



Proposta metodológica para avaliação audiométrica e da incomodidade do ruído de baixa frequência

Juliana Araújo Alves¹, Lígia Torres Silva², Paula Cristina Remoaldo³, Pedro Arezes⁴, Filipa Manuela Neto Paiva²

¹CTAC e Lab2PT, University of Minho, Portugal. jalves.geografia@gmail.com

²CTAC – Centre for Territory, Environment and Construction, Department of Civil Engineering, University of Minho, Portugal, Portugal. lsilva@civil.uminho.pt

³Lab2PT - Laboratório de Paisagens, Património e Território, Departamento de Geografia, Universidade do Minho, Portugal. premoaldo@geografia.uminho.pt

⁴Center ALGORITMI, School of Engineering, University of Minho, Portugal. parezes@dps.uminho.pt

Resumo

Esta pesquisa tem por objetivo apresentar uma proposta metodológica de avaliação da incomodidade ao ruído, que contribua para a discussão orientada, exclusivamente, para as baixas frequências. O estudo enquadra-se no âmbito de um projeto mais alargado e que se encontra em curso. Este projeto tem por objetivo compreender os impactos da poluição sonora de baixa frequência na qualidade de vida da população e na sustentabilidade dos lugares. A proposta metodológica compreende duas vertentes de análise: a componente objetiva e a subjetiva. A primeira abarca a medição dos níveis sonoros e a gravação do som. A segunda diz respeito à realização de testes audiométricos adaptados iniciados em março de 2016 e compostos por três etapas: a determinação do limiar de audição, a avaliação da incomodidade da exposição ao ruído (usando uma escala de Likert) e a realização de testes cognitivos. A realização dos testes audiométricos adaptados tiveram como base a ISO 8253-1. O procedimento de teste tem uma duração aproximada de 25 minutos. O limiar de audição para os sons puros apresenta intensidades sonoras distintas, sendo variável de indivíduo para indivíduo (variando entre 40 dB – 80 dB para a frequência de 18 Hz; 25 dB – 80 dB para 21 Hz; 40 dB – 75 dB para 39 Hz e 25 dB – 50 dB para 51 Hz). A média dos testes do limiar de audição para o som gravado é de 45 dB. A componente subjetiva de avaliação da incomodidade devida ao ruído é imprescindível para avaliar os impactos do ruído de baixa frequência na qualidade de vida da população.

Palavras-chave: ruído de baixa frequência, incomodidade ao ruído, limiar de audição, proposta metodológica de avaliação, testes audiométricos.

Abstract

This research aims to present a methodology for assessing the discomfort to noise exposure, to contribute to the discussion focused exclusively for the low frequencies. The study falls within the scope of an ongoing larger research project. This project aims to understand the impacts of low frequency noise in the population's quality of life and sustainability of the places. The methodology comprises two forms of analysis: the objective and the subjective components. The first covers the measurement of sound levels and sound recording. The second concerns the implementation of adapted audiometric tests that was started in March 2016 and consisting of three stages: determining participants' hearing thresholds, the evaluation of noise exposure discomfort and the application of cognitive tests. The development of adapted audiometric tests were based on ISO 8253-1. The test procedure has a duration of approximately 25 minutes. The hearing threshold for pure tones has different sound intensities, variable for individual to individual (ranging between 40 dB - 80 dB at the frequency of 18 Hz, 25 dB - 80 dB for 21 Hz, 40 dB - 75 dB to 39 Hz and 25 dB - 50 dB to 51 Hz). The average hearing threshold tests for the recorded sound is 45 dB. The subjective evaluation component of noise exposure discomfort is essential to assess the impact of low frequency noise in the population's quality of life.

Keywords: low frequency noise, noise exposure discomfort, hearing threshold, methodological proposal for evaluation, audiometric tests.

1 Introdução

Segundo a Organização Mundial de Saúde – OMS [1], a poluição sonora é uma das três maiores formas de poluição ambiental, apenas superada pela poluição do ar e da água. Na Europa, atinge mais da metade da sua população, cerca de 54%, ou seja, 245 milhões de pessoas estão expostas a níveis de ruído acima de 55dBA, valor limite estabelecido pela OMS como prejudicial para a saúde [1,2]. A OMS estima, através do *Disability-Adjusted Life Years* (DALYs), que as perdas, expressas em anos, decorrentes do ruído ambiental são de 6.000 anos para o caso da doença isquémica do coração, 45.000 anos para a disfunção cognitiva infantil, 903.000 anos para distúrbios do sono, 21.000 anos para o tinnitus e 587.000 anos para irritação [3].

Em 1996, a Direção Geral do Ambiente (DGA) publicou o primeiro estudo sobre a exposição da população portuguesa ao ruído ambiental. Este documento considerou que mais de 60% da população portuguesa se encontrava exposta a níveis de ruído acima dos recomendados pela OMS. Deste grupo, 19% ou seja 1,8 milhões de pessoas, encontravam-se expostas a níveis considerados incomodativos, acima dos 65dB(A) no período diurno [4]. Essas estatísticas, na sua grande maioria, dizem respeito ao ruído ambiente proveniente do tráfego rodoviário. Portugal é o terceiro país da União Europeia mais afetado com o ruído ambiental (com 27,4% da população afetada pelo ruído), antecedido pela Holanda, com 34,7% e da Itália com 34,1% [4, 5, 6].

Os impactes da poluição sonora perpassam os efeitos auditivos e podem ser classificados de duas maneiras. A primeira corresponde aos impactes diretos no sistema auditivo denominada de “efeitos auditivos”. A segunda refere-se aos efeitos “não-auditivos”, que inclui os impactes do ruído sobre as funções fisiológicas. A incomodidade tem sido reportada como o efeito mais frequente da exposição ao ruído de baixa frequência nos seres humanos [7,8,9]. Diferente dos “efeitos auditivos”, os efeitos “não-auditivos” são os mais difíceis de relacionar como decorrendo exclusivamente da exposição ao ruído. A avaliação da incomodidade ao ruído é, geralmente, centrada nas médias e altas frequências. As poucas avaliações existentes aplicam o filtro A e justificam o seu uso ao facto do sistema auditivo humano ser pouco sensível a baixas frequências. Apesar disso, coloca-se a seguinte dúvida: Será o filtro A o mais adequado para a avaliação da incomodidade devida ao ruído de baixa frequência? Alguns estudos indicam que o filtro de ponderação A não é adequado para avaliar a incomodidade do ruído de baixa frequência [8,10,11]. Algumas orientações de controlo do ruído de baixa frequência, em áreas residenciais, adotadas em alguns países europeus, como a Alemanha e o Reino Unido [12,13] baseiam-se na análise em 1/3 de oitava dos níveis de pressão sonora medidos e comparados com curvas de referência. No entanto, no caso de alguns métodos são aplicadas correções, como o de ponderação com o filtro A. A aplicação deste filtro conduz a uma redução significativa dos níveis sonoros emitidos contribuindo muitas vezes para que os valores resultantes permaneçam abaixo dos níveis considerados incomodativos ou prejudiciais, quando comparados com as curvas de referência utilizadas em vários países (Figura 1). Por outro lado, observa-se que os métodos existentes se baseiam em parâmetros quantitativos para analisar a incomodidade ao ruído de baixa frequência, enquanto a incomodidade é essencialmente um parâmetro subjetivo, que pode variar de indivíduo para indivíduo.

Em Portugal Continental, a região Norte é o território que sofre a maior pressão demográfica e onde se situa a subestação de energia elétrica com a maior potência a nível nacional, a Subestação de Riba d’Ave (sudoeste do município de Guimarães) [6]. De acordo com um estudo recente de investigadores da Universidade do Minho [6], e considerando a curva critério proposta por Salford, verificou-se que os níveis sonoros emitidos pelos postes e linhas de alta tensão podem ser classificados como incomodativos. Os autores ressaltam a necessidade de incorporar na análise a componente mais subjetiva, que abarca a percepção dos indivíduos acerca do ruído. Neste sentido, este estudo tem por objetivo apresentar uma proposta metodológica de avaliação da incomodidade, que contribua para a discussão orientada, exclusivamente, para as baixas frequências, e que abarque para além da dimensão objetiva a componente subjetiva [6,13].

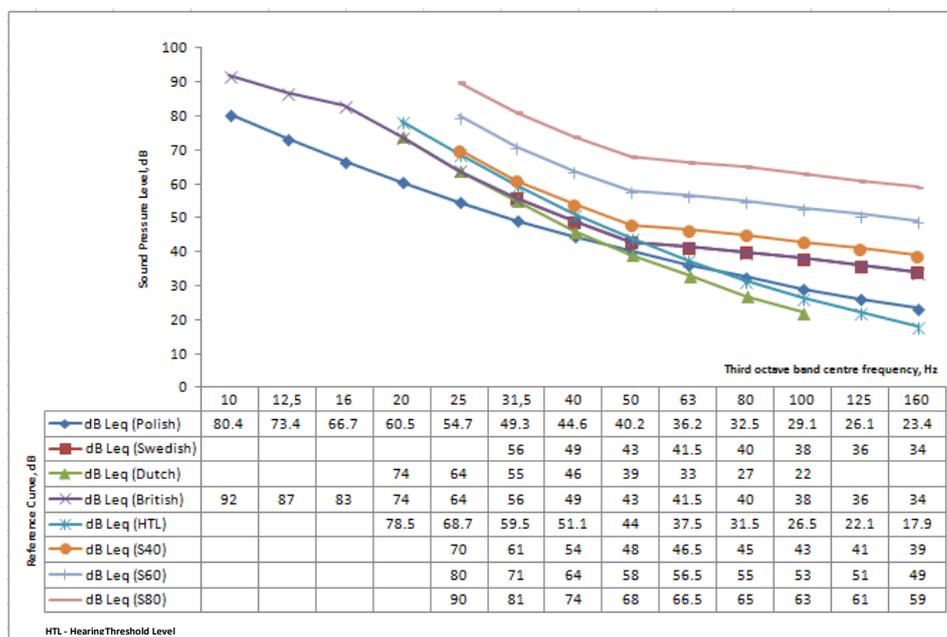


Figura 1 – Curvas de referência utilizadas para avaliação da incomodidade devida à exposição ao ruído ambiental de baixa frequência, de acordo com os vários métodos existentes [9, 12,13 e14]

Os vários métodos existentes consideram um intervalo de frequência limitado, e que, no geral, abarca as bandas de frequência entre 50 Hz e 200 Hz. Neste aspecto, levanta-se a necessidade de diminuir o limite mínimo de avaliação, isto é, abaixo dos 50 Hz, no estudo da incomodidade devido ao ruído de baixa frequência.

O presente estudo apresenta uma concepção macroestrutural centrada na dimensão objetiva e subjetiva da incomodidade do ruído. Trata-se de um estudo do tipo “expostos” e “não-expostos”. Considera-se que o grupo exposto corresponde aos habitantes da freguesia de Serzedelo (sudoeste do município de Guimarães) e o grupo de não-expostos aos residentes na freguesia de São Tomé de Abação (sudeste do município de Guimarães). Ambas as freguesias têm a classificação de mediamente urbana (AMU de acordo com a TIPAU – Tipologia de Áreas Urbanas) e possuem características geográficas similares, detendo a primeira cerca de 80% da sua área com espaços canal para passagem de linhas elétricas de altas tensão e a segunda não possui a passagem destas infraestruturas [6]. Neste artigo apresentam-se os dados de validação da proposta metodológica para avaliação da incomodidade resultante da exposição ao ruído obtidos durante o pré-teste (n=10).

2 Metodologia

Do ponto de vista metodológico esta pesquisa compreende duas vertentes de análise, denominadas de componente objetiva e componente subjetiva. A primeira abarca a medição dos níveis sonoros e a gravação do som proveniente da fonte em estudo. A segunda diz respeito à aplicação de um questionário à população nas freguesias de Serzedelo e de São Tomé de Abação, no município de Guimarães (Noroeste de Portugal), iniciado em julho de 2015, e à realização de testes audiométricos adaptados. Os testes audiométricos, objeto do presente artigo, foram compostos por três etapas: a determinação do limiar de audição, a avaliação da incomodidade (recorrendo a uma escala de Likert) e a realização de testes cognitivos.



2.1 Componente Objetiva

2.1.1 Medição dos níveis sonoros

A medição dos níveis sonoros foi realizada, entre outubro e dezembro de 2015, num conjunto de 60 pontos de medição (30 pontos medidos para o grupo “expostos” e 30 pontos medidos para o grupo “não expostos” – Tabela 1). A escolha dos pontos de medição para ambos obedeceu aos critérios definidos em [6].

Tabela 1 – Critérios para seleção dos locais de medição dos níveis sonoros

| Expostos | Não-Expostos |
|--|--|
| - Áreas com elevada densidade de postes e linhas de alta tensão; | - Áreas livres da passagem de postes e linhas de alta tensão; |
| - Distância máxima de 20 metros entre a fonte e o sonómetro; | - Distância superior a 600 metros entre a fonte e o sonómetro; |
| - Áreas preferencialmente distantes de vias de intenso tráfego de veículos, obstáculos e barreiras acústicas | - Áreas preferencialmente distantes de vias de intenso tráfego de veículos, obstáculos e barreiras acústicas |

Fonte: Elaboração própria tendo por base [6].

Os níveis de pressão sonora foram medidos com um sonómetro classe 1, fixo em tripé, a uma altura de 1,5 m, longe de superfícies e obstáculos (> 3,5m). A medição foi feita em frequências de 1/3 de oitava e com um range de frequência entre 10Hz e 160Hz. Cada medição teve a duração de 15 minutos e foram realizadas as análises espectral e da flutuabilidade do ruído.

2.1.2 Gravação do Som

A gravação do som foi realizada com o mesmo sonómetro apoiado em um tripé e longe de superfícies e obstáculos (> 3,5m). A captação do som teve uma duração de 15 minutos (por cada gravação) e foi realizada em condições meteorológicas favoráveis, com tempo húmido (>80% humidade relativa do ar) [6]. Foram realizadas duas gravações do som, seguidas, e no mesmo dia, com iguais condições meteorológicas, com o protetor (ou filtro) de vento e sem o protetor de vento a, aproximadamente, 5m de distância em relação à fonte.

2.2 Componente Subjetiva

2.2.1 Questionário à população

A componente subjetiva compreende aspetos relacionados com a perceção da população das duas freguesias já referidas sobre os temas da saúde, do ambiente e da exposição ao ruído. O questionário está estruturado em 3 grandes eixos. O primeiro, refere-se ao comportamento humano, que abarca questões relativas ao modo de vida da população, à situação socioeconómica, às escolhas pessoais e à dieta alimentar. A segunda centra-se na componente ambiental e compreende o contexto geográfico em que as pessoas vivem. Por fim, o terceiro eixo, preocupa-se com os aspectos genéticos, abordando aspectos sobre as características biológicas das pessoas. Este questionário foi direcionado para ambos os grupos (“expostos” e “não-expostos”).

2.2.2 Testes Audiométricos

Os protocolos desenvolvidos para a execução dos testes audiométricos para as baixas frequências, tiveram como base a ISO 8253-1/2010 [15]. Para a aplicação dos testes audiométricos definiram-se os dois grupos de pessoas/voluntários, cujo local de residência, em relação à fonte, se classificaram como os expostos e os não-expostos [6]. Estes dois grupos foram subdivididos em dois sub-grupos, denominados de grupo A e de grupo B, cujas características se listam na Tabela 2. A definição da

amostra foi baseada na ISO 4869 [16], que define um número mínimo de 16 participantes para os testes em questão.

Tabela 2 – Definição dos grupos para testes audiométricos

| Expostos (freguesia de Serzedelo) | Não-Expostos (freguesia de São Tomé de Abação) |
|---|--|
| Grupo A: 16 residentes no raio de até 50 metros de distância dos postes de alta tensão de 400kv. | Grupo A: 16 residentes em áreas distantes de vias de intenso tráfego de veículos. |
| Grupo B: 16 Trabalhadores de indústrias situadas próximo de linhas de alta tensão ou da Subestação de Riba d’Ave. | Grupo B: 16 Trabalhadores de indústrias situadas distantes de vias de intenso tráfego de veículos. |

Fonte: Elaboração própria.

A avaliação deverá iniciar-se com o grupo dos indivíduos residentes, pois o estudo centra-se nos impactes do ruído de baixa frequência em áreas residenciais densamente ocupadas por linhas elétricas de alta tensão.

Consideraram-se duas etapas na realização dos testes audiométricos. A primeira etapa compreende a determinação do limiar de audição dos sons puros. Para tal, utilizou-se a reprodução do som puro por banda de frequência, entre 10Hz e 90 Hz, com variação na intensidade do sinal. O limiar de audição também foi determinado para o som gravado nas frequências totais do som real. Os participantes após estarem expostos à reprodução dos sons puros e do som gravado responderam a três perguntas: 1. *Que tipo de som ouviu (por exemplo, zumbido, faiscar)*, 2. *Como descreve este tipo de ruído que acabou de ouvir?* e 3. *Pode descrever o tipo de incómodo que este ruído provoca (por exemplo, fadiga, irritação, sonolência)?*

A segunda etapa dos testes audiométricos compreendeu a dimensão subjetiva e complementar à determinação do limiar de audição, com a aplicação de um sucinto inquérito de incomodidade (em escala de Likert), bem como a realização de teste cognitivos [17].

Os testes audiométricos foram realizados em cabine audiométrica, marca “Optac – Aumec Horprufkabine” e foram introduzidos dois estímulos acústicos: os sons puros (faixas do CD da marca “Nordost” System Set-Up & Tuning Disc) e o som previamente gravado no local de exposição. O som foi reproduzido no interior da cabine através de auscultadores da marca “Hifiman” modelo HE400S. Foram feitas adaptações nas ligações para permitir a passagem e controlo do sinal pelo audiómetro (modelo AD28) (Figura 2). Os sons puros foram reproduzidos pelo *Windows Media Player* e o som gravado foi reproduzido pelo *software dBTrait*.



Figura 2 – (a) e (b) Ligações entre o computador, o audiómetro e a cabine audiométrica

3 Resultados e Discussão

De acordo com a metodologia referida, apresentam-se os dados da realização do pré-teste, o qual contou com a participação de 10 indivíduos, com faixa etária entre os 22 e os 53 anos de idade, com perfil profissional distinto (estudantes, engenheiros e professores universitários), que estiveram ou não expostos a algum tipo de ruído ao longo da sua vida. Os participantes foram recrutados nas dependências da Universidade do Minho, no *campus* de Azurém (Guimarães). O procedimento de teste teve, na sua totalidade, 25 minutos como tempo médio de realização.

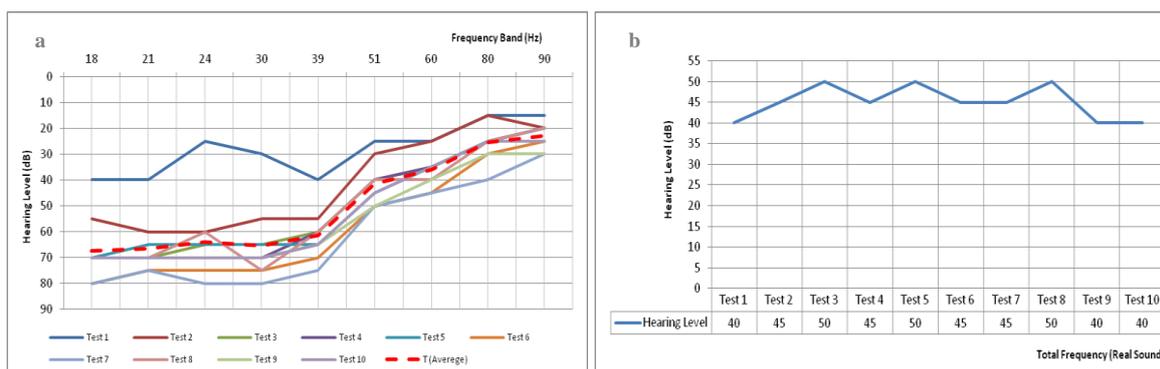


Figura 3 – (a) Limiar de audição para os sons puros e (b) Limiar de audição para o som gravado

Para as frequências abaixo de 50 Hz o limiar de audição para os sons puros apresenta intensidades sonoras distintas, sendo variável de indivíduo para indivíduo (variando entre 40 dB – 80 dB para a frequência de 18 Hz; 25 dB – 80 dB para 21 Hz; 40 dB – 75 dB para 39 Hz e 25 dB – 50 dB para 51 Hz). Por seu turno, a média do limiar de audição para o som gravado foi de 45 dB, a variar entre 40 dB e 50 dB (Figura 3). Alguns fatores de ordem subjetiva podem interferir na determinação do limiar auditivo, *e.g.*, a idade e a profissão.

A avaliação da incomodidade (usando uma escala de Likert) compreendeu 10 questões: (a) Eu normalmente ouço bem; (b) Sinto-me incomodado(a) pelo ruído no meu dia-a-dia; (c) O ruído tem afetado a minha vida.; (d) Desperto facilmente ao mínimo ruído; (e) Habituo-me facilmente à maior parte dos ruídos; (f) Sinto-me irritado(a) com o ruído; (g) Sinto-me incomodado(a) com o ruído proveniente do exterior da minha residência.; (h) Sinto dificuldade em concentrar-me em ambientes ruidosos; (i) Sinto dificuldade em relaxar em ambientes ruidosos; (j) Tenho consciência acerca dos impactes do ruído na minha saúde (Figura 4).



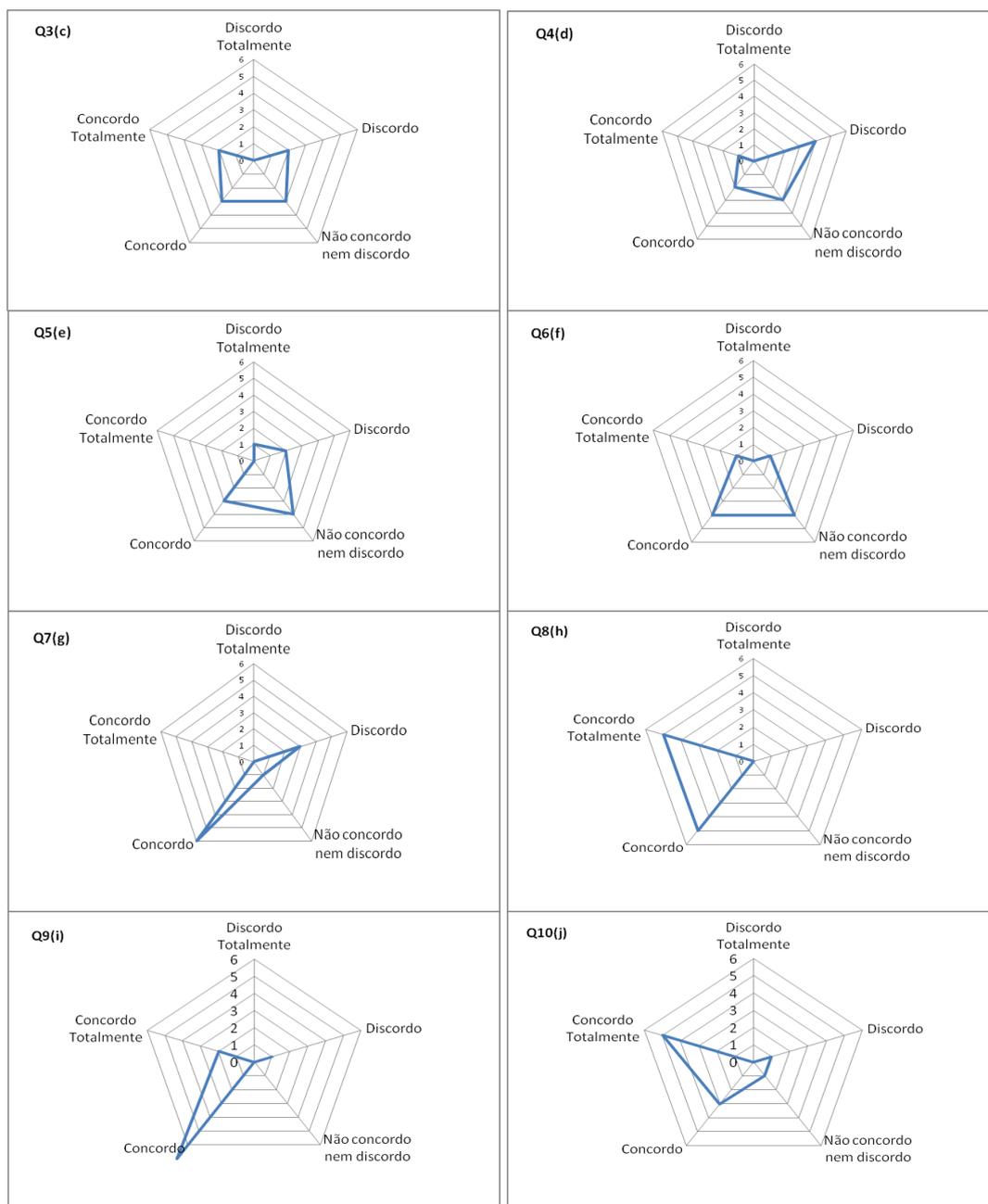


Figura 4 – (a) Questão 1; (b) Questão 2; (c) Questão 3; (d) Questão 4; (e) Questão 5; (f) Questão 6; (g) Questão 7; (h) Questão 8; (i) Questão 9 e j) Questão 10

As informações relativas à percepção da incomodidade ao ruído variaram entre “não concordo e nem discordo”, “concordo” e “concordo totalmente”. Somente quando foi apresentada a afirmação “Q10 - Tenho consciência acerca dos impactes do ruído na minha saúde”, os participantes, na sua maioria, indicaram “discordo totalmente”.

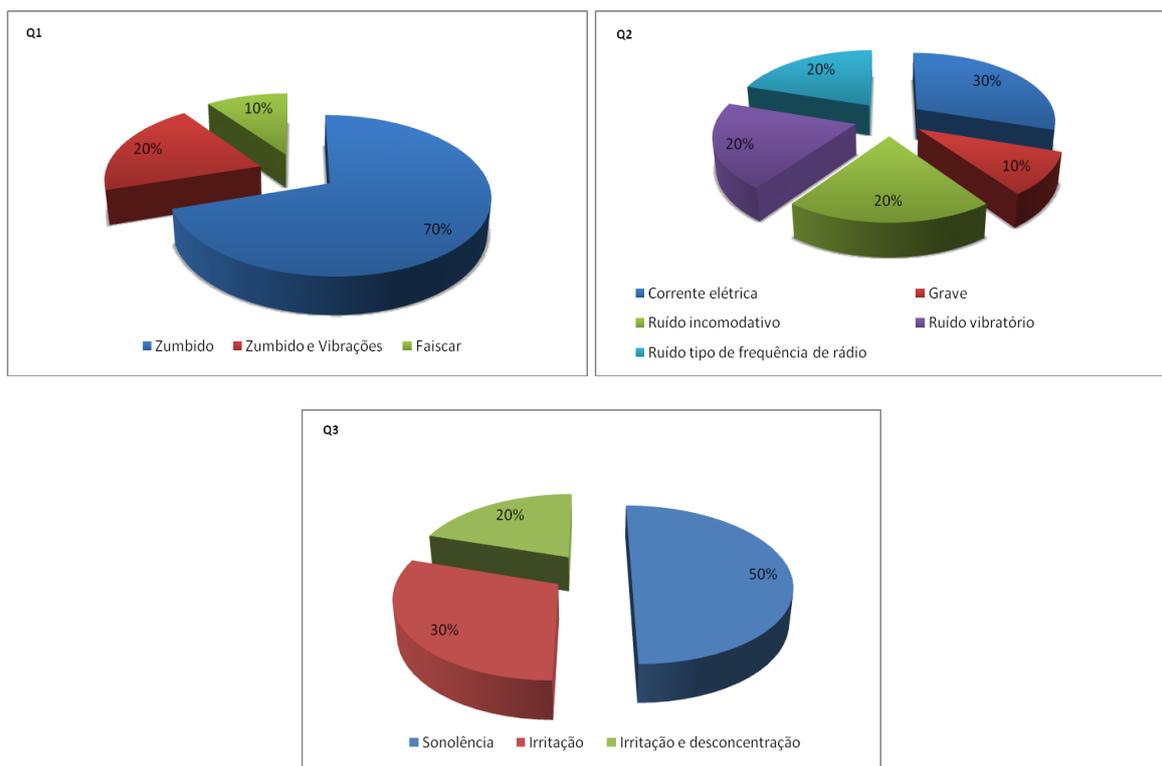


Figura 5 – Avaliação subjetiva do som reproduzido dentro da cabine audiométrica (a) Questão 1; (b) Questão 2; e (c) Questão 3.

Após 20 minutos de exposição no interior da cabine audiométrica, repartido da seguinte forma: a sons puros (aproximadamente 15 minutos) e ao som gravado (aproximadamente 5 minutos), os participantes responderam a três perguntas: 1. *Que tipo de som escutou (por exemplo, zumbido, faiscar)?*: 50% dos participantes alegaram escutar um zumbido.

2. *Como descreve este tipo de ruído que acabou de ouvir?* As descrições ao tipo de ruído são distintas, tendo 30% dos participantes descrito que o ruído era semelhante ao ruído de corrente elétrica. De acordo com uma das narrativas *assemelha-se ao som dos navios em alto mar ou semelhante a um rádio sem sinal (...)*; e 3. *Pode descrever o tipo de incómodo que este ruído provoca?* Entre os tipos de incómodo gerados pela exposição ao ruído destacam-se a irritação, a sonolência, o cansaço e a desconcentração. Importa ressaltar que 50% dos participantes indicaram a sonolência (Figura 5).

4 Conclusões

A metodologia desenvolvida e aqui apresentada demonstrou-se apropriada para a finalidade pretendida, pois permitiu avaliar a percepção do ruído de baixa frequência bem como alertar para a necessidade do alargamento do intervalo mínimo de frequência na avaliação do impacto deste tipo de ruído na população. Trata-se de uma metodologia simples, envolvendo poucas etapas, pouco dispendiosa e orientada, exclusivamente, para as baixas frequências.

A avaliação da percepção da incomodidade devida ao ruído e a descrição por parte dos participantes foram dados imprescindíveis na avaliação da incomodidade ao ruído de baixa frequência, dado o seu impacto na saúde humana, em termos de exposição prologanda, e a pouca sensibilidade do ouvido humano às baixas frequências.



A distância entre o sonómetro e a fonte pode interferir no grau de incomodidade. Para os resultados apresentados, para o som real, foram definidos 5 metros de distância projetada, medidos na horizontal entre o recetor e a fonte. Observa-se que, a esta distância, o ruído é considerado como sendo incomodativo e apresenta níveis de pressão sonora acima dos considerados seguros para a saúde humana [5]. Tal acontece por se tratar do ruído de baixa frequência, que tem baixa capacidade de absorção/efeito de barreira pela maior parte dos materiais utilizados na construção civil. Aliado a este fator, é importante recordar que constitui um ruído com características tonais e por esse motivo mais incomodativo. Prevê-se que em estudos futuros se possa explorar este tipo de avaliação fazendo variar a distância entre o recetor e a fonte. Tal poderá oferecer informações importantes sobre a definição dos limites para instalação dos postes e linhas de alta tensão em áreas residenciais, baseadas não apenas na componente objetiva (medição dos níveis sonoros e estabelecendo o limite mínimo de avaliação abaixo dos habituais 50 Hz), mas considerando também a componente subjetiva, ou seja, a perceção da incomodidade reportada pela população exposta.

Durante os primeiros ensaios do pré-teste, observou-se que o som real é variável, sendo composto por ruído de fundo proveniente de fontes distintas e variadas além da fonte principal. A estratégia foi verificar, em função do tempo, a resposta do participante ao sinal e considerar como limiar de audição o valor reportado em mais de 50% das respostas.

Os testes cognitivos realizados não evidenciam alterações cognitivas significativas. Esta constatação poderá ser explicada por duas premissas: (i) primeira corresponde ao público-alvo da pesquisa que tem composição distinta dos participantes do pré-teste, por exemplo, no nível de instrução, e na exposição ambiental e ocupacional ao ruído; (ii) a segunda diz respeito ao tempo de exposição ao ruído, dentro da cabine audiométrica, que pode não ser suficiente para provocar alterações cognitivas significativas nos participantes. A função cognitiva “atenção”, é o ponto mais afectado, especialmente, quando exige a realização de operações matemáticas simples, como a subtração. A “capacidade visuo-espacial/executiva” e a “abstracção”, também são afetadas, variando entre os participantes. Optou-se por substituir o teste cognitivo do MoCA pelo *Mini Mental State Examination* (MMSE) [18]. Esta substituição justifica-se devido à baixa escolaridade encontrada em ambos os grupos. O teste do MoCa não deve ser realizado com pessoas que não sabem ler nem escrever. O MMSE não exige nenhum nível de escolaridade em particular, sendo, por isso, mais fácil de ser administrado do que o teste do MoCA.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer o apoio financeiro concedido pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, através do apoio ao projeto com o número de processo BEX 1684-13/2.

Referências

- [1] World Health Organization. *Guidelines for Drinking Water Quality*. 3rd ed. Geneva: WHO, 2003. http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/guidelines3rd/en/.
- [2] European Environment Agency. *Noise in Europe 2014*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2014.
- [3] Direção Geral do Ambiente. *Ruído Ambiente em Portugal*. Portugal: DGA, 1996.
- [4] European Commission. Eurostat. *Proportion of population living in households considering that they suffer from noise*. <http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do>



- [5] European Centre for Environment and Health, World Health Organization. *Burden of Disease from Environmental Noise: Quantification of Healthy Life Years Lost in Europe*. Regional Office for Europe: Copenhagen, 2011.
- [6] Alves, J.; Silva, L.; Remoaldo, P. The influence of low-frequency noise pollution on the quality of life and place in sustainable cities: a case study from Northern Portugal. *Sustainability* 2015, 7, 13920-13946; doi:10.3390/su71013920
- [7] Berglund, B.; Hassmen, P.; Job, R. F. Sources and effects of low-frequency noise. *The Journal of the Acoustical Society of America* 1996, 99(5): 2985-3002.
- [8] Person Waye, K. *On the effects of environmental low frequency noise*. Gothenburg: Sweden Univesity, 1995.
- [9] Awlaczyk-Łuszczynska, M.; Szymczak, W.; Dudarewicz, A.; Śliwińska-Kowalska, M. Proposed criteria for assessing low frequency noise annoyance in occupational settings. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health* 2006, 19(3): 185-197.
- [10] Leventhall, H. G. Low frequency noise and annoyance. *Noise & Health* 2004, 6(23): 59-72.
- [11] Kjellberg, A.; Goldstein, M. *Loudness assessment of band noise of varying bandwidth and spectral shape*. An evaluation of various frequency weighting networks. *Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control* 1985, 4: 12-26.
- [12] DIN 45680: 1997. *Measurement and Assessment of Low-frequency Noise Immissions in the Neighbourhood*. Berlin: Deutches Institut für Normung 1997.
- [13] Moorhouse, A.; Waddington, D.; Adams, M. *Procedure for the Assessment of Low Frequency Noise Complaints*. 2011. http://usir.salford.ac.uk/493/1/NANR45-procedure_rev1_23_12_2011.pdf
- [14] Mirowska, M. Evaluation of low-frequency noise in dwellings. New Polish recommendations. *Journal of Low-Frequency Noise, Vibration and Active Control* 2001, 20(2): 67-74.
- [15] International Organization for Standardization. ISO 8253-1: Acoustics -- Audiometric test methods -- Part 1: Basic pure tone air and bone conduction threshold audiometry, 2010.
- [16] International Organization for Standardization. ISO 4869-1. Acoustique-Mesurage d'affaiblissement acoustique des protecteurs individuels contre le bruit-Methode subjective. International Standards Organization, Geneve, 1981.
- [17] Freitas, S.; Simões, M. R.; Santana, I.; Martins, C.; Nasreddine, Z. *Montreal Cognitive Assessment (MoCA): Versão 2*. Coimbra: Laboratório de Avaliação Psicológica, Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação da Universidade de Coimbra, 2013.
- [18] Folstein M. F.; Folstein S.E.; McHugh P. R. Mini-mental state: a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *J Psychiatric Res.*1975;12:189-98