



XIENCAC
ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

VII ELACAC
ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

Búzios - RJ - 2011

CONTRIBUIÇÃO ACÚSTICA DE MATERIAIS ABSORVEDORES APLICADOS NA PAREDE DA EDIFICAÇÃO DE PEITORIS VENTILADOS FABRICADOS COM MATERIAIS REFLETORES

Maria Lucia Gondim da Rosa Oiticica (1); Stelamaris Rolla Bertoli (2)

- (1) Prof^a. Dr^a. da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas, UFAL, Brasil, mloiticica@hotmail.com;
- (2) Prof^a. Dr^a. da Faculdade de Engenharia Civil E Arquitetura da Universidade Estadual de Campinas – Unicamp – Sp, Brasil, rolla@fec.unicamp.br.

RESUMO

Na última década verificou-se uma crescente busca de políticas energeticamente mais eficientes no combate ao desconforto térmico para as regiões de clima quente úmido. Muitas destas soluções são termicamente adequadas, mas acusticamente desfavoráveis. Por exemplo, a utilização de aberturas nas edificações é conhecida como uma importante estratégia passiva de projeto para se fazer uso da ventilação natural, entretanto reduz o isolamento acústico da parede ou fachada. O peitoril ventilado é um dispositivo geralmente executado em concreto, em formato de “L” invertido, sobreposto a uma abertura localizada no peitoril abaixo das janelas, cuja finalidade é atuar como fonte complementar do movimento de ar proporcionado pelas aberturas. O objetivo deste trabalho é mostrar a contribuição de materiais absorvedores aplicados na parede da edificação no desempenho acústico dos peitoris ventilados fabricados com materiais refletores. A metodologia do trabalho consiste na avaliação do isolamento acústico aéreo de fachadas, comparando seis tipologias: uma fachada fechada, uma fachada com abertura e quatro fachadas com a mesma abertura, utilizando peitoris ventilados fabricados com materiais refletores diferentes (duas de granito e duas de concreto) onde em um exemplar delas (uma de granito e outra de concreto) foi utilizada uma placa absorvedora (chapa metálica perfurada preenchida com lã de rocha de 50 mm) aplicada na parede da edificação. Os resultados mostraram um acréscimo de 4 dB(A) a 5 dB(A) na Diferença Padronizada de Nível Ponderada das fachadas (granito e concreto respectivamente) à medida que o material absorvedor foi aplicado na parede da edificação.

Palavras-chave: peitoril ventilado, material absorvedor, desempenho acústico, integração bioclimática, eficiência energética.

ABSTRACT

Lately there is a growing concern for energy efficient policies to combat thermal discomfort in hot humid climate regions. Many of these solutions are thermally adequate, but acoustically unfavorable. For example, the use of openings in buildings is known as an important strategy of passive design to make use of natural ventilation. However, reduces the wall or façade sound insulation. The ventilated sill is a device typically run on concrete, in a format generally inverted "L", superimposed on an opening at the sill below the windows, which aims to act as an additional source of air movement provided by the openings. The objective of this work is to show the contribution of absorbing materials used in the wall's building of ventilated sills run with reflective materials. The methodology of the study is to assess the acoustic performance of the ventilated sill in six different façade as: a facade fully closed; with a simple opening without ventilated sill and four with the same opening using a ventilated sills run over with different reflector material (two in granite and one in concrete) where in each example (one in granite and one in concrete) was used in an absorber plate (sheet metal with rock wool of 50 mm) applied on the wall's building. The results showed an improvement of 4 dB(A) and 5 dB(A) in Weighted Standardized Level Difference of the facades (granite and concrete respectively) as the absorbing material was applied on the wall of the building.

Keywords: ventilated sill, absorbing material, acoustic performance, bioclimatic integration, energy efficient.

1. INTRODUÇÃO

A propagação sonora ao ar livre é normalmente estudada em termos de três componentes: a fonte sonora, a trajetória de transmissão e o receptor. Primeiramente, a fonte emite certa potência sonora, gerando um nível sonoro que pode ser medido nas imediações da fonte. A partir daí, o nível sonoro é atenuado à medida que o som se propaga, entre a fonte e o receptor, ao longo de determinada trajetória (BISTAFA, 2006). A atenuação sonora no ar livre pode ocorrer através de diversos mecanismos. As edificações ao se encontrarem entre a fonte e o receptor, fazem parte de um desses mecanismos. O som que atinge o receptor é aquele que, a partir da fonte, é difratado no seu percurso, até chegar ao interior das edificações.

Os ambientes internos das edificações necessitam apresentar uma perfeita interação entre o homem e o meio ambiente, para proporcionar melhores condições de conforto ambiental aos seus usuários, isto é: conforto térmico, acústico e luminoso. As variáveis arquitetônicas são importantes componentes na tomada de decisões para elaboração das estratégias do projeto arquitetônico. As fachadas e paredes divisórias das edificações (componentes arquitetônicos) não devem ser entendidas como barreira arquitetônica entre o exterior e as áreas internas, mas como zona de transição entre os dois meios. O peitoril ventilado é descrito por Bittencourt et al (2007), como um dispositivo geralmente executado em concreto, em formato em “L” invertido, sobreposto a uma abertura localizada no peitoril abaixo das janelas, que tem por finalidade atuar como fonte complementar do movimento de ar proporcionado pelas aberturas. Sendo o peitoril ventilado uma ferramenta de estratégia da ventilação natural no projeto, é importante que atenção seja dada para elaboração das intervenções já que a mesma pode ser pensada de forma única ou em conjunto. Para que o uso do peitoril ventilado se torne viável e efetivo, é necessário tomar cuidado para que a concentração de poluentes externos seja menor que a dos poluentes internos. Esta preocupação reforça a idéia de que a ventilação natural não deva causar outros problemas como ruídos ou falta de privacidade.

No livro prático denominado “Roteiro para Construir no Nordeste” (HOLANDA, 1973), princípios são estabelecidos visando a melhora dos índices de desempenho das edificações. Armando de Holanda descreve que a arquitetura dos climas quentes úmidos deve ser sombreada, aberta, vigorosa, acolhedora e envolvente. Assim, dentre as várias soluções projetivas, “o peitoril ventilado”, caracteriza um elemento agregado às fachadas, que quando utilizado, podem servir de rico componente arquitetônico plástico, podendo trazer grandes benefícios para promover a ventilação natural dos ambientes.

Araújo et al (2005) relata que o peitoril ventilado funcionando juntamente com a janela, contribui de maneira significativa para o aumento da velocidade média do ar nos níveis baixos do ambiente. Porém quando o peitoril ventilado foi investigado isoladamente, o mesmo contribuiu de modo significativo para a ventilação nos níveis mais baixos do ambiente (figura 1), sendo uma boa alternativa para manter a ventilação interna nestes níveis em situações em que as janelas precisam permanecer fechadas, como ocorre durante as chuvas freqüentes do clima quente úmido. Algumas observações foram mencionadas pelo autor em relação ao tamanho da abertura da janela que nessa investigação apresenta duas vezes maior que a abertura do peitoril ventilado.

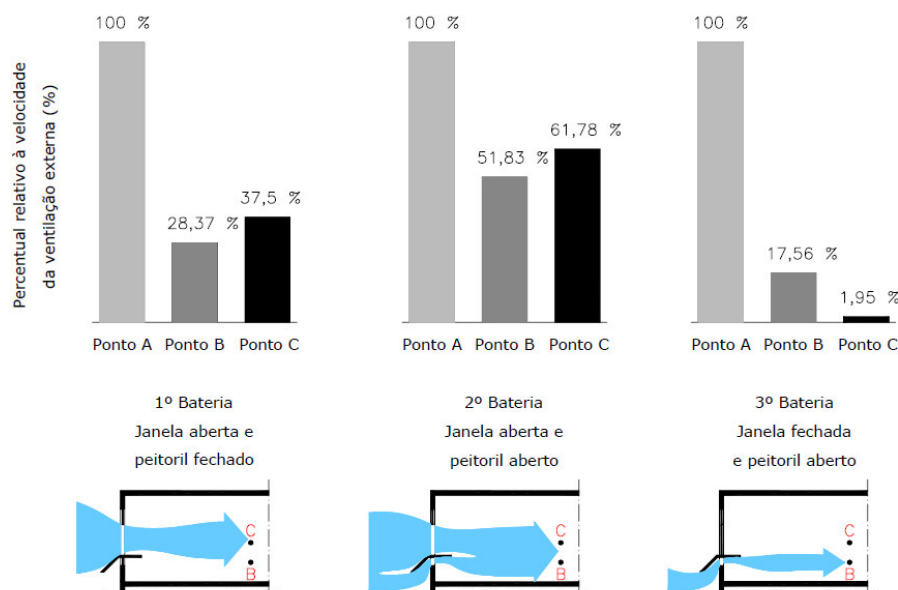


Figura 1: Relação percentual entre a velocidade média do ar nos pontos B e C e a velocidade média no ponto A. Fonte: Araújo et al (2005)

Alguns cuidados devem ser tomados para aplicação das estratégias passivas do projeto arquitetônico principalmente na utilização de janelas com aberturas nas fachadas. Aberturas para ventilação natural geralmente oferecem pouca resistência para a passagem do ruído, sendo esse talvez o maior problema das estratégias de projeto passivo. A Norma Brasileira de Desempenho Térmico para Edificações – NBR 15.220, publicada em 2005 pela ABNT recomenda estratégias de projeto passivo, para as diferentes regiões climáticas no Brasil. Em três Zonas Bioclimáticas (Z6, Z7 e Z8) desta norma, encontram-se grande parte do Norte, Nordeste e Centro-Oeste Brasileiro (78,9% do território brasileiro), regiões estas onde a concepção do peitoril ventilado pode ser aplicada, como estratégia passiva, para beneficiar as condições de conforto térmico dentro dos ambientes.

Resgatando um pouco da história do início da Arquitetura Moderna, segundo Bruand (1981), os procedimentos naturais de combates ao calor e ao excesso de insolação, foram aspectos importantes, pois contribuiu para assegurar o caráter próprio da Arquitetura Moderna Brasileira, diferenciando-a assim da arquitetura de outros países. Os problemas apresentados na obra arquitetônica não poderiam ser tratados isoladamente sem a preocupação da ventilação cruzada. No Nordeste Brasileiro, região de clima quente-úmido, na década de 70, com a preocupação de adequar a arquitetura ao clima, alguns arquitetos pernambucanos, buscaram soluções arquitetônicas mais compatíveis com o clima da região. Neste momento novas estratégias passivas de projeto foram apresentadas como, por exemplo, o peitoril ventilado (figura 3 e 4).

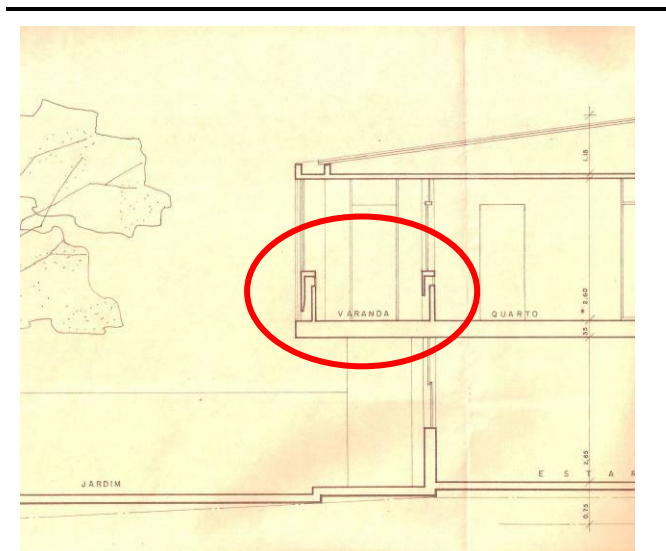


Figura 3: Corte do projeto de uma residência em Maceió, utilizando peitoril ventilado: Arquiteto Reginaldo Luiz Esteves - Crea-PE, datado de jan/1964. Fonte: Acervo Jarbas Oiticica

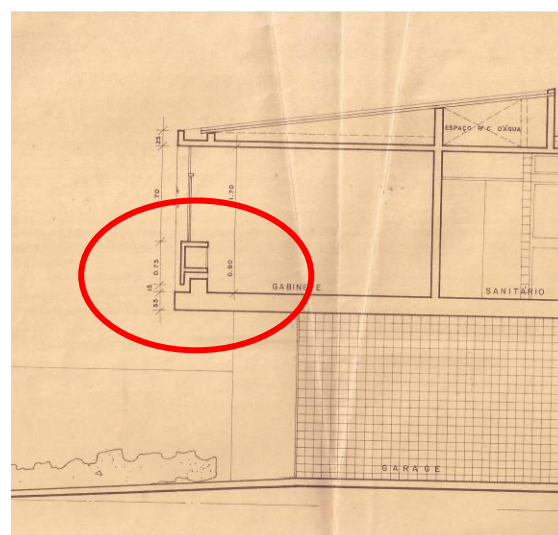





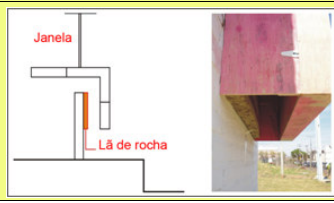
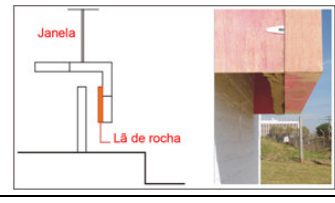
Figura 4: Corte original do projeto de uma residência em Maceió, utilizando peitoril ventilado: Arquiteto Reginaldo Luiz Esteves - Crea-PE, datado de jan/1964. Fonte: Acervo Jarbas Oiticica

Para uma edificação apresentar bons resultados de conforto, é importante que a arquitetura busque soluções que viabilizem a integração da edificação aos condicionantes térmicos, luminosos e acústicos. A aplicabilidade do peitoril ventilado nas edificações de climas tropicais pode ser caracterizada como um elemento de fachada de solução passiva simples. Esse elemento pode proporcionar grandes benefícios para que os interiores dos ambientes sejam mais confortáveis. Os benefícios térmicos, vem do favorecimento da utilização da ventilação cruzada nos edifícios fornecida pela abertura do ventilado, evitando com isso o uso desnecessário da climatização artificial em épocas do ano cujas temperaturas são mais amenas. Os benefícios luminosos referem-se a possibilidade de usar as superfícies do peitoril como bandejas condutoras de luz natural para o interior das edificações. Porém em termos acústicos para se conseguir proporcionar ambientes com menores níveis sonoros é necessário buscar mais conhecimento sobre o comportamento acústico dos peitoris ventilados quanto ao isolamento sonoro.

Tentando resgatar a utilização do peitoril ventilado na construção civil, Oiticica e Bertoli (2008), realizaram algumas investigações experimentais sobre desempenho acústico de peitoris ventilados. As investigações realizadas em um protótipo existente destacaram a área de uma janela de vidro (já existente) em uma fachada, com diferentes tipologias de peitoris ventilados, substituída por madeira compensada de 09 mm. As tipologias investigadas foram: janela totalmente fechada, janela com abertura, janela com peitoril

ventilado, janela com peitoril ventilado aplicado na parede da edificação e janela com peitoril ventilado aplicado na parede interna do peitoril ventilado. Dentre as composições investigadas merece ser destacada a tipologia que foi utilizada com um material absorvedor, no caso lã de rocha de 50 mm, na parede da edificação. Segundo as autoras, a lã de rocha foi selecionada por ser um material composto por longas fibras minerais entrelaçadas e aglutinadas com resinas especiais. A lã de rocha é um material bastante usado na construção civil, tem aplicações diversas, podendo ser utilizado como preenchimento de paredes e divisórias duplas, melhorando o desempenho de isolamento dessas paredes, como também serve para promover a absorção sonora do som refletido pelas paredes internas do peitoril ventilado. A lã de rocha utilizada tem nas suas especificações técnicas, os coeficientes de absorção sonora elevados nas médias e altas frequências, com NRC de 0,88, segundo o fabricante. Os resultados apresentados na investigação (tabela 1) mostram a importância das paredes internas do peitoril ventilado, seja a da edificação ou a do elemento de fachada (peitoril) na atenuação do ruído dentro das edificações. A Diferença de Nível Padronizada Ponderada apresentou um acréscimo de 4 dB quando um material absorvedor foi colocado na parede da edificação do peitoril ventilado.

Tabela 1: Resultados da Diferença Padronizada de Nível Ponderada ($D_{2m,nt,w}$) em dB para as diferentes configurações analisadas.

Etapa	Tipologia das Janelas	$D_{2m,nt,w}$ (dB)	
FASE EXPERIMENTAL Material Utilizados: (Madeira Compensada)	Fechada Madeira Compensada	 24	
	Com abertura	 11,5	
	Com Peitoril Ventilado Longo	 17,5	
	Absorvedor aplicado na parede edificação (Com Peitoril Ventilado Longo)	 Janela Lã de rocha	21,8
	Absorvedor parede peitoril (Com Peitoril Ventilado Longo)	 Janela Lã de rocha	23

Observando os resultados da pesquisa experimental de Oiticica e Bertolli (2008), questionamentos continuaram sendo levantados na busca da integração entre a ventilação natural com as questões acústicas. O que priorizar no projeto arquitetônico? Como os peitoris ventilados devem ser utilizados para estimular as técnicas de estratégias de projeto passivo? O que priorizar para atenuação do ruído: a parede da edificação ou a parede do peitoril ventilado? Qual o desempenho acústico dos peitoris ventilados utilizados na construção civil?

Sabe-se pelas pesquisas realizadas por Bittencourt et al(2007) da importância do peitoril ventilado para o beneficiamento da ventilação natural nas edificações. Muitas das informações conhecidas estão

relacionadas ao conforto térmico. As decisões oriundas das técnicas de projeto podem ser um despertar para as questões sustentáveis com integração nas diversas áreas do conforto. A temática acústica não pode ficar negligenciada neste contexto. O granito e o concreto foram materiais bastante utilizados na execução dos peitoris ventilados encontrados na Região Nordeste (figura 5 e 6). Com o desenvolvimento dos centros urbanos, muitas dessas construções necessitam ser reavaliadas em relação a sua técnica de projeto no combate ao ruído. Nesse sentido é importante, investigar se alterações na absorção sonora das paredes internas dos peitoris ventiladas executados em granito e concreto, em especial nas paredes da edificação, podem melhorar o desempenho acústico dos peitoris, reduzindo o ruído transmitido pela fachada, sem que sejam necessárias mudanças estruturais na edificação já existente.



Figura 5: Residência Emir Glasner (1972), Recife. Arquiteto Vital M. T. Pessoa de Melo. Fonte: Foto de Aurelina Moura. Arqtextos 086



Figura 6: Residência (1964) – Maceió-AL. Fonte: Maria Lúcia Oiticica

Zannin et al (2002) descreve a reação da população de Curitiba-SC, Brasil, ao ruído ambiental. Os resultados revelam que as principais fontes de ruído causadoras de incômodos identificados foram o tráfego de veículos (73%) e os vizinhos (38%), sendo que estes foram classificados como principal fonte de desconforto. Outra pesquisa realizada no Brasil por Paz et al (2005), encontra o valor médio para o nível sonoro (L_{eq}), em uma área central de uma cidade (zona não controlada acusticamente) de 72,9 dB(A) e na zona controlada acusticamente, 53,3 dB(A). Diante desses valores pode-se dizer que o peitoril ventilado pode ser um elemento bem aplicado nessas áreas acusticamente controladas.

2. OBJETIVO

O presente trabalho tem o objetivo de apresentar o desempenho acústico de peitoris ventilados construídos com materiais refletores diferentes quando um material absorvedor é aplicado na parede da edificação.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia aplicada neste trabalho de investigação foi dividida em três etapas. A primeira etapa foi denominada “comparação”. Nessa etapa, medições foram realizadas, em protótipos existentes com e sem a presença de abertura na fachada. Na segunda etapa, denominada “investigação”, foram utilizados peitoris ventilados aplicados em uma fachada de abertura fixa padrão, executados com materiais refletores tipo: placa de granito e placa de concreto. Em um terceiro momento, “etapa melhoramento”, um material absorvedor (lã de rocha) foi aplicado na parede interna da edificação do peitoril ventilado. Nas etapas investigadas, medições foram realizadas para obtenção da Diferença Padronizada de Nível Ponderada. Após os resultados os dados foram analisados e diagnosticados. Os procedimentos metodológicos serão a seguir explicados detalhadamente.

3.1 Local do experimento

A área de estudo escolhida para a realização da investigação acústica foi à mesma selecionada nas medições experimentais das autoras. O local é relativamente silencioso, com níveis de pressão sonora que variam entre 35 a 50 dB(A) e considerado dentro dos limites propostos pela norma brasileira NBR 10151(2000). As montagens e medições foram realizadas em protótipos de edificações existentes em uma área, destinada às pesquisas de Conforto Ambiental da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo (FEC) da Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, Brasil.

O protótipo utilizado para as medições acústicas foi construído com tijolo de barro maciço sem revestimento ($\frac{1}{2}$ tijolo / 10 cm espessura), assentados com argamassa comum de cimento, pintados na cor branca (interna e externamente) e montado sobre uma base de concreto, que constitui o piso interno do ambiente. A cobertura é em laje pré-moldada com telha de fibrocimento, pintada externa e internamente de branco. As dimensões internas da edificação são de 2,00 x 2,50 m, tendo uma área útil de 5,00 m², altura de 2,40 m, e volume interno de 12,00 m³. A fachada maior está orientada a Norte/Sul (2,70 m) e na fachada Leste/Oeste (2,20 m) existe uma abertura que foi utilizada para a colocação dos elementos avaliados.

3.2 O objeto de estudo

Os peitoris ventilados investigados foram executados em forma ortogonal, com dois materiais acusticamente refletoras: um em placa de granito (espessura de 20 mm) e outro em placa de concreto aparente (espessura de 30 mm). O motivo da escolhas do granito e concreto como materiais para serem investigados, deve-se ao fato de que os mesmos têm grandes condições de aplicabilidade para a construção civil. O elemento investigativo foi colocado em uma fachada, na parte inferior (supostamente de uma janela), contendo uma abertura fixa (1,19 m x 0,20 m), que serve de condutor de vento, interligando o ambiente externo ao interno. As dimensões do elemento utilizado podem ser encontradas na figura 7.

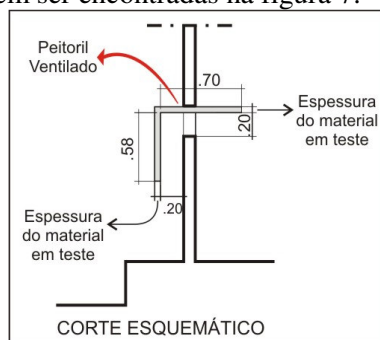


Figura 7: Croqui do peitoril ventilado.

3.3 Investigações realizadas

As investigações realizadas para a determinação do isolamento da fachada foram divididas em três etapas e foram utilizados dois protótipos similares. Na primeira etapa, denominada “etapa comparação” a fachada do primeiro protótipo foi fechada totalmente com tijolos, eliminando as aberturas. No segundo protótipo (vizinho ao primeiro) foi feita uma abertura padrão de 1,19 m x 0,20 m, que foi mantida em todas as medições e nessa abertura foram inseridos, na segunda etapa (“etapa investigação”) os dois diferentes peitoris ventilados investigados (granito e concreto). Na “etapa investigação” foi utilizado um peitoril ventilado fabricado em placa de granito de 20 mm e outro, com dimensões similares fabricado em placa de concreto de 30 mm. Nos dois tipos de elementos, medições foram realizadas separadamente para obtenção do desempenho acústico desses elementos avaliados. Na busca por melhores desempenhos acústicos da fachada (etapa melhoramento), outras investigações foram realizadas. Utilizando os dois tipos de peitoris ventilados da etapa anterior (granito e concreto), uma placa metálica perfurada preenchida com lã de rocha de NRC 0,88 (figura 8) foi pendurada na parede interna da edificação do peitoril ventilado. Na figura 9, as configurações construtivas diferenciadas dos protótipos investigados podem ser observadas.

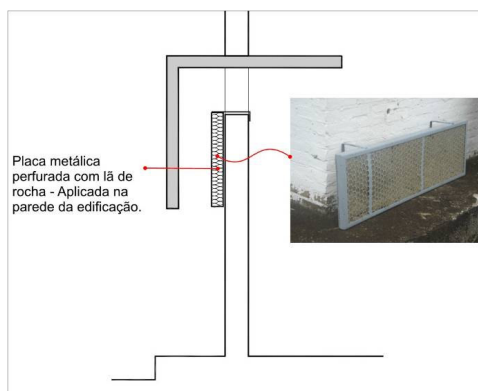


Figura 8: Placa metálica perfurada preenchida com lã de rocha utilizada na parede da cavidade da fachada do peitoril ventilado.

ETAPA COMPARAÇÃO		ETAPA INVESTIGAÇÃO	
FECHADO	COM ABERTURA	GRANITO	CONCRETO
			
ETAPA MELHORAMENTO			
GRANITO (com placa absorvedora)		CONCRETO (com placa absorvedora)	
			

Figura 9: Configurações dos Peitoris Ventilados investigados: “Etapa Comparação”: fachada fechada com alvenaria, e fachada com abertura: “Etapa Investigação”: fachada com peitoril ventilado em granito e fachada com peitoril ventilado em concreto: “Etapa Melhoramento”: fachada com peitoril ventilado em granito com placa metálica perfurada preenchida com material absorvedor (lã de rocha) aplicado na parede interna da edificação do peitoril e fachada com peitoril ventilado em concreto com placa metálica perfurada preenchida com material absorvedor (lã de rocha) aplicado na parede interna da edificação do peitoril.

3.4 Procedimentos metodológicos

Os procedimentos metodológicos para obtenção dos valores referentes ao isolamento aéreo de fachadas ou elementos de fachadas em campo tiveram como base as recomendações apresentadas na norma internacional ISO 140-5:1998(E) e ISO 717-1(1996). Para as medições foi utilizado o Sistema Building Acoustics da Brüel & Kjaer, composto por fonte omnidirecional, amplificador e analisador de frequência em tempo real (Investigator 2260). O tipo de sinal sonoro utilizado foi o ruído branco. Para o posicionamento do microfone no interior da edificação foram escolhidas três posições (M_1 , M_2 e M_3). Em cada ponto foram realizadas três medidas. As distâncias mínimas obedecidas foram: 0,70 m entre microfones, 0,5 m entre qualquer posição de microfone e paredes do ambiente e que estivessem a 1,00 m entre qualquer posição de microfone e a fonte sonora. Os resultados foram calculados como uma média espacial. A figura 10 mostra o posicionamento dos microfones no interior da edificação. A fonte sonora foi colocada na área externa da edificação, num ponto em frente à fachada e com alturas diferentes (1,27 m e 1,87 m do nível do terreno) e aparecem também representadas na figura 8. A determinação da posição de colocação da fonte foi realizada de acordo com a norma ISO 140-5:1998(E). A distância (d) entre a fonte e a fachada analisada foi de 3,5 m.

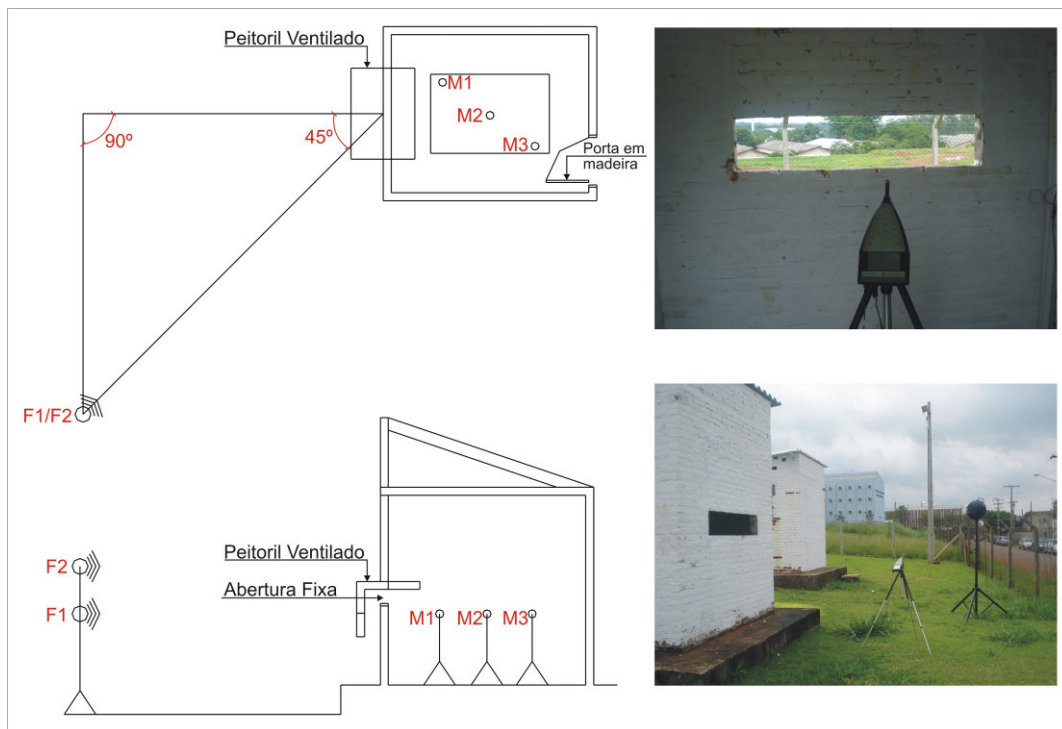


Figura 10: Planta baixa e corte do protótipo com a localização das posições do microfone, da fonte sonora. As fotos mostram detalhes da medição interna e a localização da fonte externa.

O Brasil não tem norma específica sobre avaliação de isolamento sonora de superfícies. Entretanto, com a aprovação da norma de desempenho de edificações NBR 15575 (2008) estabeleceu-se, no item desempenho acústico, critérios de desempenhos para paredes e fachadas de edificações verticalizadas. Essa norma de desempenho de edificações indica à família da norma ISO 140 para procedimentos de avaliação de isolamento. Na família de normas ISO 140 existe um conjunto de parâmetros acústicos que podem designar a isolamento e que depende de vários aspectos. No caso de medições de elementos de fachada em campo (peitoril ventilado para a situação específica) a norma ISO 140-5 (1998) deve ser aplicada, indicando os parâmetros adequados para representar o desempenho de fachada em campo. Esses parâmetros são a Diferença Padronizada de Nível a 2m em dB ($D_{2m,nT}$). De acordo com a equação 6 encontrada na ISO 140-5 (1998), referente ao cálculo da Diferença Padronizada de Nível são necessários os valores de nível de pressão sonora (L_1) a dois metros da fachada com a fonte sonora ligada, o nível de pressão sonora (L_2) no interior da edificação com a fonte ligada e tempo de reverberação (T) do ambiente de recepção e do valor de referência T_0 . O tempo de reverberação de referência referenciado na norma é de 0,5 s. A expressão para o cálculo desse parâmetro é dada pela na equação 01.

$$D_{2m,nT} = L_1 - L_2 + 10 \log (T / T_0) \quad \text{Equação 01}$$

Com os valores de $D_{2m,nT}$ (Diferença Padronizada de Nível a 2m) obtidos em função de frequência faz-se o ajuste com a curva padrão da norma ISO 717-1:1996 para se obter o número único de isolamento $D_{2m,nT,w}$, denominado de Diferença Padronizada de Nível Ponderada a 2m.

Para cada uma das quatro configurações estudadas foram medidos em campo os parâmetros acústicos: tempo de reverberação (T), nível de pressão sonora dentro e fora da edificação com fonte sonora ligada (L_2) e (L_1), respectivamente. No caso do nível de pressão sonora da fonte medido externamente, o microfone localizou-se, a dois metros da parede da fachada. Todos os parâmetros foram medidos em função da frequência em banda de 1/3 de oitava no intervalo de 100 e 3150 Hz. Com o conjunto de valores calculados de diferença de nível padronizada ($D_{2m,nT}$) obteve-se a Diferença Padronizada de Nível Ponderada ($D_{2m,nT,w}$), segundo a norma ISO 717-1, de cada uma das configurações de fachada.

4. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Os resultados dos cálculos da diferença de nível padronizada ($D_{2m,nT}$) em função da frequência de 100 Hz a 3150 HZ, obtidos a partir dos níveis de pressão sonora dentro e fora da edificação com fonte sonora ligada (L_1 e L_2) e do tempo de reverberação (T) das seis configurações estudadas são apresentados no gráfico da

figura 11. Observa-se que o isolamento em função da frequência da fachada totalmente fechada e fachada com abertura apresentam comportamento relativamente plano principalmente nas médias (250-1000 Hz) e altas frequências (1250-3150 Hz). No entanto, nas medições com os peitoris executados com outros materiais, no caso o granito e o concreto observaram-se uma diferença de comportamento nas baixas frequências (100-200 Hz) e que está sendo alvo de estudos complementares. Essas fachadas avaliadas compostas por peitoril executados em material mais refletivo, apresentaram no seu comportamento em função de frequência, maiores oscilações nas baixas (125-200 Hz) e médias frequências (400-500 Hz).

O uso da placa absorvedora na parede da edificação representou melhorias no desempenho acústico dos peitoris ventilados investigados. Observa-se que o desempenho acústico, em função da frequência dos peitoris ventilados executados com as duas tipologias de materiais refletivos (granito e concreto) com a presença da placa absorvedora na parede da edificação, foi similar, mas superior ao comportamento do elemento sem a placa. Se as tipologias investigadas anteriormente, sem a presença da placa absorvedora, apresentavam pequenas divergências entre elas e alguns pontos de fraco desempenho, nessa investigação, as observações passaram a ser praticamente despercebida, exceto ainda baixo desempenho nas frequências abaixo de 250Hz.

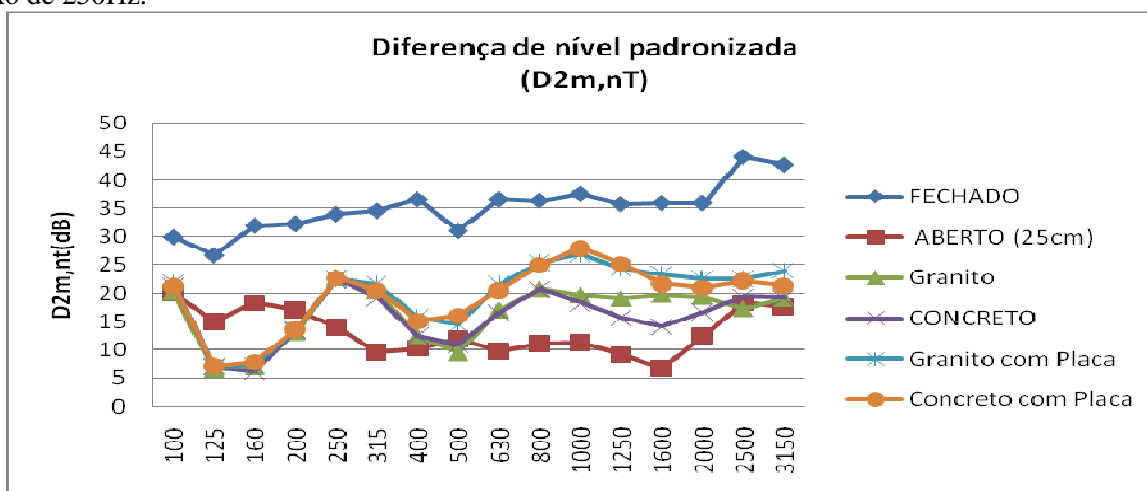


Figura 11: Resultados da Diferença de Nível Padronizada ($D_{2m,nT}$) em função da frequência (Hz), obtidos em dB, para as diferentes configurações analisadas na fase aplicativa.

A partir dos resultados da Diferença de Nível Padronizada ($D_{2m,nT}$) em função da frequência, obteve-se a Diferença de Nível Padronizada Ponderada ($D_{2m,nT,w}$), segundo a norma ISO 717-1 (1996), das configurações estudadas. Na tabela 3 são apresentados, os resultados das tipologias investigadas. Os resultados confirmam que o comportamento do isolamento sonoro das configurações com peitoril ventilado são superiores ao de uma parede com abertura comum, portanto o peitoril ventilado pode ser usado como proteção de aberturas para ventilação.

Os resultados apresentados da Diferença Padronizada de Nível Ponderada da tabela 2 mostram alguns aspectos interessantes sobre o desempenho acústico das tipologias investigadas. A tipologia do peitoril em granito com a placa absorvedora aumentou em 4 dB a Diferença Padronizada de Nível Ponderada comparada com a tipologias sem a utilização desta, e em 5dB, foi o acréscimo do peitoril de concreto na mesma situação. Analisando esses valores da fachada com similar abertura, observa-se que o peitoril ventilado, com a presença da placa absorvedora na parede da edificação, apresenta um ganho de 12 dB (fachada com abertura) para 22 dB, no caso do peitoril em granito, e 21 dB no caso do peitoril em concreto. Esses valores comparados representaram um ganho na Diferença Padronizada de Nível Ponderada de 10dB (granito) e 9dB (concreto) no isolamento da fachada com similar abertura.

Tabela 2: Resultados da Diferença Padronizada de Nível Ponderada ($D_{2m,nT,w}$) em dB para as diferentes configurações analisadas.

ETAPAS	Tipologia das Janelas	$D_{2m,nT,w}$ (dB)	Ganho comparado com fachada com abertura (dB)
ETAPA COMPARAÇÃO	Fechada com alvenaria	37	+25
	Com Abertura	12	0
ETAPA INVESTIGAÇÃO	Com Peitoril em Granito	18	+6
	Com Peitoril em Concreto	16	+4

ETAPA MELHORAMENTO	Com Peitoril em Granito com material absorvedor na parede da edificação	22	+10
	Com Peitoril em Concreto com material absorvedor na parede da edificação	21	+9

O grupo investigado do qual fazem parte as composições de paredes simples, granito e concreto, representa o tipo de peitoril ventilado mais utilizado na construção civil. São elementos práticos, densidade altas e resistentes às intempéries climáticas. A tabela 3 acima, são apresentados também dados comparativos dos resultados da Diferença de Nível Padronizado Ponderado ($D_{2m,nT,w}$) dos protótipos investigados. O caráter sonoro refletivo das suas cavidades internas demonstram um baixo desempenho de isolamento sonoro, principalmente para o concreto na ordem de 16dB e de 18dB para o granito. Este fato revela, que para melhorar o desempenho acústico desses materiais, a cavidade do peitoril fazendo uso da parede da edificação, necessita ser trabalhada. Caso essas paredes simples não apresentem características acústicas, o desempenho ficará nessa ordem de grandeza. Se a cavidade interna do peitoril apresentar alguma absorção sonora, como no caso da placa absorvedora de lã de rocha aplicado na parede da edificação, a Diferença Padronizada de Nível Ponderada apresenta melhoras entre 10 dB a 9 dB comparados com a fachada com abertura similar. Os novos valores passam a ser de 22 dB para o granito e 21 dB para o concreto, ambos com placa absorvedora.

5. CONCLUSÕES

Os resultados mostraram desempenhos diferentes conforme tipologia a ser utilizada. A fachada fechada, sem abertura como era de se esperar, apresentou a melhor Diferença Padronizada de Nível Ponderada, 37 dB(A), enquanto a fachada com abertura o valor foi de 12 dB(A). A diferença de isolamento sonoro entre uma fachada fechada e uma com abertura foi de 25 dB(A). A presença de peitoris ventilados de granito e concreto nas fachadas com aberturas apresentaram melhoras de 4 a 6 dB(A), isto é, apresentaram isolamento sonoro de 18 dB(A) e 16 dB(A) respectivamente. A presença de um material absorvedor (lã de rocha) aplicado na parede da edificação do peitoril ventilado fez com que a Diferença Padronizada de Nível Ponderada fosse modificado para 22 dB(A) e 21 dB(A), melhorando um total de 9 dB(A) a 10 dB(A). Observa-se que o desempenho acústico de um elemento de fachada com abertura pode ser modificado à medida que seja implementado o elemento em estudo (peitoril ventilado). A investigação realizada constatou que apenas a presença de materiais de absorção aplicados no interior da cavidade pode melhorar o isolamento sonoro do ambiente entre (4 a 5 dB(A)). Esses resultados são indicativos de que é possível conciliar os fatores térmicos, acústicos e de eficiência energética.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220**: Desempenho Térmico para Edificações. Rio de Janeiro, 2005b.
- _____. **NBR 10151**: Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – procedimento. Rio de Janeiro, jun 2000. 04p.
- _____. **NBR 15575-1/6:2008** – Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho. Rio de Janeiro, maio 2008.
- _____. **NBR 15220**: Desempenho Térmico para Edificações. Rio de Janeiro, 2005b.
- BITTECOURT, 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 Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído – ENCAC 2007. Ouro Preto, Brasil. **Anais...** Ouro Preto, Brasil. 2007. 1 CD ROM.
- BISTAFA, S. R. **Acústica aplicada ao controle do ruído**. São Paulo. Editora Edgard Blucher. 2006. 368p.
- BRUAND, Y. **Arquitetura Contemporânea no Brasil**. São Paulo. Editora Perspectiva. 1981
- HOLANDA, A. Roteiro para construir no Nordeste, MDU/UFPE, Recife, 1976, p. 43.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 140-5:1998 (E)**, Acoustics – Measurement of sound insulation in building elements – Part 5: Field measurements of airborne sound insulation of façade elements and façades. Geneva, 1998. 25p.
- _____. **ISO 717-1:1996 (E)**, Acoustics – Rating of sound insulation in building and elements of building – Part 1: Airborne sound insulation. Geneva, 1996. 17p.
- OITICICA, M. L. G.; Bertoli, S. R. Melhoria do desempenho acústico em peitoril ventilado, ACUSTICA, 2008. 20 a 22 de Outubro de 2008. Coimbra. Portugal. **Anais...** Coimbra. 2008. 1 CD ROM.
- PAZ, E. C.; FERREIRA, A. M. C.; ZANNIN, P. H. T. Estudo comparativo da percepção do ruído urbano, **Revista Saúde Pública**, vol. 39(3), p. 467- 472, 2005.
- ZANNIN, P. H. T.; CALIXTO, A.; DINIZ, F. B.; FERREIRA, J. A.; SCHUHLI, R. B. Incômodo causado pelo ruído urbano à população de Curitiba, PR., **Revista Saúde Pública**, vol. 36(4), p. 521-524, 2002.