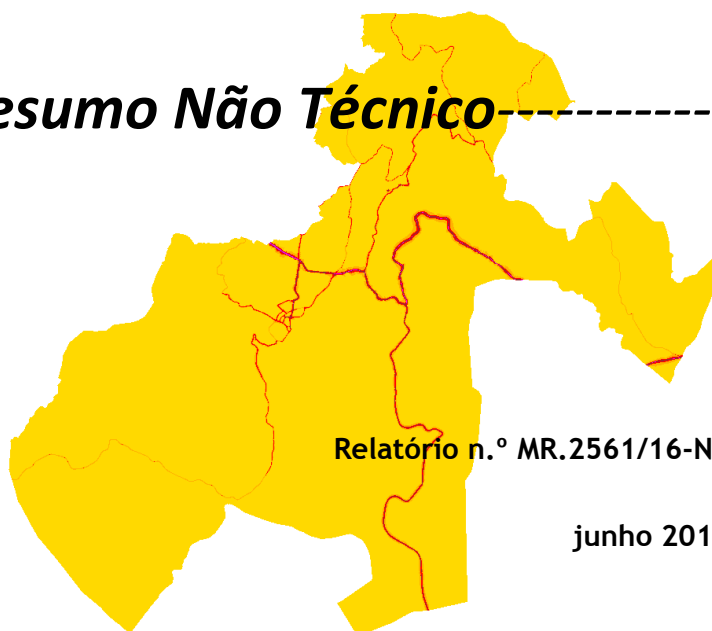


Laboratório de Acústica e Vibrações – LABAV



-----*Resumo Não Técnico*-----



ÍNDICE

1.	Descrição e Enquadramento do Estudo	3
2.	Breve Descrição da Área de Estudo.....	4
2.1	Indicadores de Ruído Adoptados	5
2.2	Escala de Cartografia de Base	6
2.3	Períodos de Referência Considerados	6
2.4	Modelo Topográfico, Malha e Altura de Avaliação.....	6
2.5	Método de Elaboração dos Mapas	7
2.6	Fontes de Ruído – Recolha e Tratamento de Dados.....	7
2.7	Validação de Resultados	9
3.	Resultados.....	10
3.1	Mapas de Ruído	10
3.2	Indicadores de Exposição ao Ruído da População	16
4.	Conclusões.....	18
5.	Referências Essenciais	19

EXECUÇÃO TÉCNICA DO RELATÓRIO	FUNÇÃO	ASSINATURA
Nuno Pereira, Dr.	Director Técnico	
APROVAÇÃO	FUNÇÃO	ASSINATURA
Augusto Miguel Lopes, Eng.º	Director Geral	

1. Descrição e Enquadramento do Estudo

O Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de Janeiro (RGR), é o diploma nacional que actualmente rege a prevenção e o controlo da poluição sonora, tendo em vista a salvaguarda da saúde e o bem-estar das populações.

Pretende-se integrar o factor ruído na tomada de decisão de forma a evitar a coexistência de usos do solo conflituosos e prevenir a exposição das populações a um factor de poluição que vem sendo um dos principais factores de mal-estar da população, no que às temáticas ambientais diz respeito. O objectivo fundamental é assegurar os seguintes limites de exposição (artigo 11.º do RGR):

- a) As zonas sensíveis não devem ficar expostas a ruído ambiente exterior, superior a 55 dB(A), expresso pelo indicador L_{den} , e superior a 45 dB(A), expresso pelo indicador L_n .
- b) As zonas mistas não devem ficar expostas a ruído ambiente exterior, superior a 65 dB(A), expresso pelo indicador L_{den} , e superior a 55 dB(A), expresso pelo indicador L_n .

Prevê o RGR, no n.º 2 do artigo 6.º, que é da competência dos municípios «a classificação, a delimitação e a disciplina das zonas sensíveis e das zonas mistas». No artigo 8.º enquadram-se os requisitos dos «planos municipais de redução de ruído», que devem ser implementados quando as zonas sensíveis ou mistas se encontram expostas a ruído ambiente exterior que exceda os valores fixados no artigo 11.º.

No estudo a que se reporta este relatório procedeu-se à *Revisão dos Mapas de Ruído do Concelho de Tarouca*, dando-se assim cumprimento às disposições do Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de Janeiro (que aprovou o «Regulamento Geral do Ruído» - RGR) e regulamentação complementar. Os níveis de ruído são expressos segundo os novos indicadores (L_{den} e L_n) e foram obtidos por adaptação e atualização dos dados de entrada dos anteriores mapas elaborados ao abrigo do Decreto-Lei n.º 292/2000, de 14 de Novembro.

Um Mapa de Ruído é uma representação da distribuição geográfica de um indicador de ruído, reportando-se a uma situação existente ou prevista para uma determinada área. Constitui uma ferramenta ímpar para prever e visualizar espacialmente os níveis sonoros, onde, nomeadamente, se identificam e catalogam fontes ruidosas e receptores expostos.

Actualmente, estes trabalhos são preferencialmente efectuados recorrendo a programas computacionais de modelação da emissão e propagação sonora a partir de um conjunto diversificado de informações de base. Estes dados de base podem ser teóricos ou obtidos por técnica de medição.

Em qualquer caso, e por motivos de consistência técnica, as medições são indispensáveis para preencher lacunas de informação e por forma validar adequadamente os cenários gerados por modelação matemática.

Seguidamente, são descritos os aspectos metodológicos essenciais do estudo efectuado, os principais resultados obtidos e os dados conclusivos que se consideram relevantes incluir neste RNT¹.

2. Breve Descrição da Área de Estudo

O concelho de Tarouca tem uma área total de 100,08 Km² e uma população residente de 8 048 habitantes (dados dos Censos 2011), correspondendo uma densidade populacional de cerca de 80,4 habitantes / km². O concelho apresentou uma redução de 260 habitantes entre 2001 e 2011.

No que respeita a acessibilidades, a rede rodoviária inclui as principais estradas da rede nacional que servem o concelho (EN 226, EN 226-3 e EN 329), vias estas que constituem a rede de distribuição principal concelhia e que asseguram a ligação entre as freguesias e aos concelhos vizinhos.

O setor terciário ocupa 66,3 % da população ativa do concelho, seguido do setor terciário com 24,9% e o setor primário ocupa somente 8,8% da população ativa.

O maior número de empresas sedeadas no concelho de Tarouca, em 2011, inseriam-se nos ramos do comércio por grosso a retalho e reparação de veículos (perfazendo 29,6%), seguido das atividades administrativas e de serviços de apoio (12,7%) e da construção civil (11,1%). As empresas de indústria transformadora correspondem somente a 4,6% das empresas com sede em Tarouca.

¹ Um Resumo Não Técnico é um documento simplificado que deve resumir e traduzir, em linguagem o menos técnica possível, o conteúdo do Relatório Técnico, que deverá descrever com rigor e detalhe todo o trabalho efectuado. O objectivo do RNT deve ser o de tornar a informação essencial do trabalho acessível a todos os cidadãos interessados.

O presente RNT sumariza a informação incluída no Relatório Final n.º MR.2560/16-NP, de junho de 2016, elaborado pela equipa técnica da ECO 14.

2.1 Indicadores de Ruído Adoptados

A elaboração de um Mapa de Ruído carece da definição prévia do parâmetro para o qual se referencia a “quantidade” do som.

O Som é definido como qualquer a variação da pressão atmosférica susceptível de ser percebida pelo ouvido humano. O Ruído é tipicamente considerado como todo o som indesejável ou incomodativo.

O ruído ambiente é normalmente expresso em termos de nível de pressão sonora. O «nível» permite expressar uma determinada quantidade relativamente a um valor de referência - no caso do ruído, este valor de referência é o limiar da audição que, para um indivíduo médio e com a função auditiva preservada, se situa nos 20 μ Pa (0,00002 Pa).

A aplicação directa de uma escala linear de pressão sonora (em Pa) resulta numa escala muito larga e de difícil manuseamento. Por outro lado, sabe-se que o ouvido humano responde de forma não linear a diferentes magnitudes de níveis sonoros, aproximando-se mais de uma resposta logarítmica.

Por estes motivos, é mais prático e vantajoso expressar os parâmetros acústicos em termos de uma taxa logarítmica relativamente a um valor de referência. Esta taxa logarítmica é traduzida pelo decibel - dB.

Quando se pretende expressar a exposição humana ao ruído, o ruído é ainda ponderado em termos de resposta qualitativa do nosso aparelho auditivo que não responde de forma igual a diferentes frequências. Utiliza-se então a curva de resposta normalizada “A” (a que mais se aproxima, no domínio da frequência, da resposta humana ao ruído), sendo então os níveis de ruído expressos em dB(A).

De acordo com as prerrogativas nacionais e comunitárias aplicáveis, no presente estudo tomou-se como parâmetro acústico o nível sonoro médio de longa duração, ponderado A, $L_{Aeq,LT}$, na acepção do estabelecido na norma NP ISO 1996:2011. Trata-se de um indicador médio sonoro num determinado intervalo de tempo considerado e consiste numa média, num intervalo de tempo de longa duração, dos níveis sonoros contínuos equivalentes para as séries de intervalos de tempo de referência compreendidos nesse intervalo de tempo.

Assim, em conformidade com o RGR, foram determinados os indicadores de ruído diurno (**Ld**), do entardecer (**Le**) e nocturno (**Ln**), definidos como sendo os níveis sonoros médios de longa duração, determinados durante séries dos respectivos períodos de referência (diurno, do entardecer ou nocturno) representativos de um ano.

A partir dos indicadores anteriores obtêm-se o indicador de ruído diurno-entardecer-nocturno (**Lden**), correspondendo a um indicador de ruído associado ao incómodo global. Este indicador corresponde ao ruído ambiente de 24 horas, que penaliza os níveis de ruído ocorrentes nos períodos entardecer e nocturno, uma vez que, em geral, estão associados a maior incómodo.

Os mapas de ruído foram elaborados para os indicadores de ruído **Lden** e **Ln** reportados a uma altura 4 m acima do solo.

2.2 Escala de Cartografia de Base

Sendo um Mapa de Ruído um documento onde se descrevem os níveis de ruído que se verificam numa determinada área, é obviamente necessário definir a peça onde se pretende “fazer” essa descrição.

A cartografia base para a realização dos mapeamentos foi fornecida pelo Município de Tarouca à escala de 1:10 000.

2.3 Períodos de Referência Considerados

Conforme estabelecido no RGR, consideraram-se os períodos de referência diurno (7h-20h), do entardecer (20h-23h) e nocturno (23-7h).

2.4 Modelo Topográfico, Malha e Altura de Avaliação

O cálculo computacional dos níveis sonoros de uma área em estudo carece da definição de um conjunto de parâmetros de base ao cálculo que influenciam aspectos como o detalhe e rigor da abordagem e o tempo de cálculo para a obtenção dos Mapas de Ruído.

Assim, para efeitos de cálculo a área do concelho da Tarouca foi dividida numa malha de 10*10 metros, resultando em cerca de 1 001 000 pontos de cálculo. A altura de avaliação utilizada foi a recomendada pela norma europeia: 4 metros acima do nível do solo. O modelo altimétrico considerado baseou-se curvas de adensamento topográfico de equidistância de 5 metros. Foram levados em consideração os fenómenos de reflexão (reflexões de 1.^a ordem). Em termos de fenómenos de absorção sonora pelo solo, considerou-se que o mesmo era mediamente absorvente (coeficiente de absorção sonora, $\alpha_{med}=0,5$).

2.5 Método de Elaboração dos Mapas

No presente estudo, utilizou-se uma metodologia baseada na técnica de modelação. Por motivos de consistência técnica, efectuou-se um conjunto de medições de validação indispensáveis à obtenção de Mapas Acústicos representativos e reprodutíveis.

Para a elaboração dos Mapas de Ruído do presente estudo, utilizou-se o *software* computacional para simulação da emissão e propagação sonora “IMMI”, versão 2015 (*Wölfel Meßsysteme GmbH*, Alemanha). Trata-se de um programa computacional de eficácia comprovada e parametrizado de acordo com métodos de cálculo devidamente validados e recomendados pela Directiva 2002/49/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de Junho de 2002, relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente.

Para que o IMMI possa gerar um determinado campo sonoro pretendido foi necessário fornecer um conjunto de informação de base que caracterize adequadamente a emissão, propagação e recepção do som, nomeadamente:

- A altimetria da área em estudo;
- Dados meteorológicos;
- Volumetria e forma de edifícios e outras barreiras sonoras;
- Localização e catalogação de receptores;
- Caracterização da potência sonora das fontes.

2.6 Fontes de Ruído - Recolha e Tratamento de Dados

Na acepção do previsto no RGR, fontes de ruído resultam de actividades ruidosas de carácter permanente, os seja, são todas as actividades susceptíveis de produzir ruído nocivo ou incomodativo, para os que habitem, trabalhem ou permaneçam nas imediações do local onde decorrem. Estão excluídas do âmbito dos Mapas de Ruído actividades ruidosas ditas temporárias (obras de construção civil, competições desportivas, espectáculos, festas ou outros divertimentos, feiras e mercados).

Concretamente para o caso estudado consideraram-se basicamente 2 tipologias de fontes sonoras: tráfego rodoviário e o ruído industrial.

O quadro seguinte apresenta as vias de tráfego rodoviário caracterizadas no âmbito do presente estudo.

Quadro 1: Vias rodoviárias consideradas no estudo.

Tipo de Via	Designação da Via
Estradas Nacionais	EN 226;EN 226-3;EN 329.
Estradas e Caminhos Municipais	EM 520; EM 520-1;EN 527;CM1095;CM 1171;CM 1172;CM1173;CM1174.
Arruamentos de interesse	Avenida Alberto Pereira Martins, Avenida dos Restauradores do Concelho; Rua de Vinício Felix; Avenida dos Bombeiros Voluntários, Avenida Ananias do Carmo Santos, Avenida Professor Leite Vasconcelos, Rua Dr. Abel de Sousa Lira, Arruamento de ligação EN226-3-Variante Este, Variante Este e Oeste

Foram consideradas na modelação as seguintes atividades industriais ou similares, consideradas significativas à escala do mapa concelhio, representadas na figura seguinte.



Figura 1: Representação das fontes de ruído industrial modeladas para caracterização do ruído industrial do concelho de Tarouca.

Atendendo, as recomendações da APA, os mapas de ruído devem incluir pelo menos as Indústrias sujeitas a Avaliação de Impacte Ambiental (A.I.A.) e Controlo Integrado de Poluição (PCIP). Assim foi consultado o site da APA, de modo a saber o número de licenças ambientais emitidas para indústrias abrangidas pelo procedimento PCIP, no caso de Tarouca não existia nenhuma.

O trabalho de caracterização de fontes sonoras para a obtenção dos dados de entrada indispensáveis à modelação englobou um trabalho misto de levantamento de dados *in situ* (fluxos de tráfego, tipologias de vias, etc.) e de medições *in situ* de verificação / validação.

2.7 Validação de Resultados

A validação do processo de cálculo foi efectuada por comparação dos resultados obtidos na modelação com os obtidos nas campanhas de medições acústicas especificamente levadas a cabo para o efeito. Assim, seleccionaram-se dois locais de monitorização, nos quais se procederam a medições de longa duração, em dois dias distintos, em conformidade com os métodos normalizados aplicáveis. Como critério de aceitação/validação dos resultados obtidos por modelação, foi fixado em 2 dB(A) a diferença aceitável. No quadro seguinte apresentam-se os resultados obtidos que validam as simulações efectuadas nos mapas.

Quadro 2: Comparação entre os resultados obtidos por cálculo e por medição.

Ponto de Medição	Via rodoviária	L_{den} [dB(A)]			L_n [dB(A)]		
		Simulação	Medição	Desvio	Simulação	Medição	Desvio
P1	EN226	61	60	+1	53	54	-1
P2	Variante Este	62	62	0	53	53	0

3. Resultados

3.1 Mapas de Ruído

Nas figuras 3 e 4 apresentam-se os Mapas de Ruído finais obtidos no âmbito do presente estudo para a situação atual (Ano 2016).

Nas figuras 5 e 6 apresentam-se os Mapas de Ruído finais que incluem já uma previsão do ruído gerado pela via rodoviária proposta, representadas na figura 2 (assumindo-se um horizonte temporal a 10 anos - ano 2026).



Figura 2: Via rodoviária proposta considerada no âmbito do presente estudo.

Os mapas de ruído apresentam uma escala de cores de acordo com os níveis de ruído simulados no programa de modelação acústica, correspondendo as cores mais escuras a níveis mais altos de ruído e as mais claras a níveis inferiores, tal como se verifica no quadro seguinte.

Quadro 3: Escala de cores representativas dos diferentes níveis sonoros

Classes do Indicador dB(A)	Cor	Classes do Indicador dB(A)	Cor	
<i>Lden</i> ≤55	ocre	<i>Ln</i> ≤45	verde escuro	Menos ruidoso
55 < <i>Lden</i> ≤60	laranja	45 < <i>Ln</i> ≤50	amarelo	↓
60 < <i>Lden</i> ≤65	vermelhão	50 < <i>Ln</i> ≤55	ocre	
65 < <i>Lden</i> ≤70	carmim	55 < <i>Ln</i> ≤60	laranja	
<i>Lden</i> >70	magenta	<i>Ln</i> >60	vermelhão	Mais ruidoso

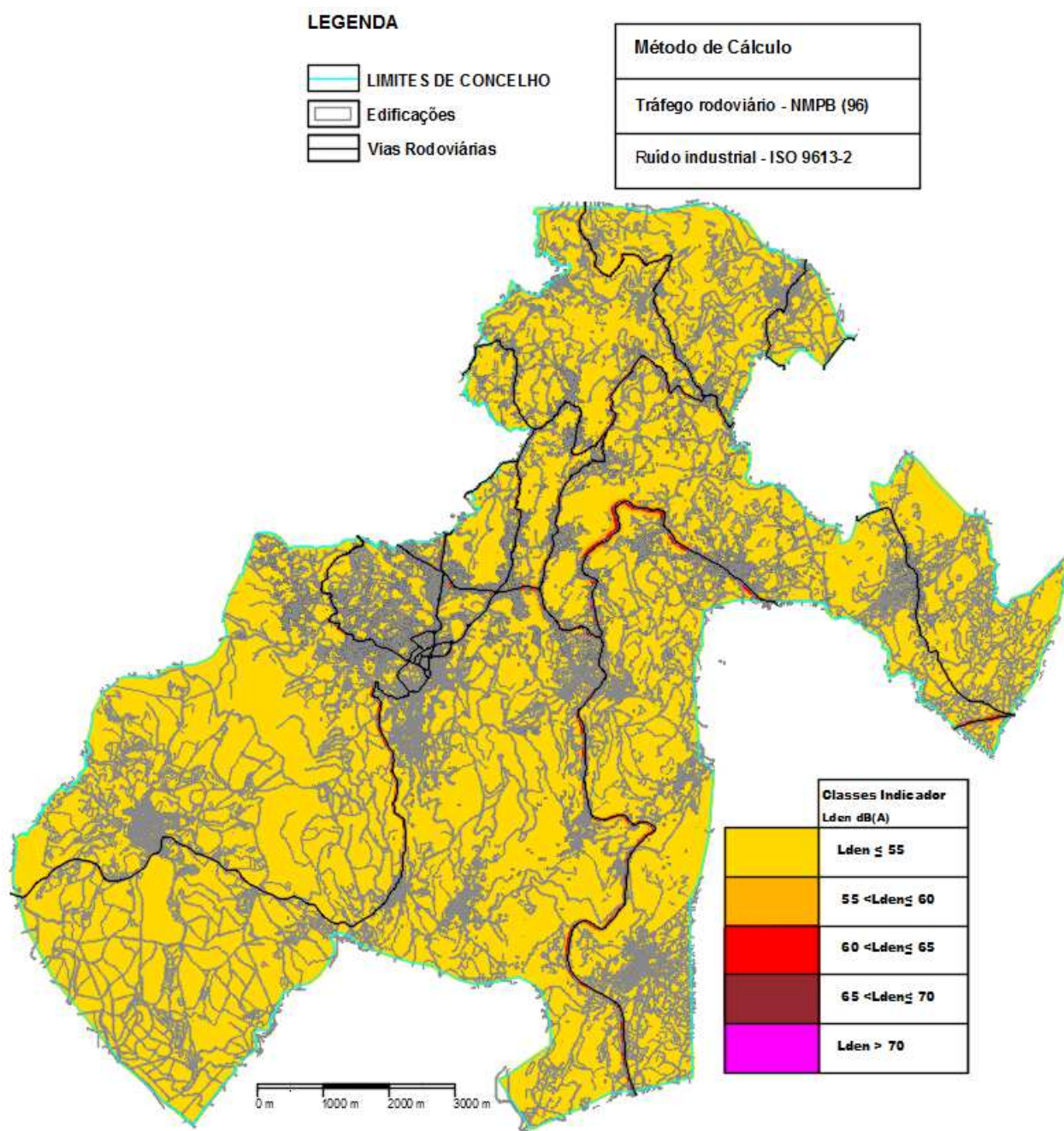


Figura 3: Mapa de Ruído do Concelho de Tarouca - indicador *Lden* (Ano 2016).

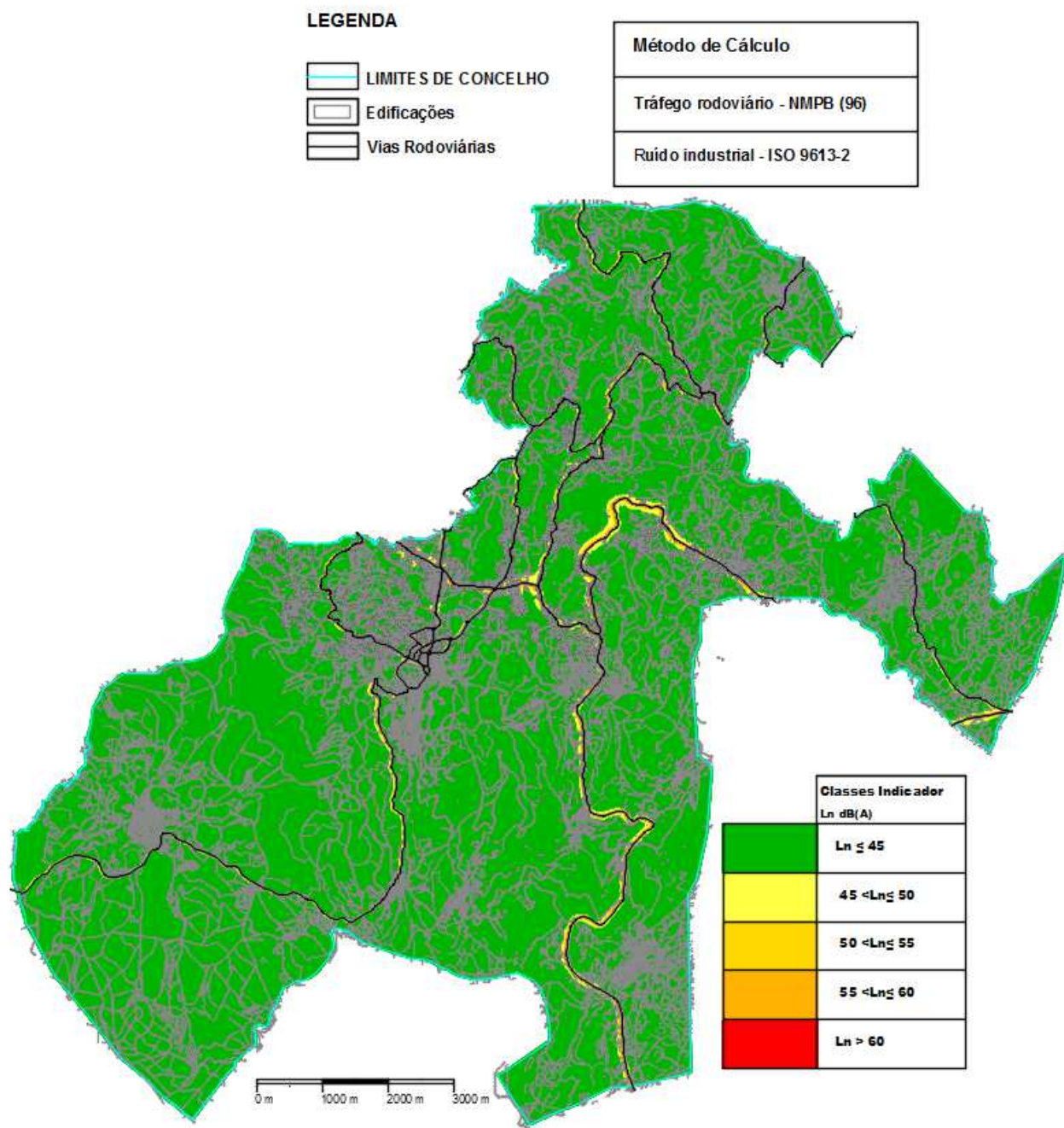


Figura 4: Mapa de Ruído do Concelho de Tarouca - indicador L_n (Ano 2016).

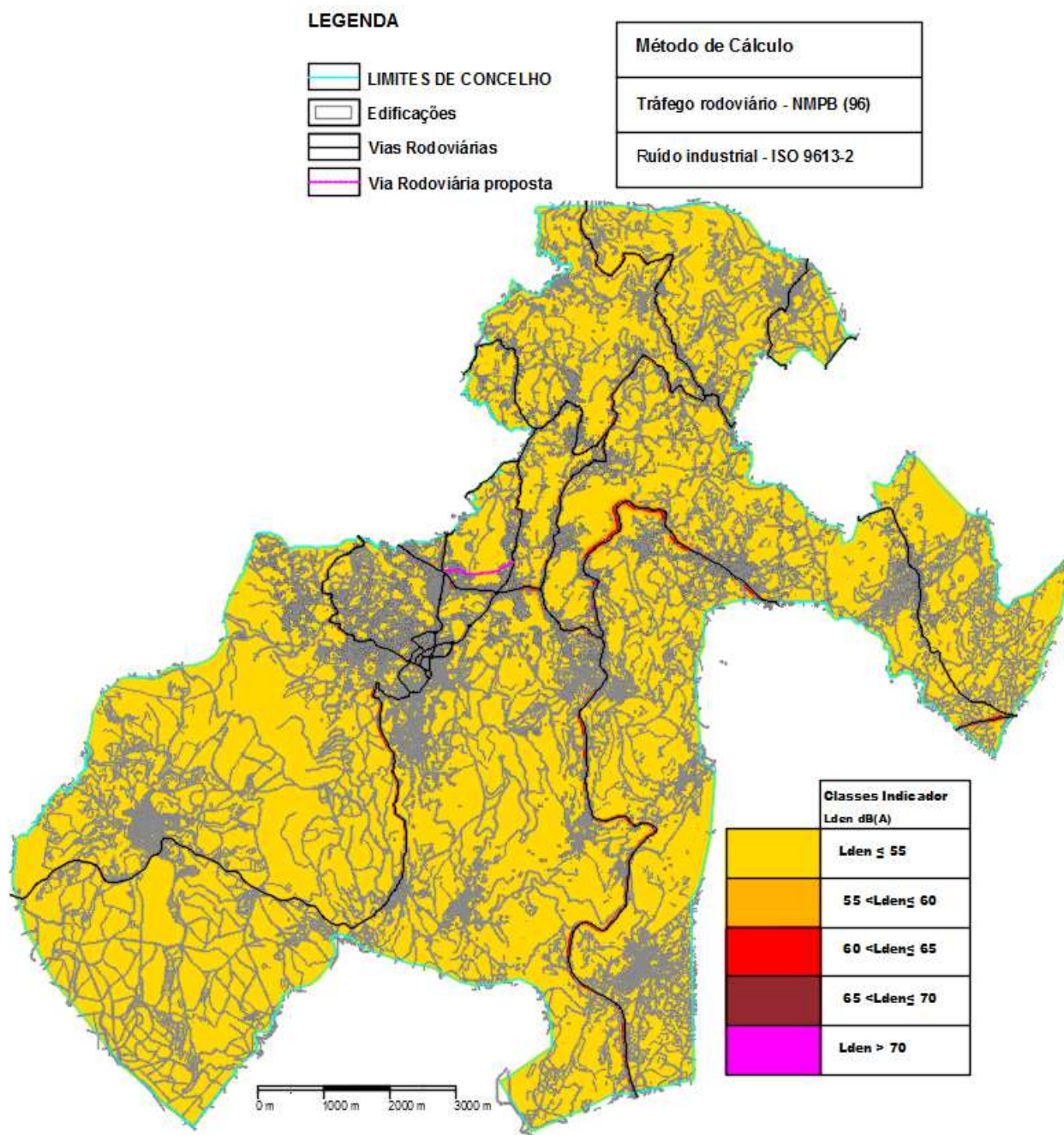


Figura 5: Mapa de Ruído do Concelho de Tarouca - indicador *Lden* (Ano 2026).

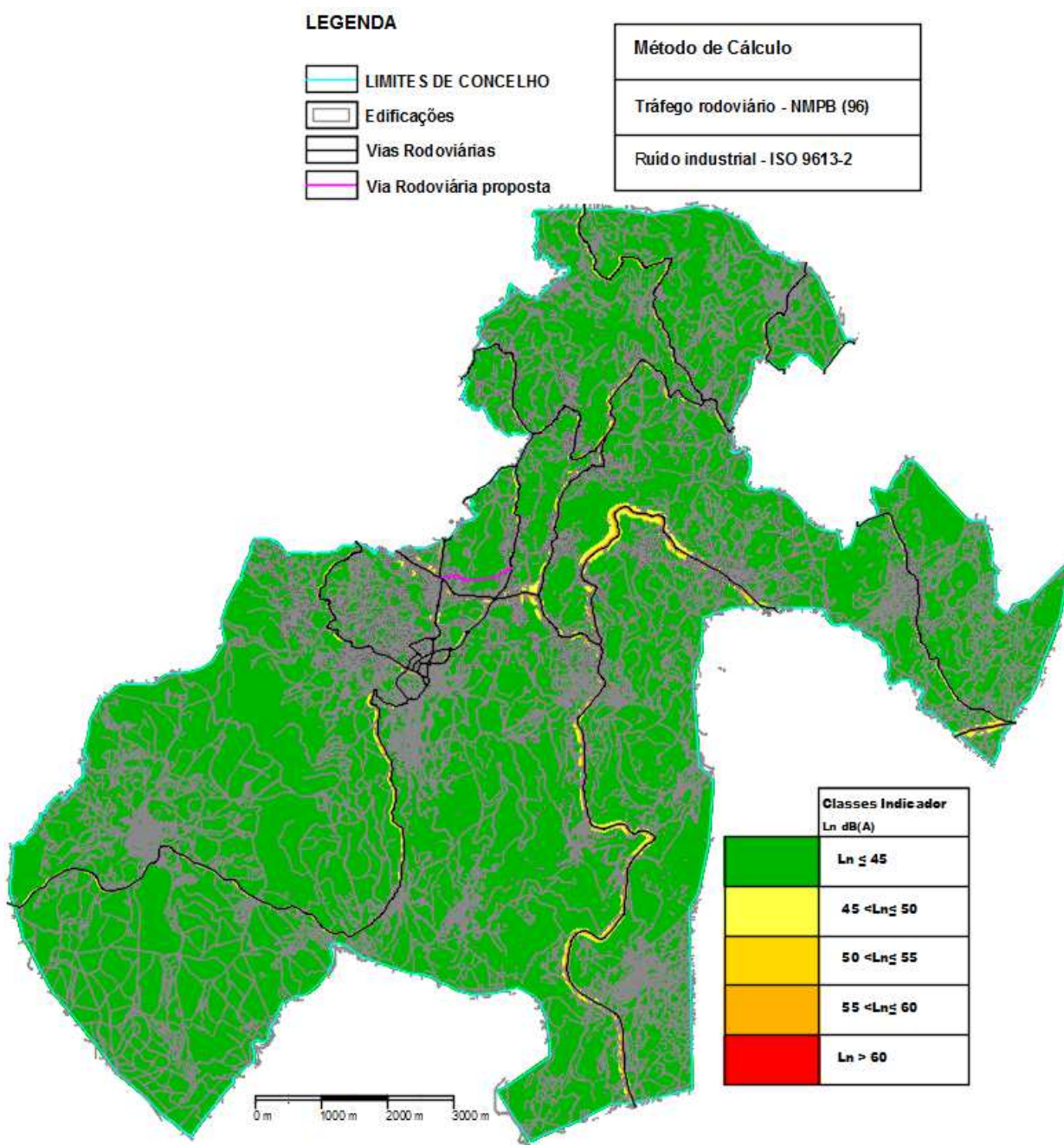


Figura 6: Mapa de Ruído do Concelho de Tarouca - indicador L_n (Ano 2026).

3.2 Indicadores de Exposição ao Ruído da População

Para além de possibilitar uma visão qualitativa da distribuição geográfica dos níveis sonoros da área em análise, um Mapa de Ruído do tipo do desenvolvido deve fornecer indicadores quantitativos da população exposta ao ruído.

Assim, foram calculados os níveis sonoros incidentes nas fachadas nos receptores sensíveis (edifício habitacional) do concelho. A cada edifício foi associado o nível sonoro mais elevado, referente à fachada mais exposta do mesmo.

A partir de dados sobre densidades populacionais do concelho e das suas freguesias, distribuiu-se a população residente pelos receptores sensíveis proporcionalmente ao volume de cada edifício. Da associação dos níveis sonoros da fachada mais exposta e da população residente em cada edifício estimaram-se as percentagens de exposição da população às diferentes classes de níveis de ruído. Estas estimativas, para ambos os indicadores de ruído (L_{den} e L_n), apresentam-se no quadro 4 e gráficos das figuras 7 e 8.

Quadro 4: Estimativas (em %) de população exposta a diferentes intervalos de níveis sonoros, para os indicadores de ruído L_{den} e L_n , nos dois cenários estudados.

Classes de níveis sonoros do Indicador LAeq, dB(A)	L_{den}					L_n						
	Ano 2016		Ano 2026		Variação (2026-2016)	Ano 2016		Ano 2026		Variação (2026-2016)		
<45	59	60	1			79	79	79	79	0	0	
45-50	13	81	13	82	0	1	11	19	11	19	0	0
50-55	9	9	0				8	8	8	8	0	0
55-60	12	18	11	17	-1	-1	2	2	2	2	0	0
60-65	6	6	0				0	2	0	2	0	0
65-70	1	1	0				0	0	0	0	0	0
>70	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Observações:
A coloração confronta os valores obtidos com os limites estabelecidos no RGR para zonas sensíveis (sombreado verde) e zonas mistas (sombreado amarelo). A área de sombreado vermelho marca níveis sonoros que excedem ambos os critérios.

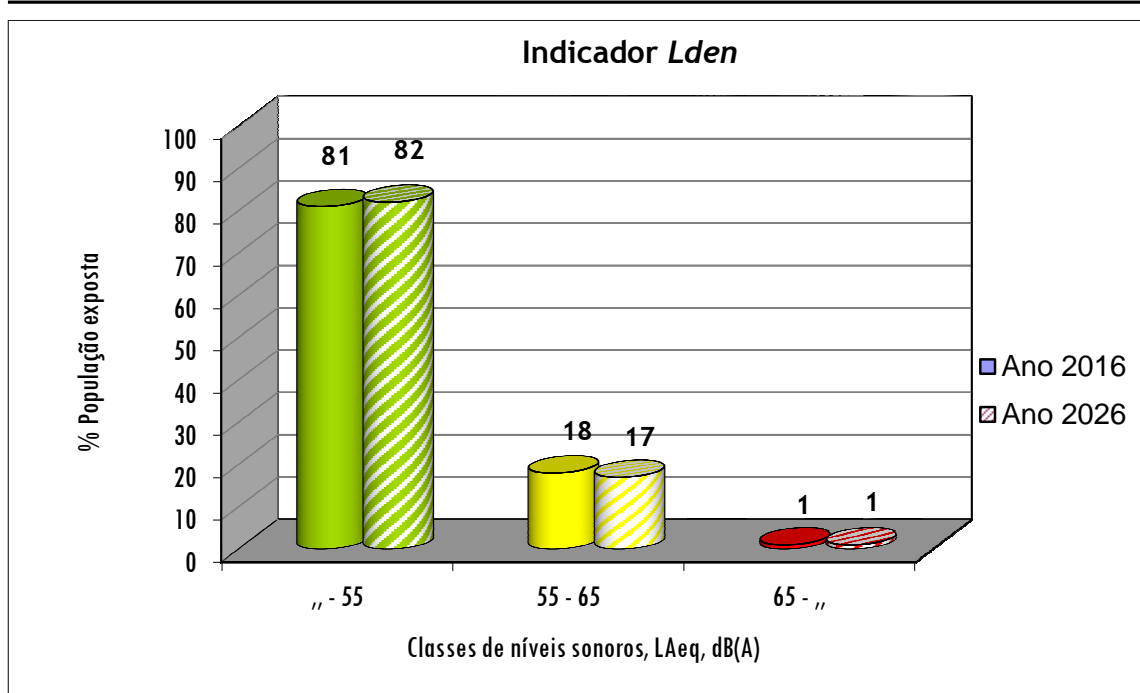


Figura 7: Representação gráfica das estimativas dos níveis de exposição da população do concelho de Tarouca ao ruído em termos de *Lden* (indicador de ruído diurno-entardecer-nocturno).

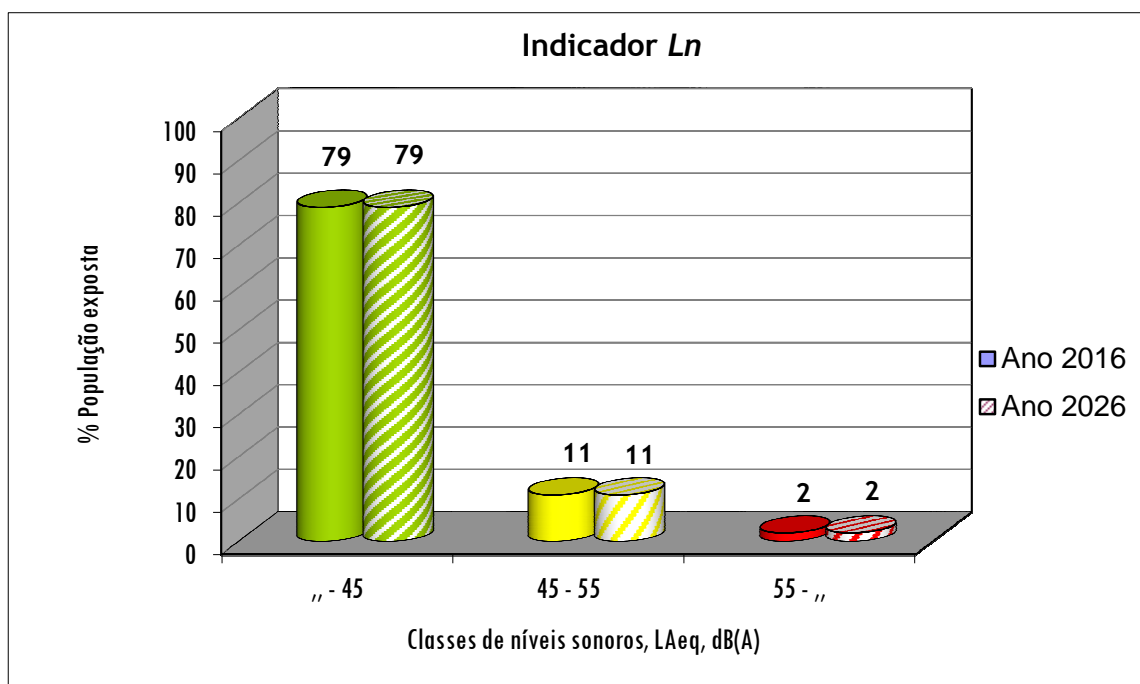


Figura 8: Representação gráfica das estimativas dos níveis de exposição da população do concelho de Tarouca ao ruído em termos de *Ln* (indicador de ruído nocturno).

4. Conclusões

Em termos dos aspetos mais significativos associados aos resultados obtidos, destacam-se:

- I. A área estudada pode ser considerada como “acusticamente calma”, com níveis de ruído ambiente que se podem considerar baixos e perfeitamente compatíveis com utilizações sensíveis à relativamente à poluição sonora;
- II. A única fonte geradora de algum ruído relevante é o tráfego rodoviário, contudo, tendo em consideração os baixos fluxos de tráfego circulante, o seu impacto ruidoso efetivo é baixo;
- III. As vias rodoviárias que apresentam os maiores volumes de tráfego (embora inferiores a 8000 veículos/dia), e portanto mais emissões sonoras, são as vias estruturantes que servem e atravessam o concelho, nomeadamente a EN 226 seguida da EN 226-3 e da EN 329.
- IV. Relativamente ao ruído industrial, verificou-se que este não tem importância relativa assinalável.
- V. Estimativas efetuadas no âmbito do presente estudo apontam para que para ambos os cenários estudados (ano 2016 e ano 2026):
 - **Cerca de 81-82% e 79% da população está exposta a níveis de ruído ambiente compatíveis com zonas sensíveis**, para os indicadores L_{den} (< 55 dB(A)) e L_n (< 45 dB(A)), respetivamente;
 - **Cerca de 99% e 98% da população está exposta a níveis de ruído ambiente compatíveis com zonas mistas** para os indicadores L_{den} (< 65 dB(A)) e L_n (< 55 dB(A)), respetivamente;
 - **E somente 1% e 2% da população estão em locais com níveis sonoros incompatíveis com zonas mistas**, para os indicadores L_{den} e L_n , respetivamente;
- VI. As áreas a classificar (zonas sensíveis ou mistas) com níveis de ruído ambiente que excedem os critérios legais devem ser objeto de planos de redução de ruído

5. Referências Essenciais

- [1] - Agência Portuguesa do Ambiente - «Directrizes para elaboração de mapas de ruído»; Dezembro 2011.
- [2] - Agência Portuguesa do Ambiente - «Diretrizes para elaboração de mapas de ruído - versão 2»; junho 2008.
- [3] - Agência Portuguesa do Ambiente - Nota técnica: «Recomendações para a selecção de métodos de cálculo a utilizar na previsão de níveis sonoros».
- [4] - Agência Portuguesa do Ambiente - «Projecto-piloto de demonstração de mapas de ruído - escalas municipal e urbana», Maio 2004.
- [5] - Alarcão, D.; Bento Coelho, J. L. - «Modelação de ruído de tráfego ferroviário», Acústica 2008, Coimbra, Portugal.
- [6] - Martins da Silva, P. - «Ruído de tráfego rodoviário», LNEC, 1975.
- [7] - IMMI 2015 for Windows Help Topics.
- [8] - «Noise mapping with IMMI - Tutorial» - Wölfel MeBsysteme, 2011.
- [9] - «IMMI - Revisions & Amendements» - Wölfel MeBsysteme, 2015.