

## CARACTERIZAÇÃO EXPERIMENTAL DO ISOLAMENTO A RUÍDO DE IMPACTO DE SISTEMAS DE LAJE FLUTUANTE E DE PISO FLUTUANTE UTILIZANDO UM SISTEMA DE DIMENSÕES REDUZIDAS

**Ludmila Moraes (1); Andreia Pereira (2); Luis Godinho (3)**

(1) Arquiteta, Doutora em Acústica Ambiental pela UFRJ, ludmoraes@gmail.com  
Pós-doutoranda pelo programa de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio de Janeiro na  
Universidade de Coimbra

(2) (3) D.Sc., Professor do Centro de Investigações em Ciências das Construções, Departamento de  
Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Rua Luís Reis Santos –  
Pólo II, Coimbra – Portugal, 3030-788, Tel. (+351) 239-797204, fax (+351) 239-797190

(2) e-mail: [apereira@dec.uc.pt](mailto:apereira@dec.uc.pt)

(3) e-mail: [lgodinho@dec.uc.pt](mailto:lgodinho@dec.uc.pt)

### RESUMO

Nos últimos anos houve o aumento das exigências dos indivíduos quanto ao conforto acústico nas habitações. Esse aumento ocorreu, em parte, em virtude do incômodo causado pelo ruído de impacto nas edificações. A norma brasileira de desempenho das edificações, prevista para ser regulamentada em 2010, estabelece condições mínimas de isolamento do ruído de impacto nos edifícios, tornando evidente a necessidade de aprimorar as soluções construtivas utilizadas nos pavimentos dos edifícios quanto ao ruído de impacto. Neste artigo são estudadas soluções com sistemas flutuantes para minimizar os efeitos do ruído de impacto nas edificações. Foram ensaiadas diferentes soluções de piso flutuante e laje flutuante utilizados em revestimentos nos edifícios. Para determinar a redução do ruído de impacto dos sistemas foram realizados ensaios em câmara reverberante de dimensões reduzidas, com amostras de tamanhos reduzidos e diferentes composições. A solução com a laje flutuante apresentou os melhores resultados quanto à redução de ruído, se destacando o sistema composto com fibra de coco entre a laje e a laje suporte, considerada a solução mais eficiente entre as analisadas. A comparação entre os resultados dos sistemas torna possível identificar as soluções com melhor desempenho no que refere ao isolamento do ruído de impacto.

Palavras-chave: Ruído de impacto, laje flutuante, piso flutuante.

### ABSTRACT

In recent years there was an increase in the requirements of acoustic comfort by building owners. This increase occurred, in part, because of the impact noise within the buildings. The Brazilian standards for buildings performance, to be approved in 2010, establish the minimum requirements for impact noise insulation in buildings, showing the clear necessity to improve the constructive solutions in this regard, for example those related with the floating systems. This paper presents a comparative study of a number of constructive solutions with floating systems to reduce the effects of impact noise on buildings. Different solutions of floating floors and slabs used as covers in buildings were tested. To determine the reduction of impact noise of the systems experiments were performed in a reverberant chamber of reduced size, using small-sized samples with different compositions. The floating slab solution presented the better performance in noise reduction, especially when using coconut fiber between the floating and the structural slab, which provided the best result. The comparison between the results made it possible to identify the solutions with better performance when the issue is impact noise insulation.

Key-words: Impact noise, floating slab, floating floor

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a aplicação de diversos materiais e sistemas construtivos eficazes na redução do ruído de impacto em edifícios, tem crescido, significativamente, em países nos quais existem exigências de conforto acústico, implementadas através de códigos e regulamentos. A título de exemplo refere-se a legislação portuguesa (PORTUGAL, 2008), cujas imposições, obrigam à utilização, na construção habitacional corrente, de tecnologias de redução deste tipo de ruído designadamente, de revestimentos de piso resilientes, piso flutuante e de laje flutuante.

A procura de soluções construtivas eficazes, para dar cumprimento às exigências legais tem motivado a comunidade científica e as indústrias a desenvolverem inúmeros estudos nesta área. Refere-se o trabalho realizado por PATRÍCIO (1998) onde é efetuada uma caracterização laboratorial exaustiva do isolamento ao ruído de impacto de lajes de vigotas pré-moldadas, solução corrente no mercado português. Apresenta-se ainda a avaliação acústica de diversos revestimentos de piso para redução do ruído de impacto, constituídos por várias camadas de materiais diferentes, sendo uma delas a cortiça. Posteriormente, este pesquisador (PATRÍCIO, 2004) avaliou ainda, em laboratório, o comportamento acústico conferido por lajes nervuradas com blocos constituídos por concreto ultra leve de argila expandida, integrando, além dos revestimentos de piso tradicionais, também elementos específicos (camadas resilientes subjacentes), com o objetivo de observar o disposto na regulamentação portuguesa. CARVALHO (1999) realizou diversos ensaios *in situ*, para avaliar a eficácia de oito tipos diferentes de aglomerados de cortiça, quando utilizados enquanto camada de base em diversos tipos de revestimentos de piso, designadamente, linóleo, cerâmico ou parquet de madeira. Os resultados efetuados sobre um pavimento de concreto demonstraram que este material pode obter uma melhoria no isolamento entre 18 e 25 dB, em função do tipo de revestimento de piso.

Dentre os diversos materiais que podem ser utilizados na execução destas soluções construtivas, a cortiça e a fibra de coco são opções interessantes, na medida em que, sendo materiais naturais, possuem um diminuto impacto ambiental e, quando adequadamente concebidos, têm demonstrado apresentar um comportamento acústico eficaz na redução do ruído de impacto. Estudos recentes, têm também demonstrado que a reutilização adequada de materiais que resultam de desperdícios da indústria, permite igualmente obter soluções de redução do ruído de impacto eficazes. Em particular, menciona-se o trabalho de RUSHFORTH, (2005), onde foi efetuado um estudo experimental sobre a eficiência acústica na redução deste ruído, de mantas constituídas por resíduos da indústria de carpetes. Concluiu-se que este material é uma alternativa eficiente a outros materiais de uso corrente com maior impacto ambiental, utilizados no Reino Unido.

A avaliação da eficácia de soluções construtivas eficazes na redução do ruído de impacto em laboratório através de procedimentos normalizados designadamente os descritos nas normas ISO, requer a utilização de duas câmaras acústicas sobrepostas que cumpram um conjunto de requisitos dispostos na norma internacional ISO 140-1 e a utilização de amostras com cerca de 10m<sup>2</sup>. Estes ensaios envolvem geralmente custos significativos, pelo que a utilização de câmaras acústicas de dimensões reduzidas, pode ser uma alternativa para determinados estudos. A título de exemplo refere-se que a utilização de câmaras de dimensões reduzidas pode permitir o desenvolvimento de ensaios com amostras igualmente de dimensões reduzidas, proporcionando uma comparação direta do desempenho de cada material ou sistema construtivo, através de ensaios realizados em condições idênticas.

Alguns pesquisadores têm recorrido a câmaras de dimensões reduzidas, designadamente CARVALHO (2002), que construiu duas câmaras reverberantes em concreto, com o intuito de serem utilizadas para fins educacionais, permitindo a realização de ensaios de isolamento ao ruído aéreo e de impacto. MASGALOS (2008) desenvolveu uma câmara reverberante de dimensões reduzida com o objetivo de permitir a realização de ensaios de isolamento aos sons de impacto. Estudos realizados em audiologia recorrem igualmente a câmaras reverberantes de dimensões reduzidas para avaliarem a exposição ao ruído de animais de pequena dimensão (COBO, 1999).

No Brasil, relatos sobre o incômodo causado pelo ruído de impacto estão se tornando cada vez mais frequentes. A falta de regulamentação acústica apropriada, que não impõe condições mínimas de isolamento acústico ao ruído de impacto, torna escasso o desenvolvimento de estudos sobre novos materiais e sistemas construtivos. Contudo, com a publicação da norma de desempenho das edificações prevista para 2010, serão impostos requisitos acústicos mais exigentes, designadamente no que concerne ao isolamento ao ruído de impacto. Deste modo, torna-se pertinente a pesquisa de materiais e sistemas construtivos que venham estabelecer valores máximos de ruído de impacto no ambiente receptor, atendendo

a necessidade do mercado.

## 2. OBJETIVO

Este trabalho tem por objetivo avaliar a eficácia de pisos flutuantes e lajes flutuantes, frequentemente implementados em Portugal, para a redução do ruído de impacto. As soluções de isolamento ao ruído de impacto analisadas consistiram na utilização de materiais flexíveis entre o elemento de impacto e o elemento de suporte. Para o sistema de piso flutuante, utilizou-se revestimento de piso laminado de madeira sobre mantas finas de espuma sintética e cortiça, e para o sistema de laje flutuante uma laje de concreto sobre uma camada de material resiliente, como a fibra de coco. Este último sistema permite a aplicação de acabamento final rígido como revestimento cerâmico.

Pretende-se também, aferir eventuais diferenças entre os resultados obtidos experimentalmente utilizando uma câmara reverberante de dimensões reduzidas com resultados *in situ*.

## 3. MÉTODO

A avaliação dos sistemas mencionados é inicialmente efetuada, sendo utilizado uma câmara reverberante de dimensões reduzidas, não normalizada. Esta câmara foi desenvolvida previamente por MASGALOS (2008).

São depois realizados ensaios *in situ*, utilizando os sistemas de piso flutuante, em duas salas de aula sobrepostas, existentes na Universidade de Coimbra permitindo a comparação entre estes resultados e os obtidos utilizando o sistema de dimensões reduzidas.

## 4. CONDIÇÕES DE ENSAIO

Os ensaios foram realizados numa câmara acústica reverberante de dimensões reduzidas existente no Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. A câmara acústica reverberante de dimensões reduzidas utilizada foi construída em concreto armado, com dimensões internas de 1,4m x 1,3m x 1,5m e volume interno de 2,73m<sup>3</sup>.

Composta por paredes e laje inferior com espessura de 0,1m e a laje suporte/superior de 0,06m, possui uma porta de acesso no centro de uma das paredes laterais com dimensões de 0,5m x 0,5m, constituída por uma solução sanduíche de duas placas de gesso com fibras de celulose, com manta asfáltica de 4mm de espessura no centro e fixada por 4 varões roscados. Para providenciar seu isolamento do ambiente exterior, a câmara foi assentada sobre uma tela de aglomerado de borracha e a laje suporte/superior assentada sobre aglomerado de cortiça natural de 5mm (MASGALOS, 2008). A Figura 1 apresenta uma foto ilustrativa da câmara utilizada.



Figura 1 – Câmara acústica reverberante de dimensões reduzidas utilizada nos ensaios.

Os equipamentos utilizados para a execução destes ensaios foram: máquina de impacto normalizada B&K 3204; microfone GRAS Sound & Vibration com pré-amplificador; calibrador B&K tipo 4230; analisador de sinal de dois canais Symphonie - 01dB, e computador portátil com software dBATI32.

#### 4.1. Descrição do método de ensaio

De acordo com a norma ISO 140-8, que estabelece procedimentos de medição para a determinação da redução da transmissão sonora de revestimento de piso em condições normalizadas e realizadas em laboratório, o índice que refere-se o acréscimo de isolamento de cada solução construtiva,  $\Delta L_w$ , é determinado através de uma laje de suporte/estrutural de referência, com espessura de 14 cm, em concreto armado, através da seguinte equação:

$$\Delta L_w = L_{n,r,w,0} - L_{n,r,w} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

$L_{n,r,w,0}$  é o índice de isolamento obtido a partir do nível sonoro de impacto normalizado do pavimento de referência sem revestimento;

$L_{n,r,w}$  é o índice de isolamento obtido a partir do nível sonoro de impacto normalizado do pavimento de referência com revestimento.

Como a espessura e dimensões da laje suporte da câmara acústica de dimensões reduzidas onde os ensaios foram realizados não são as recomendadas pela norma citada, recorreu-se a norma ISO 717-2 para calcular a diferença entre o nível de pressão sonora normalizado sem revestimento e com revestimento,  $\Delta L$ , e assim subtrair do nível de pressão sonora de impacto normalizado do pavimento de referência sem revestimento, de acordo com as equações (2) e (3).

$$\Delta L = L_{n,0} - L_n \quad \text{Equação 2}$$

$$L_{n,r} = L_{n,r,0} - \Delta L \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

$L_{n,0}$  é o nível de pressão sonora de impacto normalizado do pavimento da câmara acústica reverberante de dimensões reduzidas sem revestimento;

$L_n$  é o nível de pressão sonora de impacto normalizado do pavimento da câmara acústica reverberante de dimensões reduzidas com revestimento;

$L_{n,r,0}$  é o nível de pressão sonora de impacto normalizado do pavimento de referência sem revestimento.

Assim, ajustando as curvas  $L_{n,r,0}$  fornecida na norma ISO 717-2, e  $L_{n,r}$  à curva convencional de referência, segundo o procedimento descrito nesta norma, obtém-se os valores dos índices  $L_{n,r,w,0}$  e  $L_{n,r,w}$  para a banda de 500 Hz, com os quais através da equação (1) pode-se determinar o  $\Delta L_w$ .

#### 4.2. Descrição dos ensaios realizados

Para a realização dos ensaios, e de modo a minimizar a influência que a colocação das amostras em posições específicas poderia ter, foram utilizadas nove posições para a máquina de percussão (e amostra), indicadas na Figura 2. Para cada posição foram efetuadas 5 medições, obtendo-se um total de 45 medições por amostra, em que se tirou e voltou a recolocou máquina de percussão aproximadamente nas mesmas posições para todas as amostras estudadas.

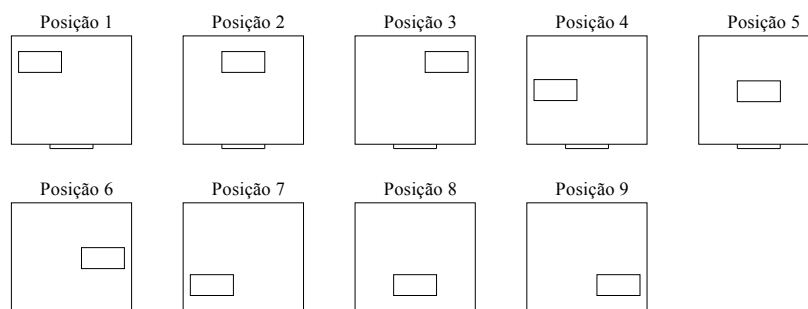


Figura 2 – Posição da máquina de impacto na laje suporte da câmara reduzida.

Os ensaios foram realizados para dois tipos de soluções distintas sobre a laje suporte da câmara acústica reverberante de dimensões reduzidas: uma delas realizada com piso flutuante, constituído por revestimento de laminado de madeira, e a outra com uma laje flutuante de concreto. Foram ensaiadas várias soluções com diferentes materiais entre a laje suporte e os sistemas flutuantes estudados. A escolha dos materiais ensaiados seguiu o critério de isolamento a ruído de impacto que atendessem os requisitos padronizados da norma regulamentadora aplicada em Portugal. (Decreto-Lei n.º 96/2008, de 9 de Junho).

### 4.3. Soluções ensaiadas

#### 4.3.1. Piso flutuante

Os ensaios com o piso flutuante, constituído por duas placas de 90 x 18,5 cm<sup>2</sup> de laminado de madeira, foram realizados posicionando os materiais resilientes entre o piso e laje suporte da câmara. Estes materiais e suas características são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Características dos materiais resilientes utilizados nos ensaios de piso flutuante.

<b>Material</b>	<b>Espessura (mm)</b>	<b>Densidade (Kg/m<sup>3</sup>)</b>
Espuma de polietileno branco	3	15
Espuma de polietileno azul	5	40
Espuma de polietileno preta	5	40

Foi ensaiado também um piso flutuante constituído por um laminado de madeira com base de cortiça fixa no laminado e um revestimento de piso laminado de madeira colocado diretamente sobre a laje suporte (sem a presença de material resiliente entre eles e sem aplicação de fixação).

#### 4.3.2. Laje flutuante

A laje flutuante utilizada nos ensaios é constituída em concreto, com dimensões de 0,5m x 0,5m e espessura de 0,04m. Os ensaios foram realizados com diferentes materiais e espessuras colocados entre a laje suporte e a laje flutuante. Os materiais analisados encontram-se descritos na Tabela 2.

Tabela 2 – Características dos materiais analisados nos ensaios de laje flutuante.

<b>Material</b>	<b>Espessura (mm)</b>	<b>Densidade (Kg/m<sup>3</sup>)</b>
Aglomerado de cortiça negra	30 / 40 / 50 / 60	120
Fibra de coco em placa	20	130
Fibra de coco em placa	30	125
Fibra de coco em rolo	20	70
Poliestireno	10 / 30	40
Espuma de polietileno	10	25
Borracha	10	900
Cortiça natural	10	120

A primeira fase do estudo experimental realizado consistiu em analisar a influência de um mesmo material com diferentes espessuras. Para verificar essa influência foram utilizadas as amostras de aglomerado negro de cortiça com espessuras de 30mm, 40mm, 50mm e 60mm e fibra de coco em placa de 20mm e 30mm e em rolo de 20mm. Foi também averiguada a eficiência dos diferentes materiais estudados para uma mesma espessura. Esta análise foi efetuada para o aglomerado de cortiça, fibra de coco em placa e

poliestireno com espessura de 30mm. Para uma espessura de 10mm compararam-se as eficácias da borracha, da cortiça e do polietileno.

De forma a permitir avaliar eventuais diferenças entre os resultados dos testes realizados na câmara acústica reverberante de dimensões reduzidas e os obtidos *in situ*, foram efetuados, ensaios numa “sala receptora” existente do Polo II, na Universidade de Coimbra, localizada diretamente sob a “sala fonte” com dimensões idênticas. As salas possuem dimensões de 6m x 6,5m x 3,1m e volume de 120m<sup>3</sup>, sendo tempo de reverberação médio da sala receptora desocupada de 1,19 s. De referir ainda que piso da sala emissora é revestido por tacos de madeira. Os ensaios foram efetuados para algumas das soluções de piso flutuante avaliadas previamente na câmara acústica reverberante de dimensões reduzidas, tendo sido utilizado o procedimento descrito na norma ISO 140-7.

## 5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 5.1. Ensaio utilizando a câmara reverberante de dimensões reduzidas

#### 5.1.1. Piso flutuante

Os resultados dos ensaios realizados com o piso flutuante e o laminado são apresentados na Figura 3 em bandas de frequência de 1/3 oitava.

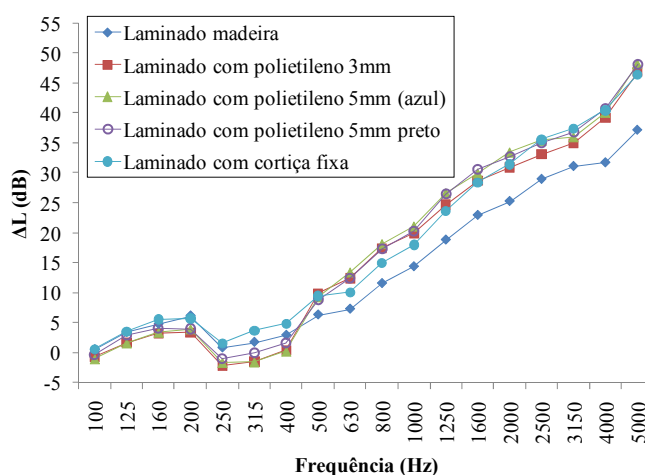


Figura 3 – Resultado dos ensaios realizados com piso flutuante.

Os valores do índice de redução sonora ( $\Delta L_w$ ) obtidos para cada uma das soluções ensaiadas na câmara reverberante de tamanho reduzido são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Valores de  $\Delta L_w$  obtidos nos ensaios dos pisos flutuantes.

Material	$\Delta L_w$ (dB)
Laminado de madeira com polietileno branco	16
Laminado de madeira com polietileno azul	16
Laminado de madeira com polietileno preta	17
Laminado com cortiça fixa	18

#### 5.1.2. Laje flutuante

O nível de pressão sonora no interior da câmara foi determinado para cada uma das amostras de aglomerado negro de cortiça e fibra de coco com diferentes espessuras, e os valores correspondentes à redução do nível de pressão sonora são apresentados na Figura 4.

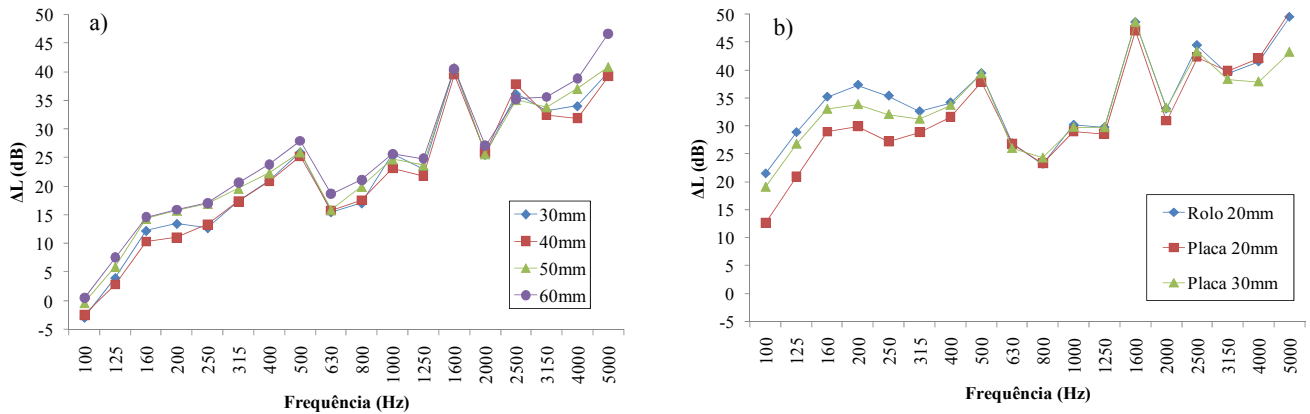


Figura 4 – Laje de concreto de 4cm sobre materiais de diferentes espessuras: a) aglomerado de cortiça negra e b) fibra de coco.

Os resultados do índice de redução do nível de pressão sonora no interior da câmara obtidos com as amostras de laje flutuante são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Valores obtidos de  $\Delta L_w$  nos ensaios de laje flutuante com a utilização do aglomerado de cortiça e fibra de coco com diferentes espessuras.

Material	Espessura (mm)	$\Delta L_w$ (dB)
Aglomerado de cortiça negra	30	23
Aglomerado de cortiça negra	40	23
Aglomerado de cortiça negra	50	24
Aglomerado de cortiça negra	60	26
Fibra de coco em rolo	20	33
Fibra de coco em placa	20	34
Fibra de coco em placa	30	34

A Figura 5 possibilita a comparação dos resultados no interior da câmara dos ensaios realizados com diferentes materiais, mas com a mesma espessura.

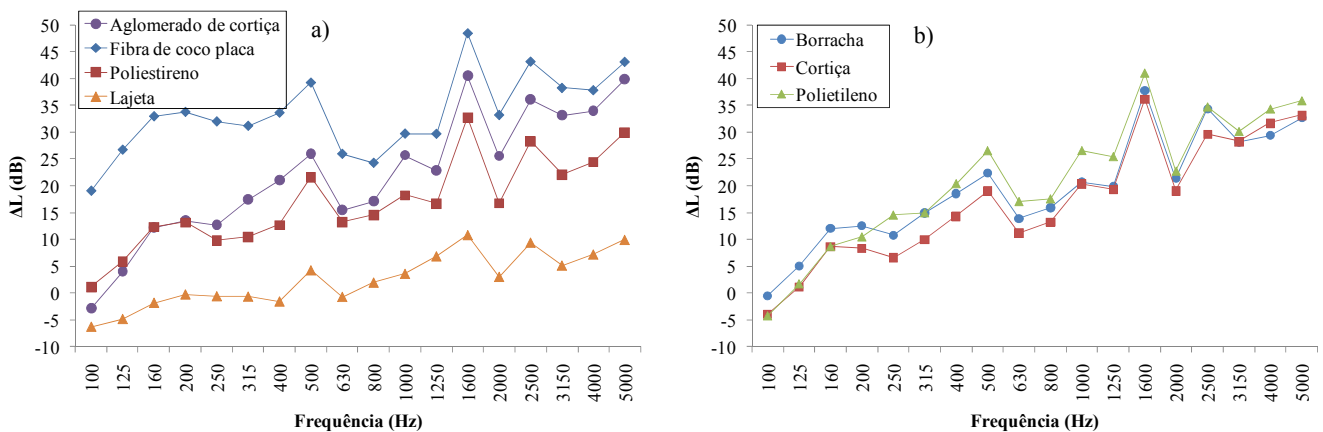


Figura 5 – Laje de concreto de 4cm sobre diferentes materiais com a mesma espessura: a) 30mm e b) 10mm.

Os valores do índice de redução sonora correspondentes são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Resultado de  $\Delta L_w$  dos materiais com espessura de 30mm e de 10mm utilizados nos ensaios de laje flutuante.

Material	Espessura (mm)	$\Delta L_w$ (dB)
Aglomerado de cortiça negra	30	23
Fibra de coco em placa	30	34
Poliestireno	30	20
Borracha	10	22
Cortiça	10	19
Polietileno	10	22

## 5.2. Análise do desempenho das soluções

Nos resultados obtidos dos ensaios com piso flutuante (ver Figura 3) observa-se uma semelhança no comportamento das várias curvas, na faixa de frequência analisada. Todas as curvas evidenciam um baixo desempenho das soluções nas frequências mais baixas, que é ainda menor nas frequências entre 250Hz a 400Hz. A partir de 400Hz existe um aumento gradativo da eficácia das soluções à medida a frequência aumenta. Observando os resultados apresentados na Tabela 3 verifica-se que, das soluções ensaiadas, o laminado de cortiça fixa apresenta o índice mais elevado, indicativo de um melhor comportamento acústico face ao ruído de impacto.

Nos ensaios realizados com a laje flutuante (ver Figura 4), verifica-se que as curvas correspondentes apresentam igualmente um comportamento semelhante, ao longo do domínio de frequências analisadas, para todas as espessuras. Contudo, o aglomerado de cortiça negra mostra desempenho melhor quanto maior for a espessura, apesar de não ser tão grande em algumas frequências. Quando comparados os resultados da fibra de coco, apresentados na Figura 4b), pode-se observar que a diferença de densidade existente entre a fibra em placa e a fibra em rolo contribui para um desempenho melhor do que a diferença de espessura entre as placas, nas baixas frequências. Comparando os gráficos da Figura 4 pode-se também concluir que a fibra de coco (Figura 4b)) tem um maior desempenho nas frequências mais baixas quando comparado com o aglomerado de cortiça negra (Figura 4a)). Através da análise dos resultados apresentados na Tabela 4 verifica-se que um aumento da espessura do aglomerado negro de cortiça permite obter um valor mais alto do índice  $\Delta L_w$ . No caso da fibra de coco em placa, os índices  $\Delta L_w$  são idênticos para as duas espessuras ensaiadas.

Analisando os resultados da Figura 5a), observa-se que apesar dos materiais ensaiados terem a mesma espessura, a fibra de coco em placa apresenta um melhor desempenho em todas as frequências estudadas, seguida do aglomerado de cortiça negra e do poliestireno, que nas frequências de 160Hz e 200Hz possuem resultado idênticos. A Figura 5b) apresenta a comparação entre os resultados de materiais com espessura de 10mm. Observa-se que existem pequenas variações nos resultados obtidos, mas se comparando os valores de  $\Delta L_w$  a cortiça natural possui um pior desempenho dentre os 3 materiais ensaiados. Apesar de possuírem características semelhantes, a borracha apresentou melhor desempenho nas frequências mais baixas até 200Hz e a partir desta frequência o poliestireno mostrou desempenho melhor, apesar de possuírem o mesmo  $\Delta L_w$ .

É ainda importante referir que, em todas as medições apresentadas nas Figuras 4 e 5, se registra a existência de um pico bem pronunciado na banda de 1600 Hz e outros menores em frequências específicas. A presença deste pico poderá estar relacionada com a ocorrência de vibração por ressonância para o caso específico da laje ensaiada.

## 5.3. Resultados na câmara reverberante de dimensões reduzidas e *in situ*

Os resultados obtidos são apresentados na Figura 6, onde se pode observar a comparação entre os materiais, ensaiados nas mesmas condições, e os resultados obtidos na câmara reverberante de dimensões



reduzidas para duas diferentes espessuras de espuma de polietileno (3mm e 5mm) e para o revestimento flutuante de piso laminado com base de cortiça fixa no laminado.

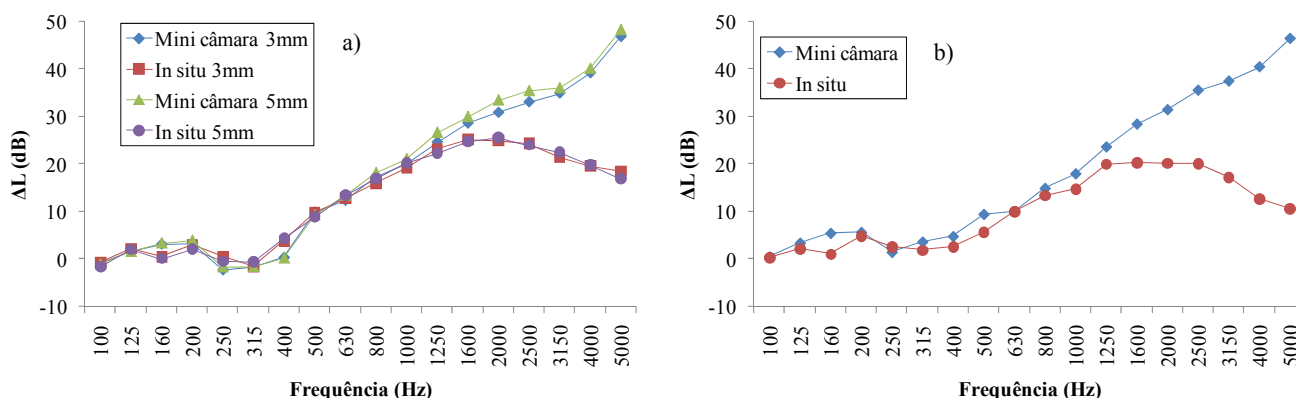


Figura 6 – Comparação entre os resultados dos pisos laminados obtidos na câmara reverberante de dimensões reduzidas e *in situ*: a) polietileno e b) cortiça

Pode-se observar na Figura 6 que o comportamento das curvas obtidas nas duas condições é semelhante até a frequência de 1250Hz, resultando um melhor desempenho nas frequências médias. Em ambos os gráficos, os resultados apresentam menor performance nas baixas frequências, tendendo a aumentar a partir de 500Hz. Note-se que a diferença registrada nas frequências mais elevadas se deve, certamente, à existência do piso em tacos de madeira assentado diretamente sobre a laje estrutural, que provoca amortecimento nos impactos gerados pela máquina de percussão.

## 6. CONCLUSÕES

Neste estudo, foi realizado um conjunto de ensaios com lajes e pisos flutuantes utilizando diferentes materiais e espessuras, recorrendo a uma câmara acústica reverberante de dimensões reduzidas. Dos materiais ensaiados, a fibra de coco demonstrou um melhor desempenho de isolamento acústico em todas as frequências. Este desempenho é particularmente interessante nas frequências mais baixas, que geralmente são as que apresentam maior dificuldade de se obter isolamento a ruído de impacto. Da observação dos resultados obtidos, verificou-se, também, que a diferença de densidade existente entre os materiais influencia o seu desempenho.

Comparando os resultados obtidos em laboratório com os registrados *in-situ*, verificou-se uma semelhança entre ambos. No entanto, devido a limitações na campanha experimental *in-situ*, foram identificadas algumas discrepâncias nas frequências mais elevadas.

Por fim, refira-se que, de acordo com os resultados obtidos, o desempenho registrado para o sistema de laje flutuante na redução do ruído de impacto é significativamente superior quando comparado com o piso flutuante com material resiliente.

## 7. REFERÊNCIAS

- BRANCO, F.G., GODINHO, L., MASGALOS, R.; **Desempenho de argamassas leves em isolamentos a sons de percussão**. In: Acústica 2008, Coimbra/Portugal, Anais. Coimbra, Acústica 2008. CD-ROM.
- CARVALHO, A., RODRIGUES, R.. **The Acustilab – A Small Educational Double Reverberant Chamber**. 4th Association of European Civil Engineering Faculties International Symposium – Environmental Aspects in Civil Engineering Education, FEUP, Porto (2002).
- CARVALHO CONSTANTINOS, V. , BORREGO, H. **The use of agglomerated cork as underlay for improvement of impact sound insulation in buildings**. 137th ASA Meeting & 2nd Forum Acusticum, Berlin (1999).
- COBO, P., MURILLO-CUESTA, S., CEDIEL, R., MORENO, A., LORENZO-GARCÍA, P., VARELA-NIETO, I., **Design of a reverberant chamber for noise exposure experiments with small animals**. Applied Acoustics 70 (2009) 1034–1040
- EN ISO 140-1: 1997 **Acoustics. Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 1: Requirements for laboratory test facilities with suppressed flanking transmission**.
- EN ISO 140-7: 1997 **Acoustics. Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 7: Field measurements of sound insulation in buildings and of building elements**.
- EN ISO 140-8: 1997 **Acoustics. Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 8: Laboratory measurements of the reduction of transmitted impact noise by floor coverings on heavyweight standard floors**.
- EN ISO 717-2: 1996 **Acoustics. Rating of Sound Insulation in Buildings and of Building Elements – Part 2: Impact Sound Insulation**.
- MASGALOS, R.; GODINHO, L., **Análise experimental do isolamento a sons de percussão em câmaras reverberantes de dimensões reduzidas**. In: Acústica 2008, Coimbra/Portugal, Anais. Coimbra, Acústica 2008. CD-ROM.

- PATRÍCIO, J. **Comportamento acústico de pavimentos não homogéneos de edifícios a sons de impacto**. Tese de doutoramento, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 1998.
- PATRÍCIO, J.; FONTES DE MELO, A. **Isolamento sonoro em lajes fungiformes aligeiradas com moldes perdidos: soluções construtivas**. IV Congresso Ibero-Americano - Acústica 2004, CD ROM in \congress\id102.pdf, 14 - 17 Setembro 2004, Guimarães, Portugal.
- PORTUGAL – Ministério do ambiente, do ordenamento do território e do desenvolvimento regional **Decreto-Lei nº 96/2008, de 9 de Junho Regulamento de requisitos acústicos dos edifícios**.
- RUSHFORTH, I.M., HOROSHENKÓV, K.V. AND MIRAFTAB, M. *ET AL.*, **Impact sound insulation and viscoelastic properties of underlay manufactured from recycled carpet waste**. *Appl Acoust* 66 (2005), pp. 731–749.

## **8. AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao Convênio CAPES/FCT pelo apoio financeiro aplicado ao projeto.