



XIENCAC
ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

VII ELACAC
ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

Búzios - RJ - 2011

ELEMENTO VAZADO COM ISOLAMENTO SONORO: ANÁLISE ACÚSTICA E TÉRMICA

Bianca Carla Dantas de Araújo (1); Sylvio R. Bistafa (2)

(1) Professora Doutora Visitante do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, dantasbianca@gmail.com
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

(2) Professor Doutor do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, sbistafa@usp.br
Universidade de São Paulo

RESUMO

O conforto ambiental requer a busca de alternativas de projeto que promovam menos impacto energético na arquitetura. Em locais de climas quentes e úmidos, a ventilação natural é uma das estratégias de projeto; inseridos nesta visão, os elementos vazados (cobogós ou combogós, com são popularmente conhecidos no nordeste brasileiro) agem como componentes arquitetônicos que proporcionam permanente ventilação natural, proteção solar e iluminação natural, além de facilidade de fabricação, entretanto, existem problemas acústicos correlatos como o comprometimento na isolação dos ruídos externos. O presente trabalho objetivou desenvolver um elemento vazado a partir da análise de isolamento acústico e ventilação natural. O desempenho do isolamento sonoro *in situ* do elemento foi avaliado com base na Norma ISO 140-5. Foram desenvolvidos 2 tipos de blocos, avaliados em diferentes montagens numa parede do tipo fachada. O desempenho em relação à ventilação natural foi avaliado a partir da simulação computacional, utilizando métodos de CFD. Os resultados tratados estatisticamente revelaram o quão susceptível é a transmissão do ruído em aberturas de ventilação, entretanto, resultados satisfatórios de isolamento sonoro foram obtidos, chegando a uma Diferença Padronizada de Nível Ponderada ($D_{nt,w}$) de 27 dB e satisfatório desempenho de ventilação natural.

Palavras-chave: Acústica arquitetônica, Elementos vazados, Isolamento acústico, ventilação natural.

ABSTRACT

The indoor environmental comfort requires nowadays the pursuit of architectural alternatives with less energy demand. In hot and humid climates, natural ventilation is one of the design strategies that can be applied to reduce energy consumption in buildings. According to this vision, elements with apertures (cobogó or combogó, as they are popularly known in northeastern Brazil) are architectural elements that provide permanent natural ventilation, sun protection and natural lighting. However, there are acoustic problems associated with the sound insulation that they provide. The present study had the goal of developing elements with apertures to mitigate the conflict between the thermal-acoustic comfort demands. The sound insulation performance of the elements was evaluated *in situ* according to the ISO 140-5 standard. two types of elements had been proposed, which were acoustically evaluated in different mounts on a wall-like facade. The results showed how difficult is to control the transmission of sound at low frequencies in facades with apertures, however, satisfactory sound insulation results were obtained with one type of element, which gave an Weighted Standardized Level Difference ($D_{nt,w}$) value of 27 dB, and satisfactory development of natural ventilation.

Keywords: Architectural Acoustics, Hollow Elements, Acoustic Insulation, natural ventilation.

1. INTRODUÇÃO

Na arquitetura, alternativas passivas de projeto devem ser objeto de concepção nos estudos preliminares, para que a eficiência energética do sistema seja otimizada. Essas alternativas estão embasadas em conceitos técnicos de conforto ambiental, que devem buscar justificativa na concretizada “arquitetura bioclimática”.

Para que a edificação apresente um desempenho de conforto ambiental com ênfase na eficiência energética, conforme discutido, é necessário que elementos e componentes do edifício desempenhem o papel de condutor das potencialidades climáticas existentes no entorno para o interior construído.

O clima quente e úmido domina grande parte do Brasil. Nesse clima, as oscilações das temperaturas diárias e sazonais são pequenas e o nível de umidade relativa do ar é bastante alto. Nessas regiões, as edificações devem evitar ganhos de calor externo, enquanto dissipam aquele produzido no seu interior. Desta forma, a ventilação deve ser usada com a finalidade de resfriar o edifício, aquecido pela radiação solar e por ganhos internos de calor, nos quais altas taxas de ventilação podem fazer com que a temperatura interna se aproxime da externa.

Para ser possível o controle do conforto ambiental em locais de climas quente e úmido, estabelecendo a ventilação como recurso natural e renovável, é necessário lançar mão de alternativas que aproveitem seu potencial para que se tornem novas tecnologias de soluções passivas. Essas novas alternativas não necessariamente induzem a soluções que apresentem custos altos que inviabilizem a utilização e o incentivo ao uso nas edificações, pois há no mercado nacional um elemento com bastante potencialidade técnica e com baixa cotação.

Nesta visão se inserem os elementos vazados, popularmente conhecidos (principalmente no nordeste do Brasil) como “cobogós” ou “combogós”. Para construções localizadas em regiões quentes e úmidas, nas quais a ventilação natural constitui estratégia de fundamental importância, os elementos vazados podem constituir componentes arquitetônicos de grande potencial plástico e funcional. Além da ventilação, os elementos vazados propiciam, ainda, proteção solar e podem funcionar como um filtro da intensa iluminação natural proveniente das abóbadas celestes características de regiões de baixa latitude. Tudo isso em um único componente de fácil fabricação e preços reduzidos.

Apesar do uso secular dos elementos vazados, são raras as pesquisas com vistas a determinar seu uso ambiental. Entretanto, existe consciência dos problemas correlatos que advêm da ventilação natural como estratégia de resfriamento. Entre eles, destacam-se os problemas acústicos. A questão de como resolver o problema dos aspectos conflitantes no conforto ambiental, como o acústico e o térmico, é um aspecto recorrente que deve ser avaliado. Uma alternativa reportada pelos autores é usar nos edifícios elementos que permitam a passagem da ventilação, mas que parcialmente bloqueiem o ruído externo, para possibilitar bons resultados.

Neste contexto, são levantados os aspectos de conforto ambiental (térmico e acústico) utilizando como objeto de estudo o elemento vazado ou cobogó. A proposta da pesquisa foi o desenvolvimento de um elemento vazado como componente aliado na acústica arquitetônica para projetos em climas quentes e úmidos, focado na minoração do problema da dicotomia entre os aspectos térmicos e acústicos envolvidos.

2. OBJETIVO

O objetivo precípua foi desenvolver um elemento vazado a partir da análise de isolamento acústico e ventilação natural, de forma a tratar da minoração do problema da dicotomia entre os aspectos térmicos e acústicos.

3. MÉTODO

A partir das relações identificadas na pesquisa bibliográfica, foram desenvolvidos os protótipos virtuais e físicos dos elementos vazados estudados. Os protótipos virtuais dos elementos vazados foram elaborados a partir de um contato primário com as relações térmicas e acústicas, as quais foram utilizadas como base para o escopo geométrico preliminar (virtual), o qual permitiu as simulações computacionais. Conforme geometrias definidas, posteriormente, foram elaborados protótipos físicos para o teste das medições do isolamento acústico a partir da variação das dimensões dos blocos, inserção de material absorvente.

Os protótipos físicos foram confeccionados em dois tipos com a mesma geometria e material, porém diferentes quanto às dimensões e proporções. Os protótipos foram assentados de maneiras iguais, a fim de proporcionar comparações diretas, conforme estabelecido pelo planejamento estatístico de pesquisa de campo. Outros tipos de blocos foram analisados, cujos desempenhos encontram-se apresentados em outros trabalhos científicos (ARAÚJO, BISTAFA, 2009 e ARAÚJO, BISTAFA, 2010), sendo no presente artigo focado o desempenho dos blocos, cuja geometria mostrou-se mais relevante.

A avaliação de isolamento sonoro, segundo medições *in situ*, foi seguida pelo procedimento

estabelecido na norma ISO 140 – “Medições de isolamento sonoro em edifícios e elementos de edifícios. Parte 5 – Medições em campo do isolamento sonoro a sons aéreos de fachadas e elementos de fachada”.

Na pesquisa, além das geometrias e materiais, foi quantificado o desempenho dos elementos a partir da simulação quanto à resistência oferecida à passagem da ventilação natural. Para essa simulação foi utilizado o programa computacional PHOENICS 3.2, baseado na Mecânica dos Fluidos Computacional (Computational Fluid Dynamics – CFD).

Após as simulações e medições do desempenho do elemento vazado quanto ao isolamento sonoro e de ventilação natural, foi realizada a análise estatística a partir da interpretação dos dados coletados. Esta análise foi estabelecida a partir do teste de hipóteses F-Fisher/Snedeco, e do “modelo de planejamento tipo fatorial”.

3.1. Instrumentos de medição

Os instrumentos para a medição sonora foram um equipamento de medição do nível de pressão sonora com filtros de 1/3 de bandas de oitavas, tipo 2 (Figura 1); um alto-falante ou caixa acústica amplificada; para investigar a relação entre o som transmitido diretamente pela fachada (parede com cobogós) e o som refletido internamente à sala de recepção, através da medição do Tempo de Reverberação com software *Aurora*, foi utilizado um microfone com padrão de diretividade.



Figura 1 – Foto do medidor digital de nível de pressão sonora utilizado no ensaio

3.2. Protótipos físicos e montagem dos elementos vazados

As primeiras relações levantadas para desenvolvimento do bloco foram: os materiais comumente utilizados em blocos de alvenaria e em elementos vazados comercializados na região (cimento e areia, na razão de 1:3), a fôrma em uma forma simples (que pode ser confeccionada de madeira ou material metálico) e a proteção de chuvas, além da facilidade de empilhamento.

Tendo em vista o fator também preponderante desta pesquisa – desenvolver um bloco que mantivesse sua conotação de baixo custo, para ser utilizado em moradias populares, inclusive porque os componentes comercialmente disponíveis que permitem a passagem da ventilação e isolam parte do ruído, como os atenuadores pré-fabricados e as venezianas acústicas, possuem preços muito elevados – procurou-se utilizar fôrmas já existentes que pudessem ser adaptadas para o objetivo do bloco a ser estudado.

Dois tipos de blocos com aberturas foram desenvolvidos: elemento tipo 3 - caixa (C) (Figura 2), e tipo 4 - caixa grande (CG) (Figura 3). Para transformar o elemento em vazado partiu-se da instalação do mesmo com a fenda em lados opostos e com a cavidade coincidente. Desta forma, a passagem de ar acontece em direções diferentes de entrada e saída (Figura 4). Após o desenvolvimento dos modelos geométricos dos blocos, eles foram submetidos a medições com variações, a partir da inserção de material absorvente nas

cavidades. A inserção desse material absorvente foi realizada para identificar a contribuição da absorção em detrimento do isolamento acústico. O material absorvente utilizado foi a lã de vidro de 50 mm, cortada no tamanho da cavidade (15 x 15 cm), e aplicada naturalmente na parede do bloco no sentido vertical.

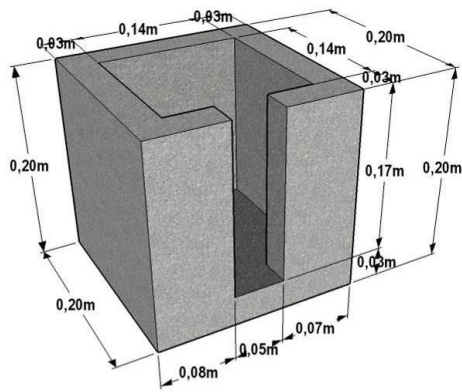


Figura 2. Croqui esquemático das dimensões do bloco tipo caixa (C)

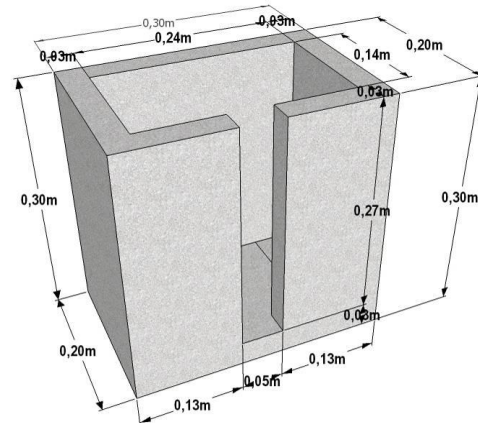


Figura 3. Croqui esquemático das dimensões do bloco tipo caixa grande (CG)

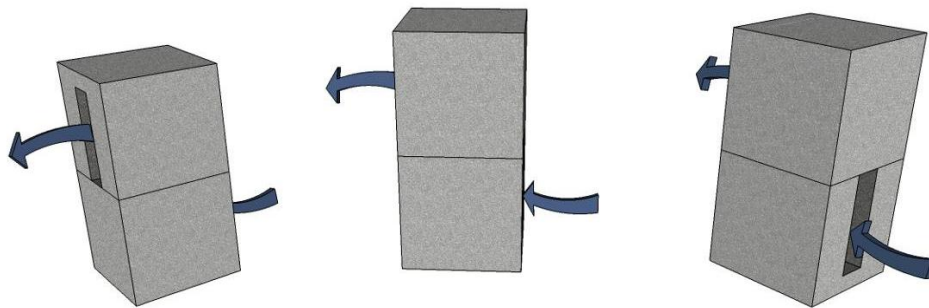


Figura 4. Croqui do elemento instalado como vazado

Os blocos foram testados na fachada com as cavidades fechadas, para poder haver uma comparação do desempenho de isolamento acústico dos mesmos em relação à abertura de ar. Em relação às áreas abertas foram calculadas as relações de cheios e vazios (áreas abertas e fechadas) da composição testada. A relação do bloco tipo 3 (caixa) foi de 12 % de área aberta, e do bloco tipo 4 (caixa grande) foi de 9%.

3.3. Avaliação do isolamento sonoro

Como procedimento para avaliação do isolamento sonoro foi utilizado o método de medição *in situ*, normalizado pela ISO 140 (1998), parte 5, a qual discorre sobre as medições *in situ* do isolamento sonoro a sons aéreos de fachadas e elementos de fachada.

Para análise do desempenho dos elementos vazados em estudo, em relação ao isolamento sonoro, eles foram inseridos em uma fachada e, em seguida, procedidas as medições normalizadas na câmara de teste, cuja fachada representa escala suficiente para aplicação do elemento vazado, simulando em situações reais. A sala considerada como câmara de teste possui 15 m², com todas as aberturas devidamente vedadas. O teto da sala foi isolado com sistema de gesso acartonado com lã de vidro, e as demais superfícies são em alvenaria rebocada e pintada e piso em placas de concreto. A área para inserir o material a ser testado consta de 4,20 m² (1,40 m de altura por 3,00 m de largura) (Figura 5).

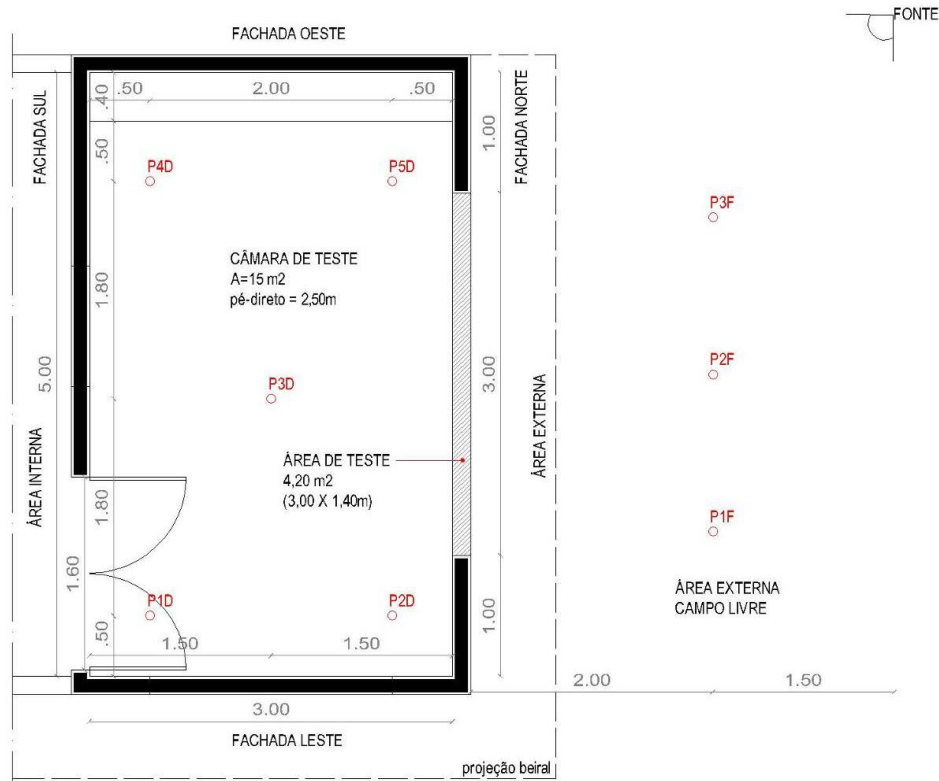


Figura 5 – Planta da sala de teste com detalhe para a fachada onde foram aplicados os elementos vazados

O alto-falante foi posicionado no solo, e distou 3,5 m da fachada, com 45° para o ângulo de incidência. Na sala receptora foram utilizadas as distâncias mínimas estabelecidas pela norma de 0,70m entre as posições dos pontos medidos, 0,50 m entre cada posição do microfone e os limites da sala. O microfone foi posicionado por meio de um tripé em cada ponto de medição. O ruído de fundo esteve sempre 10 dB abaixo do nível sonoro gerado pelo alto-falante (caixa acústica).

Para medição do tempo de reverberação da sala de recepção utilizou-se o sinal *Maximum Length Sequence (Multi MLS Signal)*, emitido no alto-falante, o qual foi gerado e processado pelo programa *Adobe Audition* (versão 1.5). O sinal utilizado para geração do campo acústico externo foi o ruído branco também gerado pelo programa *Adobe Audition* (versão 1.5).

O princípio da medição do tempo de reverberação realizado foi a partir da Resposta Impulsiva (RI), que é viabilizada com o uso do *software Aurora*. A obtenção da Resposta Impulsiva (RI) foi realizada a partir de um sinal de 1 minuto, o *Multi MLS Signal* emitido pelo próprio programa de medição. A fonte sonora foi posicionada no centro da sala e a captação do sinal foi feita no centro da sala.

A Norma Internacional ISO 717 (*Acoustics - Rating of sound insulation in buildings and of building elements – Part 1: Airborne sound insulation*) indica um método para quantificar, mediante um valor único, o isolamento a ruído aéreo de edificações e dos elementos construtivos. Para a determinação deste número na pesquisa foi desenvolvida uma planilha de cálculo utilizando o programa Excel, de acordo com os procedimentos descritos na norma.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1. Desempenho de isolamento sonoro

A fim de comparar o desempenho global de isolamento sonoro dos blocos desenvolvidos, de acordo com método da norma ISO 717, foram calculados os respectivos dados da Diferença Padronizada de Nível Ponderada (D_{ntw}) (Tabela 1).

Tabela 1 – Resumo das características dos blocos desenvolvidos e avaliados, com respectivo o desempenho global de isolamento sonoro

BLOCO	% DE ÁREA ABERTA*	Dnt W (dB)
Caixa fechado	0%	37
Caixa com Lã	12%	27
Caixa sem Lã	12%	27
Caixa Grande	9%	27

A condição da aplicação da lã de vidro (material absorvente) nas cavidades não apresentou aumento no desempenho de isolamento acústico dos blocos. Apesar da utilização do material absorvente não ser significativa para determinar o isolamento sonoro (tanto na análise estatística como na determinação do número único, global- D_{ntw}), o espectro de frequências revela que, apesar de pequena, há uma melhora no isolamento de algumas frequências, principalmente as altas.

Confrontando os resultados entre si, observa-se que os blocos desenvolvidos e analisados aproximam seus comportamentos de isolamento acústico com aberturas da condição “fechado”.

A Figura 6 ilustra o Espectro em banda de 1/3-oitava da Diferença Padronizada de Nível (D_{nt}) dos blocos estudados, com respectiva Diferença Padronizada de Nível Ponderada (D_{ntw}).

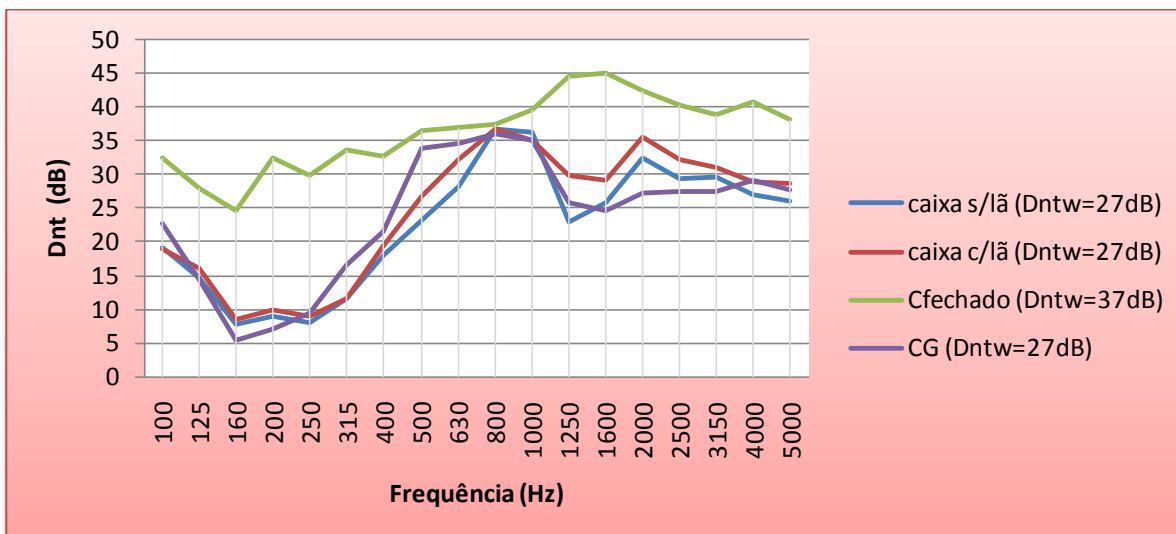


Figura 6. Espectros em bandas de 1/3-oitava da Diferença Padronizada de Nível (D_{nt}) de todos os blocos estudados, com respectiva Diferença Padronizada de Nível Ponderada (D_{ntw})

O desempenho do bloco tipo caixa com lã se destaca dos demais nas altas frequências, atingindo o maior isolamento sonoro em 800 e 1000 Hz (37 dB), porém caindo consideravelmente abaixo de 800 Hz. O bloco tipo caixa grande apresenta um comportamento interessante, quando observa-se que ele mantém o desempenho uniforme (bem próximo ao bloco caixa) em uma faixa maior de frequências (de 500 Hz a 1000 Hz), mas com isolamento nas altas frequências abaixo aproximadamente 5 dB do bloco caixa. Ambos blocos apresentam o mesmo Índice de Isolamento Sonoro Global (w). Estima-se que uma parede montada com ambos blocos pode manter a curva do isolamento sonoro em uma faixa ampla de frequências.

Foi observado pouco isolamento sonoro nas baixas frequências de todos os blocos, principalmente abaixo de 350 Hz com Diferença Padronizada de Nível (D_{nt}) abaixo de 25 dB.

A relação de abertura é fator preponderante para a promoção de ventilação natural através dos elementos sendo, de uma maneira generalista, quanto maior a abertura, maior a capacidade de permeabilidade dos ventos dentro de um ambiente. Esta capacidade, porém, está relacionada com uma série de fatores para estabelecer a ventilação cruzada, como dimensão das aberturas, formas, localização, obstruções, dentre outros fatores.

4.2. Resultados da Análise de ventilação natural

As simulações computacionais foram realizadas no *software Phoenix*, versão 3.5. O software trabalha com

três módulos básicos, que são: o *Pre processor*, *Solver* e *Post processor*. No módulo *Pre processor* são inseridos o modelo a ser simulado, são determinadas as dimensões do domínio, que pode ser entendido como um túnel de vento virtual, as definições de malha e os parâmetros das equações a serem utilizadas. O módulo *Solver* trata da solução numérica do modelo, e o módulo *Post processor* permite visualizar os resultados da simulação.

A velocidade média de entrada de ar para a simulação foi de 2,5 m/s, que consiste na correção da velocidade média anual de Natal/RN considerando a implantação do elemento vazado em uma edificação térrea.

Os resultados das simulações apresentaram dados confiáveis, pois os resíduos foram pequenos em ambos os casos, o que significa que a convergência dos dados foi satisfatória. Baseado nos resultados das simulações é possível afirmar que o comportamento da ventilação ocorreu conforme o esperado para os elementos vazados.

Houve separação do escoamento nas imediações posteriores do modelo e aceleração do ar dentro dos elementos vazados, em decorrência do estrangulamento imposto pelas paredes dos cobogós. Percebe-se que a velocidade do escoamento cai após atravessar o modelo, de modo que a velocidade média interna torna-se inferior à velocidade do ar externo. Este efeito, denominado “perda e carga” acontece em função da dissipação da energia cinética ao contornar qualquer obstrução imposta ao fluxo livre.

A velocidade média interna para o bloco 3 (caixa) de 7,9 m/s (Figura 7 e 8). Os resultados das simulações são visualizados por meio de imagens em planta, corte transversal e em 3 dimensões, com as cores representando a velocidade média do vento.

A maior velocidade média interna simulada foi observada no bloco 3, onde verifica-se que o direcionamento do escoamento do vento pode ser para cima ou para baixo, dependendo da localização da abertura de entrada de ar. A entrada de na abertura inferior provoca a circulação de ar desta para a abertura superior devido ao efeito chaminé (dependendo da diferença de temperatura externa e interna).

O efeito do vento também é o fenômeno físico que se observa internamente no bloco, pois o vento ao se chocar com o mesmo cria zonas de pressões positivas e negativas, onde a diferença de pressão faz com que o ar circule no interior do bloco, pois são dispostas aberturas em ambas as zonas.

Os resultados da simulação revelam que a permeabilidade ao vento é compatível com os elementos vazados deste porte e geometria, e que além da aceleração no interior do bloco, o escoamento se uniformiza após atravessar-los.

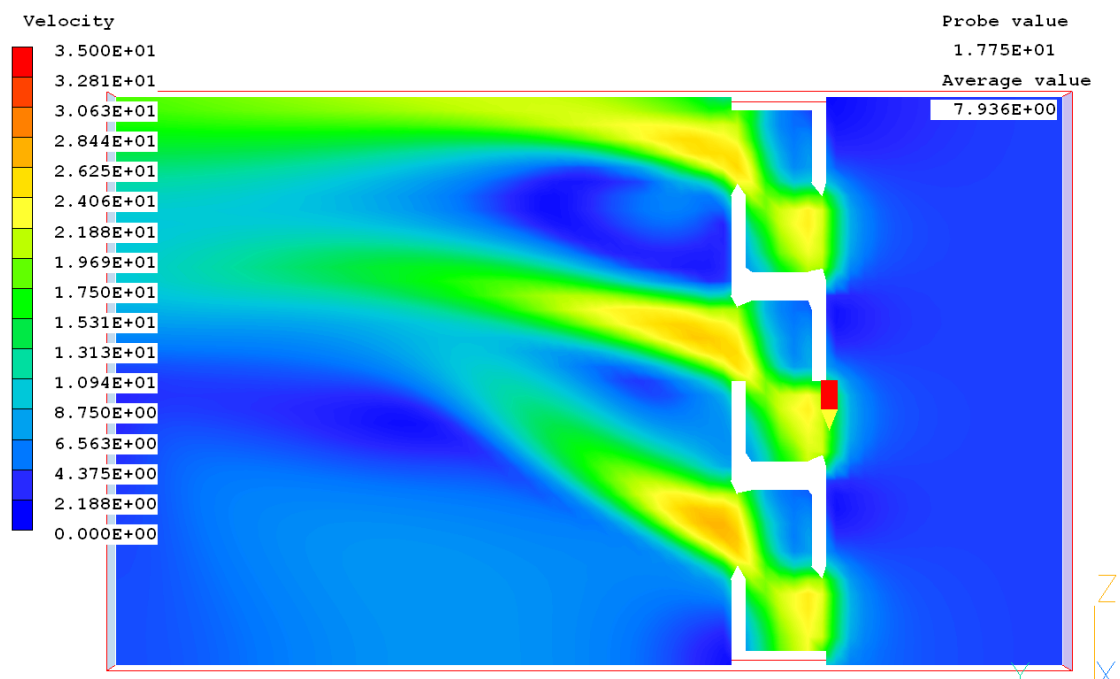


Figura 7. Visualização em corte transversal da simulação de ventilação natural do bloco caixa (C)

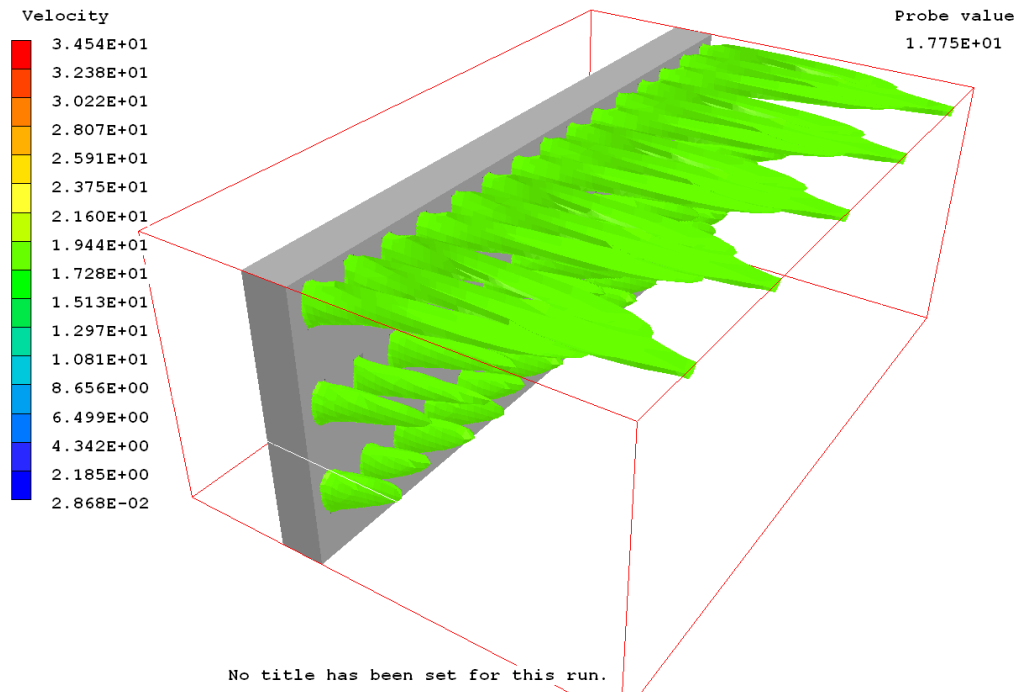


Figura 8. Visualização em 3 dimensões da simulação de ventilação natural do bloco caixa (C)

5. CONCLUSÕES

A partir da discussão dos dados apresentados, observa-se que dentre os blocos desenvolvidos e avaliados, o que apresenta melhor desempenho de isolamento acústico é o bloco tipo 3 (caixa), pois apresenta:

- geometria condizente com os padrões de blocos utilizados no mercado brasileiro para paredes de vedação;
- relação de abertura satisfatória;
- desempenho satisfatória em relação à ventilação natural.

O bloco tipo caixa (aberto com e sem material absorvente na cavidade) revelou um desempenho de isolamento sonoro de 73% em relação à condição do bloco fechado, considerando o Diferença Padronizada de Nível Ponderada (D_{ntw}) que foi de 27 dB (aberto) e 37 dB (fechado). Analisando por frequência, foi verificado que das 18 bandas de 1/3 de oitava estudadas, a geometria do bloco tipo caixa (e caixa grande) apresentou o maior isolamento sonoro em 13 bandas de 1/3 de oitava (principalmente as médias e altas frequências), chegando a uma Diferença Padronizada de Nível de 37 dB em 800 Hz (bloco tipo caixa com lâ), 36 dB em 1000 Hz (sem lâ) e 35 dB em 2000 Hz (com lâ).

Além dessas características, apresentou dimensões apropriadas para o uso em paredes, inclusive com facilidade de fabricação devida à simplificação da forma e facilidade de empilhamento e transporte. Pode-se observar que o bloco caixa grande (CG) apresentou expressivo e uniforme desempenho quanto à isolação sonora, em uma faixa significativa de frequências.

O isolamento sonoro em aberturas mostra-se muito suscetível, porém, na presente pesquisa, pode-se chegar a uma tendência de desempenho sonoro satisfatória para tratar áreas abertas. A mudança de direção do percurso da propagação da onda sonora, assim como o tamanho da cavidade, foram os fatores observados no bloco cujo desempenho revelou ser satisfatório. Desta forma, a geometria e a utilização de material de absorção também são fatores considerados.

No caso da pesquisa, a utilização do material absorvente não se mostrou significativa para determinar o isolamento sonoro (tanto na análise estatística como na determinação do número único, global- D_{ntw}). No entanto, no espectro de frequências, pode-se observar que, apesar de pequena, houve melhora no isolamento de algumas frequências, principalmente as altas.

Foi observado pouco isolamento sonoro nas baixas frequências de todos os blocos, principalmente abaixo de 350 Hz com Diferença Padronizada de Nível (D_{nt}) abaixo de 25 dB, o que imprime ao bloco o uso limitado para quando for desejado isolamento sonoro nessas faixas de frequências.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, E. H. S.; MARTINS, T. L. F.; ARAÚJO V.M.D. *Dias climáticos típicos para o projeto térmico de edificações em Natal/RN*. Natal, EDUFRN, 1998.
- ARAÚJO B. BISTAFA, S. Desempenho acústico de elementos vazados. In: Anais do X Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. *Anais...* Natal/RN, 2009.
- ARAÚJO B. BISTAFA, S. Proposta de elemento vazado acústico. In: Anais do XXIII Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica. *Anais...* Salvador/BA, 2010.
- BISTAFA, S. R. *Acústica aplicada ao controle de ruído*. São Paulo, Editora Edgard Blücher, 2006.
- BITTENCOURT, L. Efeito da Forma dos Elementos Vazados na Resistência Oferecida à Passagem da Ventilação Natural. In: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, III, 1995, Gramado. *Anais...* Gramado. CD-ROM, 1995, p. 378.
- BITTENCOURT, L. S.; SACRAMENTO, A.; LEAL, T. A.; CANDIDO, C. A influência do tipo de fechamento dos peitoris ventilados na velocidade e distribuição da ventilação natural em salas de aula. in: IX Encontro Nacional e V Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído – ENCAC 2007. Ouro Preto, Brasil. *Anais...* Ouro Preto, Brasil. 2007. 1 CD ROM.
- GERGES, S. *Ruído: Fundamentos e Controle*. Florianópolis, NR Editora, 2000.
- GIVONI, B. *Comfort climate analysis and Building Design Guidelines*. Energy and Buildings, 1992. (1). p.11-23. International Organization for Standardization. ISO 140 (1998). *Acoustics – measurement of sound insulation in buildings and buildings elements: part 5: field measurement of airborne sound insulation of façades and façades building elements*. Geneva, 1998. 30p.
- International Organization for Standardization, ISO 717-1 (1996). *Acoustics - Rating of sound insulation in buildings and elements of building elements – Part 1: Airborne sound insulation*. Geneva, 1996. 17p.
- LOSSO, M., VIVEIROS, E. Acoustics versus natural ventilation in southern Brazilian educational buildings. In: PLEA - The 20th Conference on Passive and Low Energy Architecture, 2003, Santiago/CHILE. *Anais...* Santiago. CD-ROM.
- MORAES, et al. Improving the Acoustical Quality of Facades near Airport in Humid Climates. In: Inter-noise environmental noise control, 2005, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro. CD-ROM.
- PHOENICS. Version 3.2.0., CHAM, 2004.
- SILVA , E. B. V. *Evaluation of the Acoustical Performance os Louvre by Impulse Response Analysis*. Tese (Doutorado) – POSMEC/UFSC. Florianópolis, 1998.
- TECNOLOGIA inova cobogós (2005). Disponível em: www.rei.br/outraEdicao/artigo_08.htm. Acesso em: 3 ago. 2005.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP.