

## IN SITU PERFORMANCE VARIABILITY OF ACOUSTIC LOUVRES

Rui Ribeiro<sup>1</sup>, Isabel Cardoso<sup>1</sup>, Tiago Brilhante<sup>1</sup>, Pedro Pinto<sup>1</sup>, Clara Cardoso<sup>1</sup>, Paulo Soares<sup>1</sup>,  
João Lázaro<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Amplitude Acoustics - Acústica e Vibração, Lda. – Portugal  
rui.ribeiro@amplitude-ac.eu

### Resumo

As necessidades de ventilação natural nos edifícios exigem a utilização de elementos que podem comprometer o isolamento acústico entre o exterior e o interior dos edifícios. A instalação de grelhas nas fachadas do edifício, interligadas com o sistema de caixilharia, ou de forma independente, são um novo paradigma que necessita de uma moldura de análise adequada.

Foram analisados diversos espaços-tipo e o seu desempenho *in situ* para diferentes sistemas de fachada, compostos por parede, caixilho, vidro e grelha. É atribuída especial atenção aos detalhes de execução durante a fase de construção e entrega.

O estudo visa abordar a variabilidade de desempenho identificada entre testes *in situ*. Os potenciais fatores que contribuem para essas diferenças são discutidos.

**Palavras-chave:** grelhas acústicas, isolamento sonoro de fachada, medições, avaliação acústica, controle de obra

### Abstract

The needs for natural ventilation in buildings require the use of elements that can jeopardize sound insulation from the outside to the inside. The installation of grilles on the building's facades, interconnected with the framing system, or independently, is a paradigm that requires an appropriate framework for analysis.

Typical spaces and their *in-situ* performance were analyzed for different facade systems, consisting of wall, frame, glass and louvre. Detailed analysis to detail during installation in the construction stage and hand-over is addressed.

The study aims to address the performance variability identified between *in situ* testing. Potential factors contributing do these differences are discussed.

**Keywords:** Acoustic louvres, sound insulation, *in-situ* measurements, construction stage, handover.

**PACS no.** 43.20.Ye, 43.58.-e

## 1 Introdução

A fachada de um edifício ou compartimento é composta por vários elementos, dependendo o desempenho acústico não só da capacidade de cada elemento, mas também da ligação/junção entre elementos. Acresce ainda que, para componentes móveis como janelas, a instalação e afinação deste elemento carece de maiores cuidados construtivos considerando toda a sua génese e estrutura, composta, entre outros, por caixilho, dobradiças e borrachas de vedação. Devem ainda ser tidas em conta ainda as particularidades de cada sistema-tipo de caixilharia, seja de correr, oscilo-batente ou fixa, bem como a ligação aos elementos estruturais (paredes, lajes, entre outros).

Cumulativamente, e de forma a dar resposta às necessidades de ventilação dos espaços, ao abrigo da legislação em vigor [1], poderá ainda ser necessário acoplar grelhas de ventilação ao sistema. Todos estes elementos, durante a fase de aprovisionamento e instalação, estão expostos a condicionantes que podem alterar as suas propriedades base. Estes elementos podem ainda ter distintas variáveis de funcionamento, possuindo um caudal de ventilação fixo, ou posições em regime aberto, com caudal variável, ou fechado.

Durante um período de 12 meses foi realizada uma série de ensaios para determinação do isolamento a sons de condução aérea entre o exterior e espaços interiores, num conjunto de espaços habitacionais de um mesmo edifício multifamiliar, onde se requiere descanso e sossego.

Pretendeu-se avaliar o desempenho total da solução considerando elementos de caixilharia sem grelha, e com grelha, na posição aberta e fechada, observando a repetibilidade e reprodutibilidade da amostra, e comparando estes valores com os mínimos regulamentares portugueses para o descritor  $D_{2m,nT,w}$ , acrescido do termo de adaptação apropriado para todos os espaços analisados,  $C_{tr}$ . Os resultados consideram ainda a majoração devida à incerteza de ensaio, segundo a legislação Portuguesa [2].

Foi possível manter e controlar condições-tipo, tais como:

- entidade executante;
- relação de espaços, com volumetrias e soluções de revestimento similares, no compartimento recetor;
- sistemas construtivos e respetivos desempenhos acústicos similares, tanto no caso dos paramentos translúcidos (janelas) como dos elementos de ventilação (grelhas).

Os ensaios foram realizados por duas entidades distintas, acreditadas para o efeito.

## 2 Enquadramento e requisitos

### 2.1 Regulamento dos requisitos acústicos dos edifícios

Nos diferentes países Europeus existem regulamentações e normas, relacionadas com o isolamento acústico, que pretendem adequar o desempenho dos diferentes tipos de edificado, em particular daqueles dedicados à habitação. A proliferação de descritores é conhecida e reconhecida [3] [4], sendo que cada um destes documentos têm, como intuito primário, garantir e proteger o conforto no interior dos espaços, potenciando um ambiente confortável e adequado ao uso.

Em Portugal, estas necessidades são abordadas no Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE) publicado em Decreto-Lei n.º 129/2002, republicado em Decreto-Lei n.º 96/2008 e com a redação dada pelo Decreto-Lei n.º 95/2019 de 18 de julho [2]. No artigo 5.º deste documento são estabelecidos os requisitos acústicos a cumprir para edifícios habitacionais e mistos, assim como unidades hoteleiras, onde se transcrevem os valores apresentados na alínea a) do ponto 1, referentes ao isolamento sonoro entre o exterior do edifício e o interior de quartos ou zonas de estar:

- i)  $D_{2m,nT,w} \geq 33$  dB, em zonas mistas ou em zonas sensíveis reguladas pelas alíneas c), d) e e) do n.º 1 do artigo 11º do Regulamento Geral do Ruído;

- ii)  $D_{2m,nT,w} \geq 28$  dB, em zonas sensíveis reguladas pelas alíneas b) do n.º 1 do artigo 11º do Regulamento Geral do Ruído;
- iii) Os valores limite dos índices referidos nas subalíneas i) e ii) são acrescidos de 3 dB, quando se verifique o disposto no n.º 7 do artigo 12º do R.G.R.;
- iv) Quando a área translúcida for superior a 60% do elemento de fachada em análise, deve ser adicionado ao índice  $D_{2m,nT,w}$  o termo de adaptação apropriado,  $C$  ou  $C_{tr}$ , conforme o tipo de ruído dominante na emissão, mantendo-se os limites das subalíneas i) e ii).

Nas avaliações in situ destinadas a verificar o cumprimento dos requisitos acústicos a que faz referência a legislação, deverá ser ainda contemplado um fator de incerteza,  $I$ , de +3 dB associado à determinação das grandezas em análise, para comparativo regulamentar e outros requisitos.

## 2.2 Avaliação acústica final

Em Portugal, de forma a obter licença de utilização de imóveis, devem ser realizados ensaios finais, por laboratório acreditado, que visam atestar a conformidade da obra com o projeto. Os princípios desta avaliação acústica, no âmbito do RRAE, assim como os critérios de amostragem correspondentes, são identificados pelo LNEC (Laboratório Nacional de Engenharia Civil), nomeadamente pelos Pareceres de 10 de julho de 2015 e de 16 de março de 2023 [5] [6], onde, para edifícios habitacionais multifamiliares e/ou hoteleiros, deverão ser analisados para a verificação dos parâmetros regulamentares aplicáveis, as soluções construtivas que tenham:

- a) diferente constituição;
- b) diferente composição.

## 3 Metodologia e resultados

### 3.1 Dimensionamento e seleção de componentes

O cálculo e dimensionamento de soluções é complexo e implica frequentemente recurso a *software* dedicado. Essas ferramentas representam um papel fundamental nas fases de desenvolvimento de projeto, permitindo decisões informadas na seleção de materiais e soluções construtivas, assim como nas fases posteriores de obra, de forma a validação das opções construtivas. Contudo, estas ferramentas são uma aproximação da realidade, pelo que cabe aos Projetistas salvaguardar e preconizar soluções otimizadas do ponto de vista custo-benefício. Por outro lado, todas as vicissitudes e incertezas associadas ao ecossistema de obra, de forma a atingir os critérios propostos, devem ter processos e mecanismos de monitorização e controlo que envolvam não só a equipa Projetista, mas também a Fiscalização e a Entidade Executante.

O objetivo final estabelecido foi o correspondente a  $D_{2m,nT,w} \geq 33$  dB, a verificar entre o exterior e o interior de quartos ou salas, acrescidos da correção  $C_{tr}$  (variável).

### 3.2 Desempenho *in situ*

De forma a avaliar o desempenho acústico entre o exterior do edifício e o interior dos espaços, numa fase preparatória para a realização dos ensaios, estudaram-se duas tipologias de espaços distintos, quartos e salas, com a mesma tipologia de construção e volumetrias equiparáveis, e com paramentos de igual constituição e desempenho acústico. A área translúcida varia entre 60% a 100% da área total da fachada.

De referir que, durante a fase de assistência técnica à construção, os elementos e soluções instaladas foram acompanhados pelos responsáveis de cada entidade envolvida.

O princípio orientador definido foi a avaliação do comportamento da solução considerando o sistema sem qualquer grelha de ventilação, e com grelha, na posição aberta ou fechada.

Todos os elementos construtivos que contribuem para o desempenho total, nomeadamente a parede, sistema de caixilharia (caixilho e vidro), e grelha de ventilação (na sua posição aberta), possuem um isolamento composto capaz de validar sempre o mínimo regulamentar. O sistema de caixilharia em teste é do tipo de “correr”.

Foram testadas as seguintes condições:

- Sem grelha (SG);
- Grelha aberta (GA);
- Grelha fechada (GF).

Os espaços foram alvo de ensaio ao longo de 6 meses, de forma a avaliar a sua repetibilidade e reprodutibilidade. Detetaram-se, nas primeiras campanhas de ensaio, fragilidades construtivas, quer ao nível de instalação, quer de deficiências dos próprios elementos. Procedeu-se à inspeção e reparação destes vários constrangimentos no local, corrigindo as anomalias. Realizaram-se, neste hiato temporal, 71 ensaios de isolamento a sons de condução aérea entre o exterior e o interior.

À data da realização das primeiras campanhas de ensaio, os compartimentos ainda se encontravam em fase de construção, mas em condição de obra próxima da receção provisória.

Na Tabela 1 são apresentados os resultados de todos os ensaios realizados, distribuídos por condição ensaiada. Cumulativamente, apresenta-se a mesma distribuição de resultados no gráfico da Figura 1, com marcação do critério estipulado, de 33 dB.

As campanhas de medição foram realizadas seguindo as normas e metodologias aplicáveis, usando equipamento calibrado, nomeadamente: sonómetro, fonte sonora e amplificador, microfone e calibrador. [7] [8]

Tabela 1. Distribuição de resultados  $D_{2m,nT,w} + C_{tr} + I$  [dB], por condição de ensaio

GA	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16
	27	26	26	25	25	25	23	23	23	26	25	25	26	26	25	26
	E57	E58	E59	E60	E61	E62										
	24	24	23	26	26	24										
GF	E17	E18	E19	E20	E21	E22	E23	E24	E25	E26	E27	E28	E29	E30	E31	E32
	34	36	36	28	28	28	28	29	31	31	30	30	30	35	34	31
	E33	E34	E35	E36	E37	E38	E39	E40	E63	E64	E65	E66	E67			
	28	30	30	32	31	32	29	33	31	30	34	34	35			
SG	E41	E42	E43	E44	E45	E46	E47	E48	E49	E50	E51	E52	E53	E54	E55	E56
	30	35	34	34	35	30	30	30	29	30	29	29	31	34	34	35
	E68	E69	E70	E71												
	33	30	36	36												

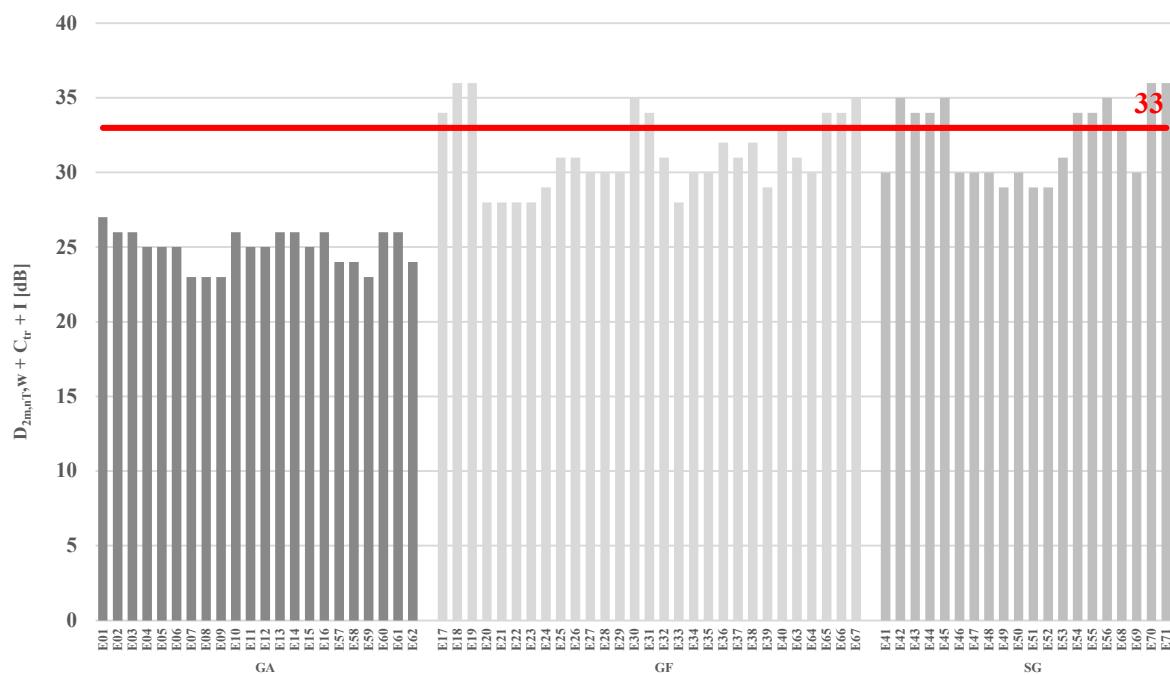


Figura 1. Resultados obtidos nos 71 ensaios in situ e respetivo valor objetivo

Apresenta-se na Tabela 2 a frequência absoluta dos resultados obtidos.

Tabela 2. Freq. absoluta,  $D_{2m,nT,w} + C_{tr} + I$  [dB]

Resultado <i>In Situ</i> [dB]	N.º Ensaios
23	4
24	3
25	6
26	8
27	1
28	5
29	5
30	12
31	6
32	2
33	2
34	8
35	5
36	4
TOTAL	71

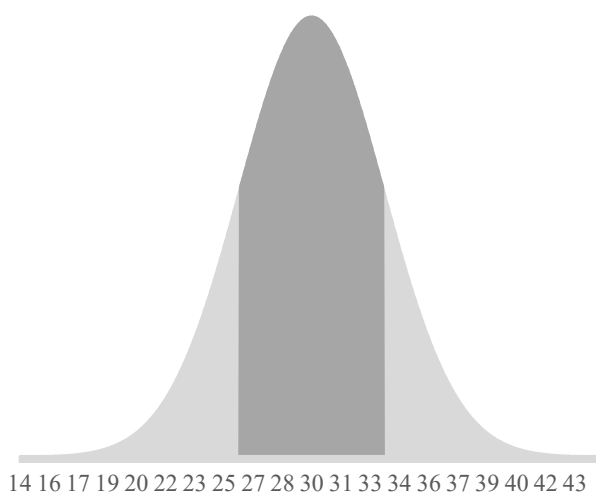


Figura 2. Distribuição normal,  $D_{2m,nT,w} + C_{tr} + I$  [dB]

A média, mediana e moda destes resultados encontrar-se-á nos 30 dB.

## 4 Considerações

Os resultados obtidos,  $D_{2m,nT,w}$  acrescidos da correção  $C_{tr}$  (variável) e da Incerteza de ensaio (+3 dB), ficaram compreendidos entre os seguintes intervalos:

- Sem grelha, 29 a 36 dB;
- Grelha fechada, 28 a 36 dB;
- Grelha aberta, 23 a 27 dB.

Esses resultados permitem verificar um valor médio dos resultados dos ensaios na ordem dos 30 dB, e onde a curva de tendência indica  $\approx 70\%$  dos resultados, para esta amostra, estão compreendidos entre os 23 e os 31 dB, e, por conseguinte, distantes do objetivo traçado.

Regista-se assim uma dispersão de valores, em qualquer uma das condições testadas, resultando em diferenciais significativos.

A condição de grelha aberta, imposta pelo RRAE durante um ensaio que contenha este elemento, não consegue validar o mínimo regulamentar, ficando distante deste limiar. Considerando as imposições legais de ventilação, a inclusão de grelhas é um fator acrescido de incerteza e fragilidade no sistema de fachada.

Constata-se que 73% dos ensaios se encontram aquém do valor objetivo, já com o fator de incerteza,  $I$  aplicado, implicando trabalhos adicionais de afinação e/ ou reparação para garantir a condição de realização da Avaliação Acústica final.

Tendo em conta as campanhas de ensaios realizadas ainda durante a fase de obra e preparatória à avaliação acústica final, verifica-se um diferencial significativo na reprodutibilidade dos ensaios das soluções construtivas. São claras as variações significativas, que se podem esperar, no desempenho de um mesmo elemento num único imóvel.

Neste contexto, tornam-se evidentes os riscos e desconhecimentos que uma doutrina de amostragem limitada, muitas vezes reduzida a apenas um caso (desde que com a mesma constituição e composição) poder mascarar ou não diagnosticar eventuais falhas que se verifiquem, de forma generalizada, no edifício construído.

Neste sentido, em nossa opinião, poderá justificar-se e recomendar-se um incremento do número de ensaios a realizar para efeitos de licença de utilização, em particular no caso de construções com distribuição de espaços bastante tipificadas e repetidas. Desta forma, salvaguardar-se-á melhor os interesses e condições de habitabilidade dos imóveis, acautelando bem-estar dos futuros utilizadores.

Complementarmente, é de esperar que o aumento direto do número de ensaios possa alertar e tornar premente um maior controlo e cuidado, durante a fase de construção, permitindo a retificação atempada de eventuais defeitos ou falhas de construção, decorrentes das normais vicissitudes impostas pelo ecossistema de obra. Desta forma seria possível também avaliar-se, de forma inicial, as variações e incertezas associadas à construção com impactos diretos na repetibilidade e reprodutibilidade do seu desempenho. A ausência de monitorização traduz-se numa perda de controlo sistemático da solução construtiva entregue. A título de exemplo, no Reino Unido, atualmente, deverá ser realizado um ensaio em cada dez frações em fase final da obra. No mesmo sentido, o *Building Research Establishment*, estabelece o mesmo critério de aproximadamente 10% da amostra total de frações. [9] [10]

Alerta-se ainda para as vantagens de implementação de um maior controlo de qualidade aos produtos e sistemas construtivos. Atualmente, assume-se que o desempenho de qualquer elemento é transferível e imutável ao longo do tempo.

## Referências

- [1] Portaria 138-I/2021, de 1 de Julho e Decreto-Lei n.º 101-D/2020, de 7 de dezembro.
- [2] Decreto-Lei n.º 129/2002, republicado em Decreto-Lei n.º 96/2008 e com a redação dada pelo Decreto-Lei n.º 95/2019 de 18 de julho. Diário da República, 1.ª série — N.º 110 — 9 de junho de 2008 – Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE).
- [3] Rasmussen B, Rindel JH. Sound insulation between dwellings – Descriptors applied in building regulations in Europe. *Applied Acoustics* 2010, Volume 71, Pages 171 – 180.
- [4] COST Action TU0901. Integrating and harmonizing sound insulation aspects in sustainable urban housing constructions.
- [5] Laboratório Nacional de Engenharia Civil, “Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios – Avaliação Acústica / Critérios Amostragem”, 10 de julho de 2015.
- [6] Laboratório Nacional de Engenharia Civil, “Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios – Avaliação Acústica / Critérios Amostragem”, 16 de março de 2023.
- [7] NP EN ISO 16283-3 (2017). Acústica – Medição in situ do isolamento sonoro em edifícios e de elementos de construção - Parte 3: Isolamento a sons aéreos de fachadas.
- [8] NP EN ISO 717-1 (2021). Acústica - Determinação do isolamento sonoro em edifícios e de elementos de construção. Parte 1: Isolamento sonoro a sons de condução aérea.
- [9] The Building Regulations (2010). *Approved Document E: Resistance to the passage of sound*. 2003 edition, incorporating 2004, 2010, 2013 and 2015 amendments.
- [10] *Building Research Establishment*. (2008). *BRE Environmental & Sustainability Standard – BREEAM Education 2008 Assessor Manual*. Manual do assessor.