

AVALIAÇÃO DO ISOLAMENTO ACÚSTICO DE DIVISÓRIAS E PAREDES DE FACHADA COM ESTRUTURA EM LSF

PACS: 43.55 -n, 43.55.Ti, 43.50.Jh

Pereira A.; Mateus D.

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. +351-239797189, apereira@dec.uc.pt; diogo@dec.uc.pt.

Palabras Clave: Isolamento acústico, divisórias leves, estruturas em LSF, tiras resilientes

ABSTRACT

The application of lightweight partitions in buildings is increasing, not only for use as interior separation in buildings with heavyweight structure, but also in lightweight construction, namely in Light Steel Frame (LSF), where these partitions are also employed in facades. In this type of lightweight construction, it is possible to have high sound insulation through the use of double steel structures, without continuity between interior and exterior panels. However, in LSF construction, this solution will provide structural instability, and is usually not feasible. On the other hand, when choosing simple structures, the presence of steel studs end up working as "sound bridges", which can be minimized by applying resilient strips to the tops of the studs. On the facades, the steel structure also provides very important thermal transmissions, which can be attenuated with these strips, but the most efficient way consists in applying continuous insulation from the outside (ETICS). In this context, an experimental campaign performed in laboratory, as well as simulations, are carried out to evaluate the sound insulation provided by a set of constructive LSF solutions, with and without incorporation of strips and also solutions for façade walls, with application of continuous thermal insulation applied from the outside (ETICS).

RESUMO

A execução de divisórias leves em edifícios é cada vez mais usual, não só na compartimentação interior de edifícios de estrutura "pesada", mas sobretudo para a construção em estrutura "leve", nomeadamente na construção "Light Steel Frame" (LSF), onde estes elementos leves também se estendem habitualmente às paredes exteriores. Neste tipo de construção leve, é possível atingir um isolamento acústico elevado através da adoção de estruturas/montantes duplos, sem continuidade entre painéis/faces da divisória. Contudo, na construção em LSF, este corte de continuidade conduz a insuficiências estruturais, e geralmente não é viável. Optando por estruturas simples, os montantes acabam por funcionar como "pontos fónicos", mas que podem ser minimizados através da aplicação de tiras resilientes nos topos dos montantes das divisórias leves. Nas paredes de fachada, a estrutura simples conduz também a transmissões térmicas muito importantes, que podem ser atenuadas com estas tiras resilientes, mas a forma mais eficiente passa pela aplicação de isolamento térmico pelo exterior. Neste contexto, é avaliado, experimentalmente em laboratório e através de modelos de simulação, o isolamento acústico de um conjunto de soluções construtivas de divisórias leves, com e sem incorporação de tiras resilientes, e de paredes de fachada leves, com aplicação de isolamento térmico pelo exterior.

1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos últimos anos, alternativas aos métodos construtivos tradicionais utilizados em Portugal, têm vindo a emergir e a proliferar. O sistema construtivo de aço leve (LSF) é um exemplo desta crescente tendência que tem vindo a atrair interesse em todo o mundo. Os edifícios da LSF registam uma ampla utilização nos EUA, na Austrália e no Japão e estão também a ganhar quota de mercado na Europa [1].

No caso das paredes em LSF, estas são constituídas por uma estrutura composta por perfis em aço, enformado a frio que é revestida por painéis leves (geralmente em gesso cartonado, OSB ou placas cimentícias), sendo a caixa de ar preenchida com material absorvente, quando existem requisitos térmicos e/ou acústicos. Devido à sua massa reduzida e à conexão rígida entre o painel interior e exterior estes elementos possuem, geralmente, um isolamento acústico reduzido [2].

Uma das técnicas mais eficazes para melhorar o seu desempenho acústico consiste em adicionar painéis, aumentando desta forma a massa do sistema. A estrutura em aço pode prejudicar também o seu desempenho, pois a presença dos perfis onde os painéis são fixos, geralmente de forma rígida (por aparafusamento), cria um caminho de transmissão de vibrações entre o painel exterior e o interior da parede, que pode ser mais crítico do que a transmissão que ocorre através da zona entre estes elementos. Uma solução possível para diminuir a “ponte acústica” que aí se forma, consiste em utilizar duas estruturas de perfis metálicos, ao invés de uma, desacopladas, quebrando o caminho de transmissão de vibrações através dos perfis. Outra alternativa consiste em utilizar tiras resilientes, acopladas entre o perfil e o painel de revestimento [2]. Esta solução será analisada neste trabalho.

Ao longo da literatura sobre o desempenho acústico de sistemas de construção leves, as paredes de LSF são geralmente tratadas como paredes duplas. A transmissão sonora de LSF e paredes duplas de vigas de madeira foi investigada e descrita ao longo das últimas décadas. Uma revisão bibliográfica de modelos de transmissão sonora de paredes duplas com ligações entre o interior e o painel externo pode ser encontrada em [3], [4]. Além disso, Hongisto apresentou uma avaliação dos métodos simplificados mais referenciados de transmissão sonora fornecida por paredes duplas [5]. Este trabalho demonstrou que existe uma grande discrepância entre os resultados dados pelos diferentes métodos e apenas cinco dos dezassete modelos considerados podem lidar com as ligações entre painéis. Um destes modelos foi apresentado pela Sharp em 1978 [6], sendo atualmente muito utilizado na perda de transmissão sonora de elementos leves de construção.

A influência de vários parâmetros no isolamento sonoro de paredes duplas leves tem sido estudada por diferentes investigadores através de medições. Foram realizados vários estudos paramétricos, focando no efeito dos perfis, incluindo a sua dimensão, espaçamento, geometria e material absorvente existente no espaço de ar. Um relatório fornecido pela Warnock [7] apresenta várias medições e estimativas da classe de transmissão sonora (STC) para uma grande variedade de paredes duplas de em aço leve interior e exterior. De acordo com a literatura, o número e o tipo de perfis de aço, bem como a distância entre eles, são fatores que influenciam o desempenho do isolamento sonoro de uma parede dupla leve. A resposta acústica real das paredes de fachada LSF depende muito das propriedades mecânicas (principalmente rigidez) das vigas de aço [2].

Recentemente, alguns programas de computador baseados em teorias científicas foram disponibilizados permitindo prever a perda de transmissão sonora fornecida por estruturas multicamadas, como o software INSUL [8,9,10]. Kurra [9] realizou uma comparação de algumas ferramentas computacionais, incluindo o software INSUL [8] que investiga as diferenças e semelhanças dos resultados obtidos através de um estudo de amostragem. Este trabalho apresenta também uma comparação entre os dados calculados e medidos, nos quais o INSUL demonstrou uma melhor correlação com os resultados experimentais.

Neste trabalho, é avaliado, experimentalmente em laboratório e através de um modelo de simulação, utilizando o software INSUL, o isolamento acústico de um conjunto de soluções construtivas de divisórias leves, com e sem incorporação de tiras resilientes e de paredes de fachada leves, com aplicação de isolamento térmico pelo exterior (ETICS).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho é avaliada numa primeira fase o desempenho acústico de paredes divisórias, do tipo LSF, sendo dado enfoque a influência da introdução de tiras de material resiliente, efetuadas em reciclado de borracha, que são colocadas ao longo dos perfis metálicos, com o objetivo de atenuar a transmissão sonora através destes elementos rígidos. Um aspeto importante que poderá condicionar o desempenho acústico destas soluções consiste no tipo de ligações que são utilizadas para acoplar o gesso cartonado à estrutura metálica, pelo que foram também analisados diferentes tipos de conexões. A Figura 1 ilustra a secção transversal das diferentes paredes leves que foram testadas, onde é possível identificar os diversos materiais utilizados e as condições de montagem. A parede designada por Test wall 1 será a parede de referência e foi utilizada para averiguar a possibilidade de aumentar o desempenho acústico quando se inserem as tiras de borracha.

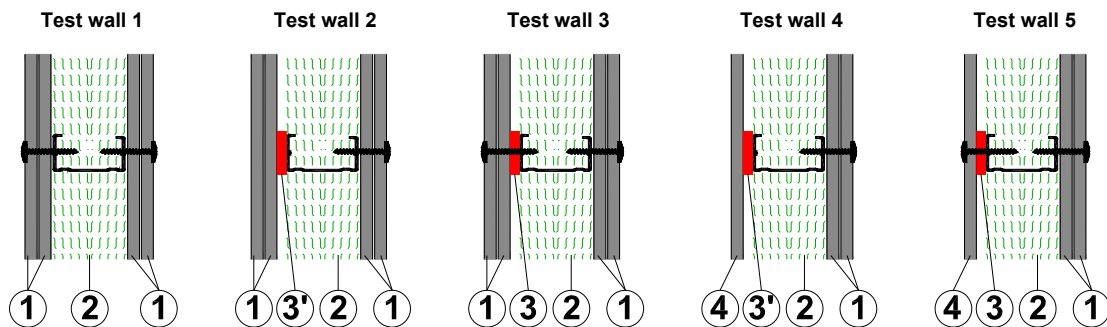


Figura 1: Secção transversal das paredes LSF interiores ensaiadas, onde se ilustra esquematicamente a presença e condições de montagem da tira de borracha. Materiais: 1 – Duas placas de gesso cartonado (12.5+12.5 mm) aparafusadas ao perfil metálico com 90 mm de espessura; 2 - Duas placas de lã mineral com 45 mm de espessura cada; 3 – Tira de borracha, com 10 mm de espessura, aplicada entre o painel de gesso cartonado e o perfil metálico, aplicada por aparafusamento; 3' - Tira de borracha, com 10 mm de espessura, aplicada entre o painel de gesso cartonado e o perfil metálico, aplicada sem aparafusamento (prensada); 4 – Placa de OSB, com 12 mm de espessura.

Seguidamente procedeu-se à avaliação do desempenho acústico das paredes de fachada LSF, sem ETICS e com várias soluções ETICS (ver Figura 2). Para estas paredes pretende-se avaliar a influência do material isolante (lã mineral e EPS) no desempenho acústico bem como a presença de um segundo painel em OSB acoplado ao lado exterior.

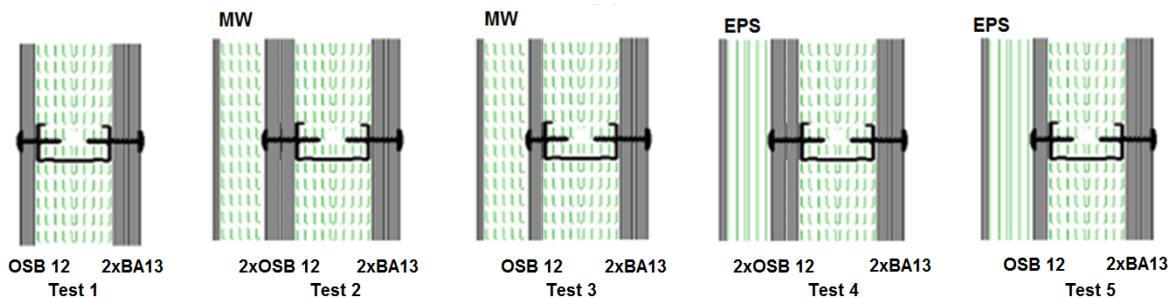


Figure 2: Secção transversal das paredes LSF de fachada ensaiadas, onde se ilustra esquematicamente a presença e condições de montagem do isolamento exterior. Teste 1 – parede sem ETICS, com duas placas de gesso cartonado (12.5+12.5 mm), perfil em U com 1.2mm, dois painéis de lã mineral com 2x45 mm, uma placa de OSB de 12 mm; Testes 2 a 5, iguais ao teste 1 com ETICS: 2 – com uma placa de OSB com 12 mm e lã mineral (50 mm, 100 kg/m³); 3 – com lã mineral (50 mm, 100 kg/m³); 4 – com uma placa de OSB de 12 mm e EPS (50 mm, 20 kg/m³); 5 - com EPS (50 mm, 20 kg/m³).

Os testes experimentais foram conduzidos no laboratório de acústica do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Coimbra, que dispõe de duas câmaras acústicas adjacentes que cumprem com os requisitos da série de normas EN ISO 10140 [11]. As paredes testadas foram introduzidas entre as câmaras acústicas, conforme se observa na Figura 3. O volume da câmara emissora é de 111 m^3 e o da câmara recetora de 122 m^3 . As paredes das câmaras são em betão, garantindo-se que as paredes opostas não são paralelas de modo a evitar a geração de campos estacionários dentro de cada uma das câmaras. Estes compartimentos encontram-se separados entre si de modo a minimizar a transmissão por via marginal e a garantir um elevado isolamento acústico entre eles. As paredes testadas, têm dimensões de $1.25\text{m} \times 1.50\text{m}$, tendo sido montadas numa parede de suporte com 10 m^2 , com um desempenho acústico esperado, R_w superior a 62 dB .

A Figura 3 apresenta ainda a cadeia de medição utilizada, indicando as posições de medição e de fonte sonora. As medições foram efetuadas utilizando dois microfones (Bruel & Kjaer, modelo 4155, e GRAS – Sound & Vibration, model 40AF), com os respetivos pré-amplificadores, e um sistema de aquisição de sinal (Symphonie da 01dB). Para a fonte de ruído foi utilizada uma fonte omnidirecional, composta por 12 altifalantes (Modelo DO12 da 01dB), e um amplificador e gerador de sinal (Modelos 700 e RC-10 da 01dB). As medições foram efetuadas nas câmaras acústicas, de acordo com os procedimentos de medição definidos na série de normas ISO 10140, com a fonte posicionada em duas posições diferentes na câmara emissora e em 5 posições de microfone em cada uma das câmaras acústicas. Foram ainda registadas as acelerações em várias zonas do provete e dos elementos adjacentes, com vista a controlar a relevância das transmissões sonoras fora do provete de ensaio.

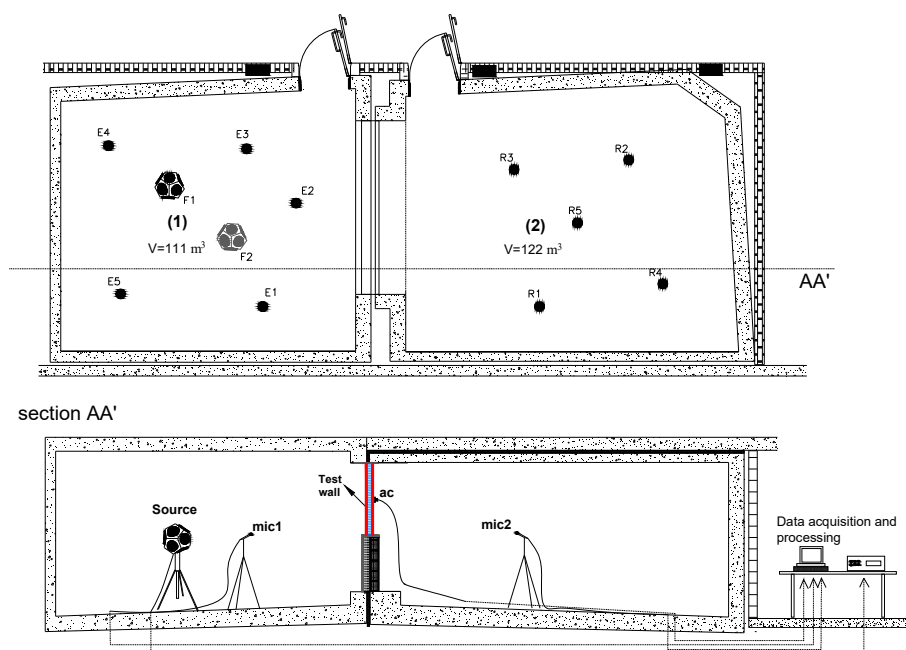


Figura 3: Esquema das câmaras acústicas ilustrando as posições de fonte, recetores e sistema de aquisição de sinal.

Para os casos representados na Figura 2, referentes a paredes de fachada foi ainda efetuada a simulação, utilizando o software INSUL [8], do modo a poder melhor compreender alguns dos resultados obtidos experimentalmente. As simulações foram efetuadas assumindo que todos os materiais são isotrópicos, com exceção da lã mineral, existente na caixa de ar, formada pelo perfil de aço, que foi simulada como um absorvente através da definição da resistividade ao fluxo.

3. RESULTADOS OBTIDOS

3.1 Paredes interiores

Na Figura 4 encontram-se as curvas de redução sonora obtidas experimentalmente para as diferentes paredes representadas na Figura 1. Através da análise destes resultados, verifica-se que o painel de referência, designado por Test Wall 1 apresenta um índice de redução sonora de $R_w=47$ dB, valor que se encontra abaixo do desempenho esperado para esta parede quando comparado com soluções semelhantes, mas testadas com áreas de 10 m^2 (onde o resultado de R_w foi cerca de cerca de 3 dB melhor). No entanto, se adicionarmos os termos de correção (C e Ctr), o desempenho acústico está dentro dos valores obtidos para soluções idênticas disponíveis no mercado. Esta discrepância de resultados deverá estar relacionada com as dimensões da amostra que foi testada, que correspondem a uma área de 1.85 m^2 , enquanto, no ensaio normalizado as dimensões são de cerca de 10 m^2 .

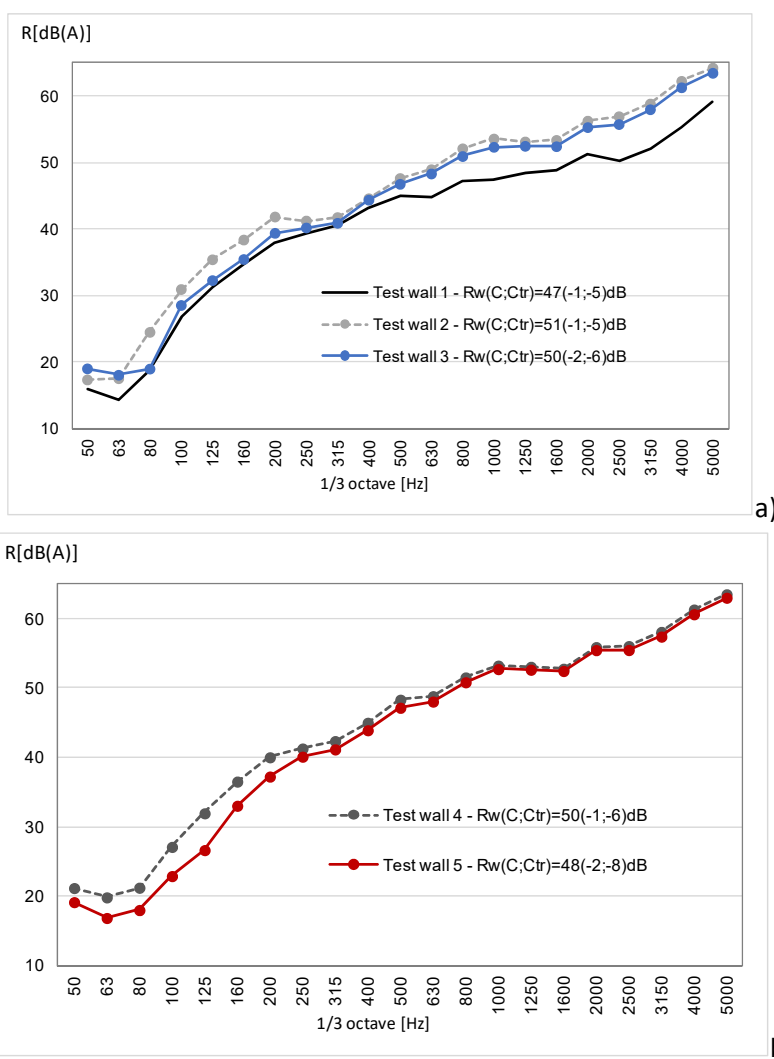


Figura 4: Curvas de redução sonora resultantes dos ensaios efetuados às paredes em LSF: a) Paredes em gesso cartonado; b) Paredes em gesso cartonado+OSB.

Através da análise destes resultados, verifica-se que a incorporação da tira de borracha num dos lados do perfil metálico conduz a um aumento significativo no desempenho acústico, obtendo-se um valor de R_w 3 ou 4 dB acima do registado na parede de referência. Também é possível notar que o desempenho melhor é obtido quando a montagem da tira é feita sem a utilização de parafusos

(Walls #2 e #4). Este resultado evidencia que se for utilizada uma ligação flexível, é possível obter um desempenho acústico superior.

3.2 Paredes exteriores

Do modo a permitir avaliar a influência no desempenho acústico do tipo de material de isolamento térmico utilizado no sistema ETICS compara-se na Figura 5a os resultados experimentais obtidos considerando as paredes de test 1 (parede sem ETICS), test 3 (parede com ETICS em lã mineral) e test 5 (parede com ETICS em EPS). Na Figura 5b apresentam-se os resultados da simulação utilizando o INSUL, para soluções semelhantes, mas assumindo que a parede apresenta cerca de 10 m² de área.

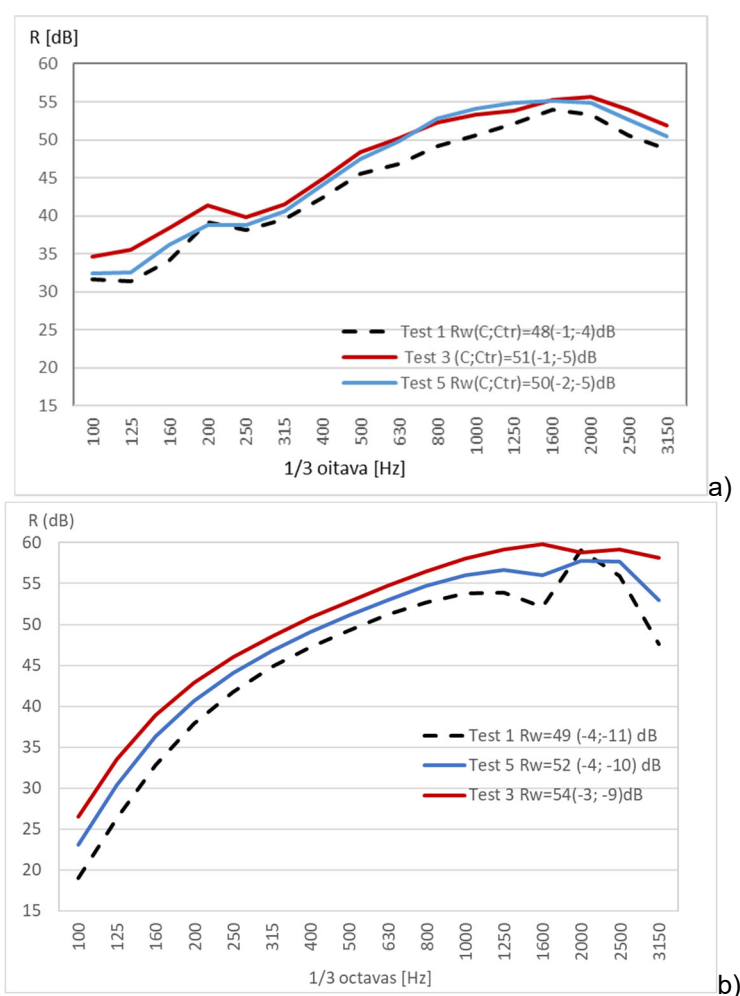


Figura 5: Curva de redução sonora obtida para a parede LSF de fachada sem (test 1) e com o sistema ETICS (com EPS (test 5) e com lã mineral (test 3)): a) curva experimental; b) curva obtida por simulação.

Da análise destes resultados experimentais (ver Figura 5a), podemos verificar que a solução ETICS, além de proporcionar um bom desempenho do ponto de vista térmico (não apresentado neste trabalho), é também uma boa solução para melhorar o isolamento sonoro, possibilitando ganhos de 2 a 3 dB. Figura A solução ETICS com lã mineral permite um ganho de cerca de 3 dB, enquanto a solução EPS conduz a um ganho de 2 dB. Além disso, se considerarmos o termo de adaptação C

(adicionado ao R_w), o ganho com lã mineral ainda é de 3 dB, mas com EPS é apenas 1 dB, pelo que se afigura mais vantajoso a utilização de lã mineral no ETICS. Os resultados apresentados na Figura 5b, provenientes de modelação permitem igualmente verificar um ganho com a aplicação da solução ETICS, no entanto, com valores superiores aos obtidos experimentalmente. No caso do ETICS com EPS o ganho obtido foi de 3 dB e com o EPS com lã mineral foi de 5 dB. Esta diferença deve-se provavelmente às condições de montagem e à diferença de áreas testadas.

A Figura 6a mostra os resultados obtidos para as paredes test 1, test 2 e test 3, permitindo avaliar a influência da aplicação de uma segunda camada de OSB, numa parede com ETICS utilizando lã mineral. A partir da análise da Figura 6a, referente aos resultados laboratoriais, podemos verificar que a aplicação de dois painéis OSB sobrepostos (12+12 mm), em vez de um (12 mm), não permite um aumento significativo do isolamento sonoro. Para o sistema ETICS com lã mineral, o ganho foi praticamente nulo ou mesmo negativo, mas provavelmente estava relacionado com a dificuldade em vedar lacunas na segunda placa OSB (motivada pelo facto de este segundo painel ter sido montado na base ETICS, e não havia possibilidade de ter acesso ao interior de forma a melhorar a vedação no contorno. Através da análise da simulação (ver Figura 6b) observa-se que o ganho obtido foi de 2dB.

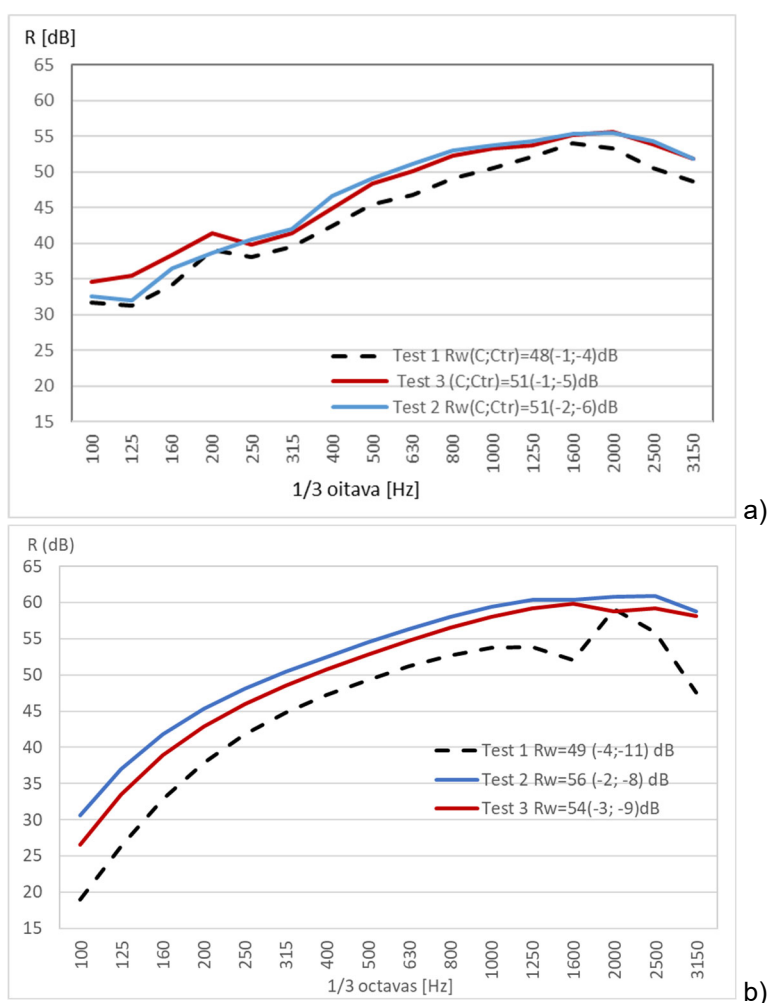


Figura 6: Curva de redução sonora para a parede de fachada LSF sem (test 1) e com o sistema ETICS construído com lã mineral (com uma (test 3) e duas placas de OSB (test 2)): curva experimental; b) curva obtida por simulação

A Figura 7 mostra os resultados obtidos nos testes “test 1, 4 e 5”, permitindo avaliar a influência da aplicação de uma segunda camada de OSB, no caso do isolamento com EPS

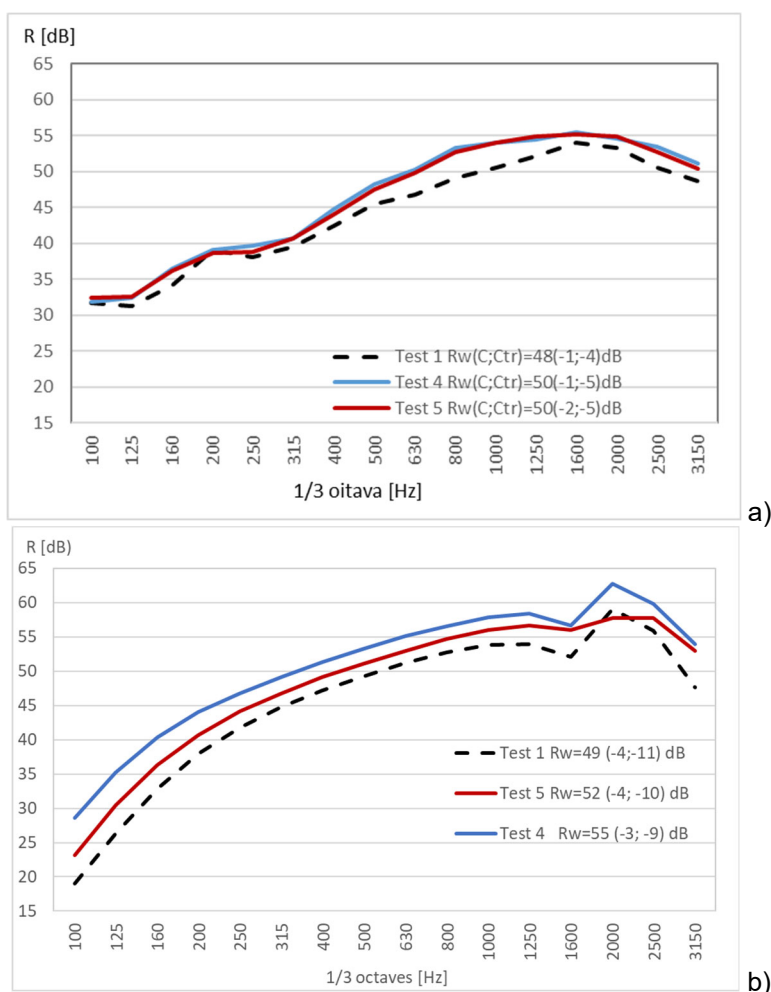


Figura 7: Curva de redução sonora para a parede de fachada LSF sem (teste 1) e com o sistema ETICS construído em EPS (com uma (teste 5) e duas placas de OSB (teste 4)): a) curva experimental; b) curva de simulação.

A partir da análise da Figura 7a podemos verificar que a aplicação de dois painéis OSB sobrepostos (12+12 mm), em vez de um (12 mm), também não permite, neste caso, um aumento significativo do isolamento sonoro. Foi obtida uma melhoria próxima de 2 dB no caso do ETICS em EPS e 1 dB considerando o R_w+C . A partir da análise da Figura 7b, referente à simulação verifica-se um ganho de 3dB com a introdução da segunda placa de OSB e de 1 dB considerando o R_w+C . À semelhança do caso anterior, o reduzido ganho experimental obtido está provavelmente relacionado com a dificuldade em vedar juntas no contorno, aquando da aplicação da segunda placa OSB.

4. CONCLUSÕES

Neste trabalho foi avaliado, experimentalmente, em laboratório e através de modelos de simulação, o isolamento acústico de um conjunto de soluções construtivas de divisórias leves, com e sem incorporação de tiras resilientes, e ainda de paredes de fachada leves, com aplicação de isolamento térmico pelo exterior (ETICS).

Numa primeira parte foi analisada, através de ensaios laboratoriais, a possibilidade de melhoria do isolamento acústico de divisórias leves, com estrutura em LSF, quando se inserem tiras de borracha ao longo dos perfis metálicos que compõem a estrutura da parede. Verificou-se que as tiras de borracha quando aplicadas nos topos dos perfis, podem melhorar o desempenho acústico de divisória. No entanto, o sistema de fixação destas bandas (e das divisórias ao perfil), tem também um contributo importante no ganho que se pode conseguir.

Relativamente à aplicação do ETICS em paredes LSF de fachada, verificou-se que este possibilita um aumento do desempenho acústico. A partir dos resultados experimentais concluiu-se que, no caso do ETICS com lã mineral, o ganho foi de cerca de 3 dB, enquanto a solução EPS conduziu a um ganho de 2 dB, pelo que se afigura mais vantajosa a utilização de lã mineral no ETICS. Testou-se ainda a melhoria eventual com a introdução de uma segunda placa de OSB no sistema ETICS tendo-se constatado que a diferença foi nula ou apenas de 1 dB. Este resultado, inesperado, deveu-se provavelmente ao modo de instalação do segundo painel de OSB onde não foi possível vedar adequadamente juntas no contorno. Por outro lado, os resultados da simulação permitiram obter ganhos maiores do que os obtidos nos resultados experimentais, quer com a introdução do ETICS, quer com a aplicação de uma segunda placa de OSB, na parede LSF de fachada. De referir que uma adequada instalação destes painéis, aquando dos ensaios, em particular uma vedação apropriada das juntas, é fundamental para garantir o desempenho esperado das soluções.

AGRADECIMENTOS

Parte das soluções construtivas estudadas no âmbito deste trabalho fazem parte do projeto de investigação “Tyre4BuildIns – Recycled tyre rubber resin-bonded for building insulation systems towards energy efficiency” – apoiado pelo FEDER através do Programa Operacional de Fatores de Competitividade - COMPETE - e por fundos nacionais da Fundação para a Ciência e Tecnologia - FCT - no âmbito do projeto POCI-01-0145-FEDER-032061.



REFERÊNCIAS

- [1] M, Veljkovic and B, Johansson. “Light steel framing for residential buildings”. *Thin-Walled Structures*, 44, pp. 1272-1279 (2006). doi:10.1016/j.tws.2007.01.006
- [2] The Steel Construction Institute, “Acoustic Performance of Light Steel Frames Systems”, *Technical Information Sheet*, 2003
- [3] J. Poblet-Puig, A. Rodríguez-Ferran. “The role of studs in the sound transmission of double walls”. *Acta Acust. United Acust.*, 45, pp. 555-567 (2009).
- [4] S. Paul, G. F. Radavelli and A. R. da Silva. “Experimental evaluation of sound insulation of light steel frame façades that use horizontal inter-stud stiffeners and different lining materials”. *Build. Environ.*, 94, pp. 829-839 (2015). <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.08.010>
- [5] V. Hongisto. “Sound insulation of double panels-comparison of existing prediction models” *Acta Acust. United Acust.*, 92, pp. 61-78 (2006).
- [6] B. H. Sharp. “Prediction Methods for Sound Transmission of Buildings Elements”. *Noise Con. Eng. J.*, 11, pp. 53-63 (1978).
- [7] A. Warnock. “Estimation of Sound Transmission Class and Impact Insulation Class Rating for Steel Framed Assemblies”, *Tech. Rep.*, National Research Council Canada (2008).
- [8] INSUL. Software Version 8.0.12. Available online: [https:// www.insul.co.nz/](https://www.insul.co.nz/) (accessed on 11 April 2017).
- [9] S. Kurra. “Comparison of the models for predicting sound insulation values of multilayered building elements”. *Appl. Acoust.*, 73, pp. 575–589 (2012). doi:10.1016/j.apacoust.2011.11.008
- [10] E. Roque, P. Santos, A. Pereira, Thermal and sound insulation of lightweight steel framed façade walls, *Science and Technology for the Built Environment*, 25:2, 156-176, (2019) DOI: 10.1080/23744731.2018.1506677
- [11] Standards ISO 10140 (2010). *Acoustics. Laboratory measurement of sound insulation of building elements.*