

COMPARAÇÃO ENTRE MODELOS DE PREVISÃO DE ISOLAMENTO SONORO A SONS DE CONDUÇÃO AÉREA DE ELEMENTOS CONSTRUTIVOS

Luís Bragança, Francisco Correia da Silva

Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho, Portugal

RESUMO

A finalidade deste estudo é a de estabelecer uma comparação entre valores experimentais e valores obtidos por diversas metodologias de previsão de isolamento a sons aéreos. Em paralelo, é também realizada a caracterização do isolamento sonoro a sons aéreos de diversos elementos construtivos.

A escolha do método de previsão do isolamento a sons aéreos mais adequado para cada situação assume-se como de grande importância, permitindo o uso correcto dos materiais e a escolha da melhor solução construtiva.

O estudo pretende dar uma orientação na selecção de soluções construtivas a partir de uma correcta previsão do seu isolamento sonoro a sons aéreos, em função das exigências funcionais do elemento construtivo e de acordo com o correcto enquadramento na legislação portuguesa.

1. INTRODUÇÃO

A selecção da solução construtiva correcta para uma determinada situação assume grande relevância, a partir do momento em que a tranquilidade e o bem-estar dos utilizadores está em causa. No entanto, não existe um conjunto de dados agregados que facilitem o dimensionamento e previsão de isolamento sonoro a sons aéreos.

O Regulamento Geral Sobre o Ruído [1] em vigor, é parco em descrições de metodologias para previsão de isolamento a sons aéreos e em esclarecimentos de índole técnica. Assim, a sua utilização parece rodear-se de um certo secretismo que deve ser desmistificado.

A definição de metodologias de cálculo e de uma base de informações sobre o funcionamento acústico de elementos construtivos é fundamental. A exigência das características acústicas da envolvente de um edifício por parte das entidades licenciadoras é importante para que o mercado se dinamize, com vista ao cumprimento das imposições regulamentares.

2. METODOLOGIAS DE DETERMINAÇÃO DO ISOLAMENTO A SONS AÉREOS

2.1. Metodologia experimental

A determinação, por via experimental, do isolamento a sons aéreos de divisórias é realizada de acordo com normalização portuguesa e internacional [2, 3, 4, 5], com o recurso a um sistema de aquisição e tratamento de dados especialmente concebido para a acústica de edifícios.

O sistema é comandado pelo operador através de um terminal que possui um software de acústica de edifícios que permite não só a determinação do isolamento sonoro a sons aéreos, como a sons de percussão e de tempos de reverberação de recintos. Este software possui uma base de dados sobre as diversas normas internacionais permitindo a selecção da adequada metodologia de ensaio e também do parâmetro a determinar.

Para a aquisição dos dados é produzido um campo sonoro reverberado por meio de uma fonte sonora de ruído rosa, com difusor cónico. A captação dos níveis sonoros realiza-se com um microfone de 1/2 polegada e de sensibilidade 45.7 mV/Pa, montado num sistema rotativo, “Boom”, sendo os dados tratados num analisador de frequências em tempo real de dois canais. Para a validação dos valores obtidos é necessária a calibração do sistema antes e após as medições, com o recurso a um calibrador acústico que debita 93.8 dB na frequência de 1000 Hz.

2.1.1. Determinação experimental da curva de isolamento sonoro a sons aéreos

Para a determinação do isolamento sonoro a sons aéreos de um elemento construtivo são realizados ensaios de modo a avaliar os níveis de pressão sonora emitidos na sala emissora, os recebidos no recinto receptor, os níveis de pressão sonora do ruído de fundo no recinto receptor e o tempo de reverberação do mesmo recinto. Deste modo obtém-se o índice de redução sonora (R') a partir da expressão (1) [4]:

$$R' = L_1 - L_2 + 10 * \log\left(\frac{S * T}{0.163 * V}\right) \quad (1)$$

em que:

L_1 = Nível de pressão sonora no recinto emissor;

L_2 = Nível de pressão sonora no recinto receptor corrigido em relação ao ruído de fundo;

S = Área do objecto de estudo;

T = Tempo de reverberação do recinto receptor;

V = Volume da sala receptora.

O valor do nível de pressão sonora do ruído de fundo quando muito próximo do nível de pressão sonora do recinto receptor pode impossibilitar a descrição deste último. Assim é realizada uma correcção do nível de pressão sonora do recinto receptor em função da diferença em relação ao ruído de fundo (B_2) no recinto receptor. Podem-se distinguir três casos:

a) Caso a diferença entre o nível de pressão sonora no recinto receptor (L_2) e o nível de pressão sonora do ruído de fundo no mesmo recinto (B_2) seja superior a 10 dB:

$$L_{2CORR} = L_2 \quad (2)$$

b) Se a diferença se situar no intervalo de 6 a 10 dB:

$$L_{2CORR} = 10 * \text{LOG}(10^{\frac{L_2}{10}} - 10^{\frac{B_2}{10}}) \quad (3)$$

c) Se a diferença for inferior a 6 dB:

$$L_{2CORR} = L_2 - 1.26 \quad (4)$$

Após ter sido obtido o L_{2CORR} , e por aplicação da expressão (1) obtém-se um valor de R' para cada frequência central das bandas de 1/3 de oitava.

2.1.2. Determinação do valor experimental do índice de isolamento a sons aéreos (Ia)

A quantificação do isolamento sob a forma de um valor global realiza-se de acordo com a NP-2073 e a ISO 717/I [4, 5], que consiste na comparação entre a curva dos valores medidos de índice de redução sonora em função da frequência com a curva convencional de referência com a seguinte descrição paramétrica:

Freq. (Hz)	100	400	≥ 1250
R (dB)	R	R + 18	R + 23

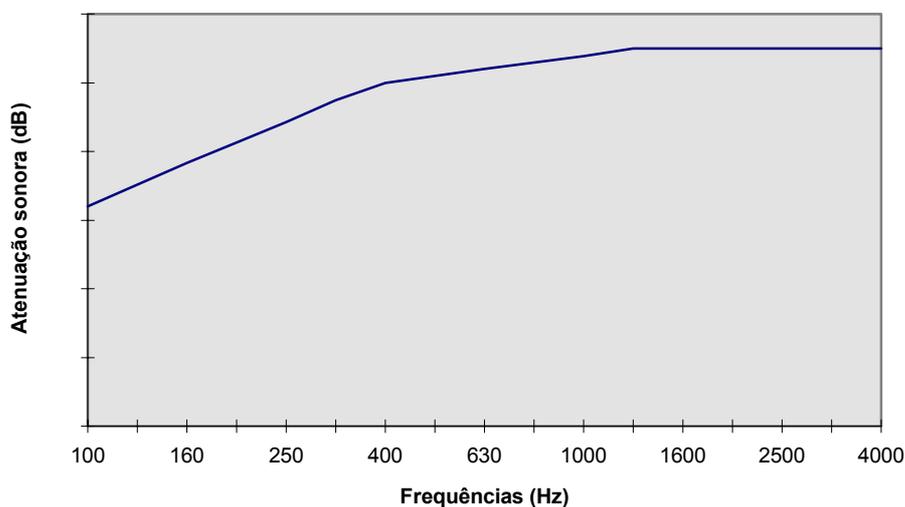


Figura 1 - Curva convencional de referência.

A comparação é concluída quando se satisfaz a mais exigente das seguintes condições:

$$1 \leq \frac{\sum \text{DESVIOS}}{nf} \leq 2 \quad (5)$$

$$\text{MAX DESVIO} \leq 8 \text{ dB} \quad (6)$$

Entende-se que desvio representa o desvio desfavorável e nf o número de frequências centrais. Considera-se desvio desfavorável, para uma dada banda de referência, se o valor da curva de isolamento sonoro for inferior ao valor da curva convencional de referência.

Após satisfeitas as condições o valor global do isolamento sonoro é dado pelo valor da ordenada da curva convencional de referência na frequência de 500 Hz

2.2. Metodologias previsionais

2.2.1. Lei experimental da Massa e da Frequência

A Lei experimental da Massa e da Frequência descreve o isolamento sonoro a sons aéreos de elementos construtivos sob a forma de uma curva de atenuação sonora em função da frequência. Deste modo, a Lei experimental refere que em divisórias simples existe um incremento de 4 dB por duplicação da massa ou por passagem para a oitava seguinte. No caso de divisórias duplas ou triplas esse incremento já é de 6 dB ou 10 dB, respectivamente [6].

Como ponto de referência a Lei experimental refere que para uma massa superficial de 100 Kg/m² e para uma frequência de 500 Hz o valor da atenuação sonora é de 40 dB.

Quadro 1 - Valores da Atenuação sonora para divisórias simples.

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
50 Kg	28	32	36	40	44	48
100 Kg	32	36	40	44	48	52
200 Kg	36	40	44	48	52	56
400 Kg	40	44	48	52	56	60

Quadro 2 - Valores da Atenuação sonora para divisórias duplas.

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
50 Kg	22	28	34	40	46	52
100 Kg	28	34	40	46	52	58
200 Kg	34	40	46	52	58	64
400 Kg	40	46	52	58	64	70

Quadro 3 - Valores da Atenuação sonora para divisórias triplas.

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
50 Kg	10	20	30	40	50	60
100 Kg	20	30	40	50	60	70
200 Kg	30	40	50	60	70	80
400 Kg	40	50	60	70	80	90

À curva obtida pelos princípios atrás descritos são realizadas diversas correcções devidas ao efeito de coincidência, à ressonância dos panos da divisória e ressonância da caixa de ar e também devido às heterogeneidades do elemento.

As correcções realizadas devido ao efeito de coincidência consistem em provocar uma quebra na curva de atenuação sonora na frequência correspondente ao valor mais baixo onde ocorre este efeito, denominada por frequência crítica. O valor da quebra depende da homogeneidade do material e das suas perdas internas.

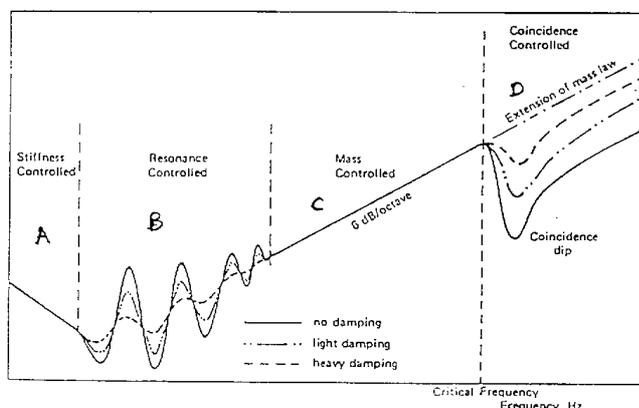


Figura 2 - Curva de isolamento onde se manifesta o efeito de coincidência.

No caso da ressonância dos painéis de elementos múltiplos a correcção realiza-se na frequência obtida através da expressão (7).

$$f_R = \frac{c}{2 * \pi} * \sqrt{\frac{(m_1 + m_2) * \rho}{m_1 * m_2 * d}} \quad (7)$$

sendo:

c = Velocidade de propagação do som em m/s ($c_{ar} = 340$ m/s);

m_i = Massa superficial do painel i;

ρ = Massa volúmica do meio de propagação em Kg/m^3 (1.18 Kg/m^3);

d = Espessura da lâmina de ar em m.

No caso da ressonância na caixa de ar de divisórias constituídas por elementos múltiplos ela realiza-se para as diversas frequências obtidas através da expressão (8) caso não existam elementos absorventes na caixa de ar.

$$f_n = \frac{n * c}{2 * d} \quad (8)$$

com:

n = número de ordem da frequência de ressonância na caixa de ar;

c = Velocidade de propagação do som em m/s;

d = Espessura da lâmina de ar em m.

O valor da correcção a efectuar em relação a heterogeneidades existentes no elemento construtivo, depende do valor da razão entre a área do elemento de menor isolamento e a área do elemento de maior isolamento e depende também da diferença de isolamento a sons aéreos entre esses elementos. O valor da correcção será mais elevado à medida que aumenta a razão entre as áreas e a diferença entre os isolamentos a sons aéreos [7]. O valor a retirar ao isolamento da divisória devida à existência de heterogeneidades pode ser determinado com o recurso à Figura 3.

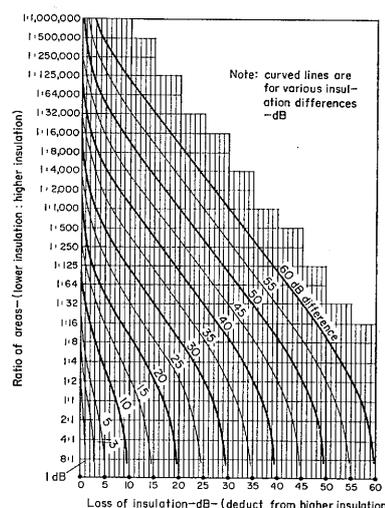


Figura 3 - Correção do isolamento devido às heterogeneidades.

A partir da curva de isolamento obtida pela Lei experimental da Massa e da Frequência pode-se obter um valor global de isolamento que represente esse elemento construtivo a partir da metodologia descrita em 2.1.2..

2.2.2. Método gráfico de previsão

O método gráfico permite a previsão de um valor global do isolamento a sons aéreos de um elemento construtivo em função da sua massa superficial [8]. Na Figura 4 apresenta-se o gráfico onde se relacionam o I_a e a massa dos elementos construtivos.

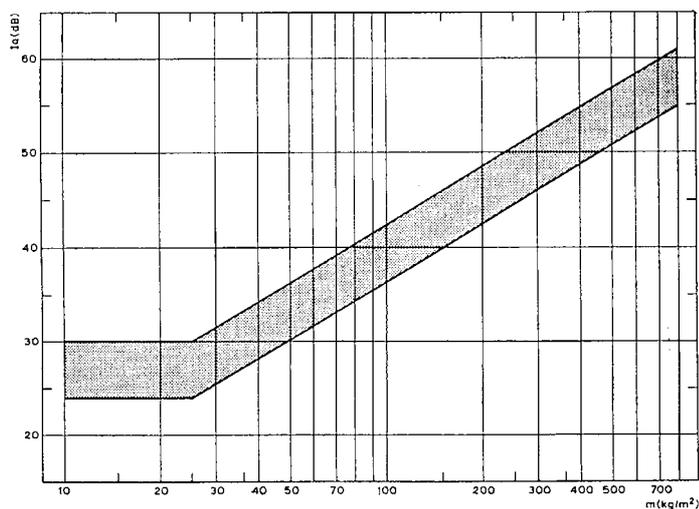


Figura 4 – Gráfico para a determinação do I_a .

Esta metodologia gráfica pode ser traduzida através de expressões analíticas que relacionam o índice de isolamento sonoro a sons aéreos (I_a) com a massa superficial do elemento. Deste modo, o valor global do isolamento a sons aéreos de uma divisória simples pode-se traduzir pelas expressões (9) e (10).

$$I_a = 27 \pm 3.15 \quad \text{se } m < 25 \text{ Kg/m}^2 \quad (9)$$

$$I_a = 20.4 * \log(m) - 1.5 \pm 3.15 \quad \text{se } m \geq 25 \text{ Kg/m}^2 \quad (10)$$

Caso existam heterogeneidades na divisória é necessário proceder a correcções no valor do isolamento através do procedimento descrito em 2.2.1..

Embora o método gráfico traduza o comportamento de divisórias simples, é possível determinar a partir das expressões (9) e (10) o valor de I_a para divisórias múltiplas. No entanto, neste caso é necessário verificar algumas condições:

- 1) A frequência de ressonância dos painéis da divisória múltipla deve ser inferior a 63 Hz. Esta frequência pode ser obtida através da expressão (7).
- 2) A espessura da caixa de ar do elemento não deve ser inferior ao valor obtido pela expressão (11):

$$d = 0.9 * \left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right) \quad (11)$$

- 3) Deve existir na caixa de ar uma camada de elemento absorvente com uma espessura mínima de 4 cm.

Se estas condições forem verificadas o valor de I_a obtém-se através da soma de 3 a 5 dB ao valor obtido pelas expressões (9) ou (10).

2.2.3. Outras expressões previsionais

Existe um número variado de outras expressões previsionais que resultaram da experiência de diversos autores. No caso presente vai-se apenas analisar uma destas expressões, proposta pelo Laboratório de Acústica da FEUP [9].

$$I_a = 18 \text{ Log } (m) + 2,6 \quad \text{se } m < 150 \text{ Kg/m}^2 \quad (12)$$

$$I_a = 43 \text{ Log } (m) - 51 \quad \text{se } m \geq 150 \text{ Kg/m}^2 \quad (13)$$

Sendo \underline{m} a massa superficial do elemento construtivo.

3. O REGULAMENTO GERAL SOBRE O RUÍDO

O R.G.S.R. [1] impõe valores mínimos de isolamento a sons aéreos entre dois espaços variando consoante a utilização dos espaços. Para o caso de elementos construtivos que estabelecem a separação entre duas habitações do mesmo edifício, o valor mínimo fixado é de 48 dB. No caso de o elemento estabelecer a separação entre uma habitação e locais onde se pretendam desenvolver actividades industriais, de comércio ou serviços o valor mínimo é de 55 dB.

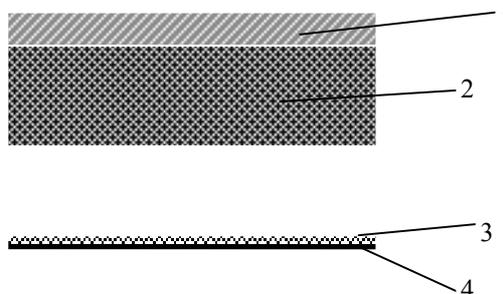
4. DESCRIÇÃO DOS ELEMENTOS CONSTRUTIVOS ENSAIADOS

Os elementos construtivos submetidos a ensaio encontram-se descritos a seguir.

Elemento construtivo 1: estabelece a separação entre uma zona de comércio e uma zona de habitação. É uma laje aligeirada com 21 cm de espessura com uma camada de compressão de 4 cm. Na parte superior existe uma camada de acabamento em argamassa com 8 cm de espessura. O elemento possui ainda um tecto falso de placas de gesso perfuradas com 13 mm de espessura. O tecto falso está afastado 30 cm da face inferior da laje, com 10 cm ocupados por lâ de rocha de densidade igual a 35 Kg/m³.

LEGENDA:

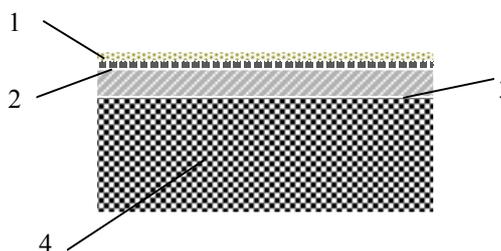
- 1 - Camada de acabamento de 8 cm
- 2 - Laje aligeirada com 21 cm de tijoleira e 4 cm de camada de regularização
- 3 - Lã de rocha de densidade 35 Kg/m³ e espessura de 100 mm
- 4 - Placas de gesso furadas de 13 mm de espessura



Elementos construtivos 2 e 3: estabelecem a separação entre duas habitações, em que o nº 2 estabelece a separação entre quartos e o nº3 separa duas zonas de estar. Estes elementos são constituídos por uma laje aligeirada de 21+3 cm, revestido inferiormente por uma camada de estuque, e possuindo superiormente uma camada de regularização com uma mistura de betão e granulado de cortiça com 9 cm de espessura, 3 cm de caixa de ar e um soalho de madeira de 22 mm fixado mecanicamente por réguas de madeira.

LEGENDA:

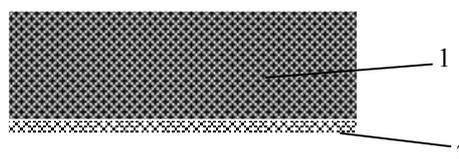
- 1 - Soalho de madeira de 22 mm
- 2 - 3 cm de chaços
- 3 - Camada de regularização de betão granulado de cortiça com 9 cm de espessura
- 4 - Laje aligeirada com uma espessura total de 24 cm, 3 dos quais correspondem à camada de compressão



Elemento construtivo 4: estabelece a separação entre uma zona de comércio e uma zona de habitação e é constituído por uma laje maciça de betão armado com 15 cm de espessura e por um tecto falso de placas de gesso cartonado de 13 mm. As placas de gesso

LEGENDA:

- 1 - Laje maciça de betão armado com 15 cm espessura
- 2 - Lã de rocha de densidade 100 Kg/m³ e espessura de 30 mm
- 3 - Placas de gesso furadas de 13 mm de espessura



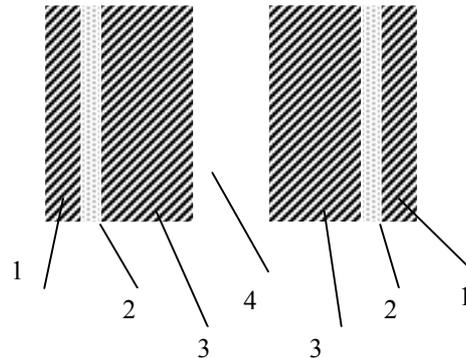
encontram-se afastadas 30 cm da parte inferior da laje. O espaço entre a laje e o tecto falso está parcialmente preenchido em 30 mm, a p 100 Kg/m³ de densidade.

laje. O espaço entre a laje e o tecto falso está parcialmente preenchido em 30 mm, a p 100 Kg/m³ de densidade.

Elemento construtivo 5: estabelece a separação entre duas habitações unifamiliares, entre as salas de estar, sendo constituído por uma parede dupla de tijolo furado com dois panos de 11+7 cm cada e rebocada em ambas as faces.

LEGENDA:

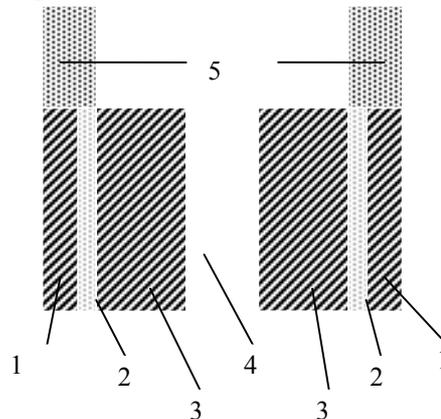
- 1 - Tijolo cerâmico de 7 cm
- 2 - Reboco
- 3 - Tijolo cerâmico de 11 cm
- 4 - Caixa de ar de 4 cm



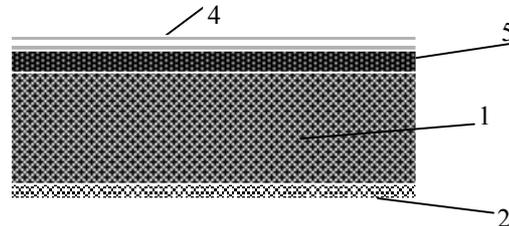
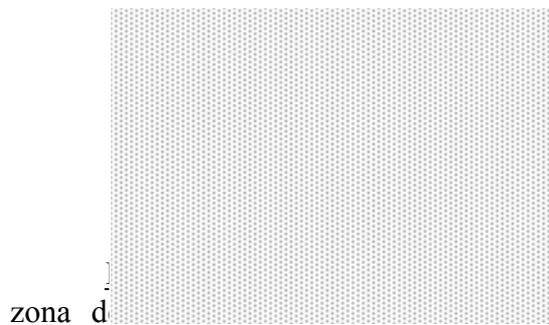
Elemento construtivo 6: estabelece a separação entre duas habitações unifamiliares, entre as salas de estar, sendo constituído por uma parede dupla de tijolo furado com dois panos de 11+7 cm cada e rebocada em ambas as faces. Na parte superior da parede existe em cada pano um vidro duplo de 11+6+11 mm de espessura.

LEGENDA:

- 1 - Tijolo cerâmico de 7 cm
- 2 - Reboco
- 3 - Tijolo cerâmico de 11 cm
- 4 - Caixa de ar de 4 cm
- 5 - Vidro duplo de 11+6+11 mm de espessura



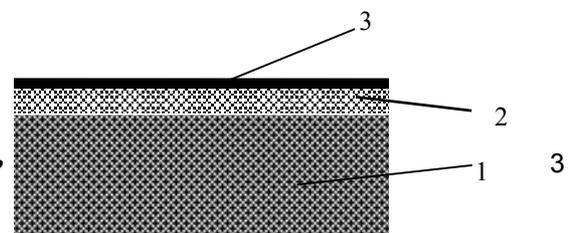
Elemento construtivo 7: estabelece a separação entre uma zona de comércio e uma zona de habitação e é constituído por uma laje aligeirada de 21 + 4 cm e por um tecto falso de placas de gesso cartonado de 13 mm. As placas de gesso encontram-se afastadas 11 cm da parte inferior da laje. O espaço entre a laje e o tecto falso está parcialmente preenchido em 30 mm, na zona inferior da laje, com lã de rocha de 100 Kg/m³ de densidade. Na face superior da laje existe uma camada de regularização de 8 cm e 2 cm de soalho.



estabelece a separação entre uma zona de comércio e uma zona de habitação, sendo constituído por uma laje aligeirada de 21 + 4 cm, tendo superiormente uma camada de regularização de 8 cm e 2 cm de soalho.

LEGENDA:

- 1 - Laje aligeirada 21+4 cm
- 2 - Camada de regularização com 8 cm de espessura
- 3 - Soalho com 2 cm de espessura



5. RESULTADOS

5.1. Resultados experimentais

No Quadro 4 apresentam-se os valores de atenuação sonora para as diversas frequências centrais das bandas de 1/3 de oitava entre os 100 Hz e os 4000 Hz de cada elemento ensaiado. Para além dos valores já referidos também se apresenta o valor de índice de isolamento sonoro (Ia) de cada elemento construtivo e o mínimo regulamentar para cada caso R.G.S.R.).

QUADRO 4 - Valores de resultantes dos ensaios realizados.

FREQUÊNCIAS	EC 1	EC 2	EC 3	EC 4	EC 5	EC 6	EC 7	EC 8
100	45,9	43,0	37,3	46,2	29,5	35,4	38,0	40,5
125	49,3	41,0	36,7	42,7	31,1	26,7	44,0	39,2
160	47,7	44,3	36,5	48,6	35,9	34,3	45,0	38,6
200	46,0	44,7	38,6	47,4	34,2	30,8	45,6	41,6
250	47,7	42,1	37,8	46,7	32,2	29,5	47,9	41,0
315	49,8	42,8	40,2	50,0	33,3	30,6	48,8	42,3
400	50,0	46,5	43,4	50,4	38,8	34,9	48,3	44,4
500	50,1	48,7	44,7	51,1	41,1	35,0	50,3	45,1
630	52,8	49,8	44,7	53,6	41,9	36,8	53,4	47,0
800	55,1	50,4	46,6	55,4	44,5	38,4	55,4	45,8
1000	57,5	50,4	47,1	56,2	48,8	43,0	58,5	45,4
1250	60,4	52,5	48,1	57,7	51,3	43,7	62,3	45,7
1600	61,7	52,9	48,9	58,6	54,0	46,1	64,3	47,2
2000	64,6	57,1	52,5	60,9	60,2	50,1	67,8	49,4
2500	67,4	59,9	55,1	62,1	62,7	51,6	70,3	51,4
3150	67,3	63,2	61,0	63,2	66,4	53,2	69,7	51,7
4000	70,8	66,2	64,0	66,2	71,1	54,0	71,4	55,3
Ia	57	51	48	56	45	40	57	47
R.G.S.R.	55	48	48	55	48	48	55	55

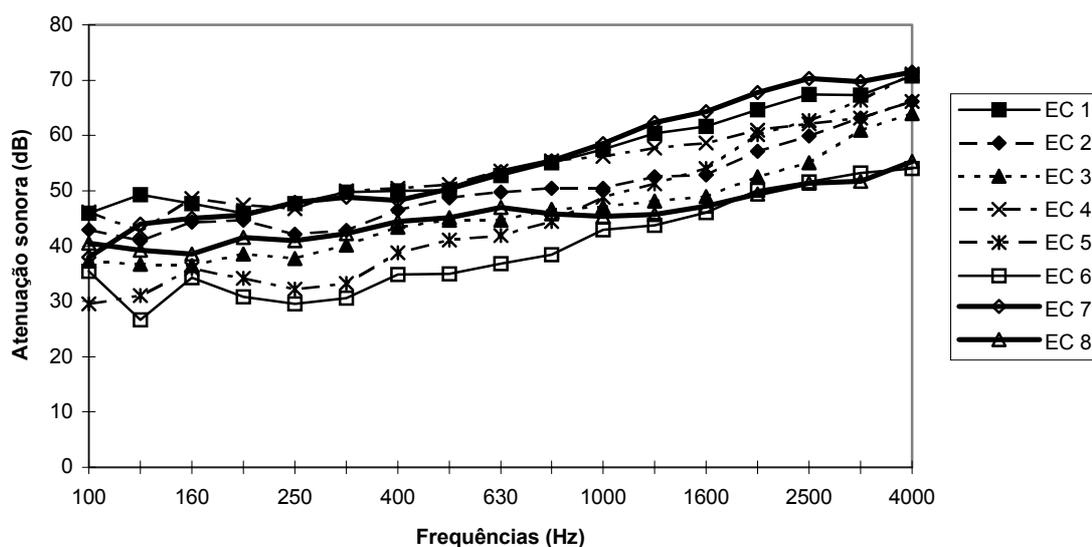


Figura 5 - Curvas experimentais de isolamento a sons aéreos dos diversos elementos.

5.2. Resultados obtidos pelos métodos previsionais

5.2.1. Valores de isolamento a sons aéreos obtidos pela Lei experimental da Massa e da Frequência

No Quadro 5 apresentam-se os valores previstos através da Lei experimental da Massa e da Frequência em dB, de acordo com a metodologia exposta em 2.2.1..

QUADRO 5 - Valores obtidos pela Lei experimental da Massa e da Frequência.

FREQUÊNCIAS	EC 1	EC 2	EC 3	EC 4	EC 5	EC 6	EC 7	EC 8
100	44.06	37.57	37.57	44.06	39.06	32.20	40.94	36.58
125	46.00	39.00	39.00	43.10	36.56	29.70	42.19	38.00
160	43.75	38.90	38.90	46.25	40.00	32.80	47.81	35.12
200	46.90	35.70	35.70	48.90	43.12	35.80	50.00	38.29
250	50.00	38.90	38.90	52.00	46.25	39.20	53.50	41.46
315	53.80	42.20	42.20	54.06	49.38	42.50	53.75	43.17
400	56.25	45.70	45.70	55.94	53.12	45.56	56.25	44.63
500	58.00	47.00	47.00	58.00	55.00	47.50	59.50	46.00
630	60.00	48.10	48.10	60.00	57.19	49.17	60.00	47.32
800	61.88	49.46	49.46	61.88	58.75	48.89	62.19	48.78
1000	64.00	51.00	51.00	64.00	61.00	45.56	65.50	50.00
1250	65.94	52.16	52.16	66.25	63.12	46.67	66.25	51.46
1600	67.81	53.51	53.51	67.81	65.00	49.72	68.12	52.93
2000	70.00	55.00	55.00	70.00	67.00	52.78	71.50	54.00
2500	71.88	56.22	56.22	70.90	69.06	56.11	72.19	55.36
3150	70.60	57.57	57.57	67.50	61.25	59.17	71.25	56.83
4000	74.40	59.00	59.00	71.25	73.00	62.22	71.40	58.00
Ia	61	50	50	62	57	48	62	50

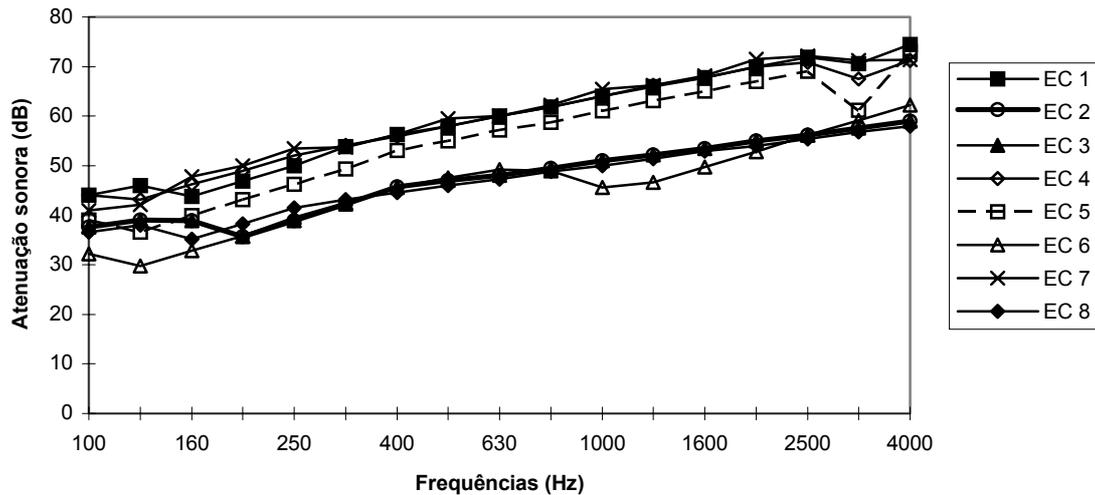


Figura 6 - Curvas de isolamento a sons aéreos obtidas pela Lei da Massa.

5.2.2. Valores de isolamento a sons aéreos obtidos através do método gráfico

No Quadro 6 apresentam-se os valores que se obtiveram através do cálculo previewal realizado com o método gráfico.

Quadro 6 - Valores obtidos pelo método gráfico.

Elemento	Método do LNEC (dB)	
	Média	Intervalos de valores
1	56	53 a 59
2	50	47 a 54
3	50	47 a 54
4	54	51 a 57
5	57	55 a 58
6	48	46 a 50
7	57	54 a 60
8	54	50 a 57

5.2.3. Valores de isolamento a sons aéreos obtidos através da expressão prática

No Quadro 7 apresentam-se os valores de I_a obtidos através da expressão previewal de isolamento a sons aéreos descrita no ponto 2.2.3..

Quadro 7 - Valores de I_a em dB obtidos pela expressão prática.

Elemento	Valores de I_a	Massa superficial (Kg/m^2)
1	64	474
2	58	344
3	58	344
4	60	389
5	68	594
6	68	594
7	44	653
8	65	505

6. ANÁLISE DE RESULTADOS

No Quadro 8 apresenta-se uma tabela de comparação dos resultados obtidos pelos diversos métodos.

No caso dos elementos construtivos 1, 2, 3, 4 e 7 os valores médios obtidos pelo método gráfico são próximos dos valores reais, sendo no caso do elemento 7 um valor igual. Para estes mesmos elementos o valor real de isolamento a sons aéreos situa-se entre os valores mínimo e máximo dados pelo método gráfico.

Nos elementos 4, 5 e 8 os valores reais de isolamento a sons aéreos situam-se fora da gama de valores obtidos através do método gráfico obtendo-se um maior afastamento no caso do elemento 5, uma diferença de 10 dB em relação ao valor mínimo. No caso do elemento 6 a diferença é de 6 dB. No caso do elemento 8 a diferença em relação ao valor mínimo é de 3 dB.

Quadro 8 - Comparação dos valores obtidos pelas diversas metodologias.

Elemento Construtivo	Método Gráfico			Lei da Massa experimental(dB)	Expressão prática (dB)	Valores medidos (dB)
	Mínimos	Média	Máximos			
1	53	56	59	61	64	57
2	47	50	54	50	58	51
3	47	50	54	50	58	48
4	51	54	57	62	60	56
5	55	57	58	57	68	45
6	46	48	50	48	68	40
7	54	57	60	62	44	57
8	50	54	57	50	65	47

Para o caso dos elementos construtivos 2, 3, 5 e 6 os valores obtidos através da Lei da Massa e da Frequência são idênticos aos valores médios obtidos pelo método gráfico. Para os elementos 2 e 3 os valores são próximos dos valores reais, mas para os elementos 5 e 6 isto já não se verifica o que faz supor que o afastamento não se deve ao uso de determinada metodologia de previsão mas sim devido à transmissão marginal pela envolvente do recinto.

A Lei experimental da Massa e da Frequência para o caso do elemento 8 obtém um valor de I_a igual ao valor mínimo obtido pelo método gráfico, no entanto para os elementos 1 e 4 obtém valores superiores aos dados pelo intervalo de valores possíveis determinados pelo método gráfico e afastando-se dos valores reais. Este fenómeno verifica-se porque a Lei da Massa e da Frequência não consegue simular o comportamento destes elementos construtivos na região das frequências médias.

No caso dos elementos construtivos 5, 6 e 8 os valores médios previstos pelo método gráfico e os valores previstos pela Lei experimental da Massa e da Frequência são superiores aos valores medidos. Este fenómeno verifica-se nos casos dos elementos 5 e 6 devido à existência de zonas heterogéneas (envidraçados) que favorecem a transmissão sonora directa através do elemento. Na situação do elemento 8 o desvio em relação aos valores reais é devido à existência de tubagens de ventilação que não se encontram devidamente isoladas e que favorecem a transmissão sonora entre recintos.

As expressões práticas 12 e 13 apresentam sempre valores previsionais de I_a superiores à realidade, exceptuando-se o caso do elemento construtivo 7. No entanto, o mínimo desvio em relação aos valores de ensaio é de 4 dB apresentando-se no caso do elemento 7 um afastamento de 28 dB.

À excepção dos elementos construtivos 5, 6 e 8, obtiveram-se sempre valores reais superiores aos mínimos requeridos pelo R.G.S.R. [1].

Neste estudo verifica-se que os elementos construtivos verticais que estabelecem a separação entre habitações continuam a ter valores de isolamento a sons aéreos aquém dos mínimos exigidos pelo R.G.S.R. o que já não se passa em relação aos elementos horizontais.

Em relação aos elementos construtivos que estabelecem a separação entre zonas comerciais e habitações na generalidade das situações obtêm-se valores regulamentares, no entanto, os valores obtidos são sempre muito próximos do mínimo exigido.

7. CONCLUSÕES

O método gráfico obtém valores previsionais bastante próximos dos reais. Na maior parte dos casos os valores reais são próximos dos valores médios obtidos por este método. A sua principal vantagem consiste na apresentação de um intervalo de valores que permite ter em consideração a dispersão de resultados que elementos de igual massa podem ter.

A Lei experimental da Massa e da Frequência revela dificuldades em aproximação à realidade nas zona das médias e altas frequências, no entanto, revela-se como a melhor metodologia para a realização de um estudo criterioso das deficiências de isolamento por bandas de frequências.

As expressões práticas 12 e 13 apresentam um elevado afastamento em relação à realidade em todas as situações estudadas, obtendo-se valores mais próximos aos reais nos casos em que as massas superficiais são baixas.

Nos casos em que o Método Gráfico e a Lei experimental da Massa e da Frequência se afastam da realidade, as observações realizadas no local revelaram que esse afastamento se deve à existência de deficiências da envolvente e de soluções construtivas imperfeitas, tais como, juntas imperfeitas, atravessamento de tubagens e pontes acústicas diversas.

A verificação do R.G.S.R. é mais rara em divisórias verticais entre duas habitações do mesmo edifício. No caso de divisórias que estabelecem a separação entre zonas de habitação e zonas comerciais verificam as condições impostas na legislação actualmente em vigor, mas aproximam-se dos valores mínimos regulamentares.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Regulamento Geral Sobre o Ruído, aprovado pelo Decreto-Lei nº 251/87, de 24 de Junho, alterado pelo Decretos-Lei nº 292/89, de 2 de Setembro e nº 72/92, de 28 de Abril, e pela Portaria nº 879/90, de 20 de Setembro
- [2] Norma Portuguesa NP 669 de 1974
- [3] Norma Internacional ISO 140/IV
- [4] Norma Portuguesa NP 2073 de 1983
- [5] Norma Internacional ISO 717/I
- [6] Meisser, Mathias; “La pratique de l’acoustique dans le bâtiment”, Eyrolles, Paris, 1978
- [7] Purkis, H. J; “Building Physics: Acoustics”, Edições Pergamon Press, 1966
- [8] Silva, P. Martins; “Acústica de edifícios”, Edições LNEC, LISBOA, 1978
- [9] Carvalho, A. P. Oliveira de; ”O Regulamento Geral Sobre o Ruído e outras histórias”, Curso de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade do Minho, 1996