

“COMO UM SOM DE NOITE E UM FAISCAR DE DIA”: OS IMPACTES DA POLUIÇÃO SONORA DE BAIXA FREQUÊNCIA EM ÁREAS RESIDENCIAIS NO MUNICÍPIO DE GUIMARÃES, PORTUGAL

J. A. Alves, L. T. Silva, P. C. Remoaldo e B. R. Mendes

RESUMO

Esta pesquisa tem por objetivo compreender os impactes da poluição sonora de baixa frequência na qualidade de vida da população e na sustentabilidade dos lugares, no município de Guimarães, Portugal. A investigação realizada foi desdobrada em duas vertentes. A primeira compreendeu medições sumárias realizadas em 2014, totalizando 9 pontos, com o grupo ‘próximo da fonte’, residentes no raio de até 50 metros, e o grupo ‘distante da fonte’, a mais de 250 metros de distância em relação à fonte. A segunda abarcou medições de 72 horas realizadas em 2015, com o grupo ‘muito próximo da fonte’ até 20 metros da fonte. A dimensão subjetiva compreendeu a percepção da incomodidade do ruído pela população usando um inquérito, adaptado da metodologia da Universidade de Salford. Na primeira abordagem, o ruído ultrapassa os valores da curva critério independente do grupo. Na segunda abordagem, os níveis de ruído medidos apresentam características flutuantes, e de acordo com a mesma metodologia, o ruído causado por essas infraestruturas pode ser incomodativo.

1 INTRODUÇÃO

Cerca de 70% da população Europeia vive atualmente em áreas urbanas, e aproximadamente 350 milhões de pessoas vivem em núcleos urbanos com mais de 5000 habitantes. Em 2020, acredita-se que 80% da população viverá em cidades. Em Portugal existem 159 cidades, onde residem 4,5 milhões de habitantes, ou seja, 42% da população residente neste país (UN-Habitat, 2013; INE, 2014).

Embora o conceito de sustentabilidade tenha quase trinta anos de existência e de utilização, mesmo atualmente continua a ser um conceito mais fácil de definir do que de aplicar. Qualquer que seja a definição adotada para o termo sustentabilidade, este só começou a ser popularizado e incorporado no planeamento, a partir da década de 1990, ganhando adesão generalizada em todas as esferas políticas. No final da década de 1980, ocorreu um aparente consenso acerca da necessidade de promover a sustentabilidade dos espaços urbanos, principalmente, após os reconhecidos impactes do fenómeno de urbanização. Este processo corroborou a consolidação de um modelo de Cidade Sustentável apoiada no paradigma ambiental contemporâneo.

Este acelerado processo de urbanização foi acompanhado por uma série de problemas ambientais e sociais decorrentes dos padrões de consumo e do estilo de vida, como a emissão de gases com o efeito de estufa, a produção de resíduos e efluentes líquidos e o ruído ambiental. Estes problemas têm impactes significativos no ambiente, na saúde

pública e na qualidade de vida da população. Para uma cidade que se quer que seja sustentável, a qualidade de vida da população é fundamental (Alves *et al.*, 2015).

A poluição sonora não pode ser tratada meramente como problema de desconforto acústico. Pelo contrário, é atualmente um dos principais poluentes ambientais. A Organização Mundial de Saúde (OMS) considera o ruído ambiental como a terceira maior forma de poluição ambiental precedida pela poluição da água e do ar (WHO, 2009, 2011). O ruído e os seus impactes na saúde devem ser considerados como indicadores de qualidade de vida nas cidades sustentáveis. Embora a temática dos impactes do ruído ambiental seja remota, estudos sobre o ruído de baixa frequência emitidos pelos postes de energia e a sua influência na saúde humana não foram retratados na literatura sobre o ruído ambiental (Tabela 1) (Alves *et al.*, 2015).

Tabela 1 - Síntese das pesquisas existentes sobre o ruído de baixa frequência

Década	Tipo de Estudos	Temas abordados	Principais Resultados	Referência Principal	Plano Internacional
1920	Pesquisa de Donald Laird (1928) que foca o gasto de energia e o desempenho ocupacional em ambientes ruidosos.	Exposição ocupacional e desempenho.	Amostra pequena de 4 experientes datilógrafos. O consumo de energia aumenta 9%, quando submetidos a condições ruidosas.	D. Laird (1928)	1908 Invenção do primeiro sonómetro
1940	Estudo que aborda os efeitos fisiológicos da exposição ocupacional ao ruído provocado por ferramentas vibratórias.	Exposição ocupacional.	Amostra de 224 técnicos da Aeronáutica. Efeitos fisiológicos: dores na mão, inchaço, tenossinovite e aumento do tônus muscular. Metade dos expostos apresentaram sintomas.	E. Dart (1946)	1930 1º estudo sobre Ruído Ambiental (C. M. Nova Iorque)
1960	Pesquisa sobre a exposição ocupacional na antiga União Soviética.	Exposição ocupacional.	Dores nas mãos, inchaço, tenossinovite e aumento do tônus muscular.	G. I. Rumanev (1961).	
1970	Primeiros estudos a centrados no ruído ambiental.	Ruído ambiental.	Amostra pequena – estudo de caso. Investigações sobre a fonte de emissão do ruído ambiental.	R. N. Vasudevan; C. G. Gordon (1977).	Primeiro Programa de Acção em Matéria de Ambiente da Comunidade Europeia
1980	Pesquisas centradas no ruído ambiental e no ruído dos eletrodomésticos.	Ruído ambiental e ruído ocupacional	Pesquisas baseadas nos níveis de ruído.	R. N. Vasudevan	1987 Regulamento Geral sobre o Ruído
1990	Estudos que abordam de forma mais direta alguns impactes na saúde humana.	Ruído ambiental (eletrodomésticos: <i>e.g.</i> , frigoríficos, transformadores, aparelhos de ar condicionado, congeladores).	Embora em algumas pesquisas os níveis de ruído medido sejam baixos, o ruído é reportado como incomodativo. Efeitos cardiovasculares da exposição ao ruído.	W. Rabish (1998).	1992 WHO/EURO Task Force Meeting 1996 The Green Paper – Future Noise Policy 1999 Guidelines for Community Noise

Década	Tipo de Estudos	Temas abordados	Principais Resultados	Referência Principal	Plano Internacional
2000	Pesquisas em ambiente escolar, indústrias e em áreas residenciais.	Ruído ocupacional e ambiental.	Em alguns casos os níveis de ruído não ultrapassam os valores de referência, embora sejam reportados como incomodativos. Doença Vibroacústica (2004). Proposição de métodos e normas de avaliação da incomodidade do ruído de baixa frequência.	N. A. A. Castelo Branco; E. Rodriguez Lopez (1999) H. G. Leventhall (2004).	2002 Diretiva 2002/49/CE
2005-2010	Impactes do ruído de baixa frequência na qualidade do sono. Estudo centrado na componente subjetiva.	Ruído ambiental e ocupacional. Para o ruído ocupacional são considerados trabalhadores egressos, o que revela a latência na manifestação de algumas doenças.	Dados controversos que refletem que a incomodidade é um parâmetro subjetivo. Proposta de métodos de avaliação da incomodidade.	A. Moorhouse; D. Waddington; M. Adams (2005; 2011).	Novo Regulamento Geral do Ruído (DecretoLei nº. 9/2007)
2010-2015	Impactes do ruído na qualidade do sono, no desempenho laboral e na saúde (doenças cardiovasculares).	Ruído ambiental e ocupacional.	Relação significativa entre idade e tempo de exposição no que diz respeito à incomodidade ao ruído	M. Pawlaczyk-wszczynska; A. Dudarewicz; W. Szymczak; M. Slimnska-Kowalska (2010)	2011 EEA - Good Practice Guide on Health Exposure and Potential Health Effects 2012 WHO – Burden of Disease from environmental noise 2014 EEA Report/nº. 10/2014

Fonte: Elaboração própria com base em vários autores.

No geral, são pesquisas que se concentram na exposição ocupacional, com grandes amostras e desenvolvida por pesquisadores de várias áreas científicas. Estes estudos reportam que a exposição ao ruído tem efeitos nocivos e é um fator de risco para a saúde humana (Alves *et al.*, 2015).

O objetivo deste artigo é analisar a exposição da população ao ruído de baixa frequência proveniente de postes e linhas de alta tensão, em áreas residenciais, na freguesia de Serzedelo, município de Guimarães (Noroeste de Portugal), e os seus impactes sobre a saúde humana.

A região Norte de Portugal é o território que sofre a maior pressão demográfica no país. O município de Guimarães é atravessado por 4 linhas de 400kv e 9 linhas de 150kv. A freguesia de Serzedelo, situada no sudoeste do município de Guimarães, tem 3.680 habitantes, em 5,14 km² de área e concentra uma elevada densidade de postes e linhas de alta tensão no seu território. Aliada a este fator destaca-se a sua proximidade à subestação de energia elétrica com a mais elevada potência a nível nacional, a Subestação de Riba d'Ave (Figura 1) (Alves *et al.*, 2015).

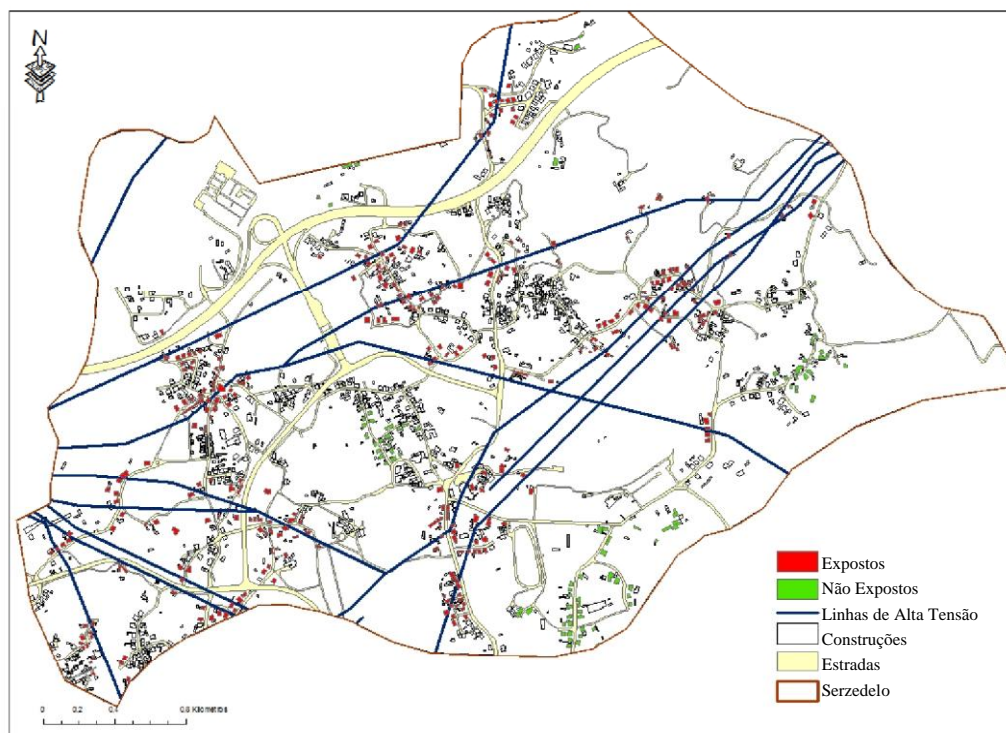


Fig. 1 - Área de Estudo – Freguesia de Serzedelo, Guimarães

Do ponto de vista metodológico trata-se de um estudo do tipo “expostos” e “não-expostos”, ou seja, considera um grupo "próximo à fonte" (até 50 m da fonte) e o grupo "distante da fonte" (a mais de 250 m da fonte). Na segunda abordagem, optou-se por uma análise mais aprofundada, que consistiu em fazer medições com duração de 72 h. Os valores dos níveis sonoros medidos foram comparados com os valores da curva critério proposto pelo DEFRA (2011), para avaliar a incomodidade devida a este tipo de ruído.

2 METODOLOGIA

A metodologia utilizada foi baseada num procedimento desenvolvido pelo *Department for Environment, Food & Rural Affairs - DEFRA, Acoustics Research Center*, da Universidade de Salford, *Proposed criteria for the assessment of low frequency noise disturbance* (2011). A medição dos níveis sonoros foi feita com um sonómetro classe 1 em 1/3 de oitava. Os níveis de ruído foram medidos em Leq (nível sonoro contínuo equivalente) numa gama de 10-160 Hz, com um tripé e um calibrador dedicado. Para esta pesquisa foram adotadas duas abordagens.

Primeira abordagem

A primeira abordagem compreendeu dois grupos, o grupo “próximo da fonte” e o grupo “distante da fonte”. A seleção dos pontos obedeceu aos critérios definidos em Alves *et al.* (2015). As medições foram realizadas a uma altura de 1,2 m e a uma distância de 4 m da fachada mais próxima por períodos de 20 minutos.

Os níveis de ruído medidos para o grupo “próximo da fonte” foram medidos em 6 pontos, localizados no exterior das habitações e com distância menor ou igual a 50 m em relação à fonte. Os níveis sonoros para o grupo “distante da fonte” foram medidos em 3 pontos, situados entre 200 e 300 m de distância da influência de postes e linhas de alta tensão.

Segunda abordagem

A segunda abordagem incluiu 3 pontos de medição, com o grupo “muito próximo da fonte”, situado no interior das habitações e a uma distância até 20 m em relação à fonte e compreendeu medições por períodos de 72 h. No ponto L, os aparelhos foram desligados durante 20 minutos. Nos pontos J e M, foram medidos em divisões sem a presença de eletrodomésticos.

Os níveis de ruído medidos foram comparados com uma curva critério proposta pela metodologia de Salford, para ambas as abordagens. A análise da flutuabilidade do ruído L10-L90 (diferença entre o nível sonoro ultrapassado em 10% e 90% do tempo de medição) foram registados nas mesmas bandas de frequência, para a segunda abordagem.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Componente Objetiva

No grupo “próximo da fonte” foram considerados 6 pontos (pontos A a F – Tabela 2) e no grupo “distante da fonte” foram selecionados 3 pontos (pontos G a I). Os níveis sonoros medidos ultrapassaram os valores de referência da curva critério da metodologia de Salford, em todos os pontos de medição (dB Leq-Referência), especificamente, nas bandas de frequência de 50Hz a 160 Hz.

Tabela 2 Características dos pontos medidos na primeira abordagem

Grupo	Ponto de Medição	Características da envolvente/Observações	Distância em relação à fonte (m)	Ultrapassagem (Hz)
‘Próximo da Fonte’	A	Próximo de casas e áreas de cultivo e sem a presença de obstáculos entre a fonte e recetor.	10	50 - 160
	B	Próximo de casas e com passagem de camião de lixo durante a medição.	5	40 - 160
	C	Próximo de casas e áreas de cultivo com alta concentração de postes e linhas de alta tensão de 150kv e 220kv.	5	50 - 63
	D	Próximo de casas e da rodovia intermunicipal. Neste ponto, houve relato de incomodidade do ruído nos dias chuvosos e húmidos.	3	40 - 160
	E	Próximo de casas e áreas de cultivo. Alta concentração de postes e linhas de alta tensão e antena de telefone móvel.	10	40 - 160
	F	Próximo da Subestação de Riba de Ave, de casas e de indústrias. Foi utilizado protetor de vento.	15	40 - 160
‘Distante da fonte’	G	Próximo de casas e de pavimento de paralelepípedo. Grupo de pessoas conversando próximo ao sonómetro e passagem de dois veículos ligeiros.	250	25 - 160
	H	Próximo de casas. Presença de ruído de variadas fontes, choro de criança, tráfego de veículos ligeiros e pesados.	250	40 - 160
	I	Próximo de casas e estrada de paralelepípedo de granito. Presença de ruído de fundo não identificado.	250-450	50 - 160

Fonte: Elaboração própria tendo por base as medições realizadas em junho e julho de 2014.

De acordo com as orientações do DEFRA, os níveis sonoros medidos nestas bandas de frequência são considerados audíveis para a maior parte das pessoas que estão expostas a eles. Os pontos D, E e F apresentam ultrapassagem maior em relação aos valores de referência (Figura 2a). O ponto F tem ultrapassagem maior em relação aos valores de referência da metodologia do DEFRA, o que pode ser justificado pela proximidade à subestação de Riba d’Ave, a subestação de energia com maior potência a nível nacional.

Os níveis sonoros medidos ultrapassaram os valores de referência (dB Leq-Referência) em todos os pontos, especificamente, nos pontos G e H, que apresentaram uma ultrapassagem superior, nas faixas de 25 Hz e 40 Hz, respectivamente. No ponto I, a ultrapassagem dos valores de referência foi baixa entre 50 Hz e 160 Hz (Figura 2b).

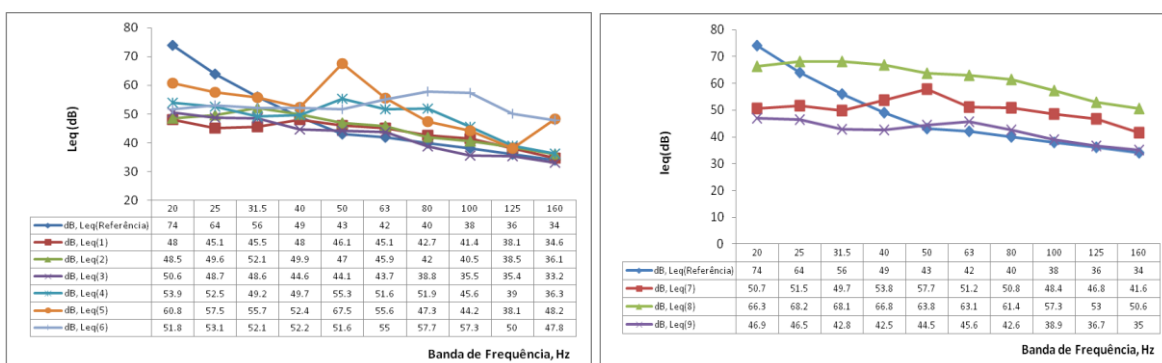


Fig. 2 - Primeira abordagem (a) “próximo da fonte” e (b) “distante da fonte”

Independentemente do tipo de grupo, “próximo da fonte” ou “distante da fonte”, os níveis de ruído medidos ultrapassaram os valores de referência. Há duas possíveis explicações para este resultado: (1) o ruído de baixa frequência medido para o grupo “distante da fonte” pode ser oriundo de outras fontes; (2) é necessário redefinir os limites dos grupos, isto é, o que está a ser considerado como “distante da fonte” pode ser classificado como “próximo da fonte” (Alves *et al.*, 2015).

Considerando estas explicações, para os resultados obtidos na primeira abordagem, optou-se por realizar medições pormenorizadas, de 72 h em cada ponto. A segunda abordagem compreende 3 pontos de medição, no interior das habitações (Ponto J-M) (Tabela 3).

Tabela 3 - Características dos pontos medidos na segunda abordagem

Grupo	Ponto de Medição	Características do entorno/Observações	Distância em relação à fonte	Ultrapassagem (Hz)
‘Muito próximo da fonte’	J	Situado no interior da habitação, numa garagem, onde havia presença de ruído da fonte.	5 metros	50Hz
	L	Situado dentro da casa, local onde o proprietário reportou ser a divisão em que o ruído é mais intenso. Próximo do poste de 400Kv existe uma antena de telefone móvel. A habitação situa-se próxima da autoestrada A7.	15 metros	50Hz
	M	Situada num anexo próximo da fonte, onde o proprietário reportou ser a divisão onde o ruído é mais intenso.	10 metros	50Hz até 160Hz

Fonte: Elaboração própria tendo por base as medições realizadas em fevereiro de 2015.

Para esta abordagem foram realizadas três análises e comparadas com os valores de referência: (1) medição completa; (2) medição por dia; e (3) medição das 02:00-04:00, que caracteriza o período noturno. Em ambas as análises do ponto J, os valores de referência foram excedidos na banda de frequência de 50 Hz. Na análise do período noturno, os valores de referência não foram ultrapassados (Figura 3).

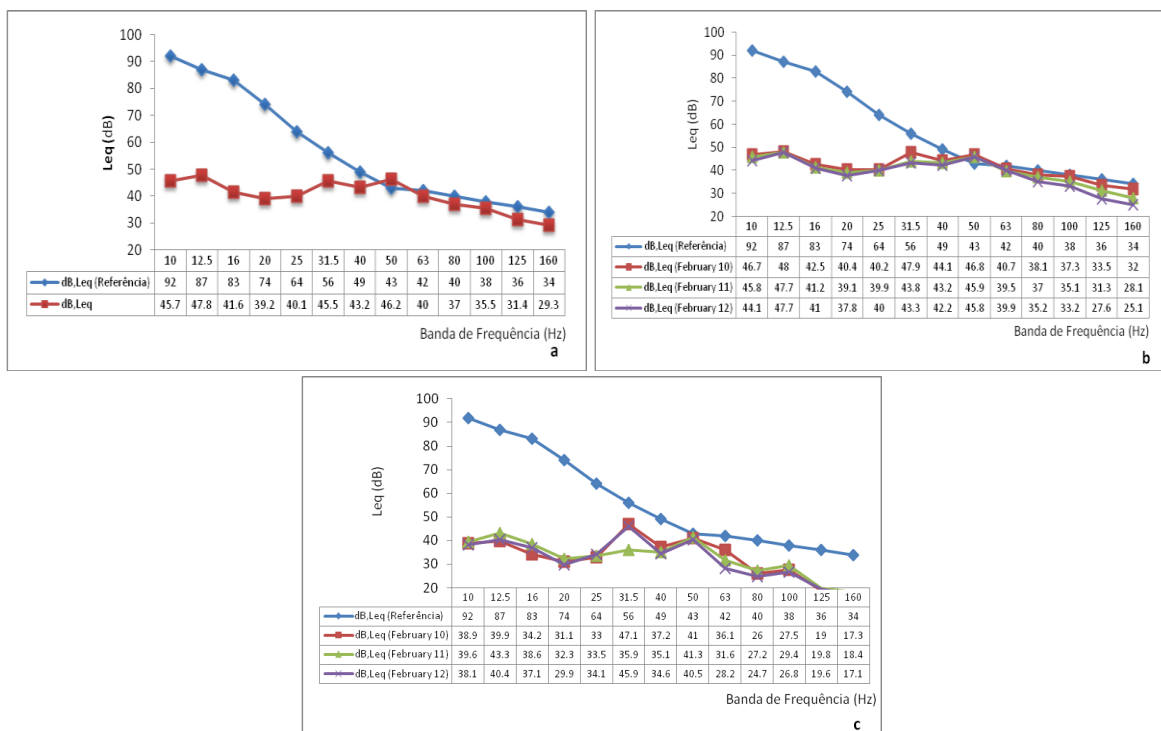


Fig. 3 - Segunda abordagem, Ponto J (a) medição completa; (b) medição por dia; e (c) medição 02:00-04:00

A avaliação das características flutuantes do ruído foi determinada por L10-L90, por períodos de 15 minutos, durante 72h e para a banda de frequência de 50Hz (banda de frequência excedida). Os valores de L10-L90 são superiores a 4 dB em mais de 33.9% do tempo. Durante o período noturno (02:00-04:00), para os três dias, este valor foi ultrapassado durante a maior parte do período (Tabela 4).

Tabela 4 Ponto J – Características flutuantes, percentagem do tempo L10-L90 ≥4 dB

Frequência (Hz)	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160
L10-L90≥4dB (%)	14	41.5	21.1	27.7	27	42.9	38.1	33.9	31.5	32.9	29.8	38.4	34.9

Fonte: Elaboração própria tendo por base as medições realizadas em fevereiro de 2015.

No ponto L, o sonómetro foi instalado na cozinha da residência, onde o entrevistado reportou que o ruído era mais incomodativo. Devido à proximidade aos eletrodomésticos, estes foram desligados nos 20 minutos finais da medição. De acordo com a metodologia do DEFRA, a maior parte dos eletrodomésticos emite ruído nestas bandas de frequência. Os níveis de ruído medido para os três níveis de análise ultrapassaram os valores de referência na banda de 50 Hz (Figura 4).

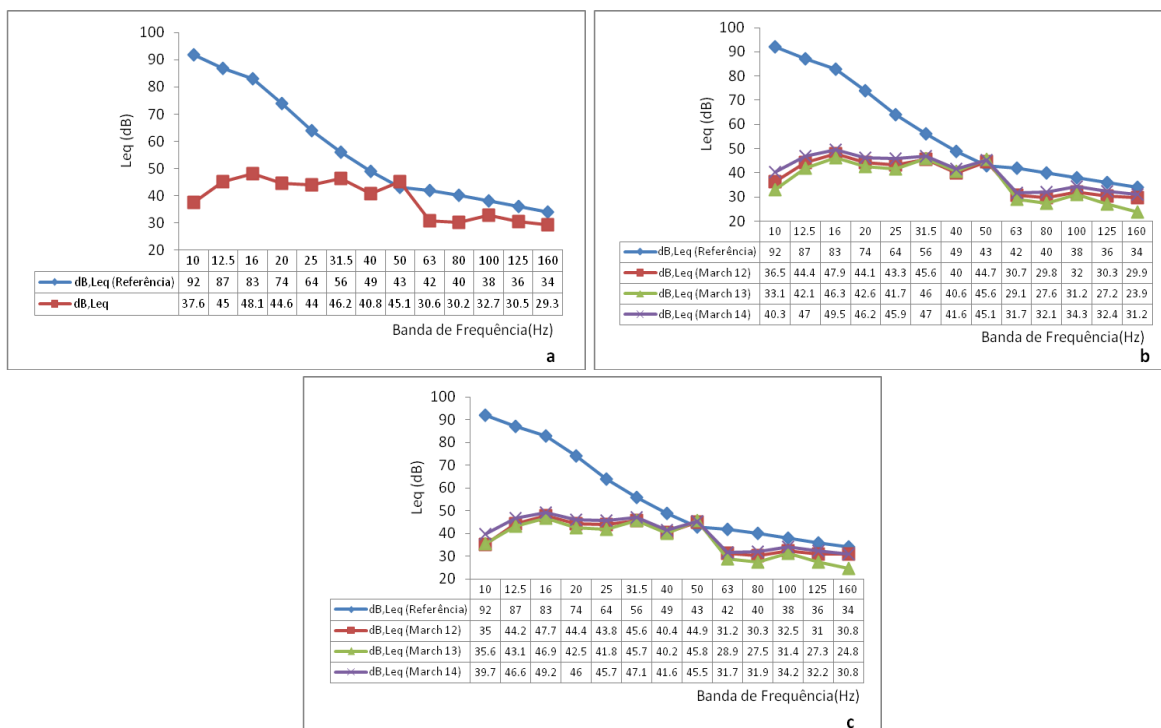


Fig. 4 - Segunda abordagem, Ponto L (a) medição completa; (b) medição por dia; e (c) medição 02:00-04:00

O ruído, para a análise da medição completa, apresenta características flutuantes em 39.1% do tempo para a banda de 50 Hz (Tabela 5). No entanto, durante o período noturno, este valor foi ultrapassado durante a maior parte do tempo, ao longo das 72 h de medição.

Tabela 5 Ponto L – Características flutuantes, percentagem do tempo L10-L90 ≥ 4dB

Frequência (Hz)	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160
L10-L90 ≥ 4dB	22.8	28.0	33.6	25.6	23.4	33.2	33.6	39.1	32.9	42.6	31.8	28.0	22.5
Shutdown L10-L90 ≥ 4dB	25.0	50.0	25.0	0.0	25.0	0.0	0.0	25.0	25.0	50.0	50.0	25.0	25.0

Fonte: Elaboração própria tendo por base as medições realizadas em fevereiro de 2015.

No ponto M, o sonómetro foi instalado na área externa da habitação, no interior de um anexo, sem interferência de eletrodomésticos. Em todos os níveis de análise, os valores de referência foram ultrapassados entre as bandas de frequência de 50 Hz e 160 Hz (Figura 5). O ponto M apresenta os níveis sonoros com os valores mais elevados.

Na análise por dia, a ultrapassagem é mais elevada na faixa de frequência de 80 Hz. Destacaram-se os elevados níveis de ruído, que excederam nas faixas de 40 Hz, e registos de quase 50% do tempo para as bandas de frequência de 50 Hz, 63 Hz e 80 Hz (Tabela 6).

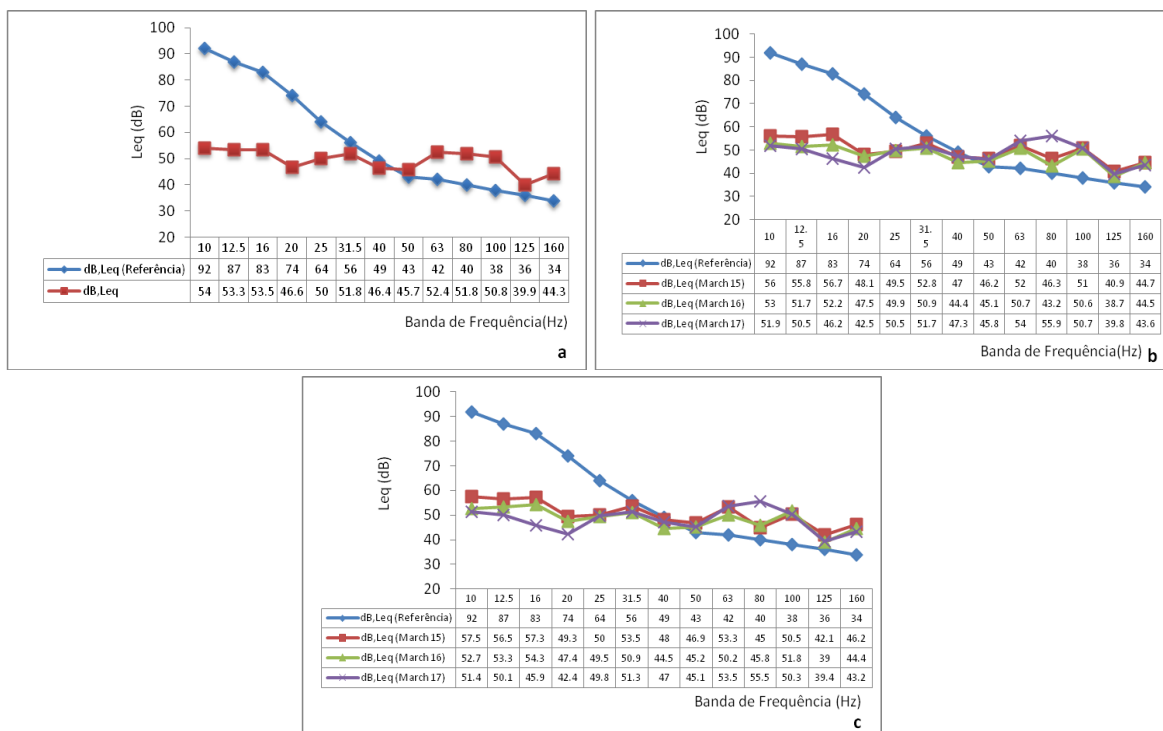


Fig. 5 - Segunda abordagem, Ponto M (a) medição completa; (b) medição por dia; e (c) medição 02:00-04:00

Tabela 6 Ponto J – Características flutuantes, percentagem do tempo $L_{10-L90} \geq 4$ dB

Frequência (Hz)	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160
$L_{10-L90} \geq 4$ dB	15.3	27.1	41.7	41.3	43.4	48.6	55.6	40.3	43.8	45.8	33.7	37.2	38.5

Fonte: Elaboração própria tendo por base as medições realizadas em fevereiro de 2015.

As bandas de frequência ultrapassadas apresentam características flutuantes para 55.6%, 40.3%, 43.8%, 45.8%, 33.7%, 37.2% e 38.5% do tempo de medição, respetivamente, para as bandas de frequência, 40 Hz, 50 Hz, 63 Hz, 80 Hz, 100 Hz 125 Hz e 160 Hz.

Componente Subjetiva

Os moradores na freguesia de Serzedelo têm expressado a sua insatisfação com as linhas de energia na área através de iniciativa conjunta, com o Movimento Nacional Contra as Linhas de Alta Tensão nas Zonas Habitadas. Em 2007, os moradores da freguesia entraram com uma petição contra a Companhia Nacional de Energia para enterrar as linhas aéreas que atravessam a freguesia, mas até à data, nada foi feito. Posteriormente, em 2010, uma equipa da Universidade do Minho (Portugal), apoiada pela população local e pelo líder desse movimento, realizou um estudo exploratório em Serzedelo.

O estudo utilizou dois grupos: os "expostos" (118 indivíduos foram entrevistados) e os "não-expostos" (55 indivíduos foram entrevistados). As doenças mais frequentes identificadas foram as doenças cardiovasculares (35.6% no grupo "próximo da fonte" e 42.6% no outro grupo), e depressão (22.9% no "grupo próximo" e 20.4% no outro grupo). No entanto, não foram assinaladas diferenças significativas entre os dois grupos (Alves *et al.*, 2015). Além disso, a auto-avaliação da saúde geral não foi percebida de forma diferente pelos dois grupos. Talvez esse tipo de doenças estivesse mais relacionado com a influência do ruído do que, propriamente, com a exposição a campos electromagnéticos

(postes de energia e linhas eléctricas), que foi o foco principal do estudo de Azevedo (2010). Ainda que este último estudo não se tenha concentrado sobre a influência da poluição do ruído de baixa frequência, concluiu-se que apenas o grupo "expostos" mencionou, de forma espontânea, que o ruído estava sempre presente nas suas vidas diárias (na verdade 9.3%), enquanto não houve menção ao ruído por parte dos residentes do grupo "não-expostos".

De acordo com o DEFRA, a população que vive perto dos pontos de medição que reportam desconforto com o ruído deve ser entrevistada para fornecer outras informações para complementar a análise. Por esta razão, foram entrevistadas as pessoas que estavam envolvidas nos três pontos de medição da segunda abordagem. Dois homens e uma mulher foram entrevistados, com idades entre 40 e 70 anos, que vivem, entre 4 e 40 anos, na freguesia de Serzedelo. Dois possuíam formação superior, enquanto a pessoa mais velha, já reformada, tinha sido carteiro por 25 anos. Na opinião dos entrevistados, o ruído provocado pelos postes de eletricidade é contínuo em períodos de chuva e com neblina. As seguintes narrativas expressam essa percepção:

À noite, ouço um som e durante o dia algo que parece como faíscas (Ponto L, do sexo feminino, 55 anos de idade).

Eu ouço um som de assobio contínuo (Ponto J, do sexo masculino, 69 anos de idade).

Para todos os entrevistados, o ruído foi ouvido continuamente e coincide com o tempo de experiência de viver em Serzedelo, expresso nas duas narrativas seguintes:

Eu ouço o barulho desde 1985, quando este poste de energia de 400 kV foi instalado (Ponto J, do sexo masculino, 69 anos de idade).

Eu ouço o barulho há vários anos ou mais desde que vivo nesta casa (Ponto M, do sexo masculino, 45 anos de idade).

Os postes e linhas de alta tensão são identificados como a fonte do ruído por todos respondentes:

O barulho vem de postes eléctricos colocados a norte e sul da casa (Ponto L, do sexo feminino, 55 anos de idade).

O barulho pode ser ouvido pelos inquiridos dentro da casa, na sala de estar, no quarto e na cozinha. Mencionaram que adotaram estratégias para amenizar o ruído, como "dormir num quarto diferente do habitual", "dormir numa posição diferente ou alterar a posição da cama", "usar tampões" ou "sair de férias". O desconforto causado pelo ruído varia entre as percepções de "muito incomodativo" até "pouco incomodativo".

4 CONCLUSÕES

Em comparação com os valores de referência do DEFRA, o ruído dos postes e linhas de alta tensão excede os valores de referência da curva critério. No entanto, mais medições devem ser efetuadas com a finalidade de se considerarem outros fatores que podem influenciar nos níveis de ruído medidos. Um inquérito de incomodidade para investigar o ruído experimentado pela população exposta, bem como, o conhecimento do estado de saúde da população, e o acesso aos dados de morbilidade poderia complementar este tipo de análise.

A preocupação com a caracterização do ambiente circundante é um dos aspectos ausentes na metodologia DEFRA. Os níveis de ruído de baixa frequência podem variar, consideravelmente, dentro de uma sala, dependendo do local de medição e isto pode ocorrer quando as dimensões da sala são semelhantes aos do comprimento de onda do som com estas frequências. As condições meteorológicas parecem ser outro aspeto importante que pode influenciar na propagação do ruído. Sendo assim, pesquisas futuras devem incluir medições do ruído tanto em períodos secos como chuvosos.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pelo auxílio financeiro à pesquisa, concedido pela bolsa de estudos de doutoramento, via processo BEX-1684-13/2.

5 REFERÊNCIAS

Alves, J.; Silva, L.; Remoaldo, P. (2015). The influence of low-frequency noise pollution on the quality of life and place in sustainable cities: a case study from Northern Portugal. *Sustainability*, 7, 13920-13946; doi: 10.3390/su71013920

Azevedo, B.F.O. (2010). O Impacto do Lugar na Saúde da População do Concelho de Guimarães: Estudo de Caso do Electromagnetismo em Serzedelo. Available online: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/19766>

Instituto Nacional de Estatística – INE (2011). XV Recenseamento Geral da População e V Recenseamento Geral da Habitação. Lisboa: INE.

Moorhouse, A.; Waddington, D.; Adams, M. (2011). Procedure for the Assessment of Low Frequency Noise Complaints. Universidade de Salford: DEFRA.

World Health Organization (2009). Night Noise Guidelines for Europe. Regional Office for Europe. Available from: <http://www.euro.who.int/en/what-we-do/health-topics/environment-and-health/noise/publications/2009/night-noise-guidelines-for-europe>.

World Health Organization (2011). European Centre for Environment and Health. *Burden of Disease from Environmental Noise: Quantification of Healthy Life Years Lost in Europe*. Copenhagen: Regional Office for Europe.

United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat) (2013). *State of the world's cities 2012/2013*. Prosperity of Cities. New York: UN-Habitat.