

# PAINÉIS ACÚSTICOS DE DESIGN INOVADOR

**Patraquim, Ricardo J.<sup>1</sup>, Patrício, Jorge V.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Tecniwood, Madeira Técnicas, Lda.,  
ricardo.patraquim@tecniwood.pt

<sup>2</sup>L.N.E.C. - Laboratório Nacional de Engenharia Civil  
jpatricio@lnec.pt

PACS REFERENCE: 43.55.EV

## Resumo

Foi feita uma avaliação da actual oferta de painéis acústicos perfurados em madeira no mercado nacional, a qual evidenciou uma carência de produtos que associem a elevada absorção sonora à componente estética.

Neste sentido, são apresentados alguns painéis que foram desenvolvidos e testados em laboratório, de acordo com a Norma EN ISO 20354:1993. Os resultados obtidos comprovam que foi atingido o objectivo de desenvolver painéis acústicos diferenciados pela sua componente estética sem prejudicar o seu desempenho. De facto, pela consulta de mercado realizada, confirma-se a boa recepção deste tipo de produtos, sendo o “design” uma mais valia para os painéis acústicos.

**Palavras-chave:** Absorção sonora; Painéis acústicos perfurados; Medições da absorção sonora.

## Abstract

An assessment was made of the current provision of acoustic perforated wooden panels on the Portuguese market, which showed a lack of products involving high sound absorption without forgetting their aesthetic aspect.

In this regard, some panels that have been developed and tested in the laboratory, according to EN ISO 20354, are presented. The results show that the objective of developing acoustic panels distinguished by their aesthetic component, without impairing their performance, was achieved. Indeed, by market consultation, a good reception of these innovative solutions was confirmed (and the "design" an added value for the acoustic panels).

**Keywords:** Sound absorption; Wooden perforates; Measurement of sound absorption.

## 1 Introdução

O som que é percebido no interior de salas é uma combinação do som directo (proveniente directamente de fontes sonoras) e de reflexões ocorridas nas superfícies (e objectos). Assim sendo, o revestimento destas superfícies assume um papel primordial na qualidade acústica das salas.

De modo a incrementar a absorção sonora das superfícies de salas (tectos e paredes) é habitual revesti-las com painéis de madeira perfurados, deixando uma cavidade entre eles e a superfície de suporte, que pode ser, ou não, preenchida com material poroso. No desenvolvimento e inovação deste tipo de sistemas, importa avaliar quais os factores que são desejáveis para o mercado e qual a oferta actualmente existente [1].

A madeira é, sem dúvida, um material de excelência para espaços nobres onde o desempenho acústico e a estética são condições fundamentais de projecto. Contudo, o desenvolvimento e aplicação de novas soluções actualmente ainda se encontram algo limitadas pelo custo da matéria-prima, pela maquinaria (ferramentas) existente e pela falta de preparação da indústria da madeira. Embora as soluções correntes, disponibilizadas pela gama da madeira (painéis perfurados ou ranhurados) estejam amplamente divulgadas, existe ainda espaço para o desenvolvimento e comercialização de novas soluções e optimização do binómio custo–benefício [2].

Na perspectiva de produzir absorvedores sonoros com valor acrescentado para o mercado, analisou-se a actual oferta disponível no país e avaliaram-se as suas carências [1]. Desta análise, resultou o desenvolvimento de painéis perfurados cujos orifícios têm uma função estética vincada, embora os processos de dissipação de energia sonora incidente sejam os mesmos que ocorrem nos painéis com furos circulares.

## 2 Painéis acústicos perfurados em madeira

### 2.1 Painéis correntes

Os painéis acústicos de madeira perfurados identificados em [1] são constituídos por um miolo em MDF (cuja espessura é da ordem dos 16mm) folheados a madeira (ou papel melamínico, embora alguns apresentem ainda a possibilidade de serem lacados).

A grande maioria dos painéis acústicos perfurados possui furos circulares cujos diâmetros, variam, tipicamente, entre os 3mm e os 10mm, com espaçamento entre eixos de 16mm, 32mm e 64mm (embora haja alguns com espaçamentos diferentes, 10mm e 20mm). Uma das marcas apresenta furos quadrados.

Quase todas os fabricantes têm modelos com ranhuras, apresentando várias alternativas nas quais variam a largura das ranhuras, bem como o respectivo comprimento e espaçamento entre elas, quer na direcção horizontal quer na vertical – figura 1.

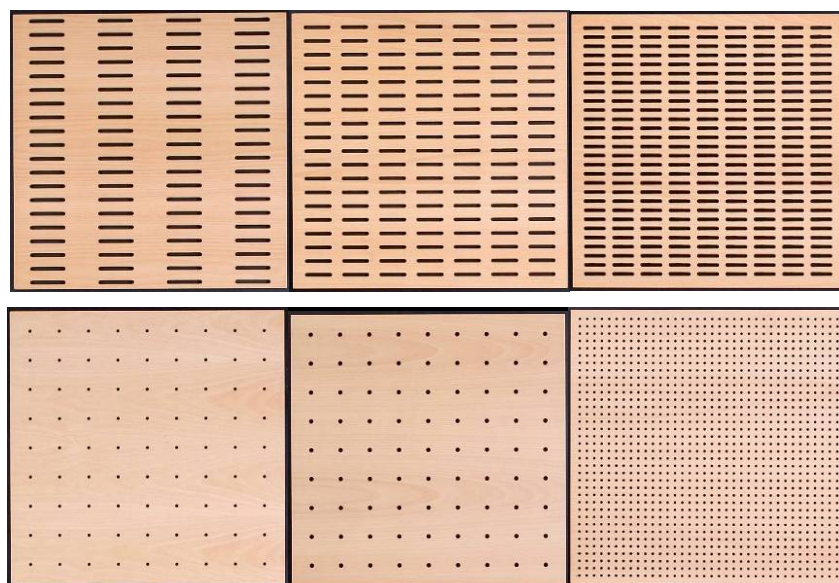


Figura 1 – Alguns painéis correntes existentes no mercado: perfurados e ranhurados.

Em relação aos modelos com rasgos na face visível existem várias opções construtivas: alguns são furados (furos circulares) pela face oculta, outros têm ranhuras, mas de modo a ficarem disfarçados no interior do rasgo da face visível.

Em termos estéticos basicamente tudo se resume a furos circulares, a ranhuras (ocultas no interiores de rasgos ou assumidas).

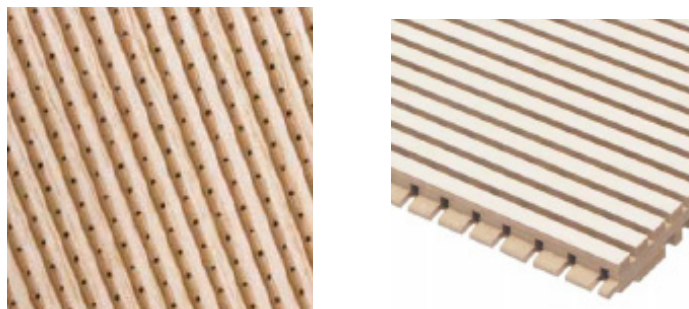


Figura 2 – Alguns painéis existentes no mercado: com rasgos na face visível.

## 2.2 Expectativas do mercado

Para se avaliar as expectativas do mercado em relação aos painéis acústicos de madeira perfurados, elaborou-se um questionário para profissionais ligados ao mundo da construção, em particular arquitectos, distribuído através de uma revista especializada em arquitectura, tendo-se obtido um total de 168 respostas [1].

Da análise das respostas obtidas, constatou-se que, a par do desempenho acústico e do preço, o “design” dos painéis acústicos é uma das características mais apreciadas na escolha de um determinado painel, em detrimento de outros, uma vez que os painéis acústicos, para além da sua função técnica bem definida nos interiores das salas (promover a absorção sonora e/ou difusão sonora), são também elementos de revestimento. Daí a importância que é atribuída ao seu “design”.

Face ao exposto, foi identificado que o desenvolvimento e a inovação de painéis acústicos também passam pelo seu “design”. Neste contexto foram desenvolvidos e testados alguns painéis acústicos decorativos, que se apresentam seguidamente.

## 3 Painéis acústicos com “design” inovador

### 3.1 Motivação

Tendo em conta que este tipo de painéis (ressoadores múltiplos agrupados) necessita obrigatoriamente de ter furos, em vez de se reduzir a sua dimensão (a microperfuração é bastante onerosa e tecnicamente difícil em placas planas de derivados de madeira [2]), assumiu-se essa necessidade e tentou-se que essas perfurações tivessem um efeito fortemente decorativo. Desta forma, desenharam-se painéis acústicos que fossem marcadamente decorativos, a pensar na sua utilização em espaços públicos - que, infelizmente, não é tão comum como seria desejável -, tais como bares, discotecas, locais de restauração, etc. e foram pensados para serem aplicados essencialmente em paredes (ao contrário do que é usual, em que o tecto é o local preferencialmente escolhido).

A ideia subjacente foi apostar na estética dos painéis como elemento inovador e diferenciador (distinto da oferta actual que foi identificada no ponto anterior), dando “dinâmica” e cor às superfícies que os painéis irão revestir, sem perderem as suas características de absorção sonora.

Por outro lado, a existência de MDF colorido em toda a espessura das placas permite explorar a utilização de cores de forma a criar efeitos decorativos.

Em termos de desempenho acústico pretendia-se que as boas características de absorção se situassem na zona das médias frequências.

Para aquilatar da eficiência do “design” foi realizado um novo inquérito junto de eventuais prescritores [1], o qual foi tido em conta na escolha dos painéis a ensaiar em laboratório.

### 3.2 Características técnicas gerais

- Material: Placa de MDF (ignífugo M1, segundo a norma UNE 23727) ou MDF Valchromat (colorido em toda a espessura, não tóxico, hidrófugo, grande resistência mecânica e classe M3);
- Espessura: 12 ou 16mm, conforme o tipo de painel;
- Revestimento:
  - MDF: laminado ou folheado (Faia, Cerejeira ou Carvalho), sendo que este último pode ser acabado com verniz baucent, velatura natural, com características ignífugas.
  - Valchromat: Vernizes (mate, brilhantes, base água, poliuretano, resistentes aos UV, resistentes ao fogo)
- Dimensões standard:
  - 600mm x 600mm
  - 600mm x 900mm
  - 1200mm x 600mm
  - 1200mm x 900mm
- Tela acústica: Todos os painéis serão fornecidos com uma tela “acústica” colada na face oculta de modo a incrementar a resistência acústica e evitar a circulação de fibras de lã de rocha que eventualmente se possam desagregar.
- Sistemas de montagem:
  - Em tecto falso: Utilização de fixações à vista ou oculta, como é habitual nos tectos falsos. A dimensão standard da caixa-de-ar (profundidade) recomendada para esta situação é de 20cm, preenchida por lã de rocha, com 4cm de espessura e  $70\text{kg/m}^3$ , colocada junto (encostada) da face oculta do painel acústico – de acordo com os ensaios realizados em câmara reverberante.
  - Em parede: Utilização de fixações à vista ou oculta, como é habitual. A dimensão comum de caixa-de-ar assenta numa profundidade de 4cm, preenchida integralmente por lã de rocha de  $70\text{kg/m}^3$  – de acordo com os ensaios realizados em câmara reverberante.

### 3.3 Apresentação dos diversos modelos

Os ensaios em câmara reverberante, cujos resultados se apresentam, foram realizados no Laboratório de Ensaios de Acústica (LEA) do Núcleo de Acústica, Iluminação Componentes e Instalações do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), de acordo com a norma EN ISO 20354 [3], com uma caixa-de-ar de 4cm e 20cm, conforme indicado, com lã de rocha de 4cm de espessura e 70 kg/m<sup>3</sup>, encostada aos painéis.

#### 3.3.1 Painéis do tipo: *ALEATÓRIO*

Painel perfurado com furos circulares com diâmetros de 8, 10, 16, 20 e 25mm, espaçados regularmente, com uma área aberta de 19,7%.

Painel pensado para ser utilizado preferencialmente em tectos falsos (dado o diâmetro de alguns furos). A ideia subjacente foi criar zonas mais absorventes que outras de modo a contribuir para incrementar o campo difuso (devido à variabilidade da impedância acústica superficial).

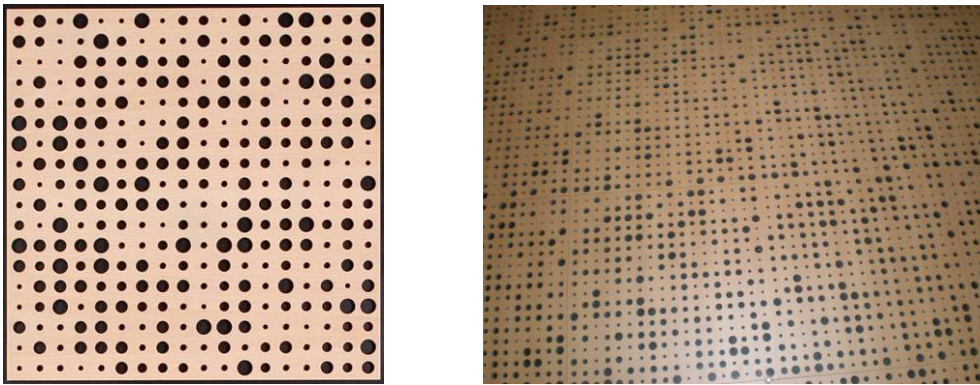


Figura 3 – Painel do tipo *ALEATÓRIO* – área aberta 19,7%.

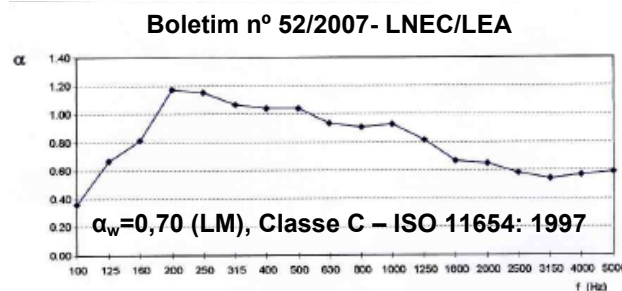


Figura 4 – Absorção sonora do painel do tipo *ALEATÓRIO* – caixa-de-ar: 200mm.

#### 3.3.2 Painéis do tipo: *RF*

Rasgos na face visível em toda a largura do painel (espessura de 4mm, espaçados de 20mm ou 40mm - respectivamente, *RF 4X20* e *RF 4X40*, ou espessura de 3mm e espaçados de 13 – *RF 3X13*) com uma profundidade de 8mm. Furos circulares no interior dos rasgos, executados pela face posterior dos painéis – os de modelo *FO10X16* (furos ocultos de diâmetro 10mm e espaçados de 16mm), ou ranhuras no interior dos rasgos, executados pela face posterior do painel (comprimento de 30mm) – do modelo *RD30*.

Embora já existam no mercado painéis de aparência semelhante aos apresentados, a inovação neste caso foi a introdução de um painel que faça a transição entre o painel *RF 4X20-FO10X16* e o *RF 4X40-FO10X16*, cujo o espaçamento entre as ranhuras na face visível do painel variam entre os 20mm e os 40mm. Desta forma consegue-se dar a uma parede um revestimento com uma decoração dinâmica.

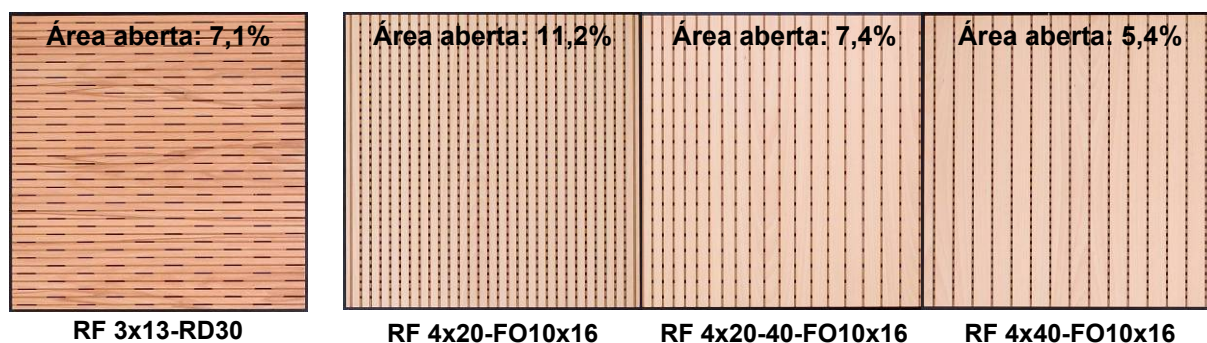


Figura 5 – Painéis do tipo *RF*.

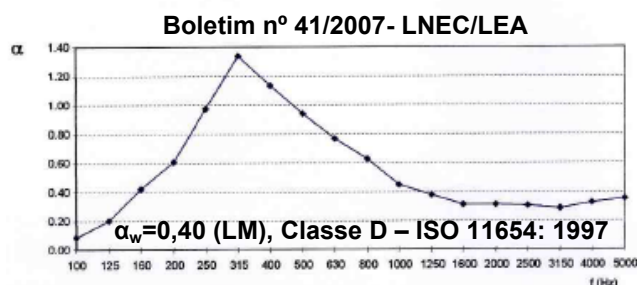


Figura 5 – Absorção sonora do painel do tipo *RF 3x13-RD30* – caixa-de-ar: 40mm

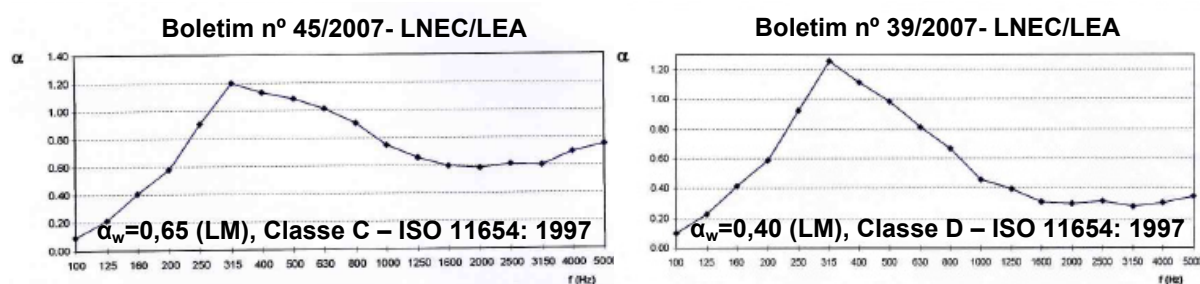
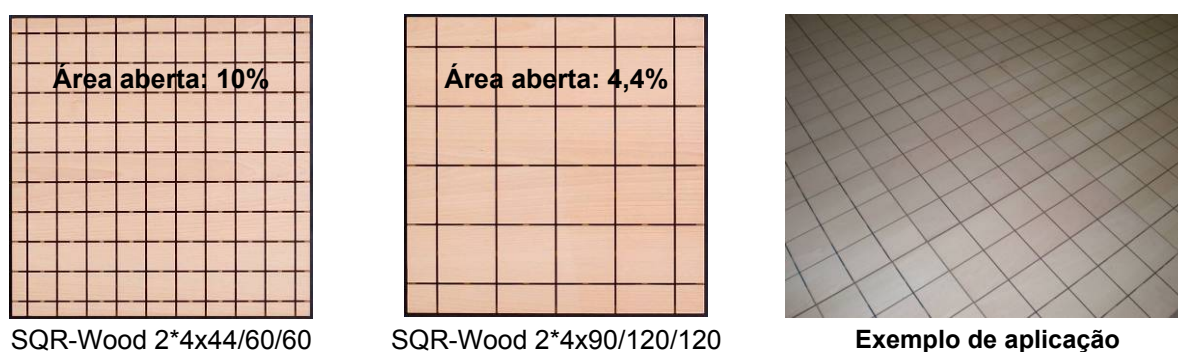


Figura 6 – Absorção sonora dos painéis do tipo *RF 4x20-FO10x16* (esq.<sup>a</sup>) e *RF 4x40-FO10x16* (dt.<sup>a</sup>) - caixa-de-ar: 40mm.

### 3.3.3 Painéis do tipo: *SQR-WOOD*

Painel acústico decorativo, sóbrio, idealizado para localizações mais selectas. São constituídos por rasgos na face visível formando quadrados com rasgos, de espessura de 4mm, verticais e horizontais na face visível com uma profundidade de 8mm com ranhuras em forma de “+” no interior dos rasgos decorativos executados na face oculta.



SQR-Wood 2\*4x44/60/60

SQR-Wood 2\*4x90/120/120

Exemplo de aplicação

Figura 7 – Painéis do tipo *SQR-WOOD* (quadrados de 60mm x 60mm e de 120mm x 120mm).

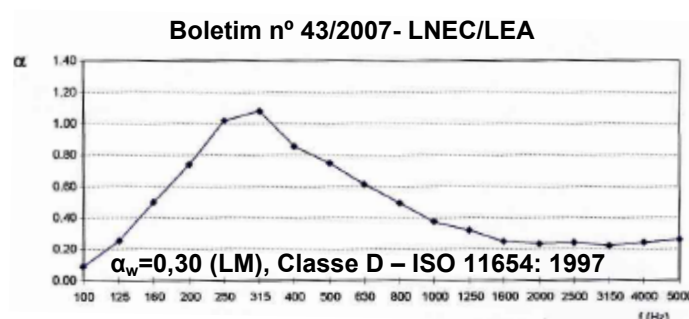
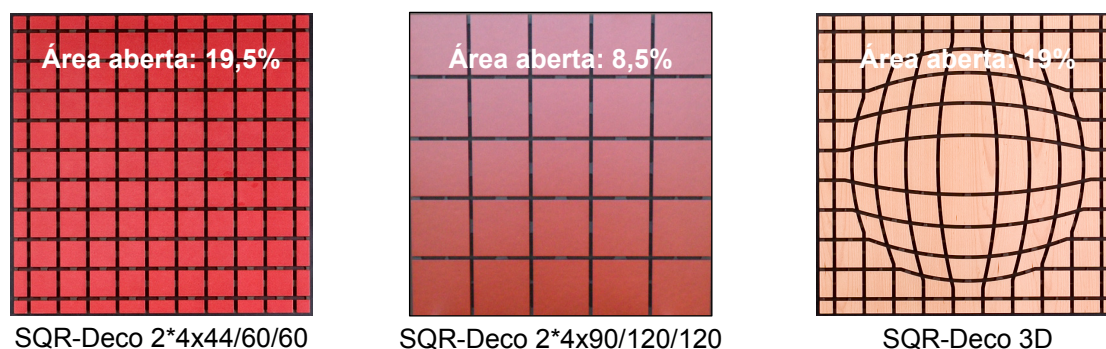


Figura 8 – Absorção sonora dos painéis do tipo *SQR-Wood* 2\*4x90/120/120 - caixa-de-ar: 40mm.

### 3.3.4 Painéis do tipo: *SQR-DECO*

São constituídos por rasgos na face visível formando quadrados com rasgos, de espessura de 8mm na face visível, com uma profundidade de 8mm e com ranhuras em forma de “+” no interior dos rasgos decorativos executados na face oculta. Painel acústico concebido essencialmente para utilização de MDF colorido. A maior originalidade é a introdução de um painel que pretende “deformar” a rede quadrada de rasgos de modo a sugestionar uma deformação tridimensional da mesma em forma de esfera. A ideia é a utilização pontual deste painel como elemento perturbador da uniformidade decorativa.



SQR-Deco 2\*4x44/60/60

SQR-Deco 2\*4x90/120/120

SQR-Deco 3D

Figura 9 – Painéis do tipo *SQR-DECO* (quadrados de 60mm x 60mm e de 120mm x 120mm).

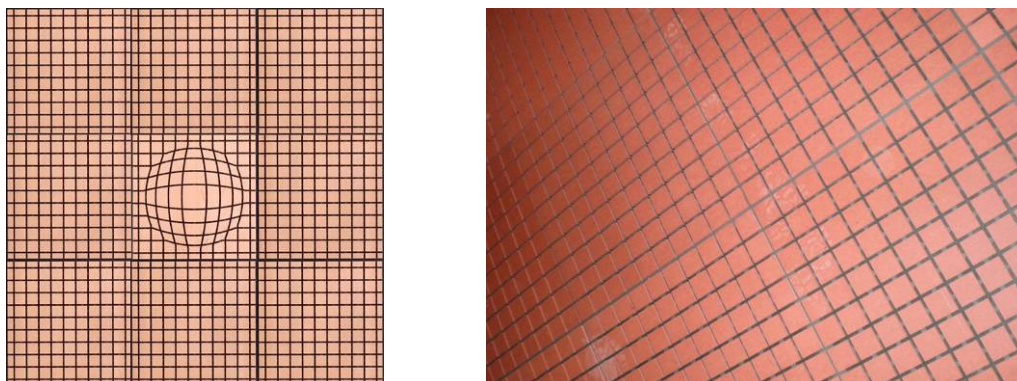


Figura 10 – Exemplo de aplicação dos painéis *SQR-DECO*.

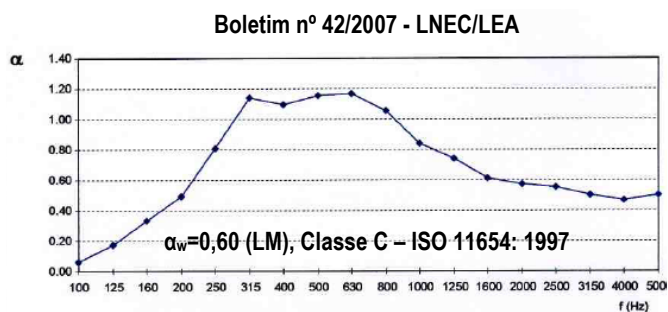


Figura 11 – Absorção sonora dos painéis do tipo *SQR-DECO* 2\*8x44/60/60 - caixa-de-ar: 40mm.

### 3.3.5 Painéis do tipo: *SQR-DECO*

Painel acústico concebido essencialmente para utilização de MDF colorido. A maior originalidade é o facto destes painéis serem ostensivamente decorativos. Destinam-se a serem utilizados preferencialmente em paredes de locais onde a decoração, “design” e desempenho acústico são aspectos fundamentais

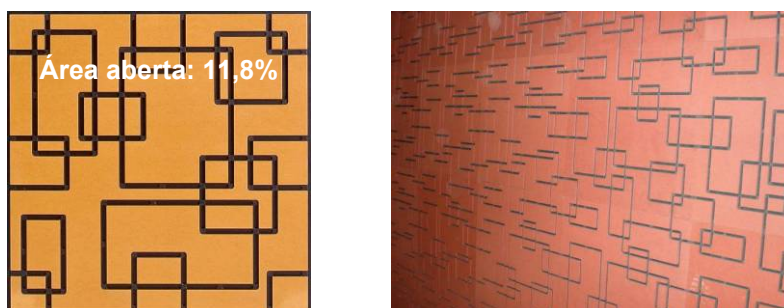


Figura 12 – Painéis do tipo *ANÉIS*.



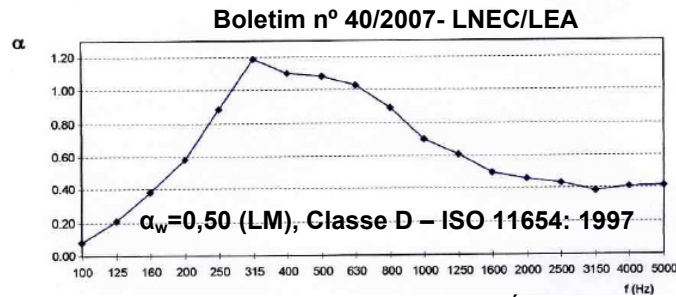


Figura 13 – Absorção sonora dos painéis do tipo *ANÉIS* - caixa-de-ar: 40mm.

### 3.3.6 Painéis do tipo: *DIAGONAL* e *LABIRINTO*

São painéis com rasgos paralelos em toda a superfície visível do painel, com 8mm de espessura e de profundidade. Acrescentou-se a estes painéis o painel *LABIRINTO* cuja ideia subjacente é a sua utilização pontual como elemento perturbador da uniformidade decorativa.

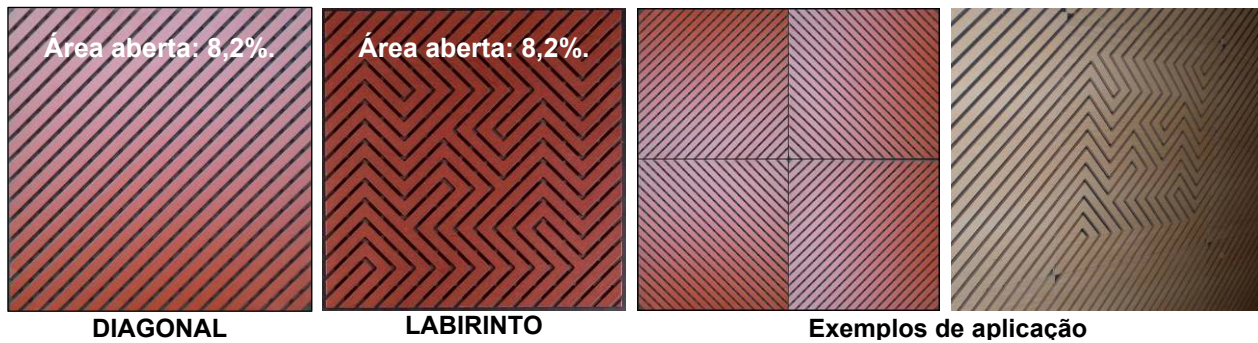


Figura 14 – Painéis do tipo *DIAGONAL* e *LABIRINTO*.

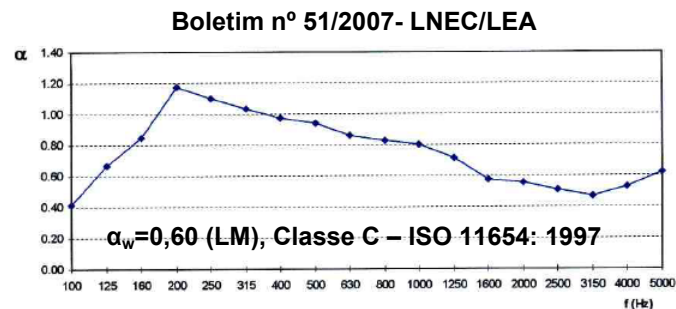


Figura 15 – Absorção sonora dos painéis do tipo *DIAGONAL* - caixa-de-ar: 200mm.

### 3.3.7 Painéis do tipo: *LINHAS* e *3D-efx*

São painéis com rasgos paralelos em toda a superfície visível do painel, com 8mm de espessura e de profundidade. Acrescentou-se a estes painéis a gama *3D-efx* cuja ideia subjacente é a sua utilização pontual como elemento perturbador da uniformidade decorativa.

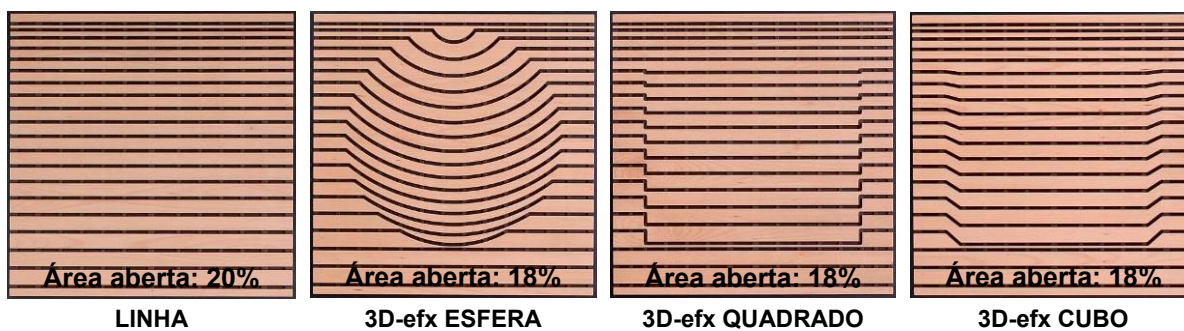


Figura 16 – Painéis do tipo *LINHAS* e *3D-efx*.



Figura 17 – Exemplo de aplicação dos painéis *SQR-DECO*.

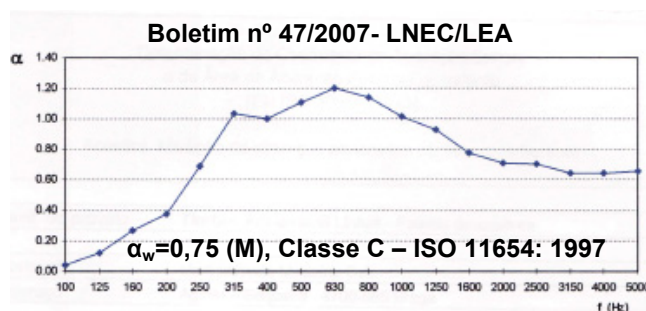


Figura 18 – Absorção sonora dos painéis do tipo *LINHAS* - caixa-de-ar: 40mm.

### 3.4 Avaliação dos resultados

Apresentam-se na figura 19 os resultados obtidos, relativos à absorção sonora, de todos os painéis ensaiados num mesmo gráfico, a fim de possibilitar a comparação do desempenho respectivo.

Apresenta-se ainda na Tabela 1 a largura de banda de eficiência de cada tipo de painéis (intervalo de frequências cuja absorção sonora é superior a  $\frac{\sqrt{2}}{2}$ ).

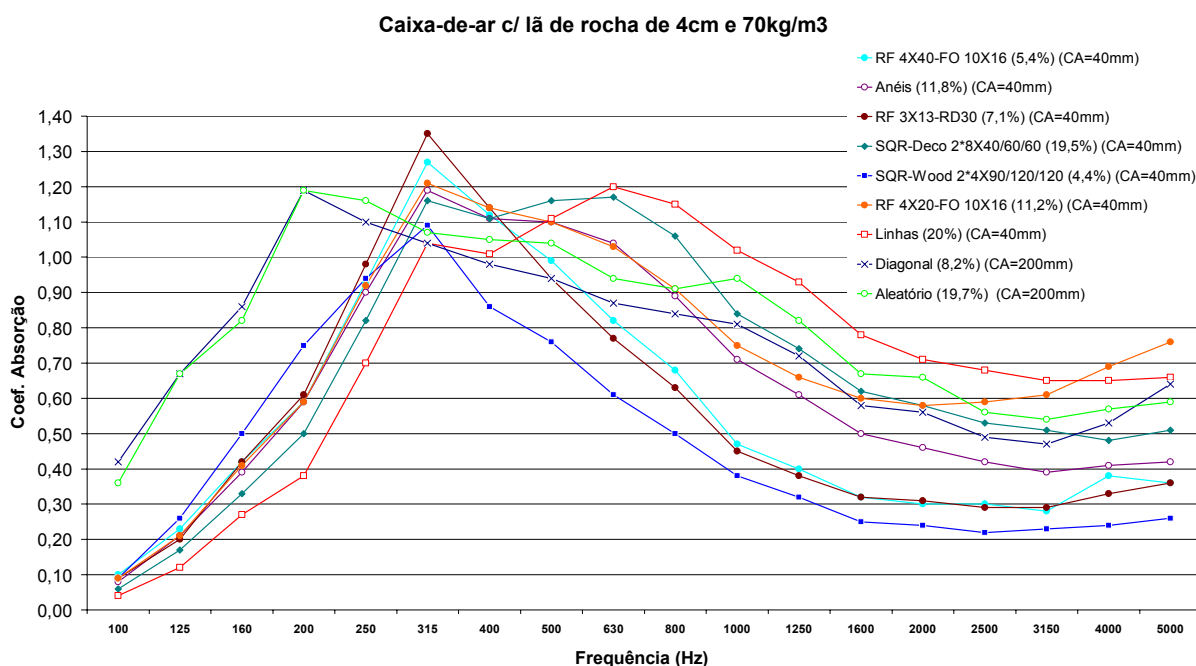


Figura 19 – Absorção sonora de todos os painéis.

Tabela 1 – Intervalo de frequência onde  $\alpha > 0,707$ .

PAINEL	$\alpha = 0,707$		
	$f_{\min}$ (Hz)	$f_{\max}$ (Hz)	$\Delta=f_{\max}-f_{\min}$
Linhas (20%) (CA=40mm)	251	2050	1799
Aleatório (19,7%) (CA=200mm)	134	1514	1380
SQR-Deco 2*8X40/60/60 (19,5%) (CA=40mm)	232	1346	1114
Diagonal (8,2%) (CA=200mm)	132	1283	1151
RF 4X20-FO 10X16 (11,2%) (CA=40mm)	218	1119	902
Anéis (11,8%) (CA=40mm)	219	1008	789
RF 4X40-FO 10X16 (5,4%) (CA=40mm)	217	767	550
RF 3X13-RD30 (7,1%) (CA=40mm)	213	707	493
SQR-Wood 2*4X90/120/120 (4,4%) (CA=40mm)	193	546	353

De modo a avaliar o impacto estético dos painéis foi realizado um novo inquérito [1] junto de potências prescritoras. A Tabela 2 avalia os painéis apresentados numa escala 0-100, ponderando o tempo de maquinação (que se reflectirá no preço final) em 40%, o design em 30% e o desempenho acústico nos restantes 30% (importando 25% deste valor à frequência de “corte” inferior e superior, respectivamente, e 50% para a largura de banda). Para cada item referido a 1ª posição vale 9 pontos e a última vale 1 ponto.

Tabela 2 – Intervalo de frequência onde  $\alpha > 0,707$ .

	Pontuação: 1º - > 9pts, último - > 1pts					Classificação
	$f_{\min}$ (Hz)	$f_{\max}$ (Hz)	$\Delta = f_{\max} - f_{\min}$	Tempo de maquinação	Design	
RF 4X40-FO 10X16 (5,4%)	5	3	3	9	7	75,0
RF 3X13-RD30 (7,1%)	6	2	2	7	9	71,1
RF 4X20-FO 10X16 (11,2%)	4	5	5	5	8	64,7
Linhas (20%)	1	9	9	4	6	61,1
SQR-Wood 2*4X90/120/120 (4,4%)	7	1	1	8	4	57,2
SQR-Deco 2*8X40/60/60 (19,5%)	2	7	6	3	5	47,5
Anéis (11,8%)	3	4	4	6	2	45,8
Diagonal (8,2%)	9	6	7	2	3	43,1
Aleatório (19,7%)	8	8	8	1	1	34,4

### 3.5 Conclusões

Foi atingido o objectivo de desenvolver painéis acústicos diferenciados pela sua componente estética. De facto, pela consulta de mercado realizada, confirma-se a boa recepção deste tipo de produtos, sendo o “design” uma mais valia para os painéis acústicos.

O “design” das ranhuras dos painéis desenvolvidos não reduziu a eficiência dos painéis, como era expectável [4]:

- Os painéis com maior percentagem de área aberta são os que têm melhor desempenho nas médias e altas-frequências;
- Os painéis ensaiados com uma caixa-de-ar de maiores dimensões têm melhor desempenho nas baixas-frequências;
- A largura de banda de eficiência de todos os painéis situa-se na zona das médias-frequências;
- Os painéis exibem, picos de absorção sonora bastante vincados na banda dos 315 Hz;
- Os painéis com maior percentagem de área aberta apresentam uma tendência para terem mais do que uma frequência de ressonância, embora a que corresponde a uma maior absorção sonora se situe na banda de frequências de 630 Hz;
- O painel do tipo ALEATÓRIO é a excepção ao último ponto, onde a dimensão da caixa-de-ar se sobrepõe ao efeito da área aberta.

### Referências

- [1] Patraquim, R.. “Painéis acústicos perfurados em madeira: estudo e avaliação experimental de soluções”, Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Eng.<sup>a</sup> Mecânica, Junho 2008, Instituto Superior Técnico, Portugal.
- [2] Patraquim, R.; Luz, P.; Patrício, J. “A utilização da madeira no condicionamento acústico”, 37<sup>a</sup> Tecniacústica, 2006, Gandía – Espanha.
- [3] EN ISO 20354:1993 – “Acoustics. Measurement of sound absorption in a reverberation room”.
- [4] Patrício, J., “Acústica nos edifícios”, 4<sup>a</sup> Edição. Verlag Dashöffer, Lisboa 2008.