

## AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE PORTAS ACÚSTICAS *IN SITU* – INFLUÊNCIA DE PEQUENOS ERROS E INCORREÇÕES NA SUA APLICAÇÃO

PACS: 43.55.Rg

Mateus, Diogo; Pereira, Andreia  
ISISE, Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia Universidade  
de Coimbra  
Rua Luís Reis Santos - Pólo II da Universidade  
3030-788 Coimbra  
Portugal  
Tel: +351-239797196  
diogo@dec.uc.pt ; apereira@dec.uc.pt

**Palavras Chave:** portas acústicas, isolamento acústico, erros, vedações

### ABSTRACT

Sound transmission between circulation areas and adjacent rooms, when the connection is performed using a single door (without a chamber), commonly depends mostly on the acoustic behavior of the door. When high acoustic performance is required, acoustic doors are usually applied. However, the in situ performance of these solutions is generally much lower than the predicted or indicated by the manufacturer due to mistakes in its design but, above all, execution errors. Within this context, in this paper case studies are described and discussed where it is demonstrated that often a small error in the door or in its installation is enough to strongly compromise the final performance of the door.

### RESUMO

A transmissão de ruído entre zonas de circulação e compartimentos adjacentes, em particular quando a ligação se faz através de uma única porta (sem antecâmara), depende, em geral, quase exclusivamente da porta. Quando se pretende um elevado desempenho, a solução passa habitualmente pela aplicação de portas acústicas. Contudo, o desempenho efetivo *in situ* é geralmente muito inferior ao previsto ou indicado pelo fabricante, devido a erros de conceção e, sobretudo, de aplicação. Neste contexto, serão apresentados na presente comunicação alguns casos de estudo onde se demonstra que muitas vezes basta um pequeno erro na porta ou na sua instalação para comprometer fortemente o desempenho acústico final.

### 1. INTRODUÇÃO

O isolamento sonoro entre dois compartimentos é um fenómeno complexo que envolve geralmente transmissões diretas (quando existe um elemento de separação comum aos dois compartimentos) e transmissões secundárias (através dos elementos adjacentes ou de espaços laterais). No caso da separação entre zonas de circulação e o interior de compartimento adjacentes, para além da transmissão através dos elementos fixos de

compartimentação, a transmissão através de portas de ligação é geralmente a mais condicionante, em particular quando a ligação se faz apenas através de uma única porta (sem antecâmara e 2ª porta). Nestes casos, e quando se pretende um requisito de isolamento elevado, como acontece em unidades hoteleiras ou em edifícios de habitação multifamiliar (em que os apartamentos não apresentam Hall de entrada), a solução passa geralmente pela aplicação de portas acústicas. Contudo, o desempenho verificado em obra destas portas acústicas é geralmente muito inferior ao previsto ou ao indicado pelo fabricante, devido sobretudo a erros na sua aplicação, mas por vezes também ao nível da própria conceção das portas.

Na prática, a obtenção de um adequado isolamento acústico de portas, e um pouco à semelhança dos restantes elementos de compartimentação, passa pela adoção de soluções construtivas apropriadas, que tenham em conta os fenómenos de transmissão envolvidos, mas também a sua pormenorização e correta execução em obra, que muitas vezes é decisiva para o resultado final. É muito frequente encontrar o mesmo tipo de solução construtiva aplicada em situações aparentemente semelhantes, mas com um desempenho acústico completamente diferente [1]. As diferenças podem depender das características específicas de cada espaço e edifício, que podem variar bastante, mas, na generalidade dos casos correntes em edifícios, as grandes diferenças resultam do processo construtivo e das decisões tomadas em obra. Tal como acontece noutras áreas, mas com particular relevância na área do isolamento acústico, a obtenção de qualidade na construção exige um profundo conhecimento dos materiais empregues e das tecnologias de construção. Uma solução construtiva com um previsível elevado desempenho acústico pode resultar num fracasso completo, se forem cometidos alguns erros de execução, mesmo que de pequeníssima dimensão, que passam geralmente despercebidos em obra. Convém ainda realçar que, para além do processo construtivo, é fundamental uma interligação entre a acústica e as restantes especialidades envolvidas em projeto, nomeadamente a arquitetura, a estabilidade e as instalações técnicas.

No caso específico das portas acústicas, e apesar da sua constituição poder variar significativamente, em função do desempenho pretendido e do local de aplicação, estas portas são geralmente constituídas por um elemento pesado em sanduíche/multicamada, com batente duplo em todo o contorno e respetivos vedantes, incluindo vedação de soleira, com dispositivo amovível (acionado pelo fecho da porta) ou eventualmente um batente de soleira (quando viável).

No presente artigo, são apresentados e avaliados resultados de vários casos de estudo, onde se pretende demonstrar a importância dos detalhes construtivos numa porta acústica e como “pequenas insuficiências”, quer de fabrico, quer sobretudo de instalação em obra, podem comprometer fortemente o desempenho final da porta.

## 2. ISOLAMENTO ACÚSTICO EM EDIFÍCIOS – ASPECTOS GERAIS

De um modo geral, a protecção acústica dos edifícios, como forma de garantir um adequado conforto acústico no seu interior, pode ser concretizada através da actuação articulada segundo quatro vertentes da acústica [2]: o isolamento a sons aéreos, quer entre espaços interiores, quer entre o exterior e o interior dos edifícios; o isolamento a sons de percussão, transmitidos por via sólida, provenientes essencialmente do interior dos edifícios; o condicionamento acústico interior; e a minimização do ruído produzido por equipamentos e instalações do edifício. No presente trabalho, e para as situações apresentadas, é apenas avaliada a vertente de isolamento a sons aéreos.

No isolamento a sons aéreos, existem duas situações que interessa distinguir: o isolamento entre o exterior e o interior, normalmente associado ao isolamento de fachada; e o isolamento entre compartimentos fechados. No primeiro caso, e para a generalidade dos edifícios, o isolamento sonoro depende essencialmente do vão envidraçado, em especial do caixilho e do vidro (grelhas de ventilação e caixas de estores, quando existem). No segundo caso, o

isolamento sonoro depende não só do elemento de separação directo, em compartimentos contíguos, como da restante envolvente de cada compartimento. De uma forma geral, o aumento de isolamento por via directa pode ser conseguido, entre outras formas, através do aumento da massa e/ou da criação de elementos com duas ou mais camadas, sem ligação rígida entre si. A minimização das transmissões por via indirecta pode ser conseguida de forma eficaz através da quebra de continuidade dos elementos marginais entre compartimentos, mas, muitas vezes, este tipo de actuação não é viável, tornando-se mais difícil solucionar este problema. Em ambos os casos, a existência de eventuais “pontos fracos de isolamento”, como por exemplo, pequenas frinchas, caixas embutidas e atravessamento de condutas, podem comprometer fortemente o resultado final [1,2], conduzindo, muitas vezes, a um incumprimento dos requisitos legais. No caso específico das portas, estes pontos fracos são em geral muito condicionantes, e correspondem geralmente a frinchas e singularidades na porta e/ou no contorno, por vezes originados e/ou agravados por erros de aplicação da porta e do aro.

Considerando que a porta apresenta um índice de redução sonora  $R_{w,P}$  e que os elementos de compartimentação fixos apresentam um índice de redução sonora aparente  $R'_{w,PA}$ , o índice global de isolamento entre compartimentos separados pela porta é dado por:

$$D_{nT,w} \approx 10 \text{Log} \left( \frac{S_p + S_{PA}}{S_p \times 10^{(-R_{w,P}/10)} + S_{PA} \times 10^{(-R'_{w,PA}/10)}} \right) + 10 \text{Log} \left( \frac{V}{6,25 \times (S_p + S_{PA}) \times T_0} \right) \quad (1)$$

em que  $D_{nT,w}$  é o índice de isolamento sonoro padronizado (a sons aéreos),  $V$  é o volume do espaço recetor,  $T_0$  é o tempo de reverberação de referência (igual ao requisito T ou igual a 0,5, quando não se aplica requisito T),  $S_p$  e  $S_{PA}$  são as áreas de separação direta entre compartimentos, respetivamente da porta e da parede.

Para situações onde para além da porta não existam paredes de separação direta entre compartimentos ou para situações em que o valor de  $R'_{w,PA}$  é da ordem de  $R_{w,P} + 20\text{dB}$  ou superior, a equação anterior poderá simplificar-se, transformando-se na seguinte expressão:

$$D_{nT,w} \approx R_{w,P} + 10 \text{Log} \left( \frac{V}{6,25 \times S_p \times T_0} \right) \quad (2)$$

Por exemplo, para a separação entre um corredor e um quarto de um hotel, com  $40 \text{ m}^3$ , onde se aplique uma porta acústica com área de  $2 \text{ m}^2$  e com um valor de  $R_w = 40\text{dB}$ , e onde a separação direta através de paredes, entre o corredor e a zona de dormir do quarto, seja praticamente inexistente (como acontece em muitos casos, quando existe uma casa de banho entre esses espaços), o valor de  $D_{nT,w}$  é próximo de 48 dB (que neste caso corresponderia ao requisito mínimo regulamentar em Portugal [3,4]).

### 3. PROBLEMAS TÍPICOS EM PORTAS ACÚSTICAS

Apesar de existirem no mercado portas acústicas de muito elevado desempenho, na prática o desempenho destas portas in situ é habitualmente muito inferior ao previsto ou declarado pelo fabricante, devido essencialmente a erros construtivos, a fragilidades das soluções construtivas utilizadas e a erros ocorridos durante a aplicação das portas.

Na Figura 1 são apresentados de forma esquemática as “singularidades” das portas e do seu contorno que geralmente apresentam maior contribuição para insuficiências de isolamento acústico verificadas na prática. Estas insuficiências estão habitualmente relacionadas com a falta de vedação de frinchas, quer ao nível do contorno lateral e superior, onde se recomenda

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-  
24 al 26 de octubre

um batente duplo com duplo vedante mas que nem sempre se verifica, quer ao nível da soleira. Esta última situação pode ser facilmente ultrapassada se puder existir um batente de soleira (preferencialmente também duplo), ou através de um vedante de soleira amovível (que descai com o fecho da porta, mas que muitas vezes perde eficácia com o decorrer do tempo e da utilização da porta). Este vedante de soleira, por vezes, e por questões construtivas, não se prolonga até às extremidades da porta o que constitui também uma insuficiência de isolamento acústico. Outra singularidade importante corresponde à fechadura, onde as cavidades das chaves devem ser de pequena dimensão e desencontradas (entre as duas faces da porta) e onde a cavidade interior da fechadura deve ser “tratada”, de forma a minimizar a transmissão sonora por esta via. Em muitos casos, com tanto ou mais peso que as insuficiências anteriores, a forma de aplicação da porta *in situ* pode também ser decisiva para o desempenho final da porta.

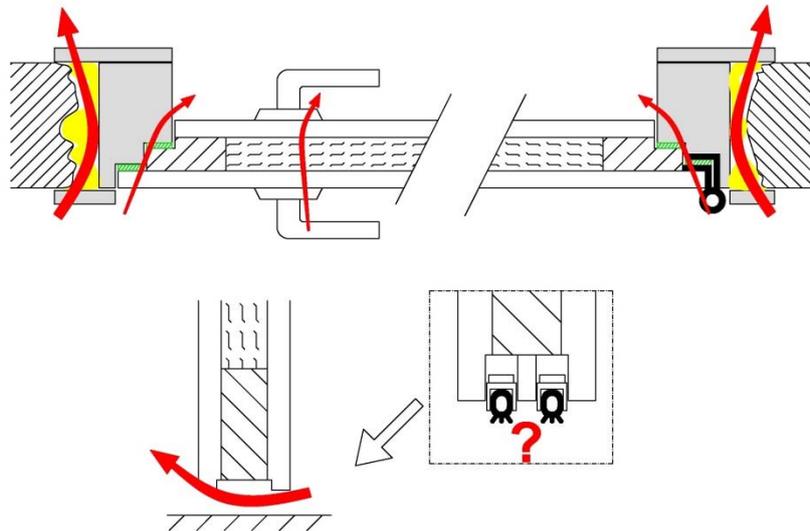


Figura 1 – Esquema em planta e em corte de uma porta acústica “corrente” e identificação das “singularidades” que geralmente contribuem para maiores quebras de isolamento acústico.

Na aplicação de portas “correntes” (de médio ou fraco desempenho acústico) é frequente a fixação e remate do aro da porta através de espumas de poliuretano (de baixa densidade), por vezes com grandes cavidades, umas vezes preenchidas, mas, outras vezes, estas são simplesmente ocultadas pelas guarnições dos aros das portas. No caso das portas acústicas, apesar deste procedimento ser totalmente desadequado, o processo de aplicação acaba por não ser muito diferente, numa parte significativa das situações, condicionando fortemente o desempenho final da porta. Nas portas de elevado desempenho acústico é essencial a minimização destas cavidades e, no caso de existirem, devem ser preenchidas com materiais densos, nomeadamente mástiques. Para o efeito, recomenda-se que nestes casos seja previamente aplicado um pré-aro, chumbado diretamente ao contorno da abertura, por exemplo, com argamassas (no caso de paredes de alvenaria), e que o aro seja depois aplicado quase á justa (com pequenas folgas) e que estas sejam depois vedadas com selantes densos, nomeadamente através o total preenchimento (ou quase total) com mástique.

No caso de portas com “visores”, para além da constituição da portas e de todas as singularidades anteriormente indicadas, o tipo de vidro e a forma como ele é aplicado também podem ser decisivos no resultado final. Este vidro normalmente deve ser duplo e

## FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-  
24 al 26 de octubre

eventualmente com panos em vidro laminado, mas cuja constituição e espessuras dependem do desempenho pretendido para a porta.

Depois de controladas todas estas possibilidades de quebras de isolamento, o desempenho final da porta, como acontece com qualquer outro elemento de separação, dependerá da sua constituição e da combinação dos diferentes materiais aplicados. Tipicamente as portas acústicas são do tipo multicamada, com diferentes materiais unidos e estabilizados através de um elemento de contorno, que também deverá ser devidamente controlado/tratado, em função do desempenho pretendido.

### 4. RESULTADOS OBTIDOS

Na Figura 2 são apresentados os resultados previstos e experimentais, entre uma zona de circulação e o interior de um quarto de hotel, onde os aros das portas acústicas na entrada de cada quarto foram incorretamente aplicados, tendo sido aplicados de forma semelhante às portas “correntes” (com grandes zonas ocas rematadas com espuma de poliuretano), e onde a junta de soleira também apresentava insuficiências (quer de conceção quer de afinação em obra). Neste caso, e apesar de aparentemente menos relevante, também se verificavam algumas insuficiências ao nível da vedação no contorno lateral e superior da porta e na própria fechadura, onde foi aplicada uma fechadura corrente, com ranhuras alinhadas entre as duas faces da porta.

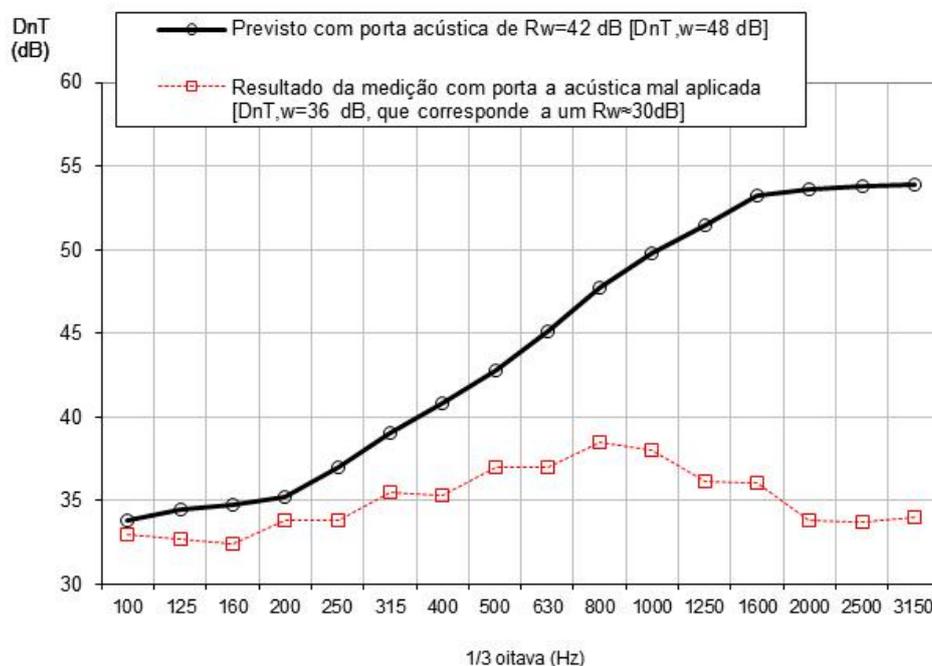


Figura 2 – Isolamento acústico entre uma zona de circulação e o interior de quarto de hotel, previsto, assumindo adequadas condições de aplicação, e experimental (obtido in situ) com deficiente aplicação.

Como se pode verificar da Figura anterior, a contribuição conjunta das várias insuficiências anteriormente indicadas, e esquematizadas na Figura 1, conduziu a uma quebra de isolamento no valor de  $D_{nT,w}$  igual a 12 dB.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-  
24 al 26 de octubre

Na Figura 3, para dois outros tipos de situações onde se aplicaram portas acústicas, mas neste caso com portas de uma classe inferior de desempenho, com um valor previsto de  $R_w = 37 \text{ dB}$ , são comparados os resultados de  $R$  e  $R_w$  previstos assumindo as portas aplicadas de forma adequada e os correspondentes valores calculados a partir de ensaios realizados in situ, com as portas deficientemente aplicadas. Para cada um dos dois locais são apresentados resultados numa fase inicial, com graves incorreções de aplicação, e numa fase final, depois de corrigidas as principais insuficiências em obra, que se prendiam essencialmente com falhas na vedação no contorno lateral e superior e junta amovível de soleira.

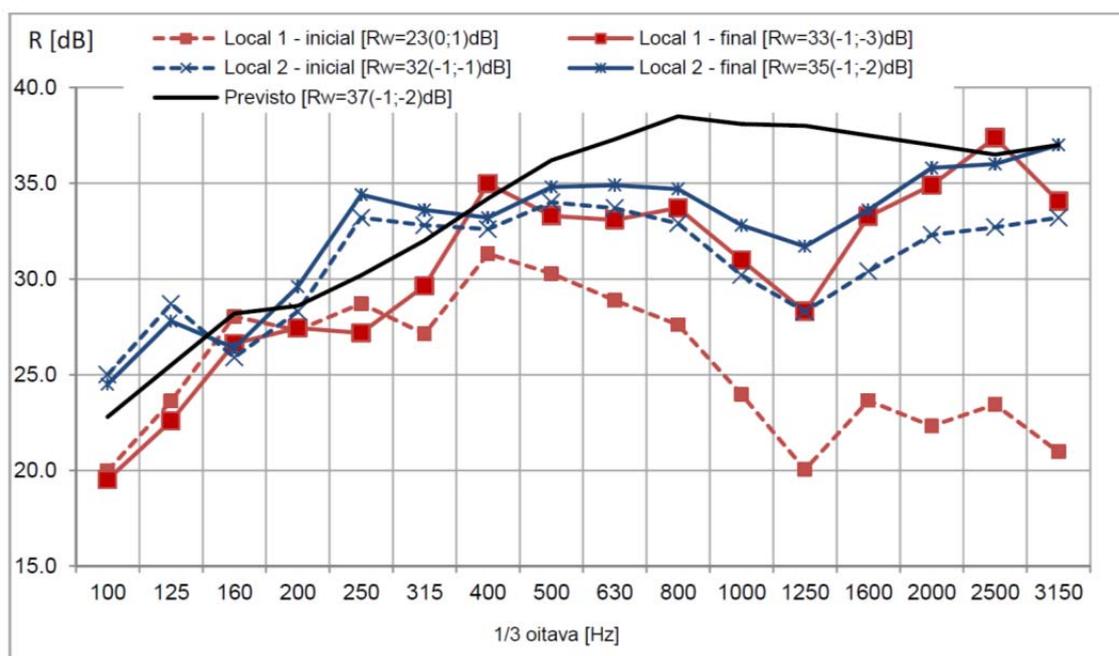


Figura 3 – Valores do índice de redução sonora previsto para uma porta bem aplicada e obtidos através de ensaios in situ, após a aplicação das portas em dois locais distintos, numa fase inicial e após correções em obra.

Da análise da Figura 3, verifica-se que em nenhuma das duas situações foi possível atingir um desempenho próximo do declarado pelo fabricante, mesmo depois de aplicadas as correções possíveis em obra. Mesmo assim, com essas correções, foi possível minimizar significativamente as quebras de isolamento inicialmente verificadas, ficando o valor de  $R_w$  num caso 2 dB abaixo do declarado e no outro caso 4 dB abaixo. Acrescente-se, no entanto, que as portas acústicas são habitualmente ensaiadas em condições ideais e geralmente com vedantes muito apertados (difíceis de manobrar), e que na prática dificilmente atingem o desempenho laboratorial, mesmo quando bem aplicadas.

Para o caso específico do local 1, indicado na Figura 3, onde o resultado obtido em obra foi muito fraco, foram efetuados ensaios acústicos complementares utilizando um procedimento de ensaio não normalizado, que consiste em colocar a fonte sonora, no lado emissor e registar o nível sonoro, numa pequena caixa flexível e fonoabsorvente, com um microfone no seu interior, que permitiu realizar um “varrimento” das principais zonas da porta, pelo lado interior, dos quais resultaram os espectros indicados na Figura 4. Estes espectros correspondem ao valor médio entre três leituras, efetuadas para cada tipo de situação, quer na zona corrente da porta, quer

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-  
24 al 26 de octubre

para cada uma das 3 singularidades avaliadas. Apesar de se tratar de ensaio “expedito/simplificado”, onde os resultados são condicionados pela própria caixa e localização do microfone (sobretudo para baixas frequências), este permitiu detetar os pontos mais críticos e proceder à sua correção, nomeadamente a afinação da junta de soleira, afinação da porta de forma a esmagar os vedantes no contorno e ao preenchimento de alguns vazios na zona da fechadura. Após a execução destas correções os ensaios foram repetidos, tendo-se verificado uma grande aproximação entre os espetros nas várias zonas da porta e um consequente aumento significativo do isolamento acústico.

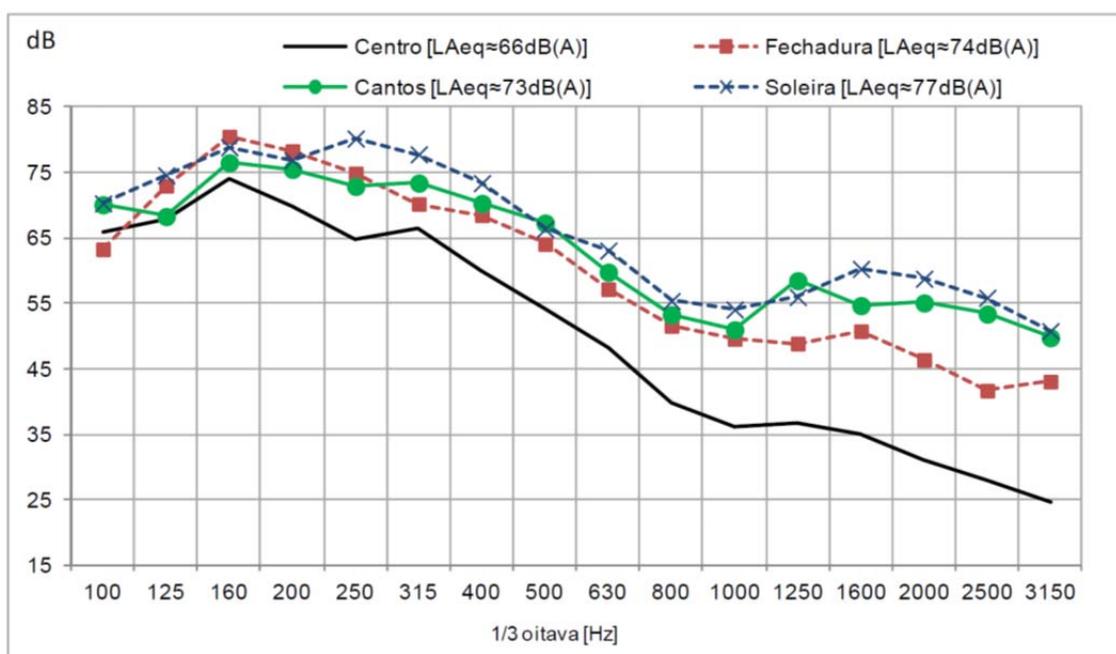


Figura 4 – Avaliação simplificada da contribuição das diferentes zonas da porta e contorno, no local 1 indicado na Figura 2, para a situação inicial.

Da análise da Figura 4, e apesar de se tratar de um ensaio expedito, é possível verificar que a transmissão sonora na zona central da porta (zona corrente) é substancialmente inferior à que ocorre nas singularidades, em particular na gama das médias e altas frequências, como seria de esperar (pela dimensão das frinchas). Entre as três singularidades avaliadas a mais relevante foi a soleira, mas também foi aquela onde posteriormente se conseguiu uma melhoria mais significativa, após a sua afinação.

## 5. CONCLUSÕES

Neste trabalho é apresentada uma síntese de resultados de isolamento a sons aéreos realizados em várias situações distintas, na separação entre zonas de circulação comum e o interior de quartos onde o elemento condicionante na transmissão sonora é a porta de separação. Os casos analisados foram sempre constituídos por “portas acústicas” (com elevado desempenho declarado pelo fabricante), e sem qualquer antecâmara (Hall), onde se pretende demonstrar a importância dos detalhes construtivos e como “pequenas insuficiências”, quer de fabrico, quer, sobretudo, de instalação em obra, podem comprometer fortemente o desempenho final da porta.



**FIA 2018**

**XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-  
24 al 26 de octubre**

Apesar da limitada abrangência dos resultados apresentados, estes permitiram evidenciar que efetivamente o sucesso da construção, do ponto de vista de isolamento acústico, muitas vezes, depende mais de pequenos pormenores de execução do que das características gerais das soluções construtivas adotadas.

## **REFERÊNCIAS**

- [1] Mateus, D.; Pereira, A.; Santos, P. - “Avaliação e controlo de ruído e vibrações produzido por uma unidade industrial – Caso de Estudo” – TECNIACUSTICA 2011, Iberian Encounter on Acoustics - EAA Symposium, Cáceres, 26 a 28 de Outubro 2011.
- [2] Diogo Mateus, Andreia Pereira e Vitor Abrantes, Acoustics and Noise Control within School Buildings, Cadernos d’Obra – International Building Journal, #03 May 2011.
- [3] Portugal. Leis, decretos, 2007. “Regulamento Geral do Ruído (RGR)”. Decreto-Lei nº 9/2007 de 17/01.
- [4] Portugal. Leis, decretos, 2008. “Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE)”. Decreto-Lei nº 129/2002 de 11/05, com a nova redação dada pelo Decreto-Lei nº 96/2008 de 9/06.