

AVALIAÇÃO ACÚSTICA DE EDIFÍCIOS HABITACIONAIS

ANÁLISE DOS COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO ASSOCIADOS AOS ÍNDICES DE COMPORTAMENTO ACÚSTICO DE HABITAÇÕES.

PACS no. 43.50.Ba

Rui Silva¹; Jorge Patrício²; Daniel Aelenei¹

¹ Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade Nova de Lisboa
Monte de Caparica, 2829-516 Caparica, Portugal, r.silva@campus.fct.unl.pt; aelenei@fct.unl.pt

² Laboratório Nacional de Engenharia Civil
Av. do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa, Portugal, jpatricio@lnec.pt

RESUMO

O modelo de avaliação acústica de edifícios habitacionais existente atualmente em Portugal considera como aspeto fundamental as características de desempenho acústico da própria habitação, baseando-se na quantificação dos descritores regulamentares aplicáveis. Neste âmbito, o modelo integra um conjunto de coeficientes de ponderação associados aos vários índices de comportamento acústico, em face da importância relativa que assumem na apreciação global da qualidade acústica de cada habitação. Para aferir os valores destes coeficientes foi desenvolvido um estudo através de um inquérito social realizado com recurso a uma ferramenta de preenchimento *on-line*. Com base nos resultados obtidos foi possível validar o método de classificação acústica em causa.

Palavras-chave: Classificação Acústica, Ruído, Habitações.

ABSTRACT

The evaluation model of residential building's acoustics currently in Portugal considers as a fundamental aspect the characteristics of the dwelling's acoustics performance, based on the quantification of regulation's descriptors. In this context, the model integrates a set of weighting coefficients associated with the various levels of acoustic behavior, given the relative importance they play in the overall assessment of the acoustic quality of each dwelling. To measure the values of these coefficients was developed a study through a social survey conducted using a fill tool online. Based on the results, it was possible to validate the method of acoustic classification concerned.

Keywords: Acoustic's Classification, Noise, Dwellings.

1. INTRODUÇÃO

Os ruídos que afetam o conforto dos ocupantes de uma habitação não são todos iguais e, como tal, não é expectável que provoquem igual incomodidade nos ocupantes. Considerando um método de classificação do desempenho acústico de habitações, este deve ser sensível a essa distinção de incomodidade dos ruídos.

No método LNEC^[1] para avaliação e classificação da qualidade acústica de edifícios habitacionais essa distinção é considerada no nível físico da habitação, através de coeficientes de ponderação associados aos parâmetros avaliados.

Neste trabalho é realizado um estudo para a estimação desses coeficientes de ponderação associados aos parâmetros que avaliam o desempenho acústico de habitações face aos ruídos que afetam os seus ocupantes, estabelecendo uma hierarquia entre eles.

Para atingir o objetivo proposto recorreu-se a um inquérito social distribuído com recurso a uma ferramenta *on-line* (*Google Docs*). A principal vantagem do uso de uma ferramenta *on-line* para distribuição do inquérito passa por reunir um significativo número de respostas, num curto intervalo de tempo, derivadas não apenas de uma zona geográfica mas um pouco por todo o país (figura 2) integrando diferentes zonas e tipos de edifício e possibilitando estimar um valor médio associado a um isolamento genérico, ou seja, independente do tipo de solução construtiva.

2. COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO

O método LNEC baseia-se na avaliação de três componentes: a vizinhança, o edifício e a habitação.

Na avaliação da sua componente da habitação são considerados oito índices de comportamento acústico, sete regulamentares e outro - isolamento sonoro a sons aéreos entre zonas de estar e quartos da mesma habitação - não regulamentar. A estes parâmetros estão associados coeficientes que distinguem o “peso” de cada um deles no processo de avaliação. No quadro 1 apresentam-se os parâmetros em causa assim como respetivos coeficientes de ponderação indicados no método LNEC. Estes coeficientes refletem a subjetividade existente na incomodidade causada nos ocupantes da habitação pelos ruídos associados aos vários índices.

No método é atribuída uma pontuação em função do valor do índice de comportamento acústico considerado. A metodologia parte do pressuposto que os valores dos requisitos regulamentares estipulados no RRAE^[2] são verificados. Para a sua aplicação nos casos de edifícios existentes que possam não cumprir os critérios regulamentares existe uma extensão da metodologia que permite classificar estes edifícios. A figura 1 indica a forma como é atribuída a pontuação para índices de isolamento sonoro de condução aérea. Para os índices de isolamento sonoro a sons de percussão e para o nível de avaliação do ruído particular de equipamentos coletivos do edifício a abordagem é “simétrica” dado que quanto menor o valor do índice melhor é o isolamento a esse ruído. No caso do parâmetro não regulamentar - índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea entre compartimentos de estar e dormir do mesmo fogo - para valores de 35 dB a 38 dB é atribuído 1 ponto, e para valores superiores até 48 dB são atribuídos até 3 pontos.

A Avaliação da componente habitação é então determinada com a seguinte expressão:

$$Habitação = \frac{\sum_1^N \alpha_i P_{t_i}}{\sum_i \alpha_i}$$

N - é o número de índices (requisitos regulamentares) considerados para a avaliação

P_{t_i} - são os pontos atribuídos a cada índice considerado

α_i - coeficiente de ponderação associado a cada índice

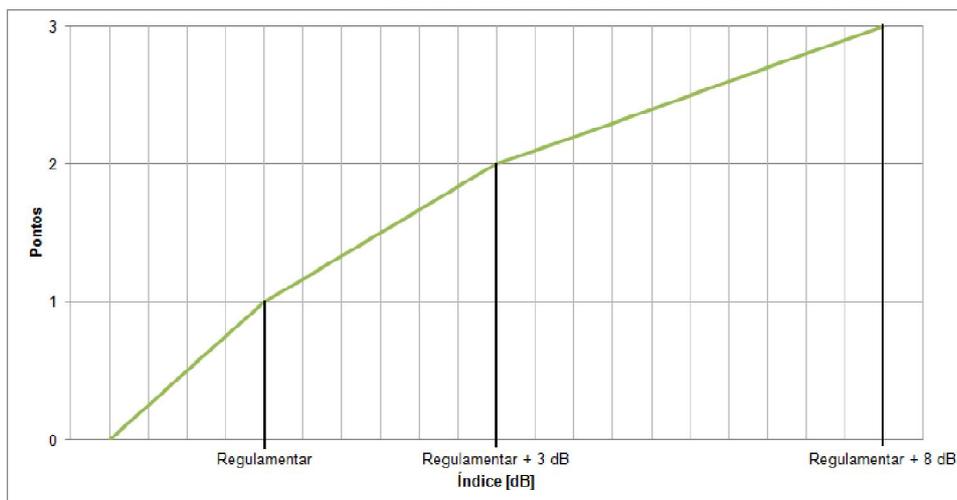


Figura 1 – exemplo de ábaco para atribuição de pontos (sons aéreos)

Quadro 1 – parâmetros e coeficientes de ponderação associados, considerados no método LNEC

Parâmetro	Símbolo	Coefficiente
Isolamento sonoro a sons de condução aérea provenientes do exterior do edifício	$D_{2m,nT,w}$	$\alpha_1 = 4$
Isolamento sonoro a sons de condução aérea provenientes do interior do edifício entre habitações	$D_{nT,w}$	$\alpha_2 = 6$
Isolamento sonoro a sons de condução aérea provenientes do interior do edifício entre áreas comuns e habitações	$D_{nT,w}$	$\alpha_3 = 2$
Isolamento sonoro a sons de condução aérea provenientes do interior do edifício entre áreas comerciais e habitações	$D_{nT,w}$	$\alpha_4 = 8$
Isolamento sonoro a sons de percussão provenientes do interior do edifício entre habitações	$L'_{nT,w}$	$\alpha_5 = 8$
Isolamento sonoro a sons de percussão provenientes do interior do edifício entre áreas comerciais e habitações	$L'_{nT,w}$	$\alpha_6 = 6$
Nível de avaliação do ruído de equipamentos coletivos em quartos e zonas de estar da habitação	$L_{Ar,nT}$	$\alpha_7 = 5$
Isolamento sonoro a sons de condução aérea provenientes do Interior do edifício entre sala e quartos da habitação	$D_{nT,w}^{(1)}$	$\alpha_8 = 1$

(1) – Parâmetro não regulamentar

3. INQUÉRITO SOCIAL

O inquérito foi organizado privilegiando a simplicidade de compreensão, imprescindível para uma adesão de respostas significativa, tendo em conta que a sua distribuição foi realizada com auxílio de uma ferramenta on-line. Para a sua elaboração foram estudados os princípios da norma portuguesa NP 4476:2008, sendo adotado neste caso uma escala numérica de onze pontos. O objetivo foi relacionar a incomodidade média dos vários ruídos referenciados. Um índice associado a um ruído mais incomodativo terá necessariamente um maior coeficiente de importância. De facto, as respostas à incomodidade dos ruídos tipo em causa estão influenciadas pelas condições de cada habitação, de localização do edifício e das características da sua envolvente. O inquérito elaborado limita-se a separar zona rural de zona urbana e a considerar a influência direta de vias principais. Não havendo um controlo da exposição ao ruído a que estão sujeitos os inquiridos, a única forma de generalizar os resultados foi integrar um significativo número de respostas que permita estimar valores médios. O inquérito elaborado no âmbito deste trabalho segue a seguinte estrutura:

Q1: Numa escala de 0 a 10 indique qual o seu grau de sensibilidade ao ruído

Q2: Idade

Q3:Concelho

Q4:Reside numa zona urbana ou numa zona rural?

Q5:Qual das seguintes situações corresponde à sua habitação?

- Casa isolada; casa geminada; último andar de edifício multifamiliar; andar intermédio de edifício multifamiliar; rés-do-chão de edifício multifamiliar; primeiro andar de edifício multifamiliar com espaço comercial adjacente

Q6:Número de residentes da habitação?

Q7:Reside junto a alguma via de tráfego principal que o incomode?

Q8:Da seguinte lista de ruídos indique 1 ou 2 dos mais incómodos na sua habitação:

- Ruído proveniente do exterior do edifício (carros, comboios, aviões, indústria)
- Ruído proveniente de espaço comercial adjacente à habitação
- Ruído proveniente dos vizinhos (música alta; televisão; pessoas a falar)
- Ruído de equipamentos do edifício (elevador, canalização, porta de garagem)
- Ruído proveniente de áreas comuns do edifício (pessoas a falar nos corredores)
- Ruído proveniente da sua habitação entre sala e quartos (televisão, música, falar alto)
- Ruído proveniente dos vizinhos (passos, arrastar de móveis, objetos a cair)

Q9:O ruído proveniente de passos ou arrastar de móveis quando comparado com o ruído de música, televisão, pessoas a falar ou animais domésticos é:

- Mais incómodo; Menos incómodo; Iguamente incómodo; Não se aplica

Q10:Com base nas respostas anteriores, indique o número na escala de 0 a 10 que melhor representa o seu desconforto relativo aos seguintes ruídos:

(0 - Absolutamente Nada; 10 -Extremamente)

- Ruído proveniente do exterior do edifício (carros, comboios, aviões, indústria)
- Ruído proveniente de espaço comercial adjacente à habitação
- Ruído proveniente dos vizinhos (música alta; televisão; pessoas a falar)
- Ruído de equipamentos do edifício (elevador, canalização)
- Ruído proveniente de áreas comuns do edifício (pessoas a falar nos corredores)
- Ruído proveniente da sua habitação entre sala e quartos (televisão, música, falar alto)
- Ruído proveniente dos vizinhos (passos, arrastar de móveis)

Q11:Das seguintes proteções, indique 1 ou 2 que considere mais importantes numa habitação:

- Proteção contra o ruído do exterior do edifício (carros, comboios, aviões, indústria)
- Proteção contra o ruído de espaços comerciais adjacentes à habitação
- Proteção contra o ruído dos vizinhos (música alta; televisão; pessoas a falar)
- Proteção contra o ruído de equipamentos do edifício (elevador, canalização)
- Proteção contra o ruído de áreas comuns do edifício (pessoas a falar nos corredores)
- Proteção contra o ruído da habitação entre sala e quartos (televisão, música, falar alto)
- Proteção contra o ruído proveniente dos vizinhos (passos, arrastar de móveis)

Q12:Com base nas respostas anteriores, indique o número na escala de 0 a 10 que melhor representa a importância da proteção aos seguintes ruídos:

(0 - Absolutamente Nada; 10 -Extremamente)

- Proteção contra o ruído do exterior (carros, comboios, aviões, indústria)
- Proteção contra o ruído de espaços comerciais adjacentes à habitação
- Proteção contra o ruído dos vizinhos (música alta; televisão, pessoas a falar)
- Proteção contra o ruído de equipamentos do edifício (elevador, canalização)
- Proteção contra o ruído de áreas comuns do edifício (pessoas a falar nos corredores)
- Proteção contra o ruído da habitação entre sala e quartos (televisão, música, falar alto)
- Proteção contra o ruído dos vizinhos (passos, arrastar de móveis)

As questões 1 a 7 caracterizam a amostra populacional e as questões 8 e 9 induzem os inquiridos a pensarem nos tipos de ruído que serão avaliados antes de, na questão 10, indicarem um valor, numa escala de 0 a 10, que melhor representa o seu incómodo. As questões 8 e 9 servem também para controlar as incoerências nas respostas dadas. As últimas questões 11 e 12 são semelhantes às questões 9 e 10 mas em vez do ruído indica-se o isolamento ao ruído, usando a escala numérica de 11 pontos como uma escala de importância. O público-alvo deste inquérito social foram pessoas residentes em Portugal com acesso a internet. Decidiu-se excluir a faixa etária dos 18 aos 25 e com mais de 65 anos pois são grupos que geralmente apresentam uma atitude de indiferença perante o ruído.

Após um processo de validação das respostas a amostra inicial de 1543 respostas foi reduzida a 1041 respostas. Destas 1041 respostas, excluindo as idades 18-25 e maiores que 65, resultou uma amostra com 784 respostas a partir da qual foram retiradas, de acordo com as características pretendidas, as amostras para estimar cada um dos coeficientes.

Para o coeficiente α_1 , associado ao índice de isolamento de fachada, a amostra populacional é constituída por residentes em zonas urbanas, sem influência de vias de tráfego principais, uma vez que os edifícios

habitacionais próximos destas vias principais refletem-se numa

sobrevalorização da incomodidade ao ruído proveniente do exterior, em particular do tráfego rodoviário. Esta amostra corresponde a um total de 436 respostas

Em relação aos coeficientes α_2 e α_5 , associados aos índices de isolamento entre fogos a sons aéreos e de percussão respetivamente, a amostra populacional é definida por inquiridos cuja habitação corresponda a casa geminada ou edifício multifamiliar. Esta amostra corresponde a um total de 382 respostas. Nesta amostra as respostas foram submetidas a um processo de validação adicional, comparando os resultados da questão 9 com os valores indicados na questão 10.

Para os coeficientes α_3 e α_7 , associados aos índices de isolamento entre áreas comuns e fogos e ao nível de avaliação do ruído particular de equipamentos coletivos do edifício, a amostra populacional é definida por inquiridos cuja habitação corresponde a edifício multifamiliar. Esta amostra corresponde a um total de 560 respostas.

O coeficiente α_4 , associado ao índice de isolamento entre áreas comerciais e habitações, contém a amostra populacional definida por inquiridos cuja habitação corresponde ao primeiro andar de um edifício multifamiliar com espaço comercial por baixo. Esta amostra corresponde a 51 respostas.

Para o coeficiente α_8 , associado ao índice de isolamento entre sala e quartos do interior da habitação a amostra populacional é definida por inquiridos cujo número de residentes na habitação é superior a um. Esta amostra corresponde a 715 respostas.

Para o coeficiente α_6 , associado ao índice de isolamento sonoro a sons de percussão provenientes do interior do edifício entre áreas comerciais e habitações, não foi definida nenhuma questão com vista à sua determinação uma vez que se trata de um pequeno segmento da população (habitações adjacentes a espaços comerciais) associado à dificuldade dos ocupantes em distinguir nas atividades comerciais o ruído aéreo do ruído de percussão. Depois de todos os coeficientes estimados procurou-se situar este coeficiente, na escala numérica de 0 a 10, em relação aos outros tendo em conta os seguintes pressupostos:

- o ruído aéreo proveniente de espaços comerciais é mais incomodativo que o ruído aéreo proveniente de fogos vizinhos (situação verificada nos valores estimados) assim como o ruído de percussão proveniente de espaços comerciais deverá ser mais incomodativo que o ruído de percussão proveniente de fogos vizinhos;

- uma vez estimado o coeficiente associado ao índice ruído aéreo com origem em espaços comerciais, o coeficiente relativo ao ruído de percussão com origem nesses espaços deverá ser superior pois os ruídos de percussão propagam-se até locais muito afastados da fonte de emissão sendo o seu isolamento geralmente de maior complexidade.

Desta forma optou-se por assumir que a mesma relação estimada entre os coeficientes α_2 e α_5 , ruídos aéreo e de percussão entre habitações vizinhas, será válida para os coeficientes α_4 e α_6 .

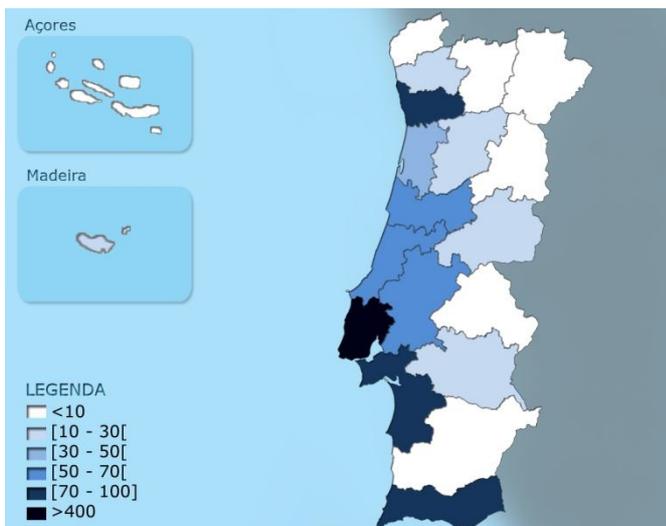
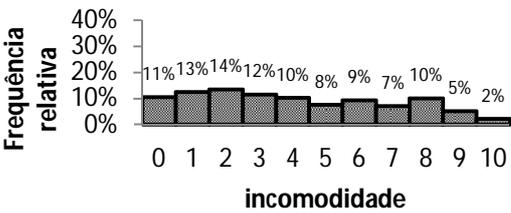
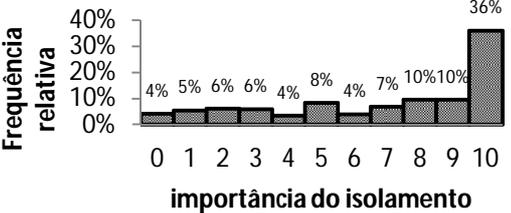
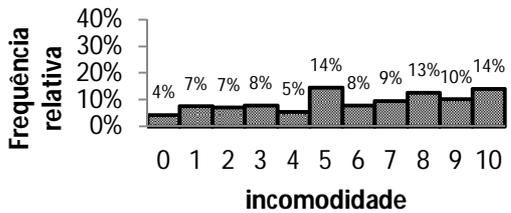
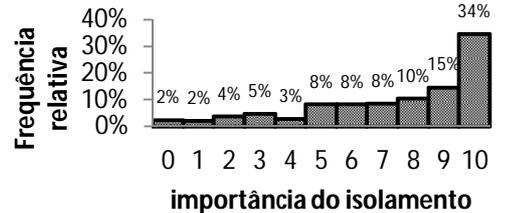
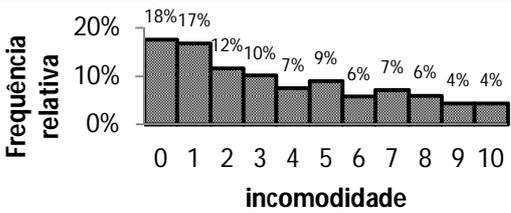
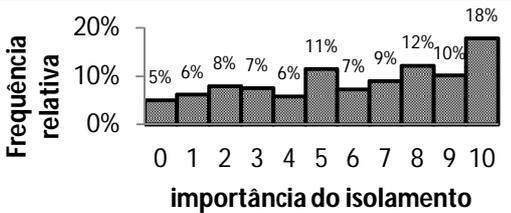
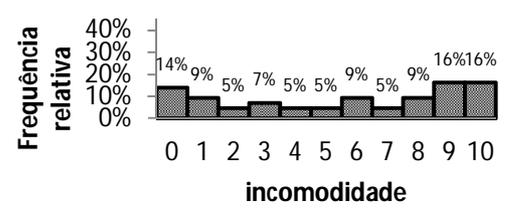
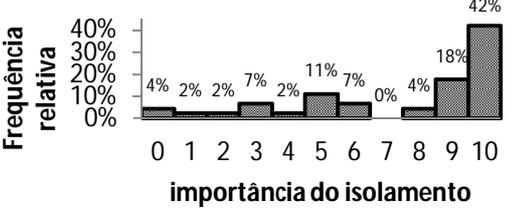


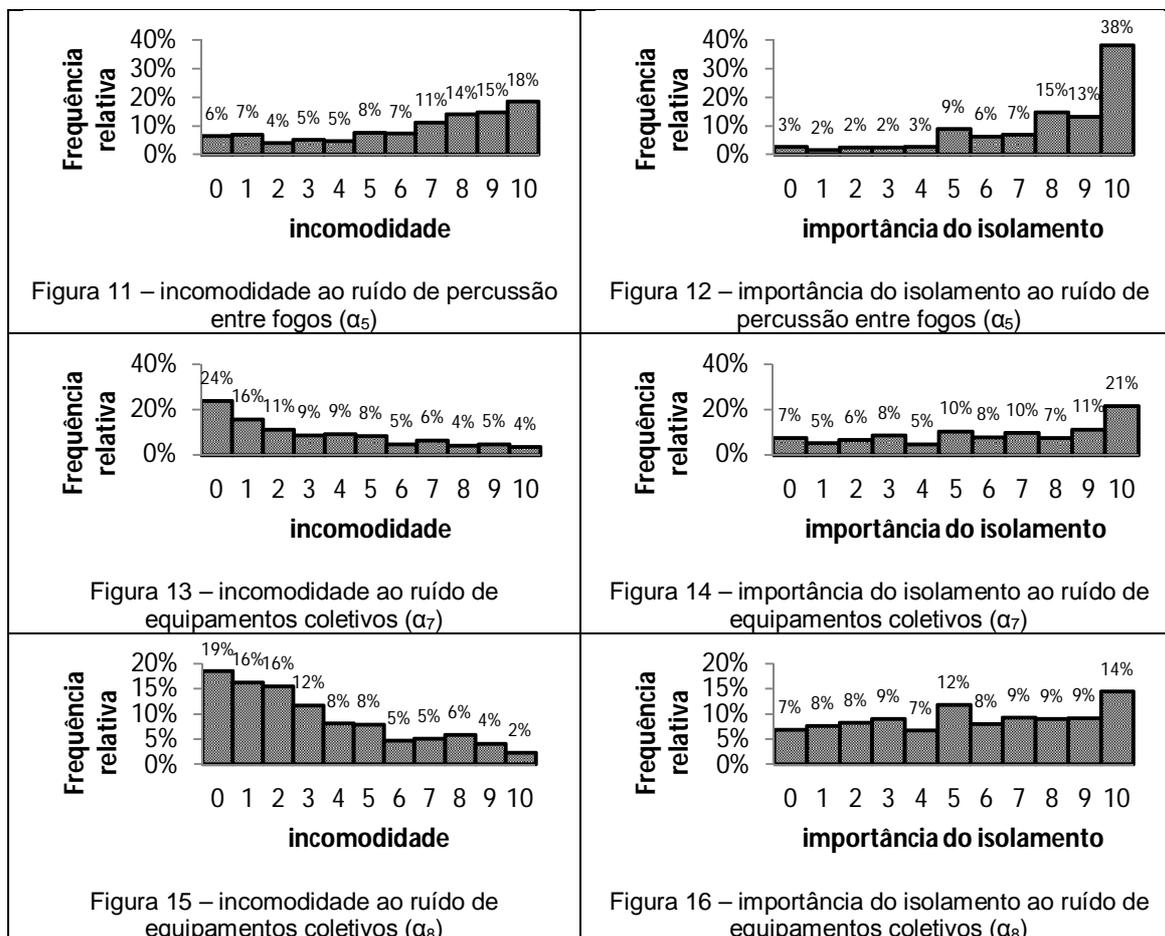
Figura 2 – distribuição da amostra populacional inquirida

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Considerando a expressiva dimensão das amostras populacionais foi possível, recorrendo ao teorema do limite central, fazer uma aproximação a distribuições normais e assim determinar um valor médio inserido num intervalo de confiança de 95% (quadro 2).

Nas figuras 3 a 16 observa-se a distribuição das respostas obtidas nas questões de incomodidade e da importância do isolamento aos ruídos tipificados e, no quadro 2, os valores médios determinados com os respetivos intervalos de confiança e os valores adotados. Os valores adotados foram selecionados com base no limite superior dos intervalos de confiança para cada parâmetro, arredondado à unidade.

 <p>Figura 3 – incomodidade ao ruído aéreo proveniente do exterior (α_1)</p>	 <p>Figura 4 – importância do isolamento ao ruído aéreo proveniente do exterior (α_1)</p>
 <p>Figura 5 – incomodidade ao ruído aéreo entre fogos (α_2)</p>	 <p>Figura 6 – importância do isolamento ao ruído aéreo entre fogos (α_2)</p>
 <p>Figura 7 – incomodidade ao ruído aéreo entre áreas comuns e fogos (α_3)</p>	 <p>Figura 8 – importância do isolamento ao ruído aéreo entre áreas comuns e fogos (α_3)</p>
 <p>Figura 9 – incomodidade ao ruído aéreo entre áreas comerciais e fogos (α_4)</p>	 <p>Figura 10 – importância do isolamento ao ruído aéreo entre áreas comerciais e fogos (α_4)</p>



Quadro 2 – valores médios e valores adotados

Coeficiente	Incomodidade do ruído			Importância do isolamento ao ruído		
	Valor médio	I.C. a 95% confiança	Valor adotado	Valor médio	I.C. a 95% confiança	Valor adotado
α_1	4,09	[3,81-4,37]	4	6,87	[6,56-7,19]	7
α_2	5,81	[5,50-6,12]	6	7,43	[7,15-7,72]	8
α_3	3,60	[3,33-3,86]	4	5,97	[5,70-6,23]	6
α_4	5,53	[4,45-6,62]	7	7,49	[6,58-8,40]	8
α_5	6,36	[6,03-6,69]	7	7,72	[7,45-7,99]	8
α_6	-	-	8	-	-	9
α_7	3,26	[2,99-3,53]	4	6,03	[5,74-6,31]	6
α_8	3,24	[3,02-3,45]	3	5,48	[5,24-5,72]	6

Na figura 17 identifica-se os coeficientes indicados pelo método LNEC, por ordem crescente, e a comparação com os valores estimados neste trabalho pela via da incomodidade média e pela via da importância média do isolamento aos ruídos tipificados.

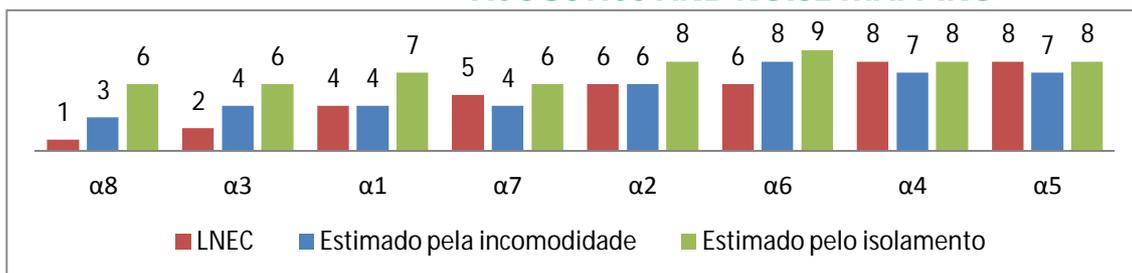


Figura 17 – comparação de valores

5.CONCLUSÕES

Analisando os valores adotados pela via da incomodidade ao ruído e pela via da importância do isolamento a esse ruído, nota-se que os valores obtidos pela segunda via estão relativamente inflacionados. As pessoas têm dificuldade em avaliar a incomodidade a um tipo de ruído, tendo ainda mais em avaliar a importância do isolamento a esse ruído, pelo que apenas se pode conferir que os coeficientes α_2 , α_6 , α_4 e α_5 mantêm-se mais à direita da escala numérica.

Observando os valores médios estimados neste trabalho é possível estabelecer uma hierarquia entre os coeficientes de ponderação (figura 17), na qual se evidencia que os índices referentes a ruído (aéreo e de percussão) proveniente de espaços comerciais e ruído (aéreo e de percussão) proveniente de habitações vizinhas assumem uma maior importância em relação aos restantes índices. Neste aspeto verifica-se a mesma situação nos coeficientes indicados pelo método LNEC ainda que com valores ligeiramente diferentes (a maior diferença acontece para α_6 , em que o valor adotado acabou por não ser estimado mas sim indicado com base na relação com os restantes).

Verifica-se que o ruído aéreo entre zonas de estar e quartos do interior da habitação é indicado com uma incomodidade média de 3, na distribuição das respostas, a maioria, que corresponde a 19% indicaram 0, absolutamente nada incomodativo. No conjunto dos índices deverá portanto possuir um coeficiente de ponderação mais baixo. De salientar ser um parâmetro a examinar no desempenho acústico da habitação mas que não se encontra considerado no regulamento.

O valor estimado para o coeficiente α_1 confere com o valor indicado no método LNEC (e a sua posição hierárquica não difere muito).

Para os valores de α_3 e α_7 , comparando com os indicados no método, salienta-se que o valor de α_3 , associado ao índice de isolamento a sons aéreos entre espaços comuns e zonas de estar nos fogos, que neste trabalho assume a mesmo valor que α_1 e α_7 , assume no método uma importância menor.

Considerando a dificuldade de obter valores rigorosos que representem a importância relativa dos isolamentos com base na percepção das pessoas, faz todo o sentido assumir valores médios. É possível, à imagem deste trabalho, estimar os valores para uma região ou país mas não é expectável que os mesmos valores sejam válidos para países com diferentes características sociais e culturais.

REFERÊNCIAS

- [1] Patrício, J. – Método LNEC para avaliação e classificação da qualidade acústica de edifícios habitacionais. LNEC, Lisboa, 2013
- [2] Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios - Decreto-Lei nº. 96/2008, de 9 de Junho, Diário da Republica, 1ª Série, 2008
- [3] Norma Portuguesa 4476:2008, Acústica. “Avaliação da incomodidade devida ao ruído por meio de inquéritos sociais e sócio acústicos”. IPQ. 2008