

CARACTERIZAÇÃO ACÚSTICA DE DIVISÓRIAS INTERIORES EXECUTADAS COM BLOCOS DE BETÃO CELULAR AUTOCLAVADO

José António Furtado F. Gomes
Maria Rosa Sá Ribeiro

Instituto Politécnico da Guarda, Av. Dr. Francisco Sá Carneiro, 50 6300 Guarda
Telef. 071-222634; fax 071-741147; email dse@mail.telepac.pt
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, R. dos Bragas 4099 Porto Codex
Telef. 02-2041779; fax 02-2007505; email mribeiro@fe.up.pt

SUMMARY

The aim of this paper consist in the characterisation of several interior walls made with cellular concrete blocks. This characterisation is made by field measurements of airborne sound insulation between rooms of residential buildings. After, is made a comparison with mathematical models and laboratory measurements in order to achieve some conclusions.

INTRODUÇÃO

Apesar de ser uma tecnologia suficientemente divulgada nos países do norte da Europa, a construção de edifícios com o recurso a elementos de betão celular autoclavado ainda possui um carácter algo inovador em Portugal. O presente trabalho teve como principal objectivo avaliar em termos de características de isolamento sonoro o desempenho "in situ" de divisórias interiores em alvenaria em blocos maciços de betão celular autoclavado revestidas com estuque projectado, comparativamente com os modelos matemáticos habitualmente utilizados. Na parte final procurou-se realizar uma comparação dos dados obtidos da medição em campo com dados obtidos em bibliografia especializada a partir de medições realizadas em laboratório sobre paredes de características semelhantes.

MEDIÇÕES EFECTUADAS

As condições de ensaio adoptadas para a determinação dos índices de redução sonora (R') e do índice de isolamento sonoro a sons aéreos (I_a) tiveram por base os documentos [6] e [7] da normalização portuguesa, e as normas ISO [8] e [9].

As medições do isolamento sonoro a sons aéreos foram realizados sobre nove paredes divisórias, distribuídas por dois edifícios de habitação (uma moradia unifamiliar e um edifício multifamiliar) recentemente construídos, os quais se encontravam devolutos à data de realização das mesmas. As paredes interiores analisadas possuíam uma área compreendida entre 9,80 e 9,10 m², com uma altura constante de 2,50 m, enquanto que o volume dos locais receptores oscilava entre 35 e 25 m³. Todas as alvenarias foram executadas com blocos maciços 600×200×120

mm em betão celular autoclavado com um peso específico de 6,3 kN/m³ (massa volúmica seca de 5,50 kN/m³) assentes com argamassa cola. Os paramentos encontravam-se revestidos com estuque projectado (15 kN/m³) numa espessura média de 10mm em cada face. A espessura total das paredes ensaiadas era aproximadamente de 0,14m. Segundo dados do documento de homologação das paredes mencionadas (DH 383 do LNEC, Dezembro de 1993) o seu peso próprio é de 0,75 kN/m² em tosco, e de 1,05 kN/m² com revestimento a estuque em ambas faces. Ainda segundo o mesmo documento de homologação o módulo de elasticidade do betão celular autoclavado utilizado é de 2,3×10⁹ N/m², valor que por simplificação se supôs igual ao das paredes acabadas. Qualquer uma das paredes ensaiadas já se encontrava completamente revestida e pintada há mais de seis meses.

Por força da análise teórica e por analogia com valores de produtos com características semelhantes, foi considerado o valor de 0,15 para o coeficiente de Poisson (ν) e de 0,015 para o factor de perdas (η).

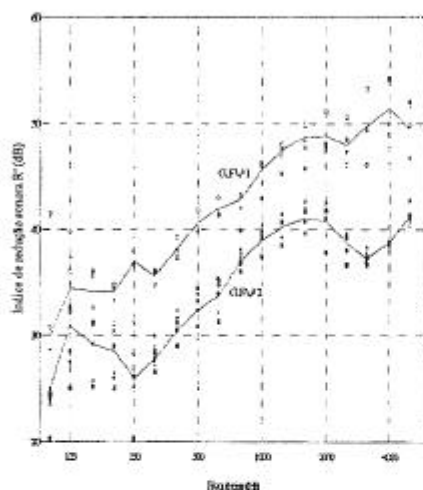


Fig. 1 - Curvas de isolamento sonoro.

Relativamente à determinação analítica da frequência crítica do tipo de parede considerado, foram seguidos dois procedimentos alternativos. Considerando a parede constituída por um único material homogéneo com as mesmas características médias dos materiais aplicados (betão celular e rebocos), ou composta por dois materiais distintos colados rigidamente. No primeiro caso obteve-se uma frequência crítica de 255 Hz (rigidez à flexão de 547850 Nm²), enquanto que no segundo caso o valor da frequência crítica obtido foi de 200 Hz (rigidez à flexão de 892770 Nm²). Finalmente o recurso a tabelas de características para diversos produtos habitualmente utilizados na construção, constantes de algumas referências bibliográficas consultadas, conduziu a um valor compreendido entre 235 e 240 Hz para a frequência crítica. Em face dos valores referidos, optou-se por considerar o valor médio de 230 Hz.

Na figura 1 efectua-se a representação dos índices de redução sonora para cada uma das medições efectuadas, bem como das curvas correspondentes aos valores médios obtidos em cada um dos edifícios. A curva 1 para a moradia unifamiliar e a curva 2 para o edifício multifamiliar.

MODELO MATEMÁTICO

O modelo inercial, como primeira aproximação ao comportamento acústico das paredes em estudo, onde apenas se considera a acção de ondas sonoras planas com incidência normal e não se entra em conta com o efeito da rigidez, amortecimento interno, ou condições fronteira, poderá ser traduzido matematicamente pela expressão (1), onde $R(\alpha)$ é o índice de redução sonora para o ângulo de incidência de α° .

$$R = 20 \log \frac{\omega m}{2\rho_0 c} \cong 20 \log fm - 42 = R_{(\alpha)} \text{ (dB)} \quad (1)$$

Para um campo sonoro difuso foi considerada uma atenuação ponderada em função de todos os ângulos possíveis de incidência. Na prática considera-se a expressão (2) para frequências inferiores à frequência crítica, onde o parâmetro K poderá assumir valores compreendidos entre 5 e 10 dB.

$$R_d = R_{(\alpha)} - K \text{ (dB)} \quad (2)$$

As paredes consideradas para a definição do modelo matemático do qual resultaram as fórmulas anteriores são no entanto fictícias, não explicando o fenómeno de coincidência. Por este motivo torna-se indispensável a consideração do comportamento elástico das paredes nas previsões teóricas do isolamento sonoro a sons aéreos.

Para determinação do índice de redução sonora correspondente à frequência crítica procedeu-se de duas formas distintas. Através de uma expressão teórica (3), ou através de ábacos experimentais com base numa massa superficial da parede, para definição da zona estacionária.

$$R = R_{(c)} - 10 \log \left(\frac{2\eta}{\pi} \right) \left(\frac{\Delta\omega}{\omega_c} \right) \quad (3)$$

Pelo primeiro processo obteve-se o valor de 27 dB para o índice de redução sonora, enquanto que pelo ábaco se obteve o valor de 31dB. Dada a incerteza relativamente às características dinâmicas da parede, optou-se por considerar o valor médio de 29 dB para o índice de redução correspondente à zona estacionária, atendendo ao maior ajustamento entre o modelo matemático e as medições efectuadas.

Para valores da frequência superior à frequência crítica recorreu-se à expressão [4], resultante da adaptação da lei da massa à transmissão sonora com incidência difusa para paredes flexíveis finitas.

$$R = R_{(c)} + 10 \log \left(\frac{2\eta}{\pi} \right) \left(\frac{f}{f_c} - 1 \right) \quad (4)$$

Com base nos elementos atrás referidos, procedeu-se na figura 2 à representação gráfica correspondente ao modelo matemático utilizado para as diferentes frequências. Na zona em que o controlo do isolamento se processa pela massa, considerando os valores de 5 e 10 dB para o parâmetro K da equação [2]. Para frequências superiores à crítica efectuou-se a representação gráfica da equação [4]. Na vizinhança da frequência crítica foi considerada uma zona estacionária, para a qual se assume por simplificação um valor do índice de redução sonora constante e igual a 29 dB.

Atendendo às características dinâmicas dos materiais constituintes da parede e às suas dimensões médias ($a=2.5$ m e $b = 3.6$ m ou 3.8m), de acordo com o modelo matemático seguido, as frequências médias fundamentais de ressonância são muito baixas, pelo que a influência deste fenómeno não se fará sentir na gama de frequências em análise (15 a 25 Hz).

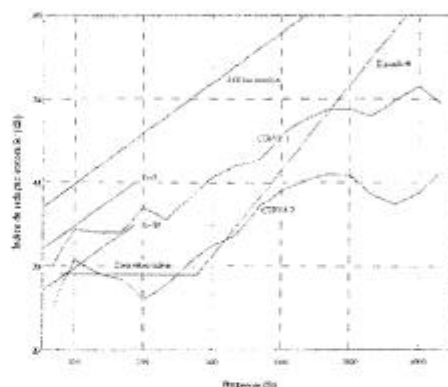


Fig. 2 - Modelo matemático

COMENTÁRIOS AOS RESULTADOS

Relativamente aos resultados obtidos verificou-se uma grande concordância do índice de redução sonora para frequências compreendidas entre 200 e 2000Hz, quer para as medições realizadas na moradia unifamiliar (curva 1), quer para as do edifício multifamiliar (curva 2). As diferenças verificadas entre os resultados que deram origem às duas curvas (cerca de 8 dB), poderão ser devidas a uma variação das características do assentamento e materiais utilizados para o efeito, espessura e natureza dos revestimentos, etc., aspectos que não puderam ser controlados no presente estudo. O ajustamento do modelo matemático aos valores medidos "in situ" não será a melhor, tal como seria de esperar. Este facto poderá explicar-se pela existência de transmissões marginais e por uma diferença entre as características reais e as previstas para as paredes divisorias analisadas.

Na zona vizinha da frequência crítica, o modelo matemático aponta para uma redução do isolamento sonoro, facto que apenas se verifica na curva 2. Este comportamento poderá ser uma consequência de um grande amortecimento das paredes que originam a curva 1, e que de certa forma o modelo adoptado não contempla. Outro aspecto interessante deriva do facto de para frequências compreendidas entre 315 e 1250 Hz os resultados apresentaram uma variação do índice de redução sonora semelhante ao modelo inercial (6dB/oitava), verificando-se uma atenuação do seu valor para frequências superiores a 1250 Hz.

Relativamente a valores resultantes de medições efectuadas em laboratório, poderá referir-se o valor de 46 dB para o índice de isolamento sonoro apresentado em [11] para uma parede em alvenaria de blocos maciços $600 \times 200 \times 150$ mm de betão celular autoclavado, assente com argamassa-cola, rebocada com argamassa bastarda numa espessura média de 10 mm em cada paramento (peso próprio com revestimento de $1,25$ kN/m²) em relação

ao valor médio de 44 dB obtido para a curva 1 e 36 dB para a curva 2. Obtiveram-se ainda valores de referência em [2] para paredes com características idênticas, ainda que com espessuras e pesos próprios distintos. Também aqui se verificou um bom ajustamento entre os gráficos aí apresentados (paredes revestidas com 0,5 cm de estuque em ambas as faces, 250 e 110 mm de espessura total e pesos próprios de 2,0 e 1,0 kN/m² respectivamente), ficando a curva apresentada na figura 1 compreendida entre ambas e a curva 2 ligeiramente abaixo dos valores relativos à parede de 110mm de espessura.

CONCLUSÕES

O desenvolvimento do presente trabalho poderá vir a constituir uma base para a criação de métodos expeditos de cálculo que permitam obter com maior aproximação valores do isolamento sonoro para materiais e técnicas construtivas bem definidas. A base desses métodos consistiria na experimentação "in situ", tendo como objectivos a introdução de ajustamentos aos modelos matemáticos actuais por forma a traduzirem de forma mais real o comportamento acústico dos diversos tipos de elementos de divisória.

Obviamente que as nove medições efectuadas não se poderão considerar por si só como representativas do tipo de alvenaria em causa tendo em vista a definição ou proposta de um modelo experimental. Além do número de casos estudados, a proposta de modelos teórico-experimentais deveria passar pela consideração e análise de outros aspectos, tais como a influência dos revestimentos superficiais ou da argamassa-cola utilizada. Só através de uma análise mais pormenorizada dos aspectos referidos se poderão explicar as diferenças registadas nos dois edifícios estudados, sendo esta uma das dificuldades deste tipo de avaliação, atendendo ao curto período de tempo que medeia entre a data em que o edifício se considera concluído e o início da sua ocupação.

Como desenvolvimentos futuros poder-se-á sugerir a análise individualizada da influência das transmissões marginais, das condições de ligação dos elementos de divisória relativamente aos modelos experimentais e das heterogeneidades inerentes às juntas entre blocos de betão e revestimentos superficiais.

REFERÊNCIAS

1. Silva, Pedro Martins, *Acústica de edifícios*; Informação técnica edifícios 8, LNEC (1978)
2. Josse, R., *Acoustique*; Sciences du bâtiment, reef-volume II; CSTB.
3. Pinçon, Ghislain, *Amélioration acoustique des logements*; Guides CATED des techniques de bâtiment; CATED
4. López, Manuel Recuero e González, Constantino Gil, *Acústica arquitectónica*
5. López, Manuel Recuero, *Acústica arquitectónica - Soluções práticas*; Editorial Paraninfo (1992)
6. Norma Portuguesa NP 669 (1974) "Acústica - Ensaio de transmissão dos ruídos aéreos e de percussão"
7. Norma Portuguesa NP 2073 (1983) "Acústica - Critério de quantificação do isolamento sonoro em edifícios"
8. International Standard ISO 140/IV (1978) "Acoustics - Measurement of sound insulation in buildings and of building elements - Part IV: Field measurements of airborne sound insulation between rooms"
9. International Standard ISO 717/1 (1982) "Acoustics - Rating of sound insulation in buildings and of building elements - Part 1: Airborne sound insulation in buildings and of interior building elements"
10. American Standard ASTM E 336-90 "Standard Test method for measurement of airborne sound insulation in buildings"
11. Documento de Homologação nº 383 do Laboratório Nacional de Engenharia Civil - Ytong, sistema de construção de paredes de alvenaria de blocos de betão celular autoclavado; (1993)