

## A CONTRIBUIÇÃO DOS ESTORES PARA O ISOLAMENTO SONORO DAS FACHADAS

PACS : 43.55.Ev

Bragança, Luís <sup>1</sup>; Silva, Sandra <sup>1</sup>; Patrício, Jorge <sup>2</sup>

1 UM, Dep. Eng. Civil,

Azurém, 4800 Guimarães, Portugal

Tel: 351 253 510 200

Fax: 351 253 510 217

E-mail: braganca@civil.uminho.pt; sms@civil.uminho.pt

2 LNEC,

Av. do Brasil

1700 Lisboa, Portugal

Tel: 351 218 443 273

Fax: 351 218 443 028

E-mail: jpatricio@lnec.pt

### ABSTRACT

This paper presents the results of an experimental set of tests carried out on a selected new housing building with a view to study the influence of roller shutters contribution on noise insulation of façades. These tests were done in 3 different rooms with different window dimensions - on the first floor - and in a similar room and window, for the 3 subsequent upper floors, in accordance to what is prescribed in the international standards en iso 140-5 and 717-1, using a loudspeaker as a noise source. For the purpose several shutters positions were considered: totally opened, half closed, partially closed with internal blades exposed and completely closed. For the last two shutter positions, the study was performed also with the window opened. The results have shown that the transmission loss curve for each shutter position differs with some significance whilst the noise insulation index of the façade remains almost constant for all positions, exception made for the position to which the shutter is completely closed.

### RESUMO

Neste artigo apresentam-se os resultados de um conjunto de testes realizados num edifício novo de habitação colectiva, seleccionado com o objectivo de estudar a influência a contribuição dos estores no isolamento sonoro das fachadas. Estes testes foram realizados em fogos pertencentes a quatro pisos distintos do edifício e de acordo com o que é prescrito nas normas europeias EN ISO 20140-5 e 717-1, usando uma fonte sonora como fonte de ruído exterior. No primeiro piso os ensaios foram realizados em três quartos diferentes de uma das habitações, cada um com diferentes dimensões da janela. Nos três pisos superiores os ensaios foram realizados em três quartos de características semelhantes. As posições dos estores ensaiadas foram: totalmente aberto, parcialmente fechado, parcialmente fechado com as lâminas internas expostas, e completamente fechado. Complementarmente, para as duas últimas posições dos estores e num dos pisos deste edifício (piso 1), o estudo foi também realizado com a janela aberta. Os resultados mostraram que a curva da perda de transmissão para cada posição do estore difere de modo significativo enquanto que o índice de isolamento sonoro da fachada se mantém quase constante para todas as posições, com excepção para a posição em que o estore está completamente fechado.

## 1. INTRODUÇÃO

O isolamento sonoro das fachadas “in situ” é o resultado da contribuição de todos os elementos da fachada (paredes exteriores e janelas) e do modo como estes elementos estão ligados entre si e com todas as divisórias interiores adjacentes (horizontais e verticais). É também sobejamente conhecido que em relação ao isolamento sonoro das fachadas, a janela (vidro e caixilharia) é o ponto mais fraco.

Em Portugal, há ainda dois elementos adicionais correntemente propostos e usados pelos projectistas para fachadas de edifícios: as varandas, como elementos construtivos integrados na estrutura do edifício, e os estores, como elementos protectores e decorativos. Estudos anteriores desenvolvidos pelo LNEC [1] mostraram que as varandas não influenciam significativamente o isolamento sonoro de todo o sistema da fachada, a menos que o ângulo de incidência das ondas sonoras seja demasiado elevado de tal forma que num determinado piso, a superfície inferior da varanda superior possa funcionar como um plano reflector que causa um incremento do ruído global incidente na fachada. Relativamente à contribuição dos estores para um melhor isolamento sonoro global da fachada, pouca ou nenhuma informação está actualmente disponível [2].

Geralmente, tanto na fase de projecto como no processo da verificação do cumprimento dos regulamentos nacionais aplicáveis, a contribuição dos estores para o isolamento sonoro das fachadas ao ruído exterior não é tida em consideração. Esta situação é francamente aconselhável pois os moradores têm o direito de exigir que a satisfação das exigências de isolamento sonoro sejam efectivamente cumpridas sem a necessidade de fechar os estores. Também na avaliação “in situ”, os seus efeitos não são considerados porque as medições são geralmente feitas com os estores completamente abertos. É de salientar que no texto da regulamentação portuguesa nada é dito sobre esta necessidade [3]. Apenas é referido que para edifícios sujeitos a licenciamento para construção, renovação ou reabilitação, o índice de isolamento sonoro das fachadas,  $R'_{45}$ , deve ser inferior a um determinado valor de acordo com a classificação do local de implantação do edifício no que se refere ao nível do ruído ambiente exterior (concretamente, menor que 25 dB para locais pouco ruidosos, 30 dB para locais ruidosos e 35 dB para locais muito ruidosos) [3].

Assim, o objectivo deste estudo foi avaliar a possível contribuição dos estores para um aumento adicional do isolamento sonoro global das fachadas, considerando-os como uma medida a ser tomada em compromisso com as necessidades de garantir o sombreamento dos envidraçados e o conforto visual dos ocupantes.

Os testes foram realizados em duas situações distintas, com a janela fechada (situação normal) e com a janela aberta (situação de maximização da ventilação natural). Nos testes realizados com a janela fechada (JF) foram consideradas as seguintes posições dos estores:

- i) totalmente abertos (TA);
- ii) parcialmente fechados (PF);
- iii) parcialmente fechados com as lâminas internas expostas (PFLE);
- iv) completamente fechados (CF).

As Figuras 1 e 2 ilustram a fachada do edifício testado e a posição PFLE do estore.



Figura 1 - Fachada do edifício testado

Figura 2 - Posição PFLE do estore

Nos testes realizados com a janela aberta (JA) foram consideradas apenas as seguintes posições dos estores:

- iii) parcialmente fechados com as lâminas internas expostas (PFLE);
- iv) completamente fechados (CF),

por se entender que só para estas duas posições do estore é que faz sentido poder-se esperar alguma contribuição do estore no isolamento sonoro da fachada.

## 2. TEORIA

De acordo com a norma EN ISO 140-5 [4], o isolamento sonoro de fachadas e de elementos de fachada, medidos “in situ”, é dado pela seguinte equação:

$$R'_{45} = L_{1,s} - L_2 + 10 \log \left( \frac{S}{A} \right) \text{ dB} - 1,5 \text{ dB} \quad (1)$$

onde:  $L_{1,s}$  é o nível médio de pressão sonora na superfície da fachada;  $L_2$  é o nível médio de pressão sonora no recinto receptor;  $S$  é a área da fachada; e  $A$  é a área de absorção sonora equivalente no recinto receptor.

Esta equação é válida sempre que a fonte de ruído é uma fonte sonora, quando se assume que as ondas sonoras têm um ângulo de incidência de  $45^\circ$ , e quando o campo sonoro do recinto receptor é difuso. Contudo, em testes “in situ”, nem sempre é possível ter ângulos de incidência de  $45^\circ$  e as fachadas estão cumulativamente sujeitas a outras fontes de ruído como, por exemplo, o ruído de tráfego. Contudo, estas fontes de ruído estão localizadas sempre na mesma posição, de acordo com a localização da estrutura viária. Então torna-se importante converter os valores de isolamento sonoro obtidos “in situ” para diferentes ângulos de incidência,  $R'_q$  (correspondente ao ângulo formado pela altura da fachada e a distância entre o edifício e a localização da fonte sonora, considerada normalmente no eixo da via) em valores de  $R'_{45}$ , de modo a poder fazer uma comparação entre aquilo que é oferecido e proposto em campanhas publicitárias e o que é realmente conseguido e sentido pelos ocupantes dos edifícios. Assim, para elementos homogêneos [5]:

$$R'_q = 10 \log \left( \frac{m \omega}{2 Z_0} \right)^2 \cos^2 q \quad (2)$$

onde:  $q$  é o ângulo da incidência;  $Z_0$  é a impedância acústica do ar;  $\omega$  é a frequência angular; e  $m$  é a massa por unidade de área. A partir da equação (2) pode obter-se a seguinte equação de conversão [5]:

$$R'_{45} = R'_q + 10 \log \left( \frac{1}{2 \cos^2 q} \right) \quad (3)$$

A equação usada, em fase de projecto, para determinar os valores do isolamento sonoro de fachadas a partir de valores dos índices  $R_w$  relativos a cada componente da fachada do edifício, i.e., dos elementos opacos e das janelas, é a seguinte [6]:

$$R_w = 10 \log \left( \frac{\sum_i S_i}{\sum_i S_i 10^{-R_{wi}/10}} \right) \quad (4)$$

onde:  $R_{wi}$  representa o índice do isolamento sonoro de cada tipo de componente da fachada e  $S_i$  a sua correspondente área.

Normalmente, os valores obtidos em laboratório de  $R_{wi}$  não representam estritamente o desempenho do sistema de isolamento quando é sujeito a um ângulo da incidência de  $45^\circ$  porque são obtidos em câmaras reverberantes onde se estabelecem campos difusos.

### 3. ENSAIOS REALIZADOS

Para este estudo foi realizado um conjunto de ensaios num edifício novo seleccionado para esse efeito de acordo com o que é prescrito nas normas europeias EN ISO 20140-5 e 717-1 [7,8]. Para a geração de um campo sonoro foi utilizada uma fonte sonora da marca Brüell & Kjaer. Conforme já referido, foram realizados testes com a janela fechada e aberta.

Os ensaios com a janela fechada foram efectuados, no primeiro piso, em 3 quartos com janelas de dimensões diferentes:

- janela do Quarto 1: 1.58 m × 1.87 m;
- janela do Quarto 2: 0.78 m × 1.87 m;
- janela do Quarto 3: 1.58 m × 1.58 m;

e num quarto com uma janela semelhante ao Quarto 1 (janela: 1.58 m × 1.87 m) para os 3 pisos superiores subsequentes. As fachadas em cada quarto são iguais e têm as dimensões de 3.2 m × 2.8 m.

A parede exterior é homogénea e dupla de tijolo vazado, tendo cada pano uma espessura de 0.11 m. A caixa de ar tem 4 cm de espessura e está completamente preenchida com poliestireno expandido. As caixilharias das janelas são de alumínio e o vidro é duplo com 5 milímetros de espessura em cada pano, estando estes separados por uma caixa de ar com 6 milímetros de espessura. Todo o sistema foi convenientemente selado. Os estores são de plástico. A execução da obra foi fiscalizada por uma entidade independente que garantiu que todas as especificações técnicas do edifício estivessem de acordo com o projecto.

Além dos ensaios realizados com a janela fechada para as diversas posições dos estores, foram também realizados ensaios com a janela aberta no Quarto 1 do primeiro piso. Estes ensaios foram efectuados para as seguintes posições dos estores: i) totalmente abertos; ii) parcialmente abertos com as lâminas expostas e iii) completamente fechados.

### 4. RESULTADOS

Os resultados do índice de isolamento sonoro  $R'_q$ , em dB, obtidos para os ensaios realizados no edifício com as janelas fechadas são apresentados na Tabela 1. Os valores de  $q$  são: 1º Piso - 45º; 2º Piso - 59º; 3º Piso - 66º; 4º piso - 72º.

**Tabela 1 - Índices de isolamento sonoro  $R'_q$**

Mesmo Quarto / Pisos Diferentes					Mesmo Piso / Quartos Diferentes				
Piso	TA	PF	PFLE	TF	Quarto	TA	PF	PFLE	TF
1º Piso	27	27	27	33	Q1	27	27	27	33
2º Piso	24	23	24	30	Q2	41	41	41	41
3º Piso	26	27	27	32	Q3	34	34	33	36
4º Piso	28	26	26	30					

A Tabela 2 apresenta os resultados do índice de isolamento sonoro  $R'_q$ , em dB, tendo sido realizados os cálculos com uma precisão de 0.1 dB, ou seja, sem o ajuste da curva de referência em intervalos de 1 dB. O procedimento normalizado de arredondamento pode introduzir diferenças de quase 1 dB entre os valores dos índices.

**Tabela 2 - Índices de isolamento sonoro (valores não arredondados)**

Mesmo Quarto / Pisos Diferentes					Mesmo Piso / Quartos Diferentes				
Piso	TA	PF	PFLE	TF	Quarto	TA	PF	PFLE	TF
1º Piso	27,6 (+0.6)	27,8 (+0.8)	27,6 (+0.6)	33,1 (+0.1)	Quarto	TA	PF	PFLE	TF
2º Piso	24,2 (+0.2)	23,9 (+0.9)	24,9 (+0.9)	30,2 (+0.2)	Q1	27,6 (+0.6)	27,8 (+0.8)	27,6 (+0.6)	33,1 (+0.1)
3º Piso	26,1 (+0.1)	27,0 (+0.0)	27,0 (+0.0)	32,2 (+0.2)	Q2	41,6 (+0.6)	41,5 (+0.5)	41,3 (+0.3)	41,3 (+0.3)
4º Piso	28,0 (+0.0)	26,1 (+0.1)	26,5 (+0.5)	30,6 (+0.6)	Q3	34,9 (+0.9)	34,6 (+0.6)	33,9 (+0.9)	36,8 (+0.6)

Considerando a correção obtida pela equação 3, os valores de  $R'_{45}$  para os 2º, 3º e 4º pisos devem ser, respectivamente, aqueles que se apresentam na Tabela 3: o índice calculado obtém-se por adição com o valor apresentado entre parêntesis.

**Tabela 3 - Índices de isolamento sonoro  $R'_{45}$**

Piso	TA	PF	PFLE	TF
2º Piso	24 (+3)	23 (+3)	24 (+3)	30 (+3)
3º Piso	26 (+5)	27 (+5)	27 (+5)	32 (+5)
4º Piso	28 (+7)	26 (+7)	26 (+7)	30 (+7)

Nas situações de janela fechada e de janela aberta, a Tabela 4 mostra, para o Quarto 1 do 1º piso, a contribuição do estore no isolamento global da fachada. Quando a janela está fechada, a contribuição do estore na posição PFLE é de 0 a 1 dB e na posição TF é de 5 a 6 dB em relação à posição TA. Quando a janela está aberta, a contribuição do estore no isolamento global da fachada é maior, verificando-se que os acréscimos de isolamento em relação à posição TA são de 2 a 3 dB, na posição PFLE, e de 6 a 7 dB, na posição TF.

**Tabela 4 - Influência da abertura da janela no isolamento sonoro**

Estado da Janela do Quarto 1 do 1º piso	Posições do Estore		
	TA	PFLE	TF
Fechada	27	27	33
Aberta	18	21	25

As Figuras 3 e 4 ilustram, para pisos diferentes, com a janela fechada, a influência da posição dos estores no isolamento sonoro da fachada, no domínio da frequência. De forma semelhante é ilustrada nas Figuras 5 e 6 a influência da posição dos estores no mesmo piso mas para dimensões diferentes da janela. A Figura 7 mostra as diferenças encontradas entre a posição TA e as outras posições. A Figura 8 mostra a influência da abertura da janela no isolamento.

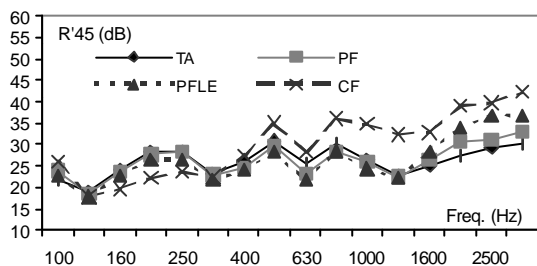


Figura 3 – Isolamento sonoro - 1º Piso/Quarto 1

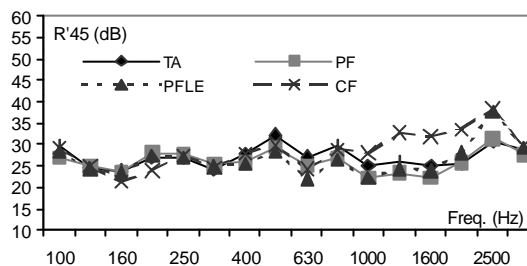


Figura 4 – Isolamento sonoro - 4º Piso/Quarto 1

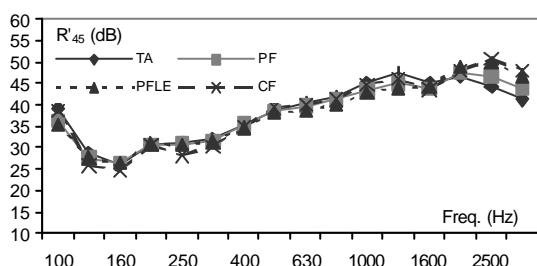


Figura 5 – Isolamento sonoro - 1º Piso/Quarto 2

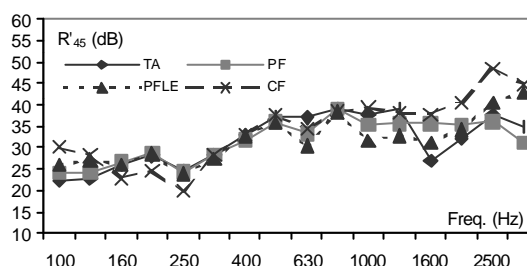


Figura 6 – Isolamento sonoro - 1º Piso/Quarto 3

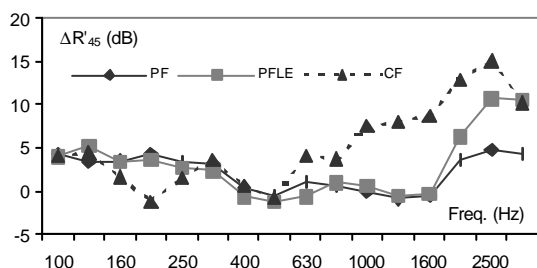


Figura 7 – Isolamento sonoro - 3º Piso/Quarto 1

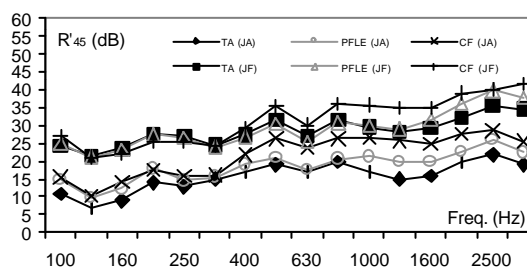


Figura 8 – Influência da abertura da janela na contribuição do estore para o isolamento sonoro

Dos resultados apresentados nas figuras precedentes pode-se ver que, apesar dos valores dos índices de isolamento sonoro permanecerem quase constantes para todas as posições dos estores, excepto quando completamente fechado, há diferenças significativas desse isolamento no domínio da frequência.

## 6. CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos é possível formular diversas conclusões importantes e práticas.

A variação do isolamento sonoro da fachada com as posições dos estores no domínio da frequência torna-se menor com o aumento da distância ao solo (ver Figuras 3 e 4). A posição do estore nas janelas de dimensões pequenas (Quarto 2/Piso 1) não interfere com o desempenho global da fachada (ver Figuras 3, 5 e 6). Em relação aos valores dos índices do isolamento sonoro, a posição CF é aquela que conduz a maiores diferenças (ver Tabela 1).

Em relação aos valores obtidos para o 2º piso, parece que a diferença (3 dB) entre estes valores e os de todos os restantes pisos pode ser devido a uma perda do isolamento sonoro da janela originada por efeitos de ressonância dentro de caixa de ar definida pelos panos do vidro duplo.

Os valores de  $R'_q$  e de  $R'_{45}$ , para as posições do estore TA, PF e PFLE, são praticamente iguais (ver os valores dos índices dos 1º, 3º e 4º pisos na Tabela 1), excepto para a posição CF. Para esta posição, verifica-se que há um decréscimo de isolamento sonoro com o aumento da altura ao solo (ver Tabela 3).

Quando a janela se encontra aberta, a contribuição do estore no isolamento global da fachada é maior do que quando a janela está fechada, verificando-se que há um acréscimo de isolamento sonoro de 2-3 dB, na posição PFLE, e de 6-7 dB, na posição TF (ver Tabela 4).

Quando a janela está aberta, a influência da posição do estore no isolamento sonoro da fachada, no domínio da frequência, é mais significativa para as médias e altas frequências do que para as baixas frequências (ver Figura 8).

## 7. REFERÊNCIAS

- [1] Martins da Silva, P. – Ruído de tráfego rodoviário urbano: Caracterização e modelos de previsão como estímulo físico e avaliação como factor de incomodidade, LNEC, Lisboa 1974.
- [2] Patricio, Jorge, Bragança, Luís - The Influence of Shutters Position on Noise Insulation of Facades, Proc. of Internoise 2000, Nice, 2000.
- [3] PORTUGAL – Regulamento geral sobre o ruído (RGR). Decreto-Lei nº 251/87 de 24 de Junho.
- [4] CEN: COMITE EUROPEEN DE NORMALISATION – Acoustics. Measurement of sound insulation in buildings and of building elements. Part 5: field measurements of façade elements and façades. EN ISO 140-5, 1998.
- [5] Josse, R. – A L'usage des architectes ingénieurs urbanistes. Éditions Eyrolles, Paris, 1977.
- [6] CEN: COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION – Building Acoustics. Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements. Part 2: Airborne sound insulation between rooms. EN 12354-1, 1999.
- [7] CEN: COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION –Acoustics. Measurement of sound insulation in buildings and buildings elements. Part 5: Field measurements of airborne sound insulation of façade elements and façades. EN 20140-5, 1998.
- [8] CEN: COMITE EUROPEEN DE NORMALISATION – Acoustics. Rating of sound insulation in buildings and of building elements. Part 1: Airborne sound insulation. EN ISO 717-1, 1996.