

Laboratório de Acústica e Vibrações – LABAV

**MUNICÍPIO DE
MIRANDELA**

**MAPAS DE RUÍDO
DO CONCELHO DE
MIRANDELA**



Relatório n.º MR.2307/14-CM

19 de dezembro de 2014

NOTA DE APRESENTAÇÃO

A **ECO 14 - Serviços e Consultadoria Ambiental, Lda.** apresenta o relatório do trabalho de **Elaboração dos Mapas de Ruído do Concelho de Mirandela.**

O estudo foi elaborado pela equipa técnica do Laboratório de Acústica e Vibrações da ECO 14 que se apresenta inteiramente disponível para prestar quaisquer esclarecimentos que se considerem necessários.

EXECUÇÃO TÉCNICA DO RELATÓRIO	FUNÇÃO	ASSINATURA
Cláudia Jacinto, Eng. ^a	Técnica LabAV	
APROVAÇÃO	FUNÇÃO	ASSINATURA
Nuno Pereira, Dr.	Diretor Técnico	

PEÇAS ESCRITAS

ÍNDICE

PEÇAS ESCRITAS.....	3
1. Introdução	5
2. Definições e Conceitos de Interesse	6
3. Enquadramento Legal	7
4. Requisitos Genéricos dos Mapas de Ruído	8
5. Breve Descrição da Área Estudada	9
6. Metodologia	10
6.1 Princípios Básicos da Modelação Acústica	10
6.2 Indicadores de Ruído.....	11
6.3 Períodos de Referência Considerados.....	11
6.4 Variáveis Base da Modelação e Parametrizações de Cálculo	11
6.5 Método de Elaboração dos Mapas.....	13
6.6 Métodos de Cálculo Adotados	15
6.7 Fontes de Ruído – Recolha e Tratamento de Dados de Entrada	16
6.7.1 Tráfego Rodoviário	17
6.7.2 Tráfego Ferroviário	19
6.8 Medições de Verificação/Validação	20
7. Resultados	21
7.1 Caracterização do Tráfego Rodoviário	22
7.1.1 Dados Provenientes de Estudos de Tráfego	22
7.1.2 Características de Tráfego Utilizadas na Previsão de Níveis Sonoros.....	23
7.1.3 Vias Rodoviárias Futuras	26
8. Validação de Resultados	28
9. Implicações Técnicas e Legais dos Mapas	29
9.1 Indicadores de Exposição ao Ruído da População.....	29
9.2 Influência Diferenciada de Fontes.....	32
9.3 Medidas Genéricas de Prevenção e Proteção do Ruído.....	32
9.4 Necessidades de Planos de Redução de Ruído.....	33
10. Conclusões.....	34
11. Referências	36
Anexo I - Boletim de Verificação e Certificados de Calibração	37
PEÇAS DESENHADAS	38
REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DAS ESTRADAS E RESPECTIVOS TROÇOS ESTUDADOS NA MODELAÇÃO ACÚSTICA ...	
MAPAS DE RUÍDO DO CONCELHO DE MIRANDELA – ANO 2014	
MAPAS DE “COMPATIBILIDADES” DO CONCELHO DE MIRANDELA – ANO 2014	
MAPAS DE RUÍDO DO CONCELHO DE MIRANDELA – ANO 2024.....	
MAPAS DE “COMPATIBILIDADES” DO CONCELHO DE MIRANDELA – ANO 2024	

1. Introdução

O «Regulamento Geral do Ruído» (RGR), aprovado pelo Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de Janeiro, determina que na execução da política de ordenamento do território e urbanismo deve ser assegurada a qualidade do ambiente sonoro na habitação, trabalho e lazer.

Sucintamente, pretende-se que este propósito seja atingido por meio de um planeamento acústico adequado dos espaços concelhios, num misto de prevenção e de proteção/controlo do ruído e deve efetivar-se, designadamente, na delimitação de zonas onde os níveis de ruído não devem exceder patamares de admissibilidade.

Segundo os princípios preconizados pelo RGR, este zonamento deve ser delineado em função do uso do solo, atual e/ou programado, e deve apoiar-se na elaboração de Mapas de Ruído. Impende sobre as Câmaras Municipais a responsabilidade de definir as tipologias de zonas previstas no RGR, devendo estas ser disciplinadas e incorporadas nos planos municipais de ordenamento do território, assim como executar as recolhas de dados acústicos indispensáveis à sustentação do zonamento acústico.

No trabalho a que se reporta a presente Memória Descritiva elaboraram-se os **Mapeamentos de Ruído do Concelho de Mirandela, à escala de Plano Diretor Municipal**.

Conforme se detalhará mais adiante, os Mapas de Ruído constituem uma ferramenta ímpar para prever e visualizar espacialmente os níveis sonoros de uma dada área, onde, nomeadamente, se identificam e catalogam fontes ruidosas e recetores expostos.

Os Mapas de Ruído resultantes, que adiante se apresentam nas “Peças Desenhadas”, descrevem detalhadamente a distribuição espacial dos níveis de ruído ambiente exterior da área estudada.

Atualmente, estes trabalhos são preferencialmente efetuados 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.

Nesta memória descritiva são resumidamente descritos aspetos relacionados com a metodologia de execução do trabalho, o enquadramento legislativo e normativo aplicável, os resultados obtidos, assim como uma abordagem às implicações técnicas e legais decorrentes

dos dados acústicos recolhidos, designadamente no que se refere aos constrangimentos de zonamento acústico e à eventual necessidade de elaboração de Planos de Redução de Ruído.

2. Definições e Conceitos de Interesse

Mapa de Ruído: Descritor do ruído ambiente exterior, expresso pelos indicadores L_{den} e L_n , traçado em documento onde se representam as isófonas e as áreas por elas delimitadas às quais corresponde uma determinada classe de valores expressos em dB(A).

Ruído ambiente: ruído global observado numa dada circunstância num determinado instante, devido ao conjunto de todas as fontes sonoras que fazem parte da vizinhança próxima ou longínqua do local considerado.

Período de referência: intervalo do tempo para o qual os valores obtidos em ensaio são representativos.

Intervalo de tempo de longa duração: intervalo de tempo especificado para o qual os resultados das medições são representativos, consistindo em séries de intervalos de tempo de referência.

Atividade ruidosa permanente: Atividade desenvolvida com carácter permanente, ainda que sazonal, que produza ruído nocivo ou incomodativo para quem habite ou permaneça em locais onde se fazem sentir os efeitos dessa fonte de ruído, designadamente laboração de estabelecimentos industriais, comerciais ou de serviços.

Zona Mista: Área definida em plano municipal de ordenamento do território, cuja ocupação seja afeta a outros usos, existentes ou previstos, para além dos referidos na definição de zona sensível.

Zona Sensível: Área definida em plano municipal de ordenamento do território como vocacionada para uso habitacional, ou para escolas, hospitais ou similares, ou espaços de lazer, existentes ou previstos, podendo conter pequenas unidades de comércio e de serviços destinadas a servir a população local, tais como cafés e outros estabelecimentos de restauração, papelarias e outros estabelecimentos de comércio tradicional, sem funcionamento no período noturno.

Recetor sensível: O edifício habitacional, escolar, hospital ou similar ou espaço de lazer, com utilização humana.

Período de referência: Período diurno: 7h-20h; Período do entardecer: 20h-23h; Período noturno: 23-7h.

Indicadores de ruído diurno (L_d), do entardecer (L_e) e noturno (L_n): Níveis sonoros de longa duração, conforme definidos na NP 1730-1:1996, ou na versão atualizada correspondente, determinados durante séries dos respetivos períodos de referência e representativos de um ano.

Indicador de ruído diurno-entardecer-noturno (L_{den}): O indicador de ruído, expresso em dB(A), associado ao incómodo global, dado pela expressão:

$$L_{den} = 10 \times \log \frac{1}{24} \left[13 \times 10^{L_d/10} + 3 \times 10^{L_e+5/10} + 8 \times 10^{L_n+10/10} \right]$$

Nível de pressão sonora ponderado A, L_{pA} : nível de pressão sonora dado pela fórmula:

$$L_{pA} = 10 \lg \left(\frac{p}{p_0} \right)^2$$

onde p é o valor eficaz da pressão sonora e p_0 é a pressão sonora de referência (20 μ Pa).

Nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A, $L_{Aeq,T}$: valor do nível de pressão sonora, ponderado A, de um ruído uniforme que, no intervalo de tempo T, tem o mesmo valor eficaz da pressão sonora do ruído cujo nível varia em função do tempo.

Nível sonoro médio de longa duração, ponderado A, $L_{Aeq,LT}$: média, num intervalo de tempo de longa duração, dos níveis sonoros contínuos equivalentes ponderados A para as séries de intervalos de tempo de referência compreendidos no intervalo de tempo de longa duração.

3. Enquadramento Legal

Os princípios consagrados no RGR definem um quadro regulador da poluição sonora com ênfase no princípio da prevenção, que se consubstancia na incorporação da variável «ruído» no ordenamento territorial e no estabelecimento de um conjunto de requisitos diversos à instalação e exercício de *atividades ruidosas*.

Pretende-se portanto integrar o fator ruído na tomada de decisão com o propósito de evitar a coexistência de usos do solo conflituosos e prevenir a exposição das populações a um fator de

poluição que vem sendo um dos principais fatores de mal-estar da população, no que às temáticas ambientais diz respeito.

O objetivo fundamental é assegurar a não violação dos **valores limites de exposição** (artigo 11.º do RGR)¹²:

- 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 n.º 3 do mesmo artigo está estabelecido que o processo de zonamento «implica a revisão ou alteração dos planos municipais de ordenamento do território em vigor».

No n.º 1 do artigo 7.º, o RGR estabelece a obrigatoriedade de as câmaras municipais elaborarem «**mapas de ruído** para apoiar a elaboração, alteração e revisão dos planos diretores municipais e dos planos de urbanização».

No artigo 8.º enquadram-se ainda 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. Estes planos devem ser executados num prazo máximo de dois anos contados a partir da data de entrada em vigor do RGR (Fevereiro de 2009).

4. Requisitos Genéricos dos Mapas de Ruído

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.

Na perspetiva traçada pelo RGR, os Mapas de Ruído devem constituir ferramentas dinâmicas e estratégicas de análise e planeamento. Para o efeito, devem cumprir um conjunto de requisitos, dos quais se destacam:

¹ Os municípios podem estabelecer em espaços delimitados, designadamente em centro históricos, valores inferiores em 5 dB(A) aos estabelecidos para zonas sensíveis.

² Valores que podem variar consoante exista ou esteja projectada para a sua proximidade uma grande infra-estrutura de transporte.

- ✎ Expressar uma situação existente, anterior ou prevista em função de um indicador de ruído;
- ✎ Demonstrar situações de ultrapassagem de valores-limite legais ou programáticos;
- ✎ Caracterizar as principais fontes sonoras envolvidas, tipicamente, tráfego rodoviário, tráfego ferroviário, aeroportos e instalações industriais;
- ✎ Estimar recetores sensíveis numa determinada zona que estão expostos a valores específicos de um dado indicador de ruído.

Nesta perspetiva, os mapas de ruído servirão, em última análise, como elemento fundamental com vista a:

- ✎ Preservar zonas sensíveis e mistas com níveis sonoros regulamentares;
- ✎ Corrigir zonas sensíveis e mistas com níveis sonoros não regulamentares;
- ✎ Criar novas zonas sensíveis e mistas com níveis sonoros compatíveis com os usos.

5. Breve Descrição da Área Estudada

O objeto do presente trabalho consistiu na elaboração dos Mapeamentos de Ruído de toda a área do concelho de Mirandela.

O Concelho de Mirandela abrange uma área territorial de cerca de 659 km² integrando 30 freguesias: Abambres, Abreiro, Aguieiras, Alvites, Avantos e Romeu, Avidagos, Navalho e Pereira, Barcel, Marmelos e Valverde da Gestosa, Bouça, Cabanelas, Caravelas, Carvalhais, Cedães, Cobro, Fradizela, Franco e Vila Boa, Frechas, Freixeda e Vila Verde, Lamas de Orelhão, Mascarenhas, Mirandela, Múrias, Passos, São Pedro Velho, São Salvador, Suções, Torre de Dona Chama, Vale de Asnes, Vale de Gouvinhas, Vale de Salgueiro e Vale de Telhas.

O concelho de Mirandela tem uma população residente de 23 850 habitantes (dados do Censos 2011).

Relativamente à rede viária, o concelho possui uma malha viária radial, sendo a acessibilidade externa do concelho assegurada pelo IP4 e a ligação à cidade feita através da EN213, ER315 e EN15. A malha viária é ainda constituída por Estradas Nacionais (EN), Estradas Regionais (ER), Estradas Municipais (EM), Caminhos Municipais (CM) e outras estradas que

fazem parte da malha mas que não têm qualquer designação, sendo vias que têm como funções acesso e mobilidade), destacando-se: EN213, Variante à EN213, ER315, ER206, EM206-1, EM15 e EM15-4.

Em termos de infra-estruturas ferroviárias, o concelho de Mirandela é servido pela Linha do Tua e pelo Metro Ligeiro de Mirandela.

Do ponto de vista das atividades económicas, o concelho de Mirandela, apesar da importância do sector primário, apresenta uma estrutura económica assente no sector terciário (restauração e alojamento) e secundário, em detrimento do sector primário.

6. Metodologia

Para a execução dos Mapas de Ruído da área estudada tomaram-se como referência os requisitos técnicos descritos nos documentos técnicos da Agência Portuguesa do Ambiente «Elaboração de Mapas de Ruído - Princípios Orientadores» e «Diretrizes para Elaboração de Mapas de Ruído» (Junho de 2008), assim como outros aspetos previstos na Diretiva 2002/49/CE do Parlamento Europeu e do Concelho, de 25 de Junho de 2002, relativa à Avaliação e Gestão do Ruído Ambiente. Nos parágrafos seguintes resumem-se as principais especificações técnicas de base para a execução dos Mapas de Ruído.

6.1 Princípios Básicos da Modelação Acústica

Os algoritmos de cálculo de modelação acústica têm todos uma formulação matemática base universal.

O nível de pressão sonora originada num ponto por uma determinada fonte sonora (ou um conjunto de fontes sonoras - os princípios mantêm-se inalterados) pode ser determinado através da seguinte equação:

$$L_p = L_w + D_c + C_b - A_p,$$

onde,

- L_p é o nível de pressão sonora no ponto recetor, em dB (ref. 20 μ Pa);
- L_w é o nível de potência sonora da fonte, em dB (ref. 1 pW);
- D_c é o fator de correção de diretividade, em dB (para o caso de a fonte não emitir igualmente em todas as direções);
- C_b é a correção para o tempo de emergência para o ruído da fonte, em dB. Por exemplo, o nível de “longo-termo” é reduzido 3 dB no caso de a fonte só funcionar metade do intervalo de tempo de referência;
- A_p é a atenuação devida à propagação, em dB.

A atenuação pode ser subdividida em diversos fenómenos físicos:

$$A_p = A_{div} + A_{atm} + A_{gr} + A_{bar} + A_{misc} + C_{refl},$$

onde,

- *A_{div}* - atenuação devida ao efeito de divergência geométrica;
- *A_{atm}* - atenuação devida à absorção atmosférica;
- *A_{gr}* - atenuação devida à absorção / reflexão pelo solo;
- *A_{bar}* - atenuação devida ao efeito de difração em barreiras;
- *A_{misc}* - atenuação devida a outros efeitos (efeitos meteorológicos, dispersão através de estruturas acusticamente complexas, etc.);
- *C_{refl}* - correção devida aos efeitos de reflexão.

6.2 Indicadores de Ruído

Os mapas de ruído foram elaborados para os indicadores de ruído L_{den} e L_n , na aceção prevista no RGR (ver definições e conceitos de interesse).

6.3 Períodos de Referência Considerados

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

6.4 Variáveis Base da Modelação e Parametrizações de Cálculo

A elaboração dos Mapas de Ruído a que se reporta a presente memória descritiva teve como base a cartografia digitalizada oficial da área em estudo, fornecida pela Câmara Municipal de Mirandela (CMM), contendo um conjunto de informação mínima indispensável à execução do estudo, designadamente a localização das principais fontes sonoras, a implantação de fontes ruidosas e de edificações e a orografia do terreno.

O cálculo de um Mapa de Ruído do tipo do executado no presente estudo é, por regra, um processo moroso. Para tal contribuem aspetos como a dimensão da área em estudo, a quantidade de fontes sonoras envolvidas e a quantidade de pontos recetores de cálculo, de edificações e outros elementos que interferem na propagação sonora.

Desta forma, torna-se indispensável proceder a aproximações/simplificações que, não comprometendo o rigor de cálculo exigível, tornem o cálculo mais célere e permitam a

obtenção de resultados em tempo útil. No quadro 1, descrevem-se as principais parametrizações de cálculo de base ao cálculo dos Mapas de Ruído do Concelho de Mirandela.

Quadro 1: Resumo das configurações de cálculo utilizadas.

Parâmetros	Especificações
Malha de cálculo	15*15 metros, resultando num total de cerca de 2 938 207 pontos de cálculo. ↳ A malha de cálculo de um projeto de modelação acústica computacional fixa o número de pontos de cálculo a partir dos quais o programa “desenha” as linhas isofónicas e as manchas de ruído da área em abordagem.
Aproximação de cálculo relativamente à contribuição isolada de cada fonte sonora em cada ponto de cálculo	20 dB(A). ↳ Para um determinado ponto de cálculo, o programa despreza a contribuição de fontes sonoras cuja contribuição (fontes afastadas e/ou de baixa potência sonora relativa) para o nível sonoro nesse local seja inferior a um critério quantitativo preestabelecido. No caso presente, a partir de uma previsão “grosseira” inicial, o programa despreza todas as fontes sonoras que originem no ponto de cálculo valores de pressão sonora inferiores a 20 dB(A) relativamente à estimativa global inicial.
Grau de reflexões	1. ^a ordem. ↳ Para além dos raios sonoros diretos, o nível de pressão sonora num determinado ponto é também influenciado pelos efeitos de barreira e reflexão provocados por estruturas como edifícios. Estes fenómenos podem assumir particular relevância em áreas urbanas onde a densidade de edificado é usualmente elevada.
Critério de distância máxima para estruturas refletoras	200 metros. ↳ Caso nada seja previamente definido em contrário, para um determinado ponto de emissão sonora o modelo considera todas as estruturas refletoras presentes, o que torna o cálculo muito complexo e demorado. Facilmente se depreende que à medida que aumenta a distância entre o local de emissão e as estruturas refletoras menor será a contribuição das ondas refletidas, chegando-se a uma distância onde esta será irrelevante. Assim sendo, torna-se indispensável estabelecer uma distância máxima ao ponto de emissão até à qual o programa considerará as estruturas como elementos refletoras - no presente caso, a distância considerada é de 200 metros.
Altura de avaliação	4 metros. ↳ Este parâmetro define a cota acima do nível do solo para a qual se reportam os valores a calcular.
Modelo altimétrico	Curvas de adensamento topográfico de equidistância de 10 metros.
Magnitude dos fenómenos de absorção pelo solo	Considerou-se que o mesmo era medianamente absorvente (coeficiente de absorção sonora, $\alpha_{med}=0,5$).
Localização e volumetria dos edifícios	Utilizou-se a informação contida na cartografia digitalizada ao nível da tipologia de edifícios e a informação por freguesia dos censos quanto ao número de pisos dos edifícios. Considerou-se que cada piso apresenta uma altura média de 3 metros.
Condições meteorológicas	Considerando a inexistência de dados de parâmetros meteorológicos nos formatos exigidos pelo modelo de cálculo utilizado, adotaram-se as seguintes percentagens de ocorrência média anual de condições meteorológicas favoráveis à propagação sonora: período diurno - 50%, período entardecer - 75%, período noturno - 100%.

6.5 Método de Elaboração dos Mapas

A informação necessária à elaboração de Mapas de Ruído pode ser obtida utilizando modelos de cálculo devidamente validados ou recorrendo a medições acústicas. A solução ideal depende de um conjunto diversificado de fatores, como sejam a quantidade e qualidade da informação disponível, os objetivos que se pretendem alcançar, as escalas de trabalho, a tipologia de fontes sonoras envolvidas, etc.

As abordagens estritamente baseadas em medições apresentam limitações significativas, como sejam a morosidade na obtenção de resultados, o carácter pontual dos mesmos e a reduzida flexibilidade ao nível da predição e atualização. Apesar disto, esta prática é ainda utilizada em unidades industriais ou outras instalações de áreas limitadas onde a complexidade de fontes sonoras presentes tornam a técnica de medida num procedimento mais eficiente.

A modelação matemática constitui, por excelência, a ferramenta de suporte em previsão e é desejável na perspetiva de obtenção de resultados e bases de trabalho dinâmicas.

No presente estudo utilizou-se uma metodologia baseada na técnica de modelação. Por motivos de consistência técnica, efetuou-se um conjunto alargado de medições que possibilitaram obter dados acústicos indispensáveis à obtenção de Mapas Acústicos representativos e reproduzíveis. Mais em concreto, a necessidade de realização de campanhas de medição segundo procedimentos normalizados foi essencialmente motivada por três ordens de razões:

- A significativa ausência de informação de base, por exemplo, para caracterização das emissões sonoras do tráfego rodoviário, dado que só para um número restrito de pontos existia informação sobre fluxos de tráfego, velocidades de circulação, etc.;
- A inevitável necessidade de se efetuar ajustamentos entre os valores estimados por modelação e os resultados de medições diretas, nomeadamente porque os algoritmos de cálculo matemático utilizados têm pressupostos de base que nem sempre são aplicáveis de forma idêntica a diferentes situações concretas;
- Em qualquer caso, e sempre que possível, as abordagens preditivas devem ser adequadamente sustentadas por mecanismos de validação, confrontando as previsões com dados “reais”.

O diagrama seguidamente apresentado procura sintetizar a metodologia seguida para a produção dos Mapas de Ruído do Concelho de Mirandela.

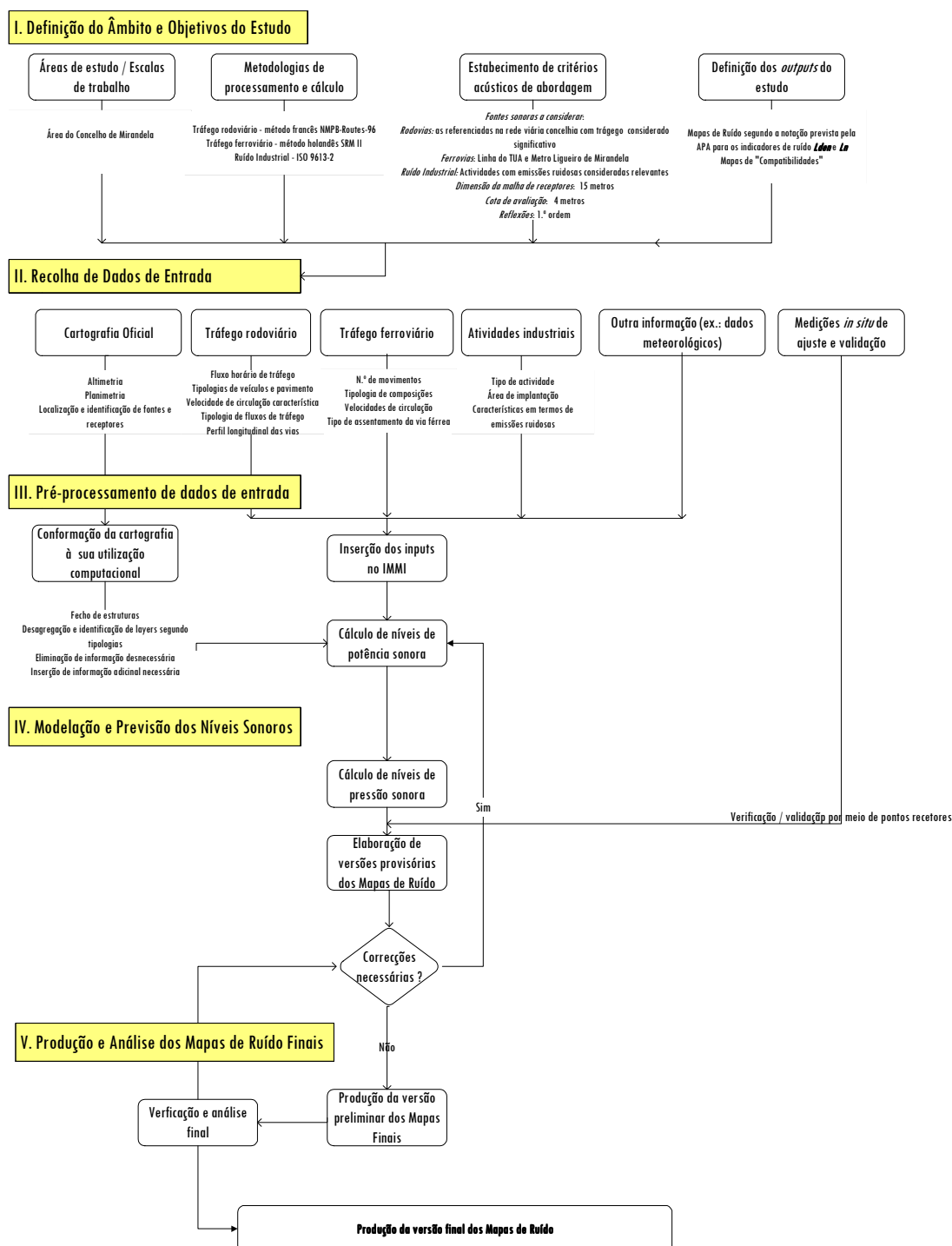


Figura 1: Diagrama de síntese da metodologia adotada.

6.6 Métodos de Cálculo Adotados

Para a elaboração dos Mapas de Ruído do presente estudo, utilizou-se o *software* computacional para simulação da emissão e propagação sonora “IMMI Premium”, versão 6.3.1 de 2008 (*Wölfel Meßsysteme GmbH*, Alemanha), de eficácia comprovada e parametrizado de acordo com métodos de cálculo recomendados pela Diretiva 2002/49/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de Junho de 2002, relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente, designadamente:

- ❑ Para o ruído de tráfego ferroviário: O método de cálculo nacional «Standaard-Rekenmethode II» (SRMII) dos Países Baixos, publicado na “Reken-Meetroorschrift Railverkeerslawai’ 96, Ministerie Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer”, 20 de Novembro de 1996.

O método de cálculo de tráfego ferroviário SRM II tem como dados de entrada:

- ✓ Número de movimentos/dia, por tipo de composição;
 - ✓ Velocidade média de circulação, por tipo de composição;
 - ✓ Comprimento médio da composição, por tipo de composição;
 - ✓ Perfis longitudinal e transversal da via;
 - ✓ Características dos carris (tipo de união, rugosidade, tipo de travessas).
- ❑ Para o ruído de tráfego rodoviário: o método de cálculo francês «NMPB-Routes-96» (NMPB-96) que consta da norma francesa «XPS 31-133». No que se refere aos dados de entrada relativos a emissões, a norma remete para o “Guide du bruit des transports terrestres, fascicule prévision des niveaux sonores, CETUR 1980”.

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

- ✓ A altimetria da área em estudo;
- ✓ Dados meteorológicos;
- ✓ Volumetria e forma de edifícios e outras barreiras sonoras;
- ✓ Localização e catalogação de recetores;
- ✓ Caracterização da potência sonora das fontes (intensidade, comportamento espectral, diretividade).

O método de cálculo de tráfego rodoviário NMPB-96 comporta a seguinte informação de entrada:

- Tráfego médio horário por tipologia de veículos (ligeiros e pesados);
- Percentagem de veículos pesados;
- Velocidade média de circulação, por tipo de veículo;
- Tipos de fluxos de tráfego (fluido contínuo, ritmado contínuo, ritmado acelerado, ritmado desacelerado, indiferenciado);
- Perfis longitudinal (via horizontal, ascendente, descendente) e transversal da via.

6.7 Fontes de Ruído - Recolha e Tratamento de Dados de Entrada

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

A seleção, identificação e caracterização das fontes sonoras é um aspeto crucial na elaboração de um Mapeamento de Ruído. De uma forma genérica, para os Mapas de Ruído elaborados a escalas compatíveis com Planos Diretores Municipais e Planos de Urbanização, as principais tipologias de fontes a considerar e avaliar são: o tráfego rodoviário, o tráfego ferroviário, os aeroportos ou aeródromos e as industriais.

Mais especificamente, como critérios mínimos, a Agência Portuguesa do Ambiente (APA) aponta para a necessidade de inclusão e caracterização das seguintes fontes:

- ☐ Grandes eixos de circulação rodoviária, incluindo os itinerários principais da rede fundamental, os itinerários complementares e todas as rodovias onde o tráfego médio diário anual (TMDA) ultrapasse 8 000 veículos;
- ☐ Grandes eixos de circulação ferroviária, incluindo as linhas da rede principal e complementar, o metropolitano de superfície e todas as ferrovias com 30 000 ou mais passagens por ano;
- ☐ Todos os aeroportos e aeródromos;
- ☐ As atividades ruidosas abrangidas pelos procedimentos de Avaliação de Impacte Ambiental e de Prevenção e Controlo Integrados de Poluição.

Concretamente para o caso estudado, e segundo os critérios adiante detalhados, consideraram-se basicamente 2 tipologias de fontes sonoras: **tráfego rodoviário** e **tráfego ferroviário**.

O ruído de tráfego aéreo e de instalações industriais não foram incluídos no estudo, pela sua diminuta relevância no parâmetro avaliado.

O ruído industrial foi objeto de levantamentos de campo destinados à identificação de áreas / unidades industriais potencialmente relevantes em termos de emissões sonoras, tendo-se constatado a inexistência de pontos de emissões ruidosas significativas.

O Aeródromo de Mirandela, não possui movimentações significativas, que gerem impacto significativo em termos de emissão sonora de longa, uma vez que o principal objetivo do mesmo é a promoção de atividades aeroespaciais e afins de categoria amadora

6.7.1 Tráfego Rodoviário

No quadro 2 apresentam-se as vias de tráfego caracterizadas no âmbito do presente estudo (a toponímia abaixo referida é baseada na informação contida nas peças cartográficas fornecidas pela CMMB).

Quadro 2: Rede rodoviária do Concelho de Mirandela estudada no âmbito do presente trabalho.

Tipo de Via	Designação da Via
Itinerários Principais	A4 e IP2
Estradas Regionais e Nacionais	EN15; EN206-1; EN213; ER315; EN102-1; EN314; EN514; ER206; ER315 e Variante EN213
Estradas Municipais	EM529; EM532; EM535; EM553; EM 558; EM559; EM560; EM561; EM548; EM582 e EM603
Caminhos Municipais	CM1077

Tipo de Via	Designação da Via
Arruamentos de interesse	Acesso EN15 [MDL-T9 e MDL-T11]; Acesso da Zona Industrial [MDL-T35]; Alameda Rio Tua [MDL-T20]; Avenida Francisco Sá Carneiro [MDL-T16 e MDL-T18]; Avenida Nossa Senhora do Amparo [MDL-T21]; Avenida Ponte da Europa [MDL-T19]; Avenida 25 de Abril [MDL-T28 e MDL-T29]; Avenida Amoreiras [MDL-T26]; Avenida São João [MDL-T32 e MDL-T34]; Bairro São José [MDL-T2]; Rua 25 de Abril [MDL-T1]; Rua Alexandre Herculano [MDL-T14]; Rua Convento [MDL-T31]; Rua Eng. Machado Vaz [MDL-T27 e MDL-T15]; Rua Peleiros [MDL-T17]; Rua São Sebastião [MDL-T33]; Rua Vale de Azenha [MDL-T30]; Travessa Ponte Romana [MDL-T10] e Urbanização Dom Dinis [MDL-T22].
Vias Futuras/Projetadas	Vias projetadas do sistema de distribuição secundária (VF1 e VF2).

Conforme vem sendo explicitado, a metodologia adotada para a execução do trabalho (baseada em modelação matemática) carece de dados de entrada os mais consistentes possíveis. O algoritmo de cálculo das emissões associadas ao tráfego rodoviário utilizado (NMPB Routes-96) necessita de dados referentes à via a caracterizar, nomeadamente o fluxo horário médio de veículos ligeiros e de pesados para o período de referência que esteja a ser considerado.

Decorre do referido que, para uma adequada caracterização das emissões ruidosas associadas ao tráfego rodoviário, é fundamental que se esteja de posse de dados representativos relativamente às variáveis atrás mencionadas.

Por outro lado, é também essencial verificar se os níveis sonoros resultantes de modelação matemática a partir de informação teórica introduzida tem tradução “real”. Isto é, deve-se comprovar que para cenários de dados de tráfego semelhantes, os níveis de ruído resultantes por modelação e medição são equiparáveis.

Tendo presente estes aspetos/dificuldades, definiu-se uma metodologia de abordagem que integrasse a diversa informação disponível e recolhida e que procurou, em última análise, harmonizar procedimentos e obter resultados acústicos tão representativos quanto possível. Assim, a metodologia de caracterização das vias tráfego percorreu os seguintes passos:

1. Seleção dos troços (segmentação) de estradas onde se assumiu que as características de tráfego (fluxo, velocidade, tipo de pavimento) são constantes.

De uma forma geral, tomou-se como válido o pressuposto que não se verificam variações significativas nas características do trânsito nos troços entre pontos de intersecções das estradas consideradas.

2. Identificação de locais/troços para os quais existe informação apropriada retirada de “Recenseamentos de Tráfego” do EP - Estradas de Portugal.
3. Realização de campanhas de contagens de tráfego, num total de 38 pontos distintos, para caracterização de cada segmento de estrada mencionada anteriormente.
4. Realização campanhas de medições acústicas de longa duração em locais estrategicamente selecionados, para validação dos resultados calculados.

Estas medições acústicas foram efetuadas em locais próximos a vias de tráfego (de forma a que a eventual contribuição de outras fontes fosse desprezável) e/ou junto a recetores sensíveis.

5. Toda a informação recolhida foi depois objeto de análise e ponderação adequadas, por forma a obterem-se indicadores médios das características do tráfego rodoviário (fluxos, velocidades, tipologias de pavimentos) representativo de cada período de referência previsto no RGR.
6. Por fim, toda a informação foi integrada e introduzida no “IMMI”, possibilitando o cálculo e mapeamento das emissões sonoras associadas a cada via de tráfego considerada.

6.7.2 Tráfego Ferroviário

Em termos de infra-estruturas ferroviárias, o concelho de Mirandela é servido pela Linha do Tua e pelo Metro Ligeiro de Mirandela. O presente estudo leva em consideração as emissões ruidosas produzidas pela circulação de diversas composições circulantes, designadamente comboios de passageiros (urbanos e regionais).

O método de cálculo utilizado (holandês) inclui o seu próprio modelo de emissões, onde figuram 10 categorias de composições ferroviárias cujas emissões sonoras foram apropriadamente estudadas. Dada a ausência de estudos nacionais detalhados sobre os comboios que circulam nas ferrovias portuguesas, adotou-se, por defeito e conforme prevê a Diretiva Europeia, a base de dados deste método holandês.

Assim, para a previsão das emissões sonoras associados ao tráfego ferroviário, selecionou-se a tipologia de comboios e de assentamento da linha que mais se assemelham à realidade em estudo.

Para além desta informação, introduziram-se os restantes inputs necessários: número médio horário de movimentos relativo a cada tipologia de comboios e respetiva velocidade de circulação característica. A informação relativa ao número de movimentos foi recolhida na página da *internet* dos Caminhos de Ferro Portugueses (www.cp.pt), e que se resumem no quadro seguinte.

Quadro 3: Dados sobre regimes de circulação ferroviária em Mirandela no período Diurno ^(*).

Período	Comboios	Dias	N.º de comboios		N.º médio comboios/dia	
			Mirandela-Carvalhais-Mirandela	Mirandela-Cachão-Mirandela	Mirandela-Carvalhais-Mirandela	Mirandela-Cachão-Mirandela
Diurno (7h-20h)	Urbanos	Úteis	16,4	0	11,71	0,00
		Sábado	0	0		
		Domingo	0	0		
	Regional	Úteis	0	8	0,00	8,00
		Sábado	0	8		
		Domingo	0	8		
	<i>Totais</i>				11,71	8,00

^(*) Não ocorre circulação de comboios durante o período entardecer (20h-23h) e noturno (23h-7h).

A caracterização foi complementada, para efeitos de verificação / validação, com a realização de medições de campo que possibilitaram descrever a “curva” de níveis sonoros originada pela passagem de cada tipo de composição e os níveis de L_{Aeq} médios originados pela circulação ferroviária.

6.8 Medições de Verificação/Validação

As campanhas de medição realizadas obedeceram aos requisitos previstos na NP ISO 1996 (2011) - «Acústica - Descrição, Medição e Avaliação do Ruído Ambiente» e às especificações previstas nos métodos de cálculo utilizados.

Em conformidade com as diretrizes da APA, foram efetuadas medições em dois dias distintos, com a recolha de amostras abrangendo diversos intervalos horários em cada período de referência.

A seleção dos locais de medição para efeitos de validação do cálculo seguiu essencialmente dois critérios: foram escolhidos pontos com níveis sonoros maioritariamente determinados pela tipologia de fonte sonora modelada (tráfego rodoviário) e/ou junto a recetores com valores próximos de critérios de conformidade legal.

Todas as medições efetuadas no âmbito de presente estudo foram efetuadas com equipamentos de medição de classe de precisão 1 e verificados anualmente em conformidade com o Regulamento de Controlo Metrológico de Sonómetros.

No anexo I apresenta-se os certificados de verificação e de calibração, bem como o certificado de acreditação da do Laboratório de Acústica e Vibrações (LabAV) da ECO14 - Laboratório acreditado n.º L0366.

No quadro seguinte indicam-se os sistemas de medição utilizados nas medições.

Quadro 4: Instrumentação utilizada nas medições acústicas.

Instrumentação	Marca	Modelo	N.º Série	Verificação Metrológica
Sonómetro	Rion	NA-27	00111491	<i>Laboratório de Metrologia do ISQ, boletim de verificação n.º 245.70/14.22481 de 23/06/2014 e certificado de calibração n.º CACV671/13 (sonómetro) de 03/06/2013 e CACV606/14 (filtros de oitava e 1/3 de oitava) de 19/06/2014</i>
Microfone	Rion	NH-20	86655	
Calibrador sonoro	Rion	NC-74	50441063	

7. Resultados

Os resultados finais deste trabalho apresentam-se nas “Peças Desenhadas”, na parte final da presente Memória Descritiva. Para cada um dos indicadores de ruído legalmente consagrados são apresentados diferentes tipos de mapas:

- ↗ Mapas de Ruído do Concelho de Mirandela - Ano 2014, para os indicadores L_{den} e L_n , de acordo com a notação de cores recomendada pela APA;
- ↗ Mapas de Ruído do Concelho de Mirandela - Ano 2024, para os indicadores L_{den} e L_n , de acordo com a notação de cores recomendada pela APA;
- ↗ Mapas de «Compatibilidades», também para ambos os indicadores de ruído e ambas as situações estudadas, com uma notação de cores que permitirá uma mais fácil visualização do possível (in)cumprimento dos valores limites de exposição.

Os dados e resultados que seguidamente se apresentam constituem a principal informação de base que sustentou a execução dos Mapeamentos Acústicos, encontrando-se divididos em relação às principais tipologias de fontes ruidosas caracterizadas.

7.1 Caracterização do Tráfego Rodoviário

Conforme foi já referido, para a descrição das emissões ruidosas do tráfego rodoviário procedeu-se, numa fase prévia, à seleção das vias de tráfego a serem objeto de estudo, para o que se levaram em consideração os critérios já descritos.

Sendo certo que as características do tráfego em cada via variam necessariamente ao longo do seu percurso, definiram-se pressupostos para a descrição dessa variabilidade.

De uma forma geral, considerou-se como válido o princípio de que não se verificam alterações relevantes nas características do tráfego entre pontos de intersecção das vias consideradas.

Na peça desenhada n.º 1 representam-se esquematicamente as estradas (e respetivos troços) caracterizadas neste estudo. Com a notação T01, T02, T03,... identificam-se os diferentes segmentos de cada via rodoviária caracterizada.

Para cada segmento procedeu-se à descrição das variáveis de relevo, por meio da realização de campanhas *in situ* de avaliação das características do tráfego (fluxo horário, tipo de pavimento, etc.) e de monitorização acústica.

A integração/cruzamento de toda a informação recolhida, possibilitou a obtenção de estimativas dos fluxos médios horários de tráfego em cada troço de via, por período.

7.1.1 Dados Provenientes de Estudos de Tráfego

Relativamente ao IP2, procedeu-se a uma pesquisa de informação mais recente disponibilizada no “Estudo de Avaliação da Rede Rodoviária nacional no Douro Sul (IC26 - Lamego/Trancoso) do Instituto de Infra-Estruturas Rodoviárias, I.P., para o ano de 2009 e extrapolou-se os dados para 2014 de acordo com a informação no mesmo documento.

Quadro 5: Dados de 2009 do estudo de tráfego do INIR considerado.

Via	Posto	Km	Troço	TMDA - 2009		
				Ligeiros	Pesados	Total
IP2	169 ^a	27,8	IP2-T1	3 063	706	3 769

Em relação à A4, procedeu-se a uma pesquisa de informação mais recente disponibilizada no sítio www.inir.pt, onde se encontram disponível a informação dos fluxos da autoestrada ao longo de 2013, tendo-se extrapolado os dados para 2014.

Quadro 6: Dados de 2013 do estudo de tráfego do INIR considerado.

Via	Troço	TMDA - 2013		
		Ligeiros	Pesados	Total
A4	A4-T1	5 116	77	5 193
	A4-T2	5 609	84	5 693
	A4-T3	3 978	60	4 037
	A4-T4	4 407	66	4 474
	A4-T5	4 520	68	4 588
	A4-T6	4 508	68	4 576

Estes dados revelaram-se manifestamente insuficientes para uma adequada caracterização dos níveis de ruído associados à circulação automóvel no interior de Mirandela, uma vez que o concelho apresenta outras vias rodoviárias, tendo sido por isso necessário recolher informação num número mais alargado de locais / estradas.

7.1.2 Características de Tráfego Utilizadas na Previsão de Níveis Sonoros

Em virtude da escassez de informação relativa a fluxos de tráfego, designadamente em «Recenseamentos de Tráfego», houve necessidade de se proceder à realização de um conjunto alargado de contagens de tráfego, bem como de levantamentos das características físicas das vias (tipo de pavimento, perfil transversal, etc.) e de outros dados relevantes para a modelação (velocidades de circulação características, tipos de pavimento, etc.).

Desta forma, selecionou-se um total de 38 locais de contagens de tráfego (Anexo 1), estrategicamente escolhidos de forma a maximizar o processo de contagem (privilegiaram-se pontos de cruzamentos entre as vias consideradas). Os dados recolhidos foram objeto de ponderação adequada, considerando-se, para o efeito, fatores de sazonalidade e efeitos induzidos pelas flutuações em diferentes períodos do dia.

No quadro 7 apresentam-se dados detalhados sobre as estimativas de fluxos de tráfego utilizadas na previsão dos níveis sonoros.

Para o efeito, para além dos dados das contagens efetuadas *in situ*, considerou-se também a informação constante em bibliografia da especialidade, os dados de tráfegos diários e anuais em postos automáticos disponibilizados pela Estradas de Portugal, S.A. e ainda contagens de longa duração (24 horas) efetuadas pela ECO 14 em trabalhos análogos.

Quadro 7: Dados de tráfego para a previsão dos níveis sonoros do Ano 2014.

Estrada	Troços	Fluxo médio horário estimado de tráfego (veículos/hora)					
		Período Diurno		Período Entardecer		Período Noturno	
		VL	VP	VL	VP	VL	VP
A4	T1	322	4	167	2	54	2
	T2	352	5	183	2	60	2
	T3	250	3	130	2	42	1
	T4	277	4	144	2	47	1
	T5	284	4	148	2	48	1
	T6	283	4	147	2	48	1
CM1077	---	33	0	17	0	6	0
EM529-1	---	8	0	4	0	1	0
EM532	T1	19	0	10	0	3	0
	T2	27	0	14	0	5	0
EM535	---	8	0	4	0	1	0
EM553	---	23	0	12	0	4	0
EM558	---	11	0	6	0	2	0
EM559	---	70	1	36	0	12	0
EM560	T1	13	0	7	0	2	0
	T2	13	0	7	0	2	0
EM561	---	13	0	7	0	2	0
EM578	---	110	2	57	1	19	1
EM582	T1	11	0	6	0	2	0
	T2	20	0	10	0	3	0
EM603	---	17	0	9	0	3	0
EN102-1	---	6	0	3	0	1	0
EN15	T1	9	0	5	0	2	0
	T2	23	0	12	0	4	0
	T3	20	0	10	0	3	0
	T4	34	0	18	0	6	0
	T5	356	5	185	2	60	2
	T6	155	2	81	1	26	1
	T7	59	1	31	0	10	0
	T9	19	0	10	0	3	0
	T10	13	0	7	0	2	0
EN206-1	T1	162	2	84	1	27	1
	T2	57	1	30	0	10	0
	T3	52	1	27	0	9	0
	T4	40	1	21	0	7	0
	T5	157	2	82	1	27	1
EN213	T1	19	0	10	0	3	0
	T2	286	4	149	2	48	1
	T3	174	2	90	1	29	1
	T4	154	2	80	1	26	1

Estrada	Troços	Fluxo médio horário estimado de tráfego (veículos/hora)					
		Período Diurno		Período Entardecer		Período Noturno	
		VL	VP	VL	VP	VL	VP
EN314	T1	11	0	6	0	2	0
	T2	21	0	11	0	4	0
EN514	---	14	0	7	0	2	0
ER206	T1	147	2	76	1	25	1
	T2	142	2	74	1	24	1
	T3	45	1	23	0	8	0
	T4	19	0	10	0	3	0
ER315	T1	85	1	44	1	14	0
	T2	93	1	48	1	16	0
	T3	124	2	64	1	21	1
	T4	135	2	70	1	23	1
IP2	---	237	3	123	2	40	1
Variante à EN213	---	153	2	80	1	26	1
Acesso EN15	MDL-T9	534	7	278	4	90	3
	MDL-T11	526	7	273	4	89	3
Acesso à Zona Industrial	MDL-T35	169	2	88	1	29	1
Alameda Rio Tua	MDL-T20	37	1	19	0	6	0
Avenida Francisco Sá Carneiro	MDL-T16	323	4	168	2	55	2
	MDL-T18	97	1	50	1	16	0
Avenida Nossa Senhora do Amparo	MDL-T21	219	3	114	1	37	1
Avenida Ponte da Europa	MDL-T19	272	4	141	2	46	1
Avenida 25 de Abril	MDL-T28	377	5	196	3	64	2
	MDL-T29	326	4	169	2	55	2
Avenida Amoreiras	MDL-T26	825	11	429	6	139	4
Avenida São João	MDL-T32	384	5	200	3	65	2
	MDL-T34	308	4	160	2	52	1
Bairro São José I	MDL-T2	40	1	21	0	7	0
Rua 25 de Abril	MDL-T1	104	1	54	1	18	1
Rua Alexandre Herculano	MDL-T14	149	2	77	1	25	1
Rua Convento	MDL-T31	106	1	55	1	18	1
Rua Eng. Machado Vaz	MDL-T27	219	3	114	1	37	1
Rua Eng. Machado Vaz	MDL-T15	581	8	302	4	98	3
Rua Peleiros	MDL-T17	121	2	63	1	20	1
Rua São Sebastião	MDL-T33	106	1	55	1	18	1
Rua Vale de Azenha	MDL-T30	336	5	175	2	57	2
Tv. Ponte Romana	MDL-T10	50	1	26	0	8	0
Urbanização Dom Dinis	MDL-T22	228	3	119	2	39	1

Estrada	Troços	Fluxo médio horário estimado de tráfego (veículos/hora)					
		Período Diurno		Período Entardecer		Período Noturno	
		VL	VP	VL	VP	VL	VP
EN15	MDL-T12	596	8	310	4	101	3
	MDL-T38	515	7	268	4	87	3
	MDL-T38	414	6	215	3	70	2
EN206-1	MDL-T4	156	2	81	1	26	1
	MDL-T6	253	3	132	2	43	1
	MDL-T7	300	4	156	2	51	1
	MDL-T8	347	5	180	2	59	2
EN213	MDL-T23	1187	16	617	8	201	6
	MDL-T24	591	8	307	4	100	3
	MDL-T25	503	7	261	3	85	2
EN213	MDL-T39	328	5	170	2	55	2
ER315	MDL-T5	214	3	111	1	36	1
	MDL-T36	356	5	185	2	60	2
	MDL-T3	285	4	148	2	48	1
Observações: MDL - Mirandela; VL - Veículos Ligeiros; VP - Veículos Pesados							

7.1.3 Vias Rodoviárias Futuras

Os Mapas de Ruído descritores da situação futura contemplaram a previsível implementação, durante a vigência do PDM até ao ano de 2024, de duas novas vias rodoviárias de distribuição secundárias, de acordo com a informação facultada pelos responsáveis da Câmara Municipal de Mirandela (ver figura 2).

Para esta via, em razão da inexistência de estudos disponíveis sobre previsões de tráfego, adotaram-se estimativas de fluxos em função da dinâmica atualmente existente e tendo também em consideração a tipologia da via em causa e a previsível magnitude de utilização. Para as demais vias rodoviárias, adotaram-se os mesmos quantitativos de tráfego relativamente à situação atual.

Quadro 8: Estimativa de tráfego na via projetada.

Estrada	Via Projetada	Fluxo médio horário estimado de tráfego (veículos/hora)					
		Período Diurno		Período Entardecer		Período Noturno	
		Ligeiros	Pesados	Ligeiros	Pesados	Ligeiros	Pesados
Vias do Sistema Secundário	VP1	75	2	35	1	9	0
	VP2	75	2	35	1	9	0

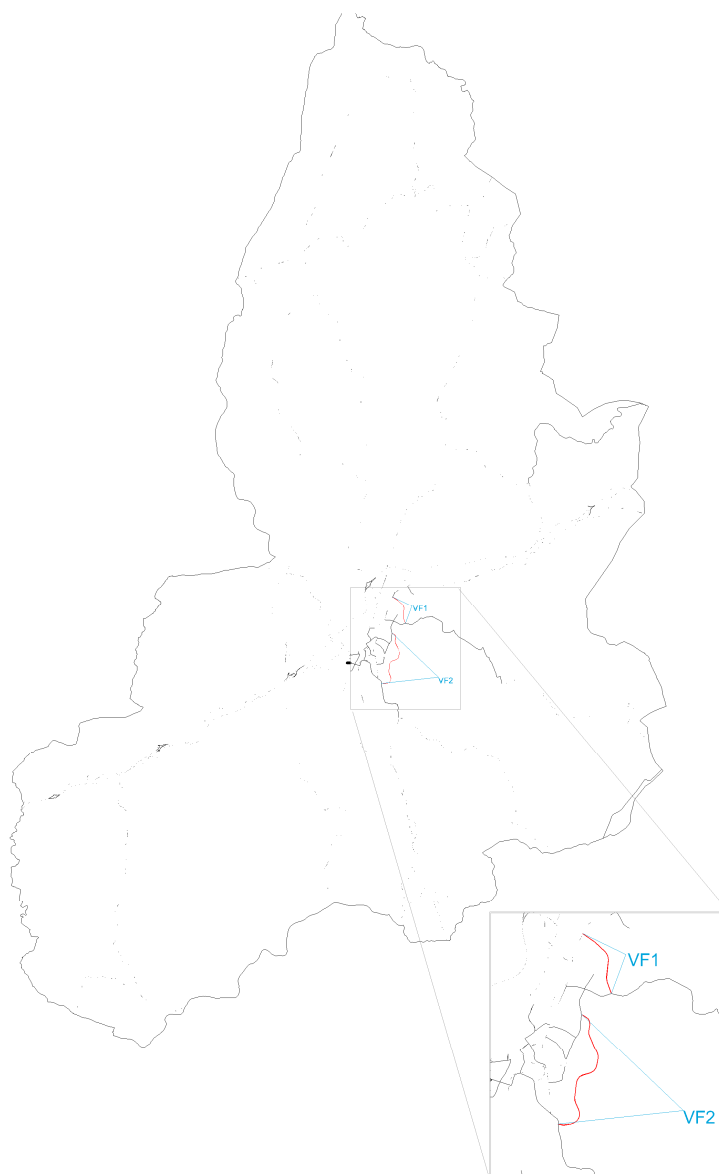


Figura 2: Vias rodoviárias propostas considerada no âmbito do presente estudo.

8. Validação de Resultados

A validação do processo de cálculo foi efetuada por comparação dos resultados obtidos na modelação com os obtidos nas campanhas de medições acústicas especificamente levadas a cabo para o efeito.

Assim, seleccionou-se 2 locais de monitorização, no qual se procedeu a medições de longa duração, em dois dias distintos, de acordo com o estabelecido na Norma Portuguesa NP ISO 1996, englobando diversos períodos do dia. Este local encontra-se esquematicamente evidenciado na figura 3.

Como critério de aceitação/validação dos resultados obtidos por modelação, foi fixado em 2dB(A) a diferença máxima aceitável entre os resultados previstos e os resultados das medições.

Quadro 9: Comparação entre os resultados obtidos por cálculo e por medição.

Via Rodoviária	Local de medição	L_{den} [dB(A)]			L_n [dB(A)]		
		Simulação	Medição	Desvio	Simulação	Medição	Desvio
A4	PV1	57	57	0	48	47	-1
Av. 25 de Abril	PV2	66	65	-1	57	56	-1



Figura 3: Representação esquemática dos pontos de medição acústica de validação.

9. Implicações Técnicas e Legais dos Mapas

Numa abordagem imediata, os Mapas de Ruído do presente estudo constituem um elemento detalhado de descrição da exposição ao ruído da população do Concelho de Mirandela.

A informação neles contida é, no entanto, muito mais rica e diversificada - permitem, nomeadamente, verificar que agentes/fenómenos são os “responsáveis” pelo ruído prevalecente, quais são os principais pontos críticos, onde se situam as áreas acusticamente “confortáveis”, etc.

Numa análise mais dinâmica e estratégica, e conforme foi já destacado, os Mapas de Ruído devem, acima de tudo, funcionar como uma ferramenta de análise e planeamento em ordem a:

- Mitigar situações preexistentes comprovadamente não aceitáveis;
- Integrar a variável «Ruído» no processo de definição da política de planeamento e ordenamento territorial dos espaços concelhios, enquanto condicionante indispensável de prevenção do aparecimento de situações de conflitualidade.

Nos pontos que se seguem destacam-se algumas conclusões principais do trabalho efetuado, designadamente no que respeita aos níveis de exposição ao ruído da população do Concelho de Mirandela e à importância particular de cada grupo de fontes sonoras para a situação acústica descrita pelos Mapas.

Referem-se, por fim, algumas considerações de índole genérico relativamente a medidas preventivas e protetoras.

9.1 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 recetores sensíveis (edifício habitacional, escolar, hospital ou similar ou espaço de lazer) 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 recetores 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 10 e gráficos das figuras 4 e 5.

Quadro 10: Estimativas (em %) de população exposta a diferentes intervalos de níveis sonoros, para os indicadores de ruído L_{den} e L_n , nas duas situações estudadas.

Classes de níveis sonoros do Indicador LAeq, dB(A)	L_{den}						L_n					
	Ano 2014		Ano 2024		Variação (2024-2014)		Ano 2014		Ano 2024		Variação (2024-2014)	
<45	75		75		0		96	96	96	96	0	0
45-50	15	97	15	97	0	0	2	3	2	3	0	0
50-55	7		7		0		1		1		0	
55-60	1	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
60-65	1		1		0		0		0		0	
65-70	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
>70	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.

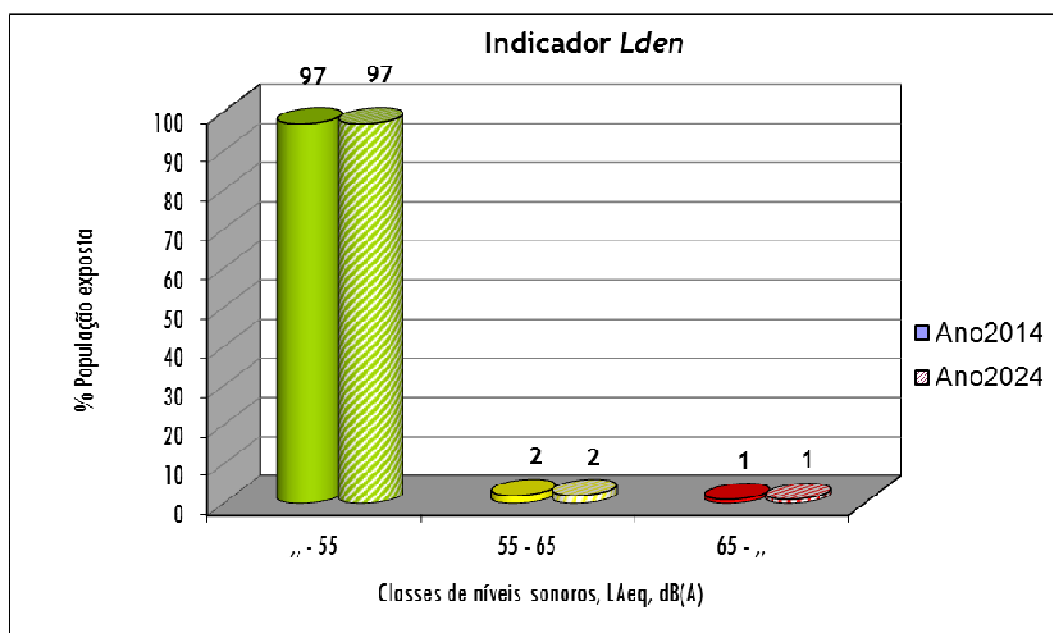


Figura 4: Estimativa dos níveis de exposição da população do Concelho de Mirandela ao ruído em termos de L_{den} (indicador de ruído diurno-entardecer-noturno).

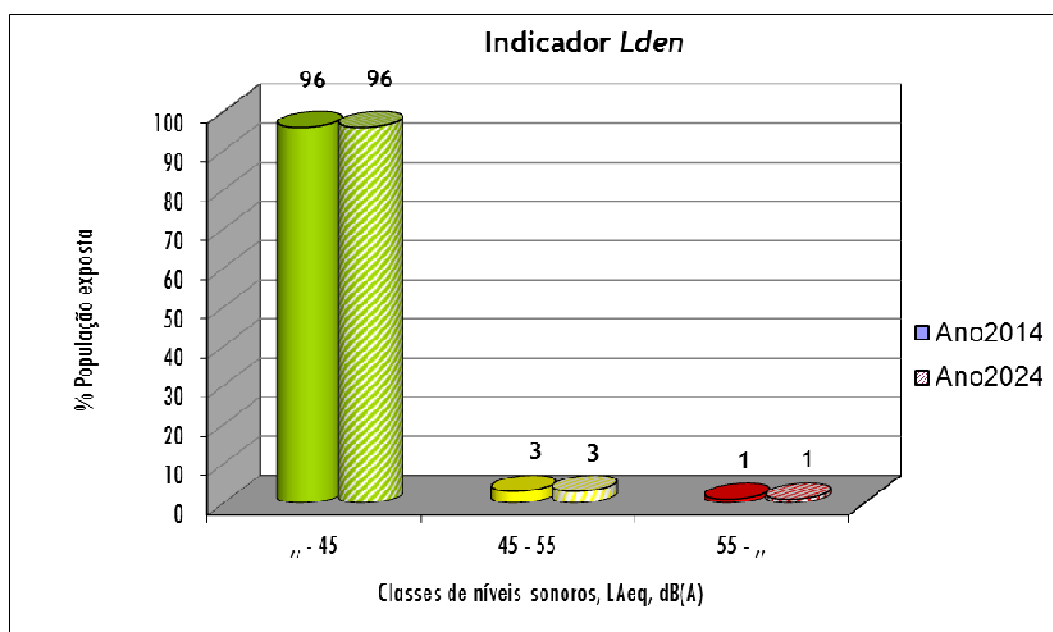


Figura 5: Estimativa dos níveis de exposição da população do Concelho de Mirandela ao ruído em termos de L_n (indicador de ruído noturno).

9.2 Influência Diferenciada de Fontes

Numa abordagem abrangente, o tráfego rodoviário constitui indiscutivelmente a fonte ruidosa mais relevante do Concelho de Mirandela.

Os Mapas finais refletem este facto - na quase totalidade da área concelhia o tráfego em vias rodoviárias determina, em larga medida, o ruído ambiente prevalecente.

As principais fontes ruidosas do concelho são as vias estruturantes que servem e atravessam o concelho e que apresentam volumes de tráfego com algum significado, nomeadamente, a A4, EN15, ER315 e a EN213.

As Avenidas/Ruas do concelho de Mirandela apresentaram também níveis de tráfego com algum significado (com mais de 5000 veículos por dia), originando um impacto sonoro não desprezável sobre utilizações sensíveis (designadamente edifícios habitacionais) adjacentes, nomeadamente a Rua da República, a Av. 25 de Abril e a Rua Eng. Machado Vaz, Av. da Amoreira, Av. São João, Av. Francisco Sá Carneiro e a Rua Vale de Azenha.

No que diz respeito ao ruído industrial, de tráfego ferroviário e aéreo, constatou-se que emissões ruidosas produzidas, não serão susceptíveis de originar cenários de conflituosos.

9.3 Medidas Genéricas de Prevenção e Proteção do Ruído

A prevenção e o controlo do ruído de infra-estruturas de transporte pode passar por ações a vários níveis, que devem ser ponderados em função da cada situação concreta. Para o caso que no âmbito do presente estudo mais interessa abordar - o tráfego rodoviário - os referidos níveis de ação são essencialmente os seguintes:

- ✎ Planeamento e gestão do uso do solo;
- ✎ Redução na fonte;
- ✎ Limitação da propagação;
- ✎ Medidas de proteção no recetor.

Facilmente se depreende que a eficácia destas medidas diminui no «sentido medidas de planeamento → medidas no recetor». A promoção de um ambiente sonoro “confortável” nos espaços urbanos deve, pois, ser uma preocupação no momento da definição das linhas estratégicas do uso do solo.

É também a este nível que o papel dos municípios locais é mais relevante e alargado, desde logo porque é a eles que, em larga medida, compete a definição destas políticas e depois porque a atuação a outros níveis é mais difícil, porque usualmente mais onerosa e não exclusivamente dependente das suas competências (por exemplo, atenuar o ruído produzido pelo tráfego de uma estrada nacional é uma matéria que não depende exclusivamente das competências das câmaras municipais).

A forma mais primária e eficaz de prevenir/proteger recetores do ruído produzido por vias de tráfego é a de garantir uma distância fonte-recetor segura. Por exemplo, a duplicação da distância estrada-recetor resulta numa atenuação dos níveis sonoros que pode chegar a 5 dB.

Para atenuar os efeitos do ruído proveniente do tráfego automóvel, deverão ser utilizados pavimentos com melhor desempenho na absorção acústica, que podem originar uma redução na emissão do ruído de tráfego rodoviário entre os 3 e os 5 dB (A).

“O modo de assegurar a separação espacial entre as fontes sonoras e as áreas a proteger é a imposição de uma política de zonamento por parte da administração local. Este método funcionará eficazmente se todos os sectores se combinarem de modo a estabelecer um plano agregado de desenvolvimento. Por exemplo, num sistema de zonamento típico, é possível definir zonas ao longo de uma infra-estrutura de transportes consoante a distância a esta, isto é, estabelecer diferentes usos do solo que serão aceitáveis em relação ao nível sonoro existente no local”.

Uma medida por excelência para prevenir a exposição ao ruído de tráfego é então a delimitação daquilo que se pode designar como «**corredores de proteção acústica**», nos quais se deve inviabilizar a instalação de usos sensíveis (habitações, escolas, hospitais, etc.).

9.4 Necessidades de Planos de Redução de Ruído

De acordo com o definido no artigo 8.º do RGR, as zonas sensíveis ou mistas (com ocupação) expostas a ruído ambiente exterior que exceda os valores limites devem ser objeto de Planos de Redução de Ruído, cuja elaboração é também da competência das autarquias locais. O n.º 2 do mesmo artigo estabelece que estes planos devem ser executados até 1 de Fevereiro de 2009 (dois anos após a entrada em vigor do RGR), podendo contemplar faseamento de medidas, mas devendo incidir prioritariamente sobre zonas sensíveis ou mistas expostas a níveis de ruído ambiente que excedam em mais de 5 dB(A) os respetivos limites.

Estes planos têm carácter misto, regulamentar e programático, vinculando as entidades públicas e os particulares, sendo aprovados pela assembleia municipal, sob proposta da câmara municipal.

Chama-se a atenção para o facto de que estes planos não são necessários para todas as áreas concelhias onde se excedam os limites. A prevalência de níveis sonoros elevados tem por si pouco relevo se os mesmos não se traduzirem em incómodo efetivo, isto é, se não se verificarem em locais de utilizações sensíveis. Os Planos de Redução de Ruído devem ser aplicados a áreas objeto de zonamento acústico (sensível ou misto) onde os limites legais não estejam a ser verificados.

10. Conclusões

O presente trabalho apresenta, à escala de PDM, os níveis de ruído ambiente característicos da área do Concelho de Mirandela em termos dos indicadores de ruído L_{den} e L_n , para os horizontes temporais 2014 e 2024.

Foi utilizado um modelo de cálculo suportado por um *software* computacional de modelação da emissão, propagação e receção do som que considera todos os aspetos relevantes destes fenómenos.

Para além da caracterização da potência sonora das fontes, foram levados em linha de conta fenómenos associados ao efeito do relevo, condições meteorológicas (médias), volumetria de edifícios, etc. O cálculo foi efetuado adotando uma malha de cálculo de 15*15 m. A altura de avaliação foi de 4 metros.

Esta caracterização constitui um elemento estruturante para a desejável incorporação da poluição sonora na tomada de decisão do processo de planeamento e ordenamento territorial concelhio, designadamente para a definição de Planos de Urbanização e de Pormenor e, consequentemente, para a delimitação de zonas sensíveis e mistas.

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

- I. Os níveis de ruído ambiente característicos da área concelhia não configuram, situações conflituosas no que diz respeito à exposição da população a níveis de ruído considerados excessivos (tanto para o indicador de ruído L_{den} como para o L_n);
- II. A **principal fonte** de ruído do Concelho de Mirandela, quer qualitativa quer quantitativa, é o **tráfego rodoviário**;

-
- III. As **vias rodoviárias mais ruidosas** são as vias estruturantes da rede nacional que servem e atravessam o concelho, em particular a **A4**, seguido da **Avenida Amoreiras e a EN15**;
- IV. Relativamente ao ruído industrial, ao tráfego ferroviário e aéreo verificou-se que estes não originam emissões significativas;
- V. Estimativas efetuadas para as duas situações estudadas, apontam para que:
- A quase totalidade da população está exposta a níveis de ruído ambiente compatíveis com zonas mistas [$L_{den} < 65$ dB(A) e $L_n < 55$ dB(A)];
- Cerca de 96% e 97% da população está em locais com níveis sonoros compatíveis com zonas sensíveis, relativamente aos descritores L_{den} e L_n , respetivamente.

11. Referências

- [1] - Baranek, L. L. - «Noise vibration and control», McGraw-Hill Book Company, 1971;
- [2] - CETUR - «Guide de bruit des transports terrestres - Prevision des niveaux sonores», 1980 ;
- [3] - European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise. - «Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure», 2006, 2.^a ed.;
- [4] - Harris, C. M. - «Manual de medidas acusticas y control del ruido», Ed. McGraw-Hill, 3.^a ed.;
- [5] - Agência Portuguesa do Ambiente - «Diretrizes para elaboração de mapas de ruído»; dezembro 2011;
- [6] - Agência Portuguesa do Ambiente - Nota técnica: «Recomendações para a seleção de métodos de cálculo a utilizar na previsão de níveis sonoros»;
- [7] - Agência Portuguesa do Ambiente - Nota técnica: «Diretrizes para a elaboração de planos de monitorização de ruído de infraestruturas rodoviárias e ferroviárias»;
- [8] - Agência Portuguesa do Ambiente - Nota técnica: «Técnicas de prevenção e controlo do ruído»;
- [9] - Agência Portuguesa do Ambiente - «Projeto-piloto de demonstração de mapas de ruído - escalas municipal e urbana», maio 2004;
- [10] - Agência Portuguesa do Ambiente - «Manual Técnico para Elaboração de Planos Municipais de Redução de Ruído», abril 2008;
- [11] - Martins da Silva, P. - «Ruído de tráfego rodoviário», LNEC, 1975;
- [12] - Alarcão, D.; Bento Coelho, J. L. - «Modelação de ruído de tráfego ferroviário», Acústica 2008, Coimbra, Portugal.
- [13] - IMMI 6.3. for Windows Help Topics;
- [14] - «Noise mapping with IMMI» - Reference Manual, Vols. 1 e 2 - Wölfel MeBsysteme, 2004.
- [15] - «IMMI - Revisions & Amendements» - Wölfel MeBsysteme, 2007.

Anexo I - Boletim de Verificação e Certificados de Calibração

PEÇAS DESENHADAS

PEÇA DESENHADA N.º 1

REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DAS ESTRADAS E RESPECTIVOS
TROÇOS ESTUDADOS NA MODELAÇÃO ACÚSTICA

PEÇA DESENHADA N.º 2

MAPAS DE RUÍDO DO CONCELHO DE MIRANDELA - ANO 2014

PEÇA DESENHADA N.º 3

MAPAS DE “COMPATIBILIDADES” DO CONCELHO DE MIRANDELA -
ANO 2014

PEÇA DESENHADA N.º 4

MAPAS DE RUÍDO DO CONCELHO DE MIRANDELA - ANO 2024

PEÇA DESENHADA N.º 5

MAPAS DE “COMPATIBILIDADES” DO CONCELHO DE MIRANDELA -
ANO 2024