

IMPACTO DO RUÍDO NA SAÚDE E QUALIDADE DE VIDA DAS PESSOAS

O caso da cidade de Guimarães

Bruno Mendes¹, Lúgia Torres Silva²,

CTAC, Universidade do Minho
Campus de Azurém, 4800-056 Guimarães, Portugal

¹ brunomendescivil@gmail.com

² lsilva@civil.uminho.pt

Resumo

O ruído é referido como um som indesejado, nomeadamente sons que causam distúrbios nas atividades diárias, como dormir, comunicar ou trabalhar. O ruído ambiental define-se como o ruído que é atribuído ao tráfego, à indústria, à vizinhança ou atividades recreativas que é sentido pelas comunidades. Nas últimas décadas, o ruído ambiental tem vindo a aumentar de forma regular e é atualmente uma importante preocupação para a sociedade. Como resposta a União Europeia adotou em 2002 uma Diretiva para avaliar e gerir o ruído ambiental nas comunidades, um problema ambiental que se tornou numa questão de saúde pública [1].

De acordo com especialistas da EU, cerca de 20% da população da EU estão expostos a níveis de ruído inaceitáveis e que terão impactos na sua saúde a longo termo [2]. Estudos recentes têm demonstrado impactos na saúde do ruído ambiental. O ruído não só é responsável em parte por deficiências auditivas como por exemplo zumbidos, mas, também pode afetar a circulação sanguínea. De facto, hipertensão, doenças coronárias do coração e acidentes vasculares cerebrais tem-se vindo a provar que estão relacionados com repetitivas exposições a níveis de ruído elevados. De acordo com a Agência Europeia do Ambiente (EEA), mais de 90000 casos de hipertensão são causados pelo ruído ambiental anualmente [3]. Além disso, em 2005, 61 estudos epidemiológicos estabeleceram relações objetivas e subjetivas entre o ruído dos transportes e os enfartes de miocárdio [4].

O número de anos, ajustados por incapacidade, perdidos devido ao ruído ambiental estima-se que sejam cerca de 60000 para doenças cardíacas isquémicas, 45000 para deficiências cognitivas em crianças, 903000 para distúrbios de sono, 21000 para zumbidos e 587000 para incomodidade nos países da Europa Ocidental [5]. Pelo menos cerca de 19,8 milhões de adultos na Europa são incomodados pelo ruído do tráfego rodoviário, ferroviário, aéreo ou industrial, sentindo-se extremamente incomodadas cerca de 9,1 milhões destas pessoas. Estima-se que 7,9 milhões de adultos têm distúrbios de sono durante o período da noite e desses, cerca de 3,7 milhões têm distúrbios de sono severos [6].

A sobreexposição ao ruído contribui para cerca de 910 mil casos de hipertensão, cerca de 43 mil de entradas no hospital e cerca de 10 mil mortes prematuras por ano de doenças coronárias do coração e enfartes. Cerca de 90% destes casos de doença estão relacionados com o ruído resultante do tráfego rodoviário [6].

Neste trabalho são calculados os indicadores de bem-estar (incomodidade e distúrbios de sono) e de saúde (doença coronária do coração e acidente vascular cerebral). Recorrendo aos mapas de ruído de uma zona urbana, é calculada a incidência espacial desses indicadores.

1. Metodologia

O método de avaliação aqui adotado no cálculo do impacto na saúde e na qualidade de vida decorrente da exposição ao ruído, foi desenvolvido pelo National Institute for Public Health and the Environment (Netherlands) [6]. Este método foi desenvolvido para avaliar a eficiência da implementação da diretiva europeia 2002/49EC [1].

Neste trabalho são analisados indicadores de bem-estar e de saúde. Os indicadores de bem-estar estudados são a incomodidade e os distúrbios de sono. Quanto aos indicadores de saúde são avaliadas a mortalidade e a morbidade para doenças coronárias do coração e acidentes vasculares cerebrais (AVC).

1.1 Bem-estar: Incomodidade

Miedema e Oudshoorn propõem uma metodologia para quantificar o número de população adulta incomodada e severamente incomodada baseada em inquéritos à população adulta para a fonte de ruído tráfego rodoviário [7].

As equações exposição-resposta, por tipo de fonte, para incomodidade e incomodidade severa, estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1 - Funções exposição-resposta para incomodidade e incomodidade severa em relação a L_{den} para as diferentes fontes (Fontes: [7;8;9])

Fonte de ruído	$\int_{annoyance} L_{den}$
Tráfego rodoviário	$1 - \text{normal}((A - (-106.97 + (L_{den}) * (2.22))) / \sqrt{150.54 + 1150.71})$
Tráfego ferroviário	$1 - \text{normal}((A - (-110.09 + (L_{den}) * (2.10))) / \sqrt{53.86 + 1078.73})$
Tráfego aeronaves	$1 - \text{normal}((A - (-93.29 + (L_{den}) * (2.61))) / \sqrt{75.30 + 1303.21})$
Indústria	$1 - \text{normal}((A - (-126.52 + (L_{den}) * (2.49))) / \sqrt{2054.43})$

Para incomodidade A=50; para incomodidade severa A=72

O número de adultos com incomodidade e incomodidade severa para o ruído de uma fonte específica, por dB, relativo ao indicador L_{den} é calculado pela seguinte equação:

$$n_{annoyance}(L_{den}, c) = n_{inhab}(L_{den}) * f_{adults}(c) * \int_{annoyance}(L_{den}, source)$$

Com:

$n_{annoyance}(L_{den}, c)$ – Número de habitantes por unidade de dB em relação a L_{den} ;

$n_{inhab}(L_{den})$ – Número de habitantes por unidade de dB em relação a L_{den} ;

$f_{adults}(c)$ – Fração de adultos;

$\int_{annoyance}(L_{den}, source)$ – Funções exposição-resposta para incomodidade e incomodidade severa em relação a L_{den} para as diferentes fontes.

1.2 Bem-estar: Distúrbios de sono

Os distúrbios de sono são calculados através das equações exposição-resposta, por tipo de fonte, ilustradas na Tabela 2 [10,11].

Tabela 2 - Funções exposição-resposta para distúrbios de sono e distúrbios de sono severos em relação a L_n para as diferentes fontes

Fonte de ruído	$\int_{sleepdisturbance} L_n$
Tráfego rodoviário e industrial	$1 - \text{normal}((SD - (-90.70 + (L_n)^*(1.80)))/\text{sqrt}(1789+272))$
Tráfego ferroviário	$1 - \text{normal}((SD - (-90.70 + (L_n)^*(1.43)))/\text{sqrt}(1789+272))$
Tráfego aeronaves	$1 - \text{normal}((SD - (-159.34 + 82.10 + (L_n)^*(1.97)))/\text{sqrt}(3102+768))$

Para distúrbios de sono SD=50; para distúrbios de sono severos SD=72

O número de adultos com distúrbios de sono e distúrbios de sono severos, devidos à exposição ao ruído, proveniente de uma fonte específica, por unidade de dB, em L_n é calculado pela seguinte equação:

$$n_{sleepdisturbance}(L_n, c) = n_{inhab}(L_n) * f_{adults}(c) * \int_{sleepdisturbance}(L_n, source)$$

Com:

$n_{sleepdisturbance}(L_n, c)$ – Número de pessoas com distúrbios de sono por dB L_n

$n_{inhab}(L_n)$ – Número de habitantes por dB L_n

$f_{adults}(c)$ – Fração de adultos, variável que depende do país (Ver anexo 6)

$\int_{sleepdisturbance}(L_n, source)$ – Funções exposição-resposta para distúrbios de sono e distúrbios de sono severos em relação a L_n para as diferentes fontes

1.3 Saúde: Doenças coronárias do coração e acidentes vasculares cerebrais

As diretrizes da OMS para o ruído concluíram que estudos epidemiológicos demonstraram efeitos cardiovasculares que ocorrem após exposição de longo termo a ruído com valores de $L_{Aeq,24horas}$ de 65-70 dB [5]. Desde essa altura, vários autores

publicaram estudos que relacionam o ruído ambiental e a incidência de doenças coronárias do coração e acidentes vasculares cerebrais (AVC) [12-18].

Nas metodologias utilizadas nas doenças coronárias do coração e no AVC foram estabelecidas relações entre as doenças e a exposição ao ruído de quatro maneiras:

- Dados de altas hospitalares (morbilidade);
- A causa específica da mortalidade;
- O número de anos de vida perdidos devido à doença (morbilidade);
- O número de anos de vida perdidos devido à morte prematura (morbilidade).

A Tabela 3 descreve as funções exposição-resposta para o cálculo da mortalidade devidas a doenças coronárias do coração e AVC. A Tabela 4 fornece as funções exposição-resposta para indicadores de morbilidade (admissões hospitalares, número de anos de vida perdidos devido à doença e à morte prematura). No cálculo da mortalidade são utilizados valores de *baseline* por sexo. Este não é o caso para os indicadores de morbilidade.

Tabela 3 - Função exposição-resposta para mortalidade em relação a L_{den} [12-18]

$\int cardio_mortality(L_{den})$
$(f_{male}(c)*f_{baseline}(male,c)+f_{female}(c)*f_{baseline}(female,c))*(\ln(RR_{endpoint})/10*(L_{den}-Threshold))$ if $L_{den} \geq Threshold$ $(f_{male}(c)*f_{baseline}(male,c)+f_{female}(c)*f_{baseline}(female,c))$ if $L_{den} < Threshold$
Com: f_{male} e f_{female} – Proporção de homens e de mulheres no total da população, por país $RR_{endpoint}$ – 1.05 por 10 dB para doença coronária do coração e $RR_{endpoint}=1.04$ por 10 dB para AVC $f_{baseline}(s,c)$ – Valor da <i>baseline</i> que depende do sexo e do país $Threshold$ – 50 dB L_{den}

Tabela 4 - Função exposição-resposta para a morbilidade (admissões hospitalares, anos de vida perdidos devido a doença e anos de vida perdidos devido a morte prematura) em relação a L_{den} [12-18]

$\int cardio_other(L_{den})$
$(f_{baseline}(c)*(\ln(RR_{endpoint})/10*(L_{den}-Threshold)))$ if $L_{den} \geq Threshold$ $(f_{baseline}(c))$ if $L_{den} < Threshold$
Com: $f_{baseline}(c)$ – Valor da <i>baseline</i> que depende do país e do tipo de doença $RR_{endpoint}$ – 1.05 por 10 dB para doença coronária do coração e $RR_{endpoint} = 1.04$ por 10 dB para AVC $Threshold$ – 50 dB L_{den}

O número de casos de mortalidade prematura, por ano, devido a doença coronária do coração ou devido a AVC, por país, é calculado através da seguinte equação:

$$n_{cardio_mortality}(L_{den},c) = n_{inhab}(L_{den}) * \int cardio_mortality(L_{den},c)$$

Com:

$n_{cardio_mortality}(L_{den},c)$ – Número de residentes que morrem por ano devido a doença coronária do coração e devido a AVC por dB L_{den} por país;

$n_{inhab}(L_{den})$ – Número de habitantes por dB L_{den} por país;

$\int cardio_mortality(L_{den},c)$ – Equações exposição-resposta para mortalidade devido a doença coronária do coração ou AVC (Tabela 3).

O número de casos de morbidade prematura, por ano, devido a doença coronária do coração ou devido a AVC, por país, é calculado através da seguinte equação:

$$n_{cardio_hospital}(L_{den},c) = n_{inhab}(L_{den}) * \int cardio_other(L_{den},c)$$

Com:

$n_{cardio_hospital}(L_{den},c)$ – Número de admissões hospitalares por ano devido a doença coronária do coração e devido a AVC por dB L_{den} por país;

$n_{inhab}(L_{den})$ – Número de habitantes por dB L_{den} por país;

$\int cardio_other(L_{den},c)$ – Equações exposição-resposta para morbidade devido a doença coronária do coração ou AVC (Tabela 4).

2. Caso de estudo

O concelho de Guimarães localiza-se a Norte do território de Portugal Continental, sendo o município limitado a norte pelo município de Póvoa de Lanhoso, a leste por Fafe, a sul por Felgueiras, Vizela e Santo Tirso, a oeste por Vila Nova de Famalicão e a noroeste por Braga. Possui uma área aproximada de 240,95 km² e uma população total de 1548124 habitantes.

A área objeto de estudo corresponde ao conjunto urbano composto pelo centro histórico de Guimarães, zona da veiga de Creixomil e a montanha da Penha, perfazendo uma área total de 14,17 km² com uma população de 28146 habitantes.

A aplicação da presente metodologia, descrita em 2, requer o conhecimento dos mapas de ruído (L_{den} e L_n) da área de estudo. A elaboração dos Mapas de Ruído foi baseada em métodos previsionais e complementada com medições acústicas para validação do modelo. Para o cálculo dos níveis de ruído rodoviário, o modelo utilizado teve como parâmetros de entrada o tráfego rodoviário (densidade, composição e velocidade média de circulação), as características do pavimento (betuminoso, cubo, macadame, ...) e o tipo de tráfego (fluído, ininterrupto ou em aceleração).

Relativamente à informação geográfica e física, teve-se em conta a altimetria do terreno, perfis transversais e longitudinais das vias rodoviárias e a implantação dos edifícios na cidade com as respetivas cérceas e características de superfície de fachadas.

Na Figura 1 ilustram-se os mapas de ruído da área de estudo para o ano de 2016.

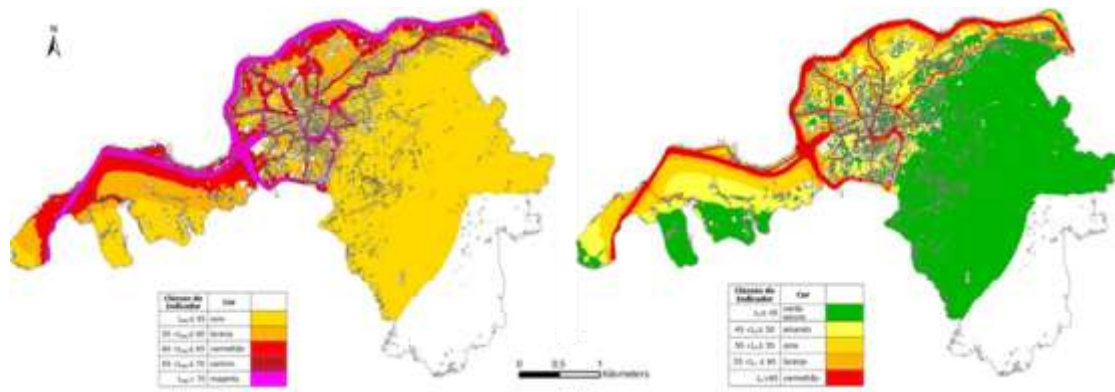


Figura 1- Mapas de ruído L_{den} (à esq.) e L_n (à dir.), de 2016

2.1 Cenários de melhoria desenvolvidos

A análise dos mapas de ruído foram a base para a proposta de cenários de melhoria. Com base no conhecimento do território e do ambiente acústico, foram criados cenários de melhoria, em áreas prioritárias de atuação, nomeadamente áreas próximas de recetores sensíveis e áreas centrais da cidade. Os cenários de melhoria propostos são (Figura 2):

1. Cenário 1: Redução do limite de velocidade da Circular Urbana e Variante de Creixomil de 70 para 50 km/h;
2. Cenário 2: Alteração do pavimento das vias: Largo do Toural, Alameda de S. Dâmaso, Avenida República do Brasil, Rua de Gil Vicente e Avenida Alberto S. Paio;
3. Cenário 3: Cenário 1 e cenário 2 combinados.

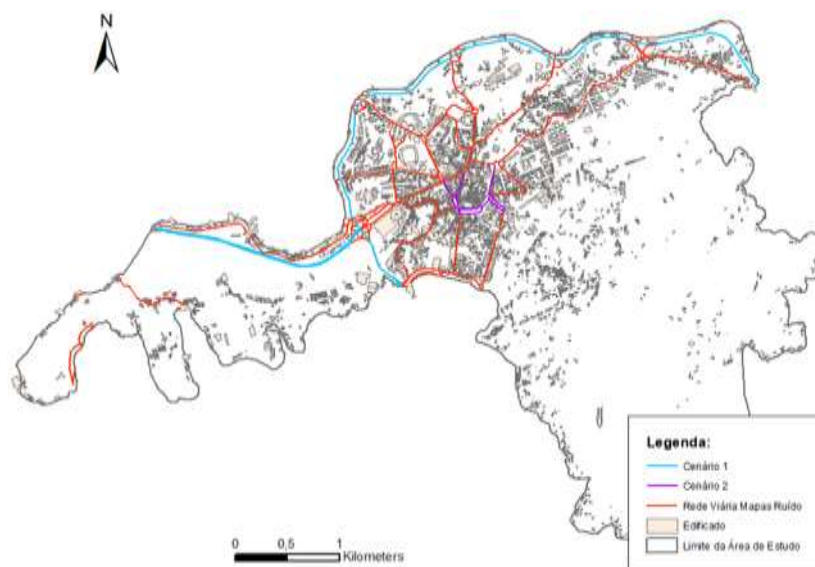


Figura 2 - Identificação das vias onde foram aplicados os cenários de melhoria

Os dados da população foram introduzidos num SIG e sobrepostos com os mapas de ruído de forma a permitir o cálculo da população exposta aos vários níveis de ruído ambiente (Tabelas 5 e 6). Neste cálculo foi assumida uma distribuição uniforme da população em cada subsecção estatística.

Tabela 5 - Áreas de exposição a L_{den}

	Intervalo (dB(A))	Área 2008 (m2)	% Área 2008	Área 2016 (m2)	% Área 2016	Cenário 1 (m2)	% Área Cenário 1	Cenário 2 (m2)	% Área Cenário 2	Cenário 3 (m2)	% Área Cenário 3
L _{den}	< 50	7746259	50,96%	8226032	54,12%	8761136	57,64%	8371765	55,08%	8813793	57,99%
	50-55	2253810	14,83%	1992660	13,11%	2230353	14,67%	2034355	13,38%	2241435	14,75%
	55-60	2046190	13,46%	1909290	12,56%	1673290	11,01%	1745544	11,48%	1615013	10,63%
	60-65	1272310	8,37%	1243750	8,18%	981229	6,46%	1230333	8,09%	980731	6,45%
	65-70	743700	4,89%	764090	5,03%	738075	4,86%	772683	5,08%	745459	4,90%
	70-75	708892	4,66%	663328	4,36%	623845	4,10%	655357	4,31%	616713	4,06%
	75-80	388814	2,56%	335839	2,21%	187429	1,23%	324951	2,14%	182213	1,20%
	> 80	39425	0,26%	64411	0,42%	4043	0,03%	64412	0,42%	4043	0,03%

Tabela 6 - Áreas de exposição a L_n

	Intervalo (dB(A))	Área 2008 (m2)	% Área 2008	Área 2016 (m2)	% Área 2016	Cenário 1 (m2)	% Área Cenário 1	Cenário 2 (m2)	% Área Cenário 2	Cenário 3 (m2)	% Área Cenário 3
L _n	< 40	7127248	46,89%	7917654	52,09%	8434812	55,49%	8062646	53,05%	8477775	55,78%
	40-45	2279250	15,00%	1976100	13,00%	2187267	14,39%	2027070	13,34%	2222157	14,62%
	45-50	2314280	15,23%	2066590	13,53%	1935887	12,74%	1889217	12,43%	1865223	12,27%
	50-55	1464950	9,64%	1376610	9,06%	1075382	7,08%	1359309	8,94%	1073122	7,06%
	55-60	808760	5,32%	808284	5,32%	760859	5,01%	815835	5,37%	768185	5,05%
	60-65	711036	4,68%	664634	4,37%	622035	4,09%	660023	4,34%	616571	4,06%
	65-70	471843	3,10%	345327	2,27%	179289	1,18%	331098	2,18%	172498	1,13%
	> 70	22033	0,14%	54201	0,36%	3869	0,03%	54202	0,36%	3869	0,03%

Após análise das Tabelas 5 e 6 verifica-se uma redução da área de exposição a níveis mais elevados de ruído decorrente da introdução dos diferentes cenários. O passo seguinte foi a quantificação do número de habitantes afetados relativos aos diferentes indicadores de saúde e bem-estar.

3. Resultados

3.1 Incomodidade

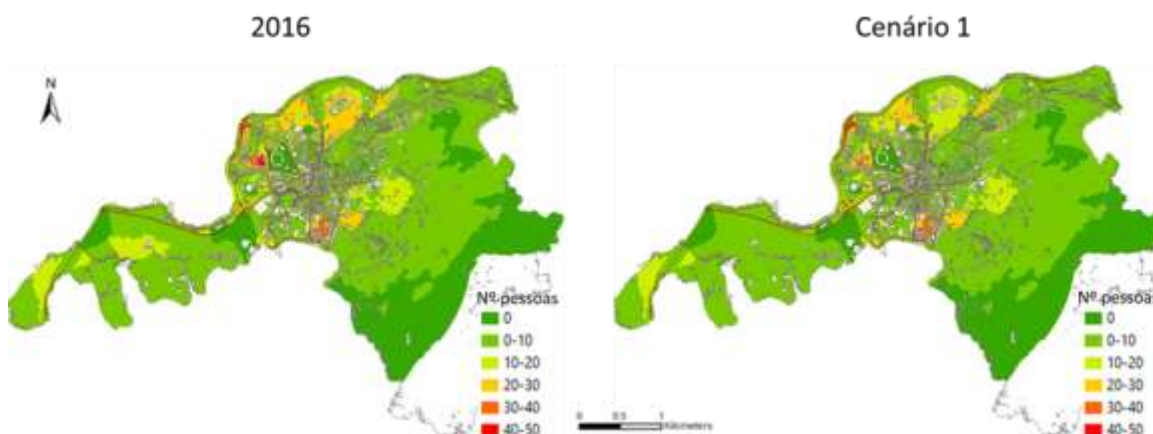


Figura 3 - Número de pessoas incomodadas (2016 vs Cenário 1)

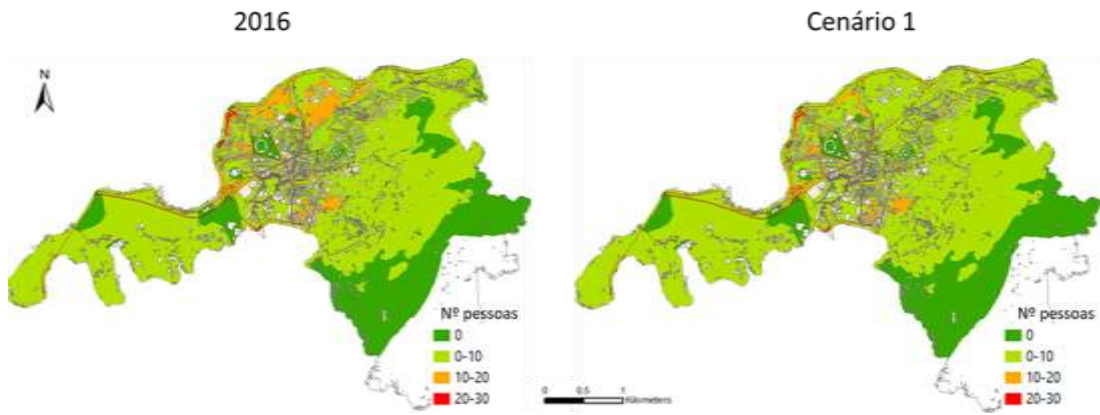


Figura 4 - Número de pessoas severamente incomodadas (2016 vs Cenário 1)

Tabela 7 - Tabela-resumo das pessoas incomodadas e severamente incomodadas, por cenário

	Incomodidade					Incomodidade Severa				
	2008	2016	Cen. 1	Cen. 2	Cen. 3	2008	2016	Cen. 1	Cen. 2	Cen. 3
Pop. Adulta	5105	4817	4419	4727	4376	2442	2282	2028	2234	2004
Pop. Total	7217	6810	6247	6683	6187	3453	3226	2867	3159	2834

3.2 Distúrbios de sono

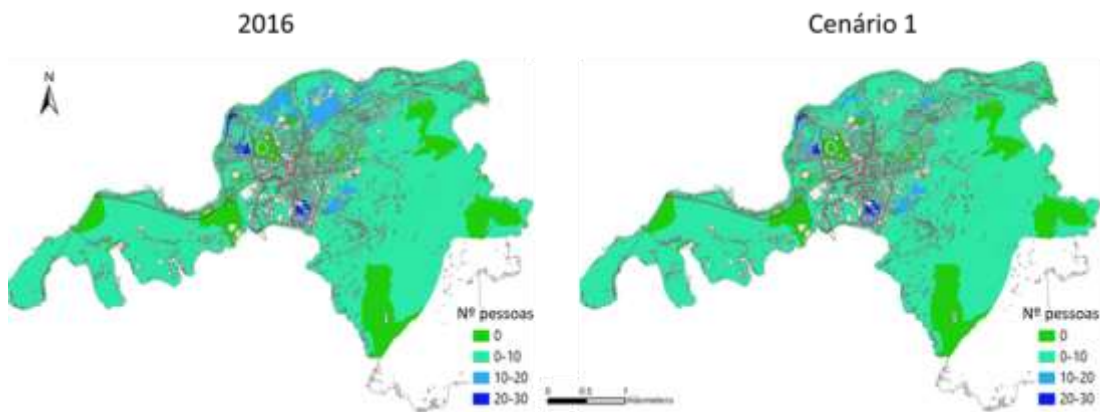


Figura 5 - Número de pessoas com distúrbios de sono (2016 vs Cenário 1)

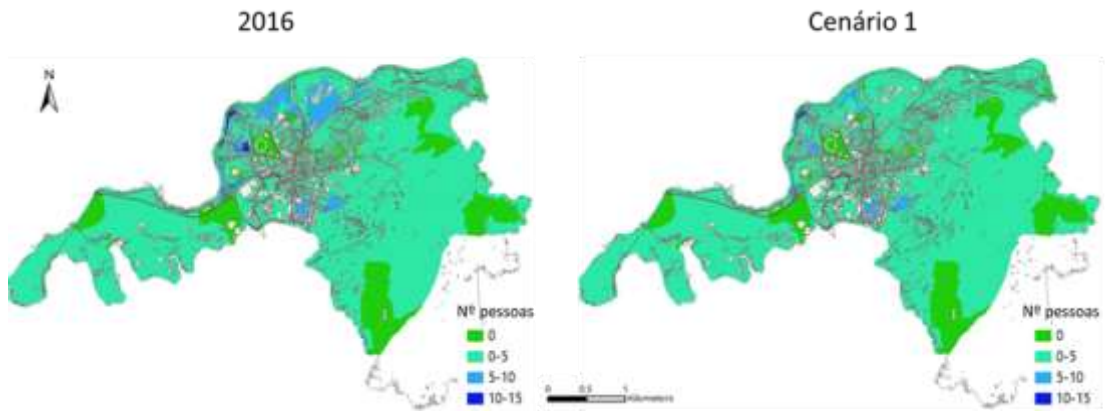


Figura 6 - Número de pessoas com distúrbios de sono severos (2016 vs Cenário 1)

Tabela 8 - Tabela-resumo das pessoas com distúrbios de sono e distúrbios de sono severos para todos os cenários

	Distúrbios de Sono					Distúrbios de Sono Severos				
	2008	2016	Cen. 1	Cen. 2	Cen. 3	2008	2016	Cen. 1	Cen. 2	Cen. 3
Pop. Adulta	2894	2648	2458	2606	2435	1300	1184	1076	1163	1064
Pop. Total	4091,51	3744	3475	3684	3443	1838	1674	1521	1644	1504

3.3 Mortalidade e morbidade de doença coronária do coração e AVC

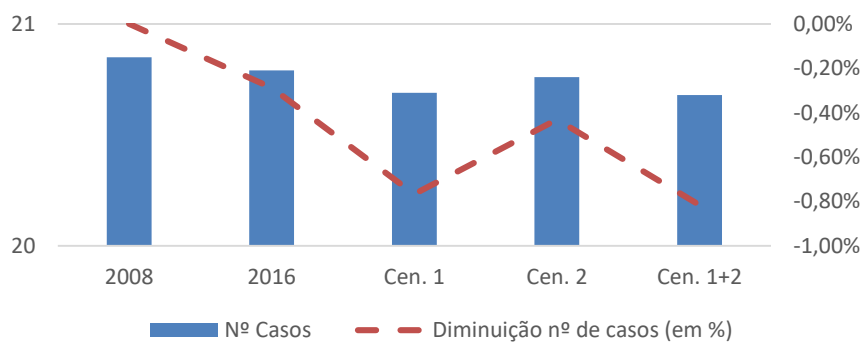


Figura 7 - Mortalidade de doença coronária do coração

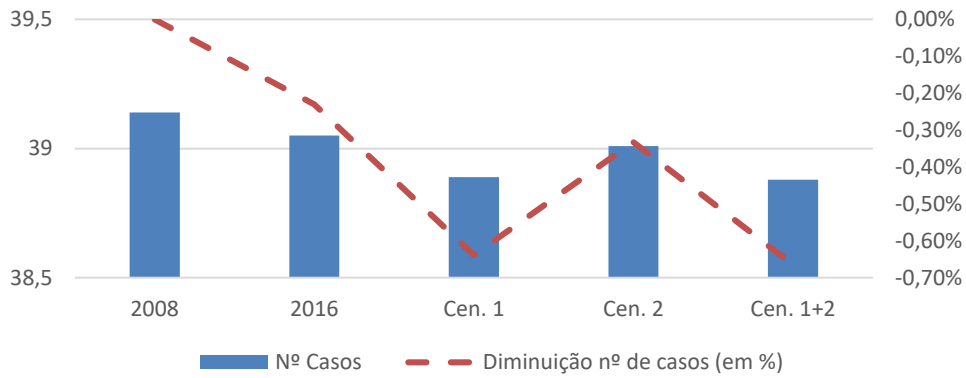


Figura 8- Mortalidade de AVC

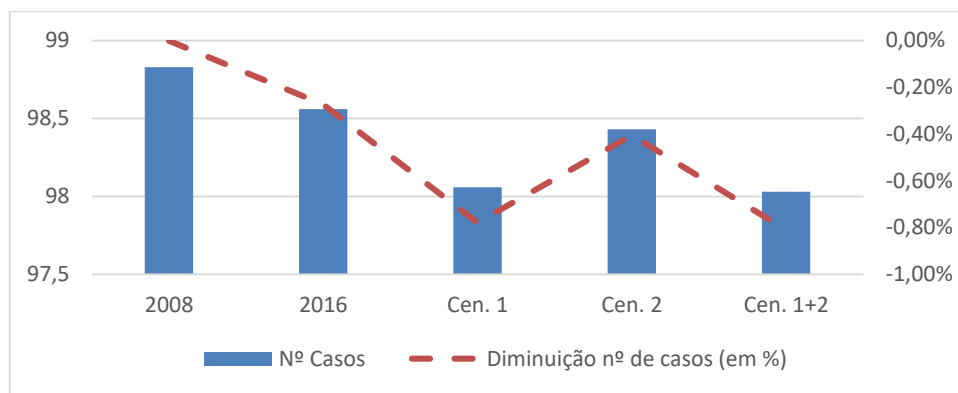


Figura 9- Morbilidade de doença coronária do coração

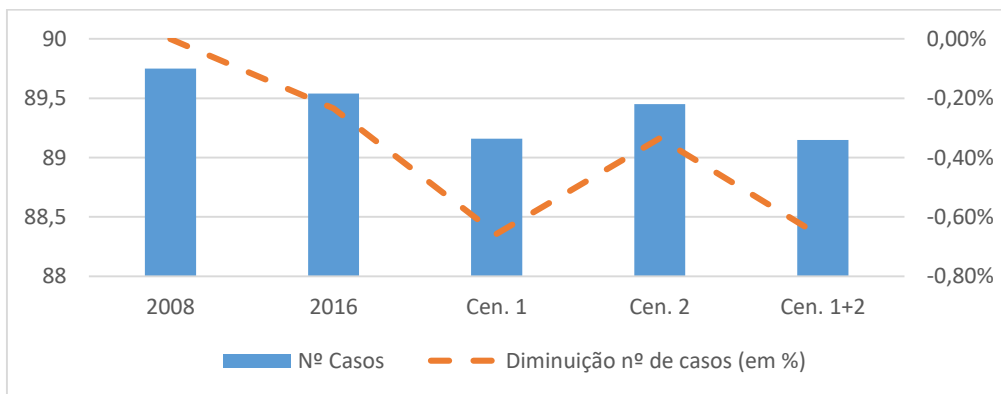


Figura 10 - Morbilidade de AVC

Conclusões

A metodologia utilizada permitiu quantificar e avaliar a qualidade do bem-estar da população e os impactos na saúde devidos à exposição da população ao ruído ambiental.

Em termos quantitativos, a implementação dos três cenários produziu melhorias muito mais significativas para os indicadores de bem-estar (incomodidade e distúrbios de sono) quando comparadas com as melhorias obtidas nos indicadores de saúde (doença coronária do coração e AVC).

Verificou-se que a qualidade do ambiente acústico da cidade melhorou entre o ano 2008 e 2016. Estas melhorias foram obtidas através da introdução de algumas medidas de redução de ruído realizadas pelo município que contribuíram para a obtenção da melhoria do ambiente acústico. No entanto, ainda mais tem que ser feito em questões de ruído ambiental.

O cenário 1 (redução do limite de velocidade da Circular Urbana e Variante de Creixomil de 70 para 50 km/h) resultou em melhorias significativamente maiores comparativamente com o cenário 2 (alteração do pavimento para pavimento menos ruidoso das vias: Largo do Toural, Alameda de S. Dâmaso, Avenida República do Brasil, Rua de Gil Vicente e Avenida Alberto S. Paio). Isto é justificável essencialmente por dois motivos: Área de intervenção maior e maior número de pessoas que beneficiam com a medida.

A combinação de cenários (cenário 3) foi como esperado o cenário que obteve os melhores resultados em termos de melhoria da qualidade acústica e consequentemente, melhoria do bem-estar e da saúde das populações.

A aplicação desta metodologia permitiu a identificação espacial das áreas com maior número de pessoas afetadas pelo ruído ambiental. Adicionalmente, possibilitou avaliar as respetivas consequências de bem-estar e saúde, tornando-as áreas prioritárias de atuação. As medidas com o objetivo de mitigar as consequências do ruído nas populações devem ter em consideração as áreas com níveis de ruído mais elevados e de densidades populacionais maiores, uma vez que atingem um maior número de pessoas.

Estes resultados poderão ainda ser uma ferramenta de auxílio às autarquias na criação de políticas ambientais que visem obter melhoramentos de parâmetros ambientais dos seus municípios.

Demonstrou-se também que quanto maiores forem os esforços por parte das populações e dos municípios em reduzir os níveis de ruído ambiental, principalmente resultantes do tráfego rodoviário, esses esforços traduzem-se em melhorias mais significativas de qualidade de vida e de saúde das populações.

Em trabalhos futuros pretende-se alargar este tipo de análise a outros cenários alternativos, considerando nomeadamente: redução do tráfego automóvel através da introdução de ciclovias, melhoria dos sistemas de transportes públicos, melhoria dos sistemas pedonais, restrição de circulação de veículos com determinadas características, introdução de zonas 30, entre outros.

Referências

- [1] Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise - Declaration by the Commission in the Conciliation Committee on the Directive relating to the assessment and management of environmental noise. OJ L 189, 18.7.2002, p. 12–25, 2002.
- [2] European Commission Green Paper on Future Noise Policy [1996] COM(96) 540 final.
- [3] European Environment Agency. Noise in Europe 2014, EEA Report No 10/2014, ISSN 1977-8449, 2014.
- [4] Babisch, W. The noise/stress concept, risk assessment and research needs. *Noise Health*, 4(16):1-11, 2002.
- [5] World Health Organization, Joint Research Centre. Burden of disease from environmental noise – quantification of healthy years lost in Europe, 2011.
- [6] Houthuijs, D.J.M.; van Beek, A.J.; Swart, W.J.R.; van Kempen, E.E.M.M. Health implication of road, railway and aircraft noise in the European Union - Provisional results based on the 2nd round of noise mapping, RIVM Report, 2014
- [7] Miedema, H.M.E, Oudshoorn, C.G.M. Annoyance from transportation noise: Relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals (2001) *Environmental Health Perspectives*, 109 (4), pp. 409-416.
- [8] Miedema, H.M.E; Vos, H. Noise annoyance from stationary sources: Relationships with exposure metric day-evening-night level (DENL) and their confidence intervals (2004a) *Journal of the Acoustical Society of America*, 116 (1), pp. 334-343.
- [9] Janssen, S.A.; Vos, H. A comparison of recent surveys to aircraft noise exposure response relationships (2009) TNO report TNO-034-DTM-2009-01799. Delft, the Netherlands.
- [10] Miedema, H.M.E.; Vos, H. Self-reported sleep disturbance caused by aircraft noise (2004b). TNO-INRO. Delft, the Netherlands.
- [11] Janssen, S.A.; Vos, H. A comparison of recent surveys to aircraft noise exposure response relationships (2009) TNO report TNO-034-DTM-2009-01799. Delft, the Netherlands.
- [12] Vienneau, D.; Perez, L.; Schindler, C.; Probst-Hensch, N.; Röösli, M. The relationship between traffic noise exposure and ischemic heart disease: a meta-analysis (2013) In: *Proceedings of INTER-NOISE 2013, the 42nd International Congress and Exposition on Noise Control Engineering*. Innsbruck, Austria.
- [13] Huss, A.; Spoerri, A.; Egger, M.; Röösli, M. Aircraft noise, air pollution, and mortality from myocardial infarction (2010) *Epidemiology*, 21 (6), pp. 829-836.
- [14] Sørensen, M.; Hvidberg, M.; Andersen, Z.J.; Nordsborg, R.B.; Lillelund, K.G.; Jakobsen, J.; Tjønneland, A.; Overvad, K.; Raaschou-Nielsen, O. Road traffic noise and stroke: A prospective cohort study (2011) *European Heart Journal*, 32 (6), pp. 737-744.

[15] Hansell, A.L.; Blangiardo, M.; Fortunato, L.; Floud, S.; De Hoogh, K.; Fecht, D.; Ghosh, R.E.; Laszlo, H.E.; Pearson, C.; Beale, L.; Beevers, S.; Gulliver, J.; Best, N.; Richardson, S.; Elliott, P. Aircraft noise and cardiovascular disease near Heathrow airport in London: Small area study (2013) *BMJ (Online)*, 347 (7928), art. no. f5432

[16] Correia, A.W.; Junenette, L.; Jonathan, I.; Melly, S.; Dominici, F. Residential exposure to aircraft noise and hospital admissions for cardiovascular diseases: Multiairport retrospective study (2013) *BMJ (Online)*, 347 (7928), art. no. f5561

[17] Floud, S.; Blangiardo, M.; Clark, C.; De Hoogh, K.; Babisch, W.; Houthuijs, D.; Swart, W.; Pershagen, G.; Katsouyanni, K.; Velonakis, M.; Vigna-Taglianti, F.; Cadum, E.; Hansell, A.L. Exposure to aircraft and road traffic noise and associations with heart disease and stroke in six European countries: A cross-sectional study (2013) *Environmental Health*, 12 (1), art. no. 89.

[18] de Kluizenaar, Y.; Van Lenthe, F.J.; Visschedijk, A.J.H.; Zandveld, P.Y.J.; Miedema, H.M.E.; Mackenbach, J.P. Road traffic noise, air pollution components and cardiovascular events (2013) *Noise and Health*, 15 (67), pp. 388-397.

Biografia resumida dos autores

Lígia Torres Silva

Formação académica: Engenheira Química, Mestre em Tecnologias do Ambiente, Doutorada em Engenharia Civil. É Professora Auxiliar no Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da UMinho, onde iniciou as suas funções em 2002 como Docente e Investigador. A sua atividade de I&D é no domínio do Gestão Ambiental Urbana como Doutora do Centro de Território, Ambiente e Construção. É autora e coautora de mais de 50 artigos científicos em jornais científicos e congressos no âmbito da avaliação, modelação e controlo da qualidade do ambiente urbano. Coordenou o Plano Municipal de Redução de Ruído de Viana do Castelo, consultora sénior do SMARBraga (Sistema de Monitorização Ar, Ruido para a cidade de Braga) e é coordenadora do SMMART Vila Real- ar, ruído e transportes, sistema de monitorização de Vila Real. É membro do Working Group Ar e Ruído da Rede Europeia de Cidades Saudáveis e membro do Grupo de Especialistas da UN-Habitat City Prosperity Index da ONU. Desde 2015 é coordenadora das Unidades Operacionais Qualidade do Ar e Qualidade Acústica da Unidade de Missão da Candidatura de Guimarães a Capital Verde Europeia. Desde 2015 é membro da sub-comissão SC3 – Acústica Ambiental, para a normalização em acústica ambiental, em estreita ligação com o CEN e ISO. Desde 2016 é membro do Corpo Editorial de *Journal of Energy and Water Resources (IJEWR)*. Desde 2017 é membro do International Geographical Union's Commission on Health and Environment - IGU CHE.

Bruno Mendes

Formação académica: Engenheira Química, Mestre em Tecnologias do Ambiente, Doutorada em Engenharia Civil. É Professora Auxiliar no Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da UMinho, onde iniciou as suas funções em 2002 como Docente e Investigador. A sua atividade de I&D é no domínio do Gestão Ambiental Urbana como Doutora do Centro de Território, Ambiente e Construção. É autora e co autora de mais de 50 artigos científicos em jornais científicos e congressos no âmbito da avaliação, modelação e controlo da qualidade do ambiente urbano. Coordenou o Plano Municipal de Redução de Ruído de Viana do Castelo, consultora sénior do SMARBraga (Sistema de Monitorização Ar, Ruído para a cidade de Braga) e é coordenadora do SMMART Vila Real- ar, ruído e transportes, sistema de monitorização de Vila Real. É membro do Working Group Ar e Ruído da Rede Europeia de Cidades Saudáveis e membro do Grupo de Especialistas da UN-Habitat City Prosperity Index da ONU. Desde 2015 é coordenadora das Unidades Operacionais Qualidade do Ar e Qualidade Acústica da Unidade de Missão da Candidatura de Guimarães a Capital Verde Europeia. Desde 2015 é membro da sub-comissão SC3 – Acústica Ambiental, para a normalização em acústica ambiental, em estreita ligação com o CEN e ISO. Desde 2017 é membro do International Geographical Union's Commission on Health and Environment - IGU CHE.