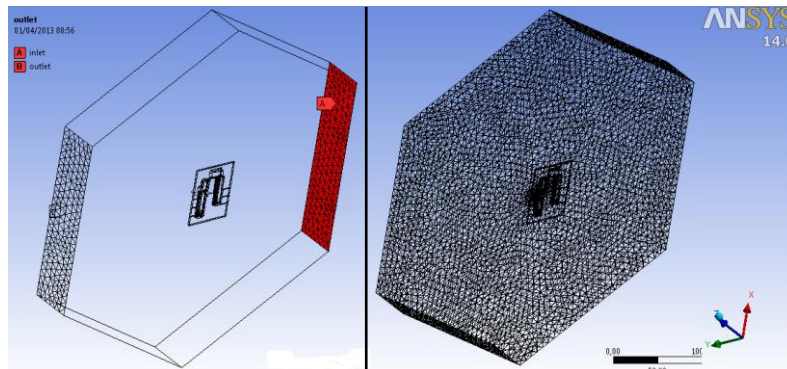


Figura 6 – Domínio hexagonal desenvolvido.

Tabela 1– Características inseridas no domínio.

<b>Tipo de Malha</b>	Tetraedros - não estruturada
<b>Tipo de Solver</b>	CFD - FLUENT
<b>Tipo de Fluido</b>	Ar a 25° / 1atm /estacionário
<b>Modelo de Turbulência</b>	<i>K-epsilon</i>
<b>Entrada do fluido no domínio</b>	2 m/s
<b>Resistência de saída do fluido no domínio</b>	0 Pa
<b>Número de elementos do domínio</b>	6.230.000
<b>Número de nós do domínio</b>	869.200

### 3.4. Quantificação do RAH, velocidade e distribuição interna do fluxo de ar

Para a quantificação do RAH foram utilizados os procedimentos de cálculo indicados por Swami e Chandra (1987), estabelecidos especificamente para recintos ventilados naturalmente. Desta forma, foram empregados o conjunto de equações apresentadas a seguir. Destaca-se que as variáveis referentes à velocidade do ar na abertura ( $V_{ref}$ ) e coeficiente de pressão ( $\Delta C_p$ ) foram obtidas por meio das simulações computacionais realizadas.

$$RAH = \frac{Q \cdot 3600}{\text{Volume do recinto}} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

RAH é o número de renovações de ar por hora;

Q é o fluxo de ar no recinto ( $m^3/s$ ).

$$Q = 0,05 \cdot A \cdot V_{ref} \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

Q é o fluxo de ar em recintos ventilados unilateralmente ( $m^3/s$ );

A é a área de abertura efetiva ( $m^2$ );

$V_{ref}$  é a velocidade de referência na abertura ( $m/s$ ).

$$Q = Ca \cdot V_{ref} \cdot Ae \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

Q é o fluxo de ar em recintos ventilados bilateralmente ( $m^3/s$ );

Ca é coeficiente de fluxo de ar dado pela Equação 4 (adimensional)

Ae é a relação entre a área de entrada de ar e a área de saída do ar (dado pela Equação 5)

$$Ca = CQ / (1 + CQ) \quad \text{Equação 4}$$

Onde:

CQ é o coeficiente do fluxo de ar dado pela Equação 6 (adimensional).

$$Ae = \frac{A_o A_i}{(A_2_o A_2_i)^{1/2}} \quad \text{Equação 5}$$

Onde;

Ao é a área de saída do ar (m<sup>2</sup>);

Ai é a área de entrada do ar (m<sup>2</sup>).

$$CQ = C_d \cdot V_{ref} (\Delta C_p) \quad \text{Equação 6}$$

Onde:

Cd é o coeficiente de descarga, constante 0.62, (adimensional);

ΔCp é o coeficiente de pressão entre as aberturas de entrada e saída do ar (Pa).

Para a obtenção do valor final de RAH foram considerados três fatores de correção, recomendados por Swami e Chandra (1987), relacionados com as características do sítio de implantação do projeto. Assim, multiplicou-se o valor final do fluxo de ar (Q) por cada um dos valores apresentados na Tabela 2, obtendo-se dos resultados de RAH para três diferentes tipos de entorno – tendo em vista possíveis locais de implantação do projeto. Para a verificação da velocidade e distribuição do fluxo de ar no interior dos ambientes estudados foi utilizado recurso gráfico programa ANSYS, possibilitando criar planos e cortes nos modelos – onde são inseridas cores falsas que representam os dados desejados. Os resultados são apresentados no tópico seguinte.

Tabela 2 – Fatores de correção do sítio utilizados. Fonte: Swami e Chandra (1987).

Fator de Correção (FC)	Valor	Características do Sítio
I	1	Entorno em obstruções para a ventilação natural (ex.: área rural)
III	0,74	Entorno com obstruções moderadas (ex.: algumas edificações no entorno)
V	0,31	Entorno com obstruções pesadas (ex.: centro da cidade)

## 4. ANÁLISE DE RESULTADOS

### 4.1. Renovações de ar por hora - comparação entre C-0 e C-1

Os resultados do RAH para o C-0 indicam que a incidência do fluxo do ar mais favorável para a Sala A é a de 315°. Sob esta incidência a sala consegue um mínimo de 2 RAH (para FC V), 5 RAH (para FC III) e aproximadamente 7 RAH (para FC I). Por outro lado, para uma incidência de 180° o ambiente possui o pior desempenho quanto ao RAH, próximo a 0, 1 RAH (para FC V), 0,3 (para FC III) e 0,5 RAH (para FC I), conforme apresentado na Figura 7. Os resultados do RAH para o C-1 apontam uma elevação considerável do RAH na Sala A, tendo em vista as alterações inseridas no modelo. Neste cenário, o melhor desempenho da sala continuou sendo para uma incidência do fluxo de ar de 315° - com aproximadamente 7 RAH (para FC V), 17 RAH (para FC III) e 23 RAH (para FC I). O pior ângulo de incidência este cenário foi 135° - 3 RAH (para FC V), 8 RAH (para FC III) e 11 RAH (para FC I) com .como mostra a Figura 8. Pode-se observar que o mesmo melhor cenário de C-0 da Sala A possui valores de RAH muito abaixo do pior cenário C-1.

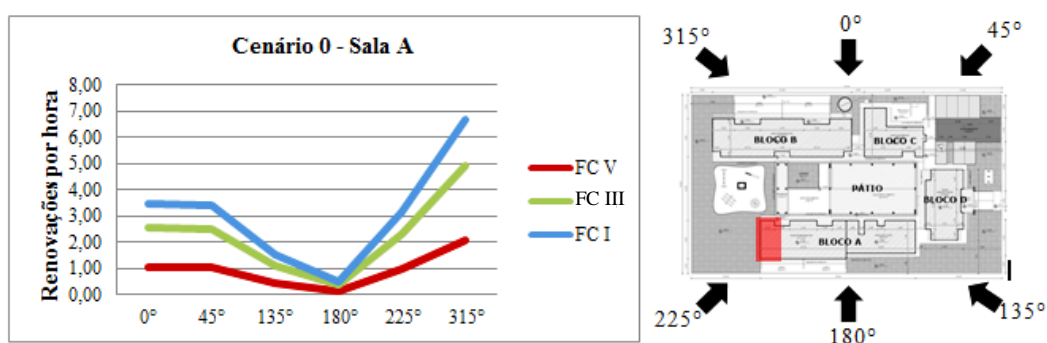


Figura 7 – Resultados do RAH para o cenário 0 – Sala A

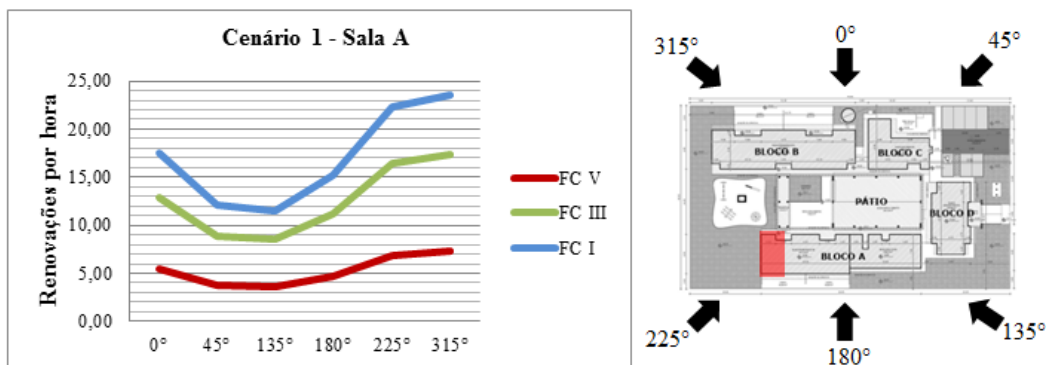


Figura 8 – Resultados do RAH para o cenário 1 – Sala A

Para a Sala B, no C-0, o melhor desempenho da ventilação natural foi para uma incidência do fluxo de ar de 135° - aproximadamente 1 RAH para FC V, 2,6 RAH para FC III e 3,5 RAH para FC I. O pior desempenho do ambiente foi para uma incidência de 0° - aproximadamente 0,1 RAH para FC V, e 0,3 RAH para FC III e FC I, como mostra a Figura 9. No cenário C-1, o melhor ângulo de incidência para a Sala B foi 180° - com 5 RAH para FC V, 15 RAH para FC III e 20 RAH para FC I. O pior desempenho do ambiente ocorreu para a incidência de 315° - com 3 RAH para FC V, 6 RAH para FC III e 8 RAH para FC I, como apresenta a Figura 11. Pode-se observar que o mesmo melhor cenário de C-0 da Sala B possui valores de RAH muito abaixo do pior cenário C-1.

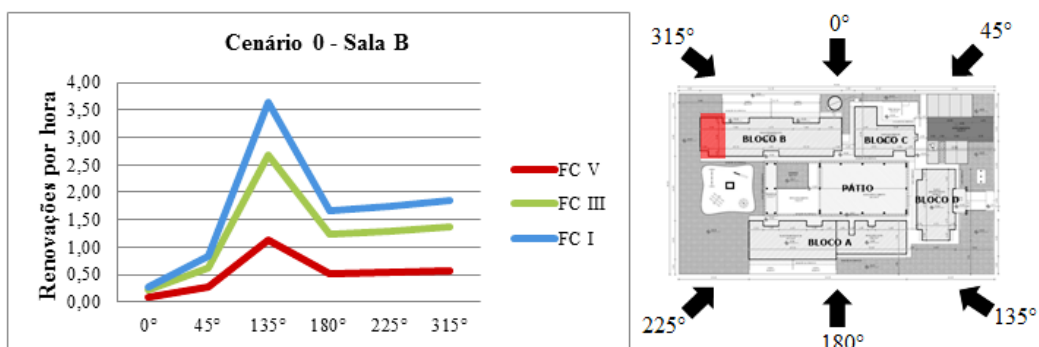


Figura 9 – Resultados do RAH para o cenário 0 – Sala B

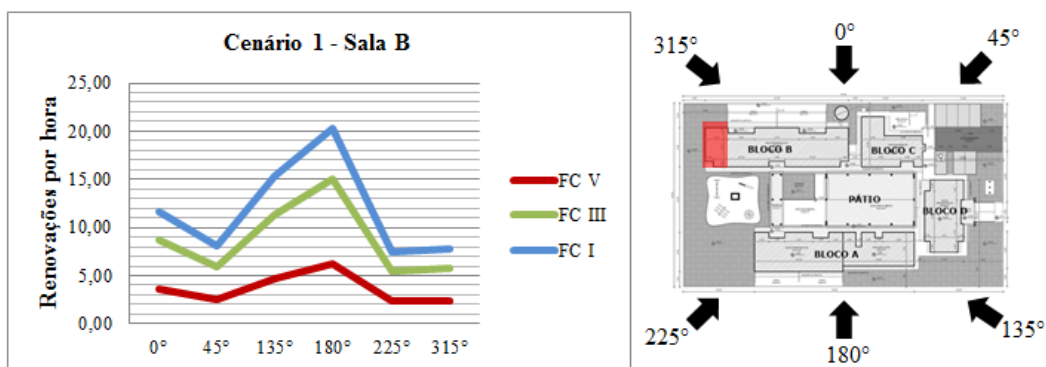


Figura 10 – Resultados do RAH para o cenário 1 – Sala B

#### 4.2. Velocidade e distribuição do fluxo de ar no Cenário 0 e Cenário 1

Devido à quantidade de simulações realizadas e de resultados obtidos para a velocidade e distribuição do fluxo de ar no estudo de caso, foram selecionadas algumas imagens para exemplificar os resultados. A Figura 11 exemplifica os resultados obtidos para a Sala A, C-0, em termos de velocidade do fluxo de ar incidente para os ângulos 315° (melhor situação de RAH) e 180° (pior situação de RAH). A Figura 12 exemplifica os resultados obtidos para a Sala B, C-0, para os ângulos de incidência de 135° (melhor situação de RAH) e 0° (pior situação de RAH). Foram utilizados estes resultados, tanto do C-0 quanto do C-1, para se determinar o valor de referência da ventilação ( $V_{ref}$ ) aplicados nas equações de cálculo do número RAH. A Figura 13 exemplifica os resultados da pressão exercida pelo fluxo de ar sobre as superfícies do modelo

simulado – dado utilizado para a determinação do coeficiente de pressão ( $\Delta C_p$ ) nos ambientes da Sala A e Sala B. No caso, são apresentados os campos de pressão da Sala A, para os ângulos de incidência 315° (melhor situação de RAH) e 180° (pior situação de RAH).

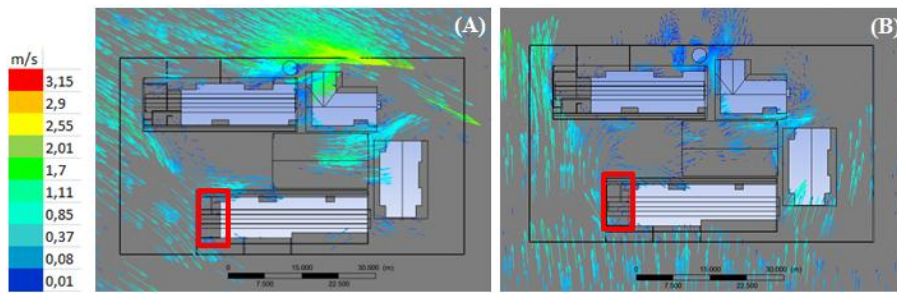


Figura 11 – Cenário 0, Sala A, resultados da velocidade do fluxo de ar incidente no modelo para os ângulos 315° (A) e 180° (B)

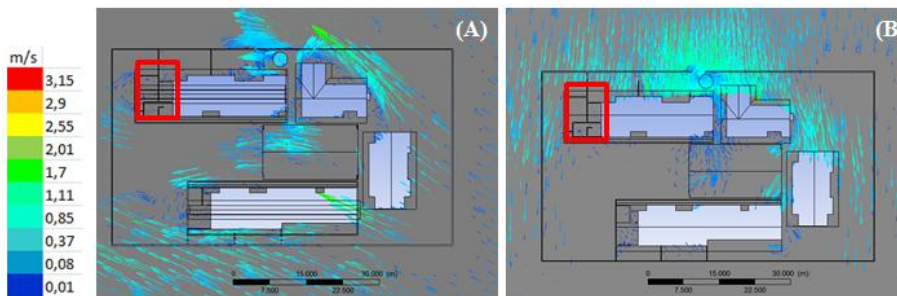


Figura 12 – Cenário 0, Sala B, resultados da velocidade do fluxo de ar incidente no modelo para os ângulos 135° (A) e 0° (B)

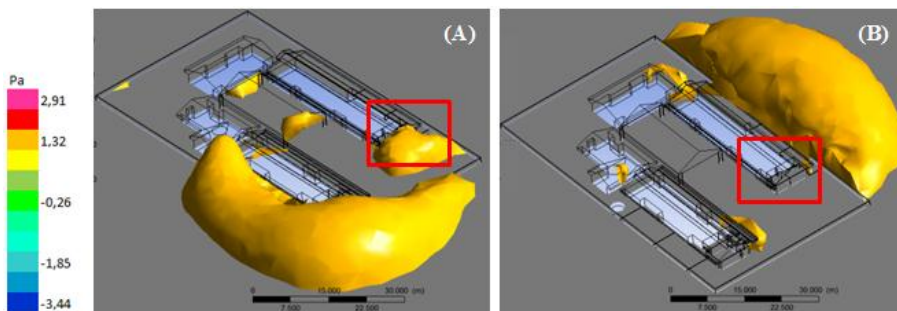


Figura 13 – Cenário 0, Sala A, resultados dos campos de pressão do ar incidente no modelo para os ângulos 315° (A) e 180° (B)

Em termos de velocidade e distribuição interna do fluxo de ar nos ambientes estudados, a Figura 14 e Figura 15 exemplificam os resultados obtidos para o C-0 e C-1 da Sala A - considerando o ângulo de incidência perpendicular à abertura principal (180°). Na Sala A, para o C-0, a velocidade do ar permanece em torno de 0,01 m/s. Considerando que o *input* da velocidade do fluxo de ar externo foi de 2 m/s, observa-se que no C-0 a Sala A preserva apenas 0,5% desta velocidade na maior parte do ambiente (Figura 14). No C-1, os resultados apontaram uma melhora significativa do escoamento do fluxo do ar com a inserção das diretrizes fixadas – apresentando velocidades internas do ar de 0,85 m/s a 2,55 m/s. Ou seja, com as diretrizes propostas o ambiente chegar a preservar 42% da velocidade inicial do fluxo de ar nas regiões entre as aberturas. Em determinadas áreas próximas as aberturas de comunicação entre ambientes a velocidade do ar chega à 2,9 m/s – aumento de aproximadamente 45% em relação à velocidade inicial do fluxo de ar (Figura 15).



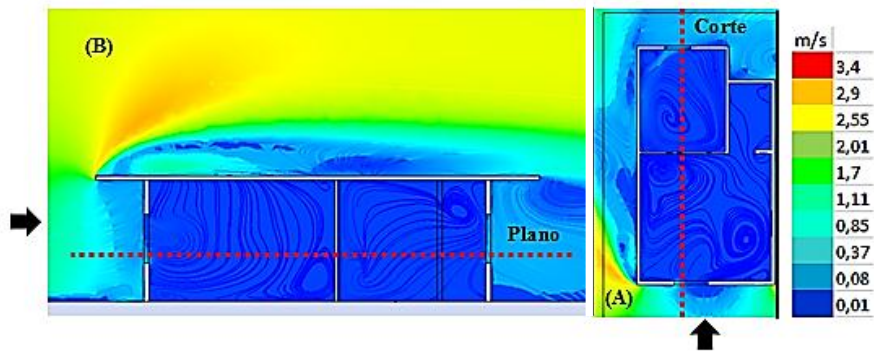


Figura 14 – Cenário 0, Sala A, resultados da velocidade e distribuição do ar em corte (B) e em planta (A).

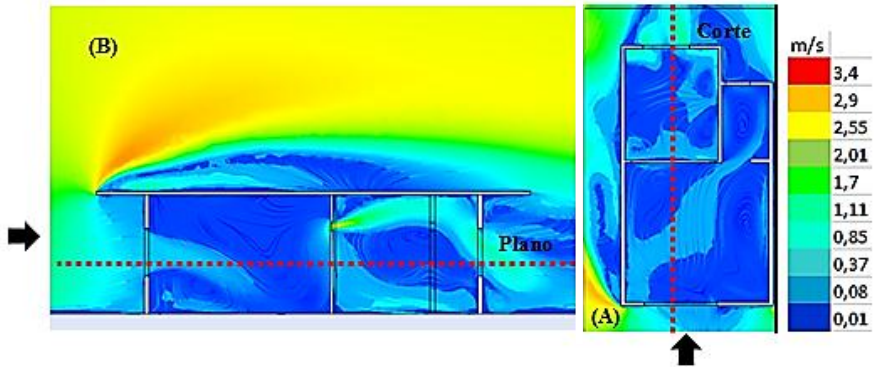


Figura 15 – Cenário 1, Sala A, resultados da velocidade e distribuição do ar em corte (B) e em planta (A).

Na Sala B, para um ângulo de incidência perpendicular à abertura principal ( $0^\circ$ ), os resultados do C-0 indicam regiões com velocidade média de 0,08 m/s (preservando 4% da velocidade inicial do fluxo de ar) – com área de ar estagnado 0,01 m/s (Figura 16). No C-1 correm campos de velocidade entre as aberturas de 0,85 m/s (preservando 42% da velocidade inicial do fluxo de ar). Além disso, pode-se identificar uma melhoria na movimentação do ar no interior do ambiente – maiores áreas com ar se movimentando a 0,08 m/s (Figura 17).

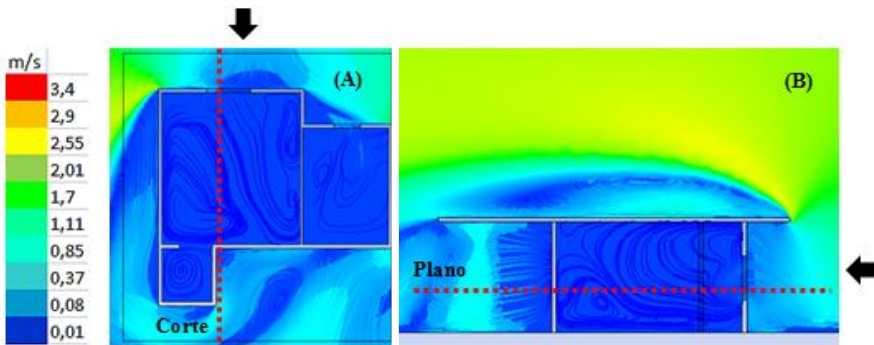


Figura 16 – Cenário 0, Sala B, resultados da velocidade e distribuição do ar em planta (A) e em Corte (B).

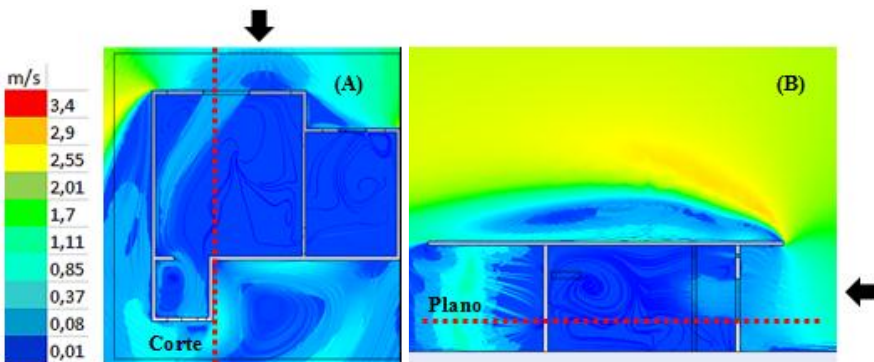


Figura 17 – Cenário 0, Sala B, resultados da velocidade e distribuição do ar em planta (A) e em Corte (B).

## 5. CONCLUSÕES

Tendo como base os resultados obtidos, pode-se comprovar que as diretrizes sugeridas para o “Caderno de Eficientização Energética, Conforto Térmico e Qualidade da Luz Natural de Unidades Escolares” do Programa Proinfância são efetivas na melhoria do aproveitamento da ventilação natural. Com as diretrizes propostas para a Sala A foi observado um aumento de 2 RAH para 7 RAH, em áreas urbanas (FC V), e de 7 RAH para 23 RAH em áreas rurais (FC I), considerando o ângulo de incidência do fluxo de ar de 315°. Para a Sala B, foi observado um aumento de 1 RAH para 5 RAH, em áreas urbanas (FC V), e de 3,5 RAH para 15 RAH em áreas rurais (FC I), considerando o ângulo de incidência do fluxo de ar de 135°. Considerando o desempenho da ventilação natural, foi identificado que o projeto atual (C-0) deve evitar orientar suas maiores fachadas em ângulos oblíquos em relação a orientação de maior frequência de ocorrência do vento no local. Caso o projeto venha a adotar as diretrizes propostas no caderno (C-1), o projeto deve buscar orientar suas fachadas perpendicularmente em relação a orientação de maior frequência de ocorrência do vento no local.

Em termos de velocidade e distribuição do ar no interior dos recintos analisados pode-se comprovar a efetividade das diretrizes propostas. No C-0, a Sala A preserva, em média, apenas 0,5% da velocidade inicial do fluxo de ar externo, enquanto que a Sala B preserva apenas 4%. No C-1, a Sala A preserva, em média, 42% da velocidade inicial do fluxo de ar externo – chegando a aumentar em 45% esta velocidade em determinadas regiões. A Sala B, no C-1, preserva em média, 42% da velocidade inicial do fluxo de ar. Assim, a utilização da ventilação cruzada, a alteração do tipo de esquadria e a observação da implantação do projeto em relação à ventilação predominante são ações efetivas e viáveis para os gestores municipais considerarem na construção deste projeto de Unidade Escolar nas regiões quentes e úmidas do Brasil.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADDINGTON, D. M. **The History and Future of Ventilation**. In.: Indoor Air Quality Handbook. Cap. 2. Spengler J. D.; Samet, J.; McCarthy, J. F. (ed.). McGraw-Hill, 2001.
- ALLARD, F.; ALVAREZ, S. **Fundamentals of Natural Ventilation**. In.: Natural Ventilation in Buildings. Allard (ed.). James & James. London, 2002.
- BITTENCOURT, L.; SACRAMENTO, A.; CÂNDIDO, C.; LEAL, T. **Estudo do desempenho do peitoril ventilado para aumentar a ventilação natural em escolas de Maceió/AL**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v.7, n.3, p. 59-69, jul./set. 2007.
- BRAGER, G; de DEAR, R. **Climate, Comfort, & Natural Ventilation: a new adaptive comfort standard for ASHRAE Standard 55**. Center of the Built Environment – University of California, Berkeley, 2001.
- LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 2a edição. São Paulo: ProLivros, 2004.
- LIMA, L.; BITTENCOURT, L.; CÂNDIDO, C.; OLIVEIRA, J. **Ventilação Natural em Edifícios Escolares: avaliação da variação de altura de captadores de vento**. In.: X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – ENTAC. São Paulo, 2004.
- KOENIGSBERGER, O.; INTERSOL, T.; MAYHEW, S.; SZOKOLAY, S. **Viviendas y Edificios em Zonas Cálidas y Tropicales**. Ed. Paraninfo. Madrid, 1977.
- SANTAMOURIS, M., WOUTERS, P.(eds.). **Building Ventilation: the state of the art**. Earthscan, London, 2006.
- SPENGLER, J. D.; SAMET, J.; MCCARTHY, J. F. (Ed.). **Indoor Air Quality Handbook**. McGraw-Hill, 2001.
- SWAMI, M.; CHANDRA, S. **Procedures for Calculating Natural Ventilation Airflow Rates in Buildings**. Florida Solar Energy Center. Flórida, 1987.
- WARGOCKI, P.; SUNDELL, J.; BISCHOF, W.; BRUNDRETT, G.; FANGER, O.; GYNTELBERG, F.; HANSSEN, S.; HARRISON, P.; PICKERING, A.; SEPPANEN, O.; WOUTERS, P. **Ventilation and health in non-industrial indoor environments: Report from a European Multidisciplinary Scientific Consensus Meeting**. International Journal of Indoor Environment and Health, vol. 12, p. 113 -128, 2002.