

Laboratório de Acústica e Vibrações - LABAV

## **MUNICÍPIO DE TONDELA**



Relatório n.º MR.1465/09-NP

19 de Outubro de 2009

## 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 Tondela.*

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 Nuno Pereira, Dr.	FUNÇÃO Técnico LabAV	DATA	ASSINATURA
APROVAÇÃO Ricardo Fonseca, Eng.º	FUNÇÃO Director Técnico	DATA	ASSINATURA

PEÇAS ESCRITAS

## ÍNDICE

<b>PEÇAS ESCRITAS.....</b>	<b>3</b>
<b>1. Introdução .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Definições e Conceitos de Interesse .....</b>	<b>6</b>
<b>3. Enquadramento Legal .....</b>	<b>7</b>
<b>4. Requisitos Genéricos dos Mapas de Ruído .....</b>	<b>8</b>
<b>5. Breve Descrição da Área Estudada .....</b>	<b>9</b>
<b>6. Metodologia .....</b>	<b>10</b>
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 Adoptados .....	15
6.7 Fontes de Ruído – Recolha e Tratamento de Dados de Entrada.....	16
6.7.1 Tráfego Rodoviário .....	17
6.7.2 Ruído Industrial.....	19
6.8 Medições de Verificação/Validação.....	20
<b>7. Resultados .....</b>	<b>20</b>
7.1 Caracterização do Tráfego Rodoviário .....	21
7.1.1 Dados Provenientes de Recenseamentos de Tráfego.....	21
7.1.2 Características de Tráfego Utilizadas na Previsão de Níveis Sonoros .....	22
7.1.3 Vias Rodoviárias Futuras.....	27
7.2 Emissões de Fontes Industriais .....	29
<b>8. Validação de Resultados .....</b>	<b>31</b>
<b>9. Implicações Técnicas e Legais dos Mapas .....</b>	<b>33</b>
9.1 Indicadores de Exposição ao Ruído da População .....	33
9.2 Influência Diferenciada de Fontes.....	36
9.3 Medidas Genéricas de Prevenção e Protecção do Ruído.....	36
9.4 Necessidades de Planos de Redução de Ruído .....	37
<b>10. Conclusões.....</b>	<b>38</b>
<b>11. Referências .....</b>	<b>40</b>
REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DAS ESTRADAS E RESPECTIVOS TROÇOS ESTUDADOS NA MODELAÇÃO ACÚSTICA	
MAPAS DE RUÍDO DO CONCELHO DE TONDELA – ANO 2009	
MAPAS DE “COMPATIBILIDADES” DO CONCELHO DE TONDELA – ANO 2009	
MAPAS DE RUÍDO DO CONCELHO DE TONDELA – ANO 2019	
MAPAS DE “COMPATIBILIDADES” DO CONCELHO DE TONDELA – ANO 2019	

## 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 protecção/controlo do ruído e deve efectivar-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, actual 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 Tondela, à escala de Plano Director 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 receptores 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.

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.

Nesta memória descritiva são resumidamente descritos aspectos 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.

**Actividade ruidosa permanente:** Actividade 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.

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

**Zonas Sensíveis:** 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 nocturno.

**Receptor 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 nocturno: 23-7h.

**Indicadores de ruído diurno ( $L_d$ ), do entardecer ( $L_e$ ) e nocturno ( $L_n$ ):** Níveis sonoros de longa duração, conforme definidos na NP 1730-1:1996, ou na versão actualizada correspondente,

determinados durante séries dos respectivos períodos de referência e representativos de um ano.

**Indicador de ruído diurno-entardecer-nocturno ( $L_{den}$ ):** 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  $\mu$ 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 *actividades ruidosas*.

Pretende-se portanto integrar o factor 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 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 a não violação dos *valores limites de exposição* (artigo 11.º do RGR)<sup>12</sup>:

- 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 directores 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 perspectiva 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:

- ↳ Expressar uma situação existente, anterior ou prevista em função de um indicador de ruído;

---

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

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

- ↳ 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 receptores sensíveis numa determinada zona que estão expostos a valores específicos de um dado indicador de ruído.

Nesta perspectiva, 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 objecto do presente trabalho consistiu na elaboração dos Mapeamentos de Ruído de toda a área do concelho de Tondela, à escala 1:10 000 (PDM).

O Concelho de Tondela abrange uma área territorial de cerca de 373 km<sup>2</sup> integrando 26 freguesias: Barreiro de Besteiros, Campo de Besteiros, Canas de Santa Maria, Caparrosa, Castelões, Dardavaz, Ferreirós do Dão, Guardão, Lajeosa, Lobão da Beira, Molelos, Mosteirinho, Mosteiro de Fráguas, Mouraz, Nandufe, Parada de Gonta, Sabugosa, Santiago de Besteiros, São João do Monte, São Miguel do Outeiro, Silvares, Tonda, Tondela, Tourigo, Vila Nova da Rainha e Vilar de Besteiros.

O concelho de Tondela tem uma população residente de 31 152 habitantes (dados do Censos 2001).

Relativamente à rede viária, o concelho é atravessado pelo IP3, que possibilita um rápido acesso a Viseu e Coimbra e às auto-estradas A25 e A24. É ainda servido pela EN2, que atravessa todo do concelho, e por várias estradas municipais que ligam as várias freguesias do concelho.

Do ponto de vista das actividades económicas, o concelho de Tondela apresenta uma estrutura económica assente no sector terciário 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 «Directrizes para Elaboração de Mapas de Ruído» (Junho de 2008), assim como outros aspectos previstos na Directiva 2002/49/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, 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 receptor, em dB (ref. 20  $\mu$ Pa);
- $L_w$  é o nível de potência sonora da fonte, em dB (ref. 1 pW);
- $D_c$  é o factor de correcção de directividade, em dB (para o caso de a fonte não emitir igualmente em todas as direcções);
- $C_b$  é a correcção 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,

- *Adiv* - atenuação devida ao efeito de divergência geométrica;
- *Aatm* - atenuação devida à absorção atmosférica;
- *Agr* - atenuação devida à absorção / reflexão pelo solo;
- *Abar* - atenuação devida ao efeito de difracção em barreiras;
- *Amisc* - atenuação devida a outros efeitos (efeitos meteorológicos, dispersão através de estruturas acusticamente complexas, etc.);
- *Crefl* - correcção 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 acepção 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 *nocturno (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 da área em estudo (escala 1:10 000), fornecida pela Câmara Municipal de Tondela (CMT), 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 aspectos como a dimensão da área em estudo, a quantidade de fontes sonoras envolvidas e a quantidade de pontos receptores 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 Tondela.

Quadro 1: Resumo das configurações de cálculo utilizadas.

Parâmetros	Especificações
Malha de cálculo	15*15 metros, resultando num total de cerca de 1 674 200 pontos de cálculo. <i>↳ A malha de cálculo de um projecto 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.</i>
Aproximação de cálculo relativamente à contribuição isolada de cada fonte sonora em cada ponto de cálculo	20 dB(A). <i>↳ 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.</i>
Grau de reflexões	1. <sup>a</sup> ordem. <i>↳ Para além dos raios sonoros directos, 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.</i>
Critério de distância máxima para estruturas reflectoras	200 metros. <i>↳ Caso nada seja previamente definido em contrário, para um determinado ponto de emissão sonora o modelo considera todas as estruturas reflectoras 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 reflectoras menor será a contribuição das ondas reflectidas, 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 reflectores - no presente caso, a distância considerada é de 200 metros.</i>
Altura de avaliação	4 metros. <i>↳ Este parâmetro define a cota acima do nível do solo para a qual se reportam os valores a calcular.</i>
Modelo altimétrico	Curvas de adensamento topográfico de equidistância de 5 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, através da informação do ponto mais alto do edifício.
Condições meteorológicas	Considerando a inexistência de dados de parâmetros meteorológicos nos formatos exigidos pelo modelo de cálculo utilizado, adoptaram-se as seguintes percentagens de ocorrência média anual de condições meteorológicas favoráveis à propagação sonora: período diurno - 50%, período entardecer - 75%, período nocturno - 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 factores, como sejam a quantidade e qualidade da informação disponível, os objectivos 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 actualização. 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 perspectiva 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, efectuou-se um conjunto alargado de medições que possibilitaram obter dados acústicos indispensáveis à obtenção de Mapas Acústicos representativos e reprodutíveis. 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 efectuar ajustamentos entre os valores estimados por modelação e os resultados de medições directas, 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 Tondela.

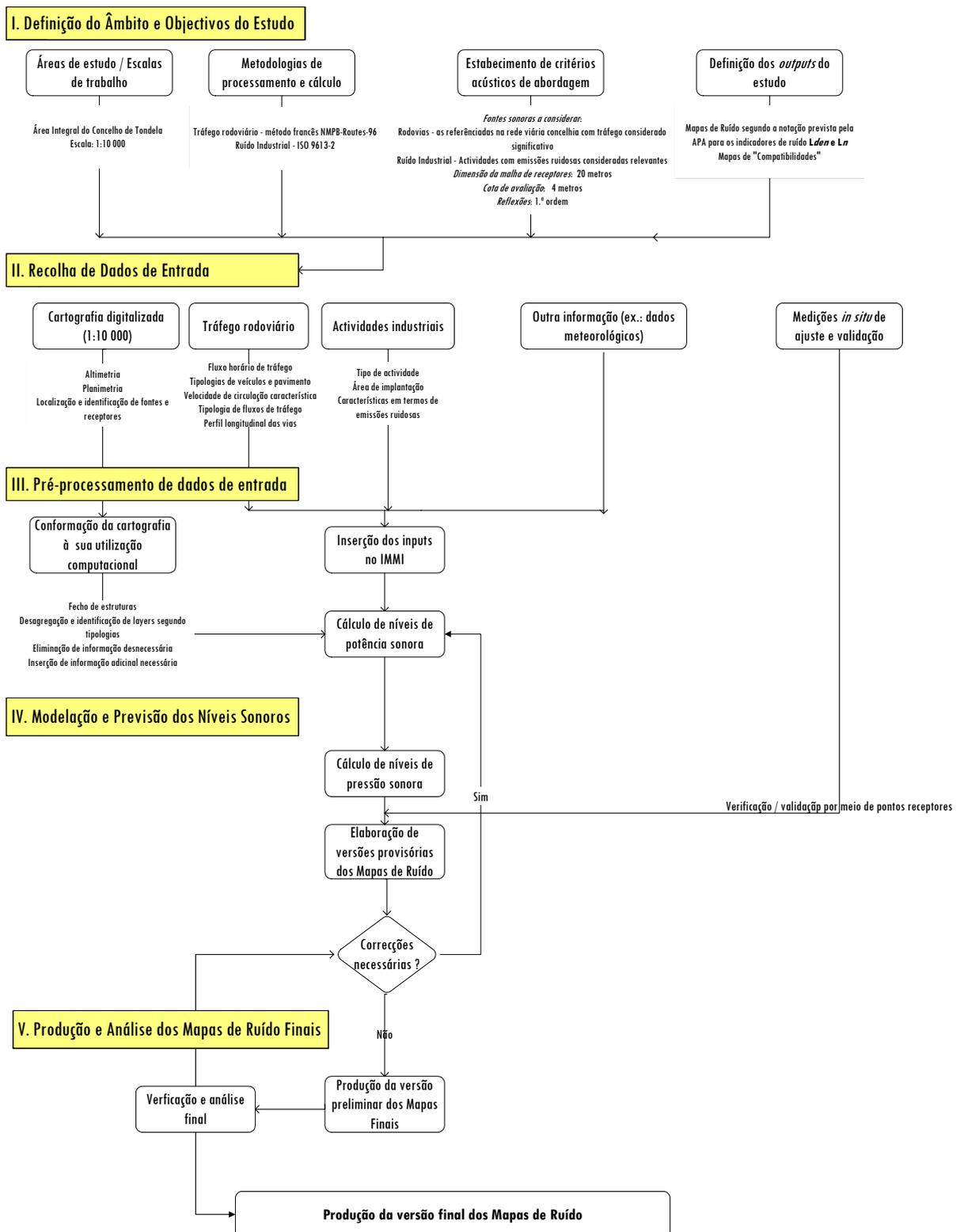


Figura 1: Diagrama de síntese da metodologia adoptada.

## 6.6 Métodos de Cálculo Adoptados

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 Directiva 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 INDUSTRIAL e propagação sonora exterior: a Norma ISO 9613-2: «Acoustics - Attenuation of sound propagation outdoors. Part 2: General method of calculation». Os dados de entrada podem ser obtidos a partir das medições efectuadas de acordo com as metodologias descritas nas seguintes normas:

ISO 8297:1994 - “Acoustics - Determination of sound power levels of multisource industrial plants for evaluation of sound pressure levels in the environment - Engineering method.”

NP EN ISO 3744:1995 - “Acústica - Determinação de potência acústica emitidos por fontes de ruído a partir da pressão acústica. Método de perícia em condições que se aproximam do campo livre sobre um plano reflector”;

EN ISO 3746:1995 - “Acoustics - Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure. Survey method using an enveloping measurement surface over a reflectin plane”.

- 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 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 (intensidade, comportamento espectral, directividade).

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 actividades ruidosas de carácter permanente, ou seja, são todas as actividades 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 actividades ruidosas ditas temporárias (obras de construção civil, competições desportivas, espectáculos, festas ou outros divertimentos, feiras e mercados).

A selecção, identificação e caracterização das fontes sonoras é um aspecto crucial na elaboração de um Mapeamento de Ruído. De uma forma genérica, para os Mapas de Ruído elaborados a escalas compatíveis com Planos Directores 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 actividades 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 **ruído industrial ou equiparável**.

O ruído de tráfego aéreo e de instalações aeroportuárias e o ruído ferroviário não foram incluídos no estudo, uma vez que o concelho de Tondela não dispõe de aeródromos ou aeroportos, assim como de infra-estruturas ferroviárias.

### 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 CMT e em <http://mapas.sapo.pt>).

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

Tipo de Via	Designação da Via
Itinerário Principal	IP3
Estradas Regionais e Nacionais	ER228,ER230,ER230-3,ER337,EN2
Estradas Municipais	EM523, EM523-1, EM574, EM610, EM623, EM624, EM624-1, EM626, EM627, EXEM627, EM627-1, EM628, EM628-1, EM628-2, EM629, EM632, EM632-1
Caminhos Municipais	CM1380,CM1498,CM1501,CM1502,CM1510,CM1515,CM1521,CM1522,CM1523, CM1528, CM1538
Arruamentos de interesse	Arruamento de ligação ER228-CM1502 (R1), Avenida do Campo de Futebol (R2), Arruamento de ligação EM627-EM627-1(R3), Nó de Acesso IP3 (R4), Rua Irmãos Cardosos de Matos(R5), Avenida Branca Gonta Colaço(R6), , Rua Amália Vale(R7) , Variante Poente (R8), Rua Correia Teles (R9), Variante Nascente(R10) e Rua Dr. José Eurico Gouveia-AvenidaArménio Leite Marques(R11)
Vias Futuras/Projectadas	Novo IP3 (VF01).

Conforme vem sendo explicitado, a metodologia adoptada 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 aspectos/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. Selecção 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 33 pontos distintos, para caracterização de cada segmento de estrada mencionada anteriormente.
4. Realização campanhas de medições acústicas de longa duração em locais estrategicamente seleccionados, para validação dos resultados calculados.

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

5. Toda a informação recolhida foi depois objecto 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 períodos de referência previstos 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 Ruído Industrial**

A caracterização do ruído industrial envolveu, numa primeira fase, o levantamento qualitativo *in situ* do ruído produzido pelas principais indústrias e, depois de uma selecção daquelas cuja caracterização acústica se afigurou relevante, a realização de medições acústicas que permitiram avaliar a contribuição ruidosa dessas actividade para os níveis de ambiente prevalecentes nas suas áreas de implantação.

A caracterização das emissões sonoras de estabelecimentos industriais é um processo relativamente complexo que, em rigor absoluto, requer a determinação da potência sonora dos equipamentos ruidosos instalados.

Para os fins pretendidos no âmbito deste trabalho, interessa essencialmente aferir os níveis de ruído particular que uma determinada fábrica ou área industrial origina na sua envolvente, isto é, estimar a contribuição destas emissões ruidosas para os níveis de ruído ambiente prevalecentes.

A abordagem de modelação a esta tipologia de fontes faz-se tipicamente considerando que se tratam de fontes pontuais ou fontes em área, segundo os princípios previstos nas seguintes normas:

- ISO 9613-2: «Acoustics - Attenuation of sound propagation outdoors. Part 2: General method of calculation»;
- ISO 8297: 1994 - «Acoustics - Determination of sound power levels of multisource industrial plants for evaluation of sound pressure levels in the environment - Engineering method».

Os dados de entrada requeridos podem reportar-se a níveis de potência sonora emitidos ( $L_w$ ) ou a níveis de pressão sonora ( $L_p$ ) que se verificam numa superfície de medição que envolve a fonte.

## 6.8 Medições de Verificação/Validação

As campanhas de medição realizadas obedeceram aos requisitos previstos na NP 1730 (1996) - «Acústica - Descrição e Medição do Ruído Ambiente» e às especificações previstas nos métodos de cálculo utilizados.

Em conformidade com as directrizes da APA, foram efectuadas medições com duração acumulada de 48 horas (2 dias), distribuídas por vários dias de medição, abrangendo todos os intervalos horários em cada período de referência. Por razões de operacionalidade das campanhas, as medições não foram realizadas em contínuo.

A selecção 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 receptores com valores próximos de critérios de conformidade legal.

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

## 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 Tondela - Ano 2009, para os indicadores  $L_{den}$  e  $L_n$ , de acordo com a notação de cores recomendada pela APA;
- ↳ Mapas de Ruído do Concelho de Tondela - Ano 2019, 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 selecção das vias de tráfego a serem objecto 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 respectivos 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 Recenseamentos de Tráfego

Procedeu-se a uma pesquisa de informação mais recente disponibilizada nos «Recenseamentos de Tráfego» das Estradas de Portugal, S.A., para o ano de 2005.

Quadro 3: Dados do recenseamento de tráfego de 2005 do EP considerados.

Via	Posto	Km	Troço	Classe	TMDA - 2005		
					Diurno (6h-22h)	Nocturno (22h-6h)	Anual (24h)
IP3	A022/A	113,9	IP3-T1	Ligeiros	10 382	1 495	11 877
				Pesados	673	129	802
IP3	344A/PD	108,35	IP3-T2	Ligeiros	8 941	1 183	10 124
				Pesados	1 085	132	1 217

Estes dados revelaram-se manifestamente insuficientes para uma adequada caracterização dos níveis de ruído associados à circulação automóvel no interior de Tondela, 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, seleccionou-se um total de 33 locais de contagens de tráfego (figura 2), estrategicamente escolhidos de forma a maximizar o processo de contagem (privilegiaram-se pontos de cruzamentos entre as vias consideradas). Os dados recolhidos foram objecto de ponderação adequada, considerando-se, para o efeito, factores de sazonalidade e efeitos induzidos pelas flutuações em diferentes períodos do dia.

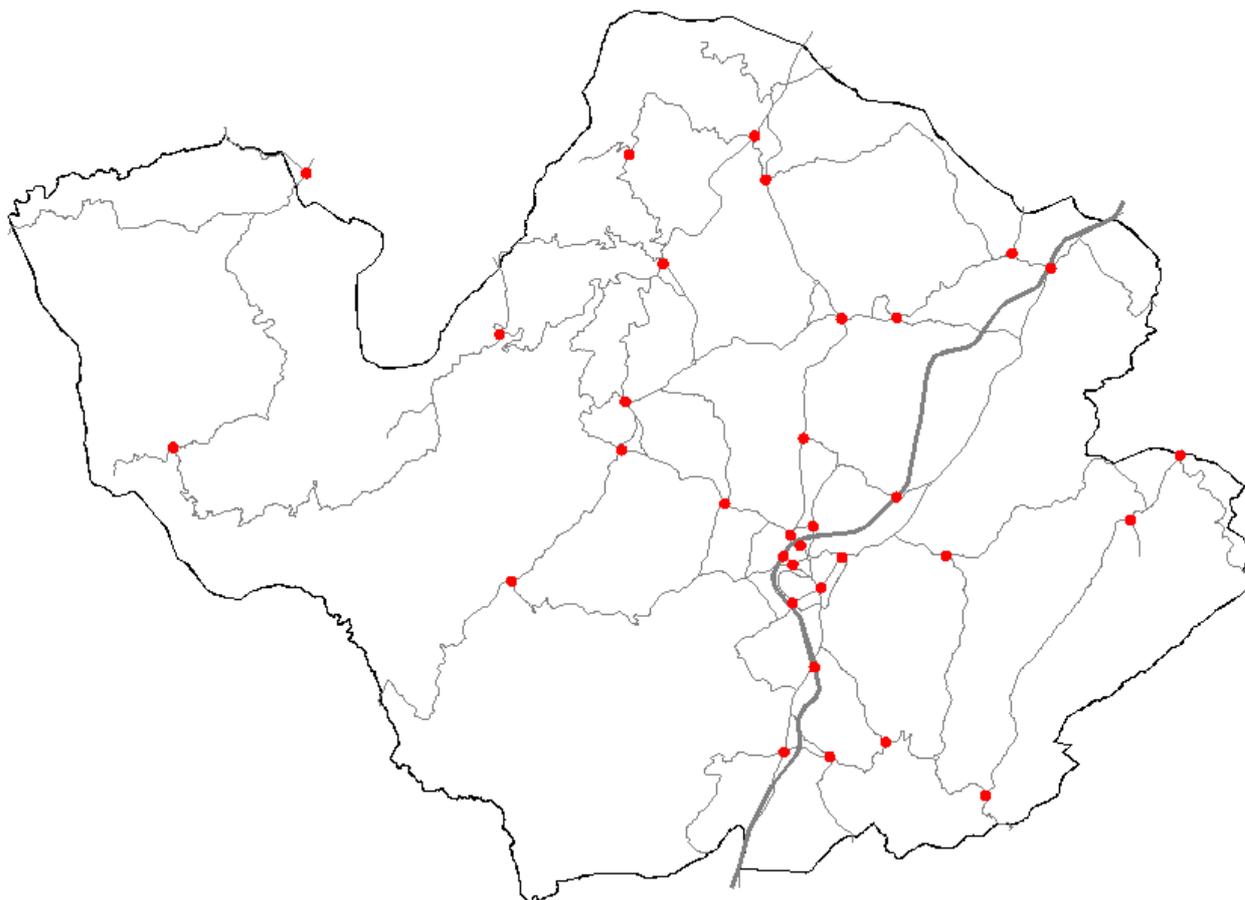


Figura 2: Representação esquemática dos pontos de contagem do tráfego rodoviário.

No quadro 4 e figuras 3 e 4 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 efectuadas *in situ*, considerou-se também a informação constante em bibliografia da especialidade, os dados de tráfegos diários e anuais em postos automáticos disponibilizadas pelo Estradas de Portugal, S.A. e ainda contagens de longa duração (24 horas) efectuadas pela ECO 14 em trabalhos análogos.

Quadro 4: Dados de tráfego para a previsão dos níveis sonoros do Ano 2009.

Estrada	Troços	Fluxo médio horário estimado de tráfego (veículos/hora)								
		Período Diurno			Período Entardecer			Período Nocturno		
		VL	VP	% VP	VL	VP	% VP	VL	VP	% VP
IP3	T1	743	56	7	293	12	4	167	4	2
	T2	729	53	7	260	14	5	148	6	4
	T3	633	86	12	250	19	7	142	6	4
	T4	525	63	11	208	14	6	118	4	3
ER228	T1	225	8	3	110	6	5	24	0	0
	T2	150	6	4	26	4	13	9	0	0
	T3	86	7	8	27	4	13	9	0	0
	T4	59	0	0	25	0	0	18	0	0
	T5	39	0	0	28	0	0	7	0	0
	T6	30	2	6	23	0	0	7	0	0
	T7	46	2	4	32	0	0	14	0	0
	T8	54	2	4	41	0	0	14	0	0
ER230	T1	88	5	5	60	0	0	8	0	0
	T2	92	5	5	60	0	0	8	0	0
	T3	126	6	5	88	0	0	26	0	0
	T4	237	10	4	151	0	0	61	0	0
	T5	298	4	1	144	0	0	44	0	0
	T6	344	4	1	151	0	0	41	0	0
	T7	379	4	1	190	0	0	54	0	0
	T8	626	8	1	336	4	1	58	0	0
	T9	835	11	1	387	0	0	122	0	0
	T10	565	18	3	261	0	0	90	0	0
	T11	515	18	3	231	0	0	81	0	0
	T12	49	0	0	38	0	0	2	0	0
	T13	38	0	0	20	0	0	2	0	0
	T14	24	0	0	13	0	0	2	0	0
	T15	21	0	0	12	0	0	2	0	0
ER230-3	T1	79	0	0	48	0	0	3	0	0
	T2	24	0	0	11	0	0	3	0	0
ER337	T1	18	0	0	7	0	0	2	0	0
	T2	34	0	0	15	0	0	5	0	0
	T3	55	2	4	9	0	0	3	0	0

Estrada	Troços	Fluxo médio horário estimado de tráfego (veículos/hora)								
		Período Diurno			Período Entardecer			Período Nocturno		
		VL	VP	% VP	VL	VP	% VP	VL	VP	% VP
ER337	T4	125	4	3	98	0	0	17	0	0
	T5	66	4	6	20	0	0	7	0	0
EN2	T1	72	2	3	37	0	0	9	0	0
	T2	108	4	4	65	0	0	9	0	0
	T3	167	5	3	79	0	0	51	0	0
	T4	307	11	3	138	0	0	69	0	0
	T5	426	11	3	177	0	0	78	0	0
	T6	445	14	3	255	0	0	37	0	0
	T7	360	22	6	275	0	0	61	0	0
	T8	175	22	11	76	0	0	14	0	0
	T9	177	22	11	61	0	0	9	0	0
EM523	T1	2	0	0	2	0	0	2	0	0
	T2	4	0	0	2	0	0	2	0	0
	T3	2	0	0	2	0	0	2	0	0
EM523-1	T1	4	0	0	2	0	0	2	0	0
EM574	T1	22	0	0	11	0	0	2	0	0
EM610	T1	60	0	0	24	0	0	3	0	0
	T2	107	0	0	54	0	0	9	0	0
EM623	T1	20	0	0	10	0	0	2	0	0
	T2	10	0	0	4	0	0	2	0	0
EM624	T1	74	0	0	55	0	0	2	0	0
	T2	23	0	0	13	0	0	2	0	0
	T3	92	0	0	68	0	0	10	0	0
EM624-1	T1	36	0	0	13	0	0	2	0	0
	T2	9	0	0	2	0	0	2	0	0
EM626	T1	8	0	0	2	0	0	2	0	0
EM627	T1	125	6	5	98	6	6	18	0	0
	T2	146	7	5	105	6	5	18	0	0
	T3	60	0	0	25	0	0	5	0	0
	T4	178	15	8	98	4	4	19	0	0
	T5	324	22	6	123	4	3	21	0	0
EXEM627	T1	9	0	0	5	0	0	2	0	0
EM627-1	T1	23	0	0	9	0	0	3	0	0
	T2	86	0	0	37	0	0	14	0	0
	T3	101	0	0	46	0	0	9	0	0
EM628	T1	126	6	5	66	0	0	41	0	0
	T2	91	0	0	33	0	0	16	0	0

Estrada	Troços	Fluxo médio horário estimado de tráfego (veículos/hora)								
		Período Diurno			Período Entardecer			Período Nocturno		
		VL	VP	% VP	VL	VP	% VP	VL	VP	% VP
EM628	T3	43	0	0	7	0	0	5	0	0
	T4	41	0	0	13	0	0	2	0	0
	T5	24	0	0	13	0	0	2	0	0
EM628-1	T1	10	0	0	5	0	0	2	0	0
EM628-2	T1	54	0	0	37	0	0	2	0	0
EM629	T1	17	0	0	8	0	0	2	0	0
EM632	T1	38	2	5	8	0	0	5	0	0
	T2	35	0	0	15	0	0	2	0	0
	T3	51	0	0	46	0	0	2	0	0
EM632-1	T1	27	2	7	10	0	0	2	0	0
CM1380	T1	19	2	10	2	0	0	2	0	0
CM1498	T1	23	0	0	9	0	0	2	0	0
CM1501	T1	7	0	0	2	0	0	2	0	0
	T2	73	0	0	13	0	0	3	0	0
CM1502	T1	10	0	0	4	0	0	2	0	0
	T2	12	0	0	6	0	0	2	0	0
	T3	48	0	0	26	0	0	11	0	0
CM1510	T1	8	0	0	2	0	0	2	0	0
CM1515	T1	2	0	0	2	0	0	2	0	0
	T2	6	0	0	2	0	0	2	0	0
CM1521	T1	28	0	0	18	0	0	7	0	0
CM1522	T1	72	0	0	37	0	0	12	0	0
CM1523	T1	104	0	0	54	0	0	18	0	0
	T2	143	0	0	74	0	0	24	0	0
	T3	72	0	0	37	0	0	12	0	0
CM1528	T1	13	0	0	6	0	0	2	0	0
CM1538	T1	50	0	0	20	0	0	2	0	0
Arruamento de ligação ER228-CM1502 (R1)	---	36	0	0	20	0	0	9	0	0
Avenida do Campo de Futebol (R2)	---	122	15	11	105	4	4	14	0	0
Arruamento de ligação EM627-EM627-1 (R3)	---	46	0	0	31	0	0	5	0	0
Nó de Acesso IP3 (R4)	T1	142	14	9	85	0	0	61	0	0
	T2	307	5	2	143	0	0	27	0	0
Rua Irmãos Cardosos de Matos (R5)	---	240	18	7	99	0	0	37	0	0
Avenida Branca Gonta Colaço (R6)	---	283	16	5	130	0	0	46	0	0

Estrada	Troços	Fluxo médio horário estimado de tráfego (veículos/hora)								
		Período Diurno			Período Entardecer			Período Nocturno		
		VL	VP	% VP	VL	VP	% VP	VL	VP	% VP
Rua Amália Vale (R7)	---	31	2	6	16	0	0	2	0	0
Variante Poente (R8)	---	31	2	6	16	0	0	2	0	0
Rua Correia Teles (R9)	---	72	1	1	23	0	0	5	0	0
Variante Nascente (R10)	---	67	0	0	23	0	0	18	0	0
Rua Dr. José Eurico Gouveia - Avenida Arménio Leite Marques (R11)	---	47	2	4	24	0	0	5	0	0

Observações:  
VL - Veículos Ligeiros; VP - Veículos Pesados; % VP - Percentagem de Veículos Pesados

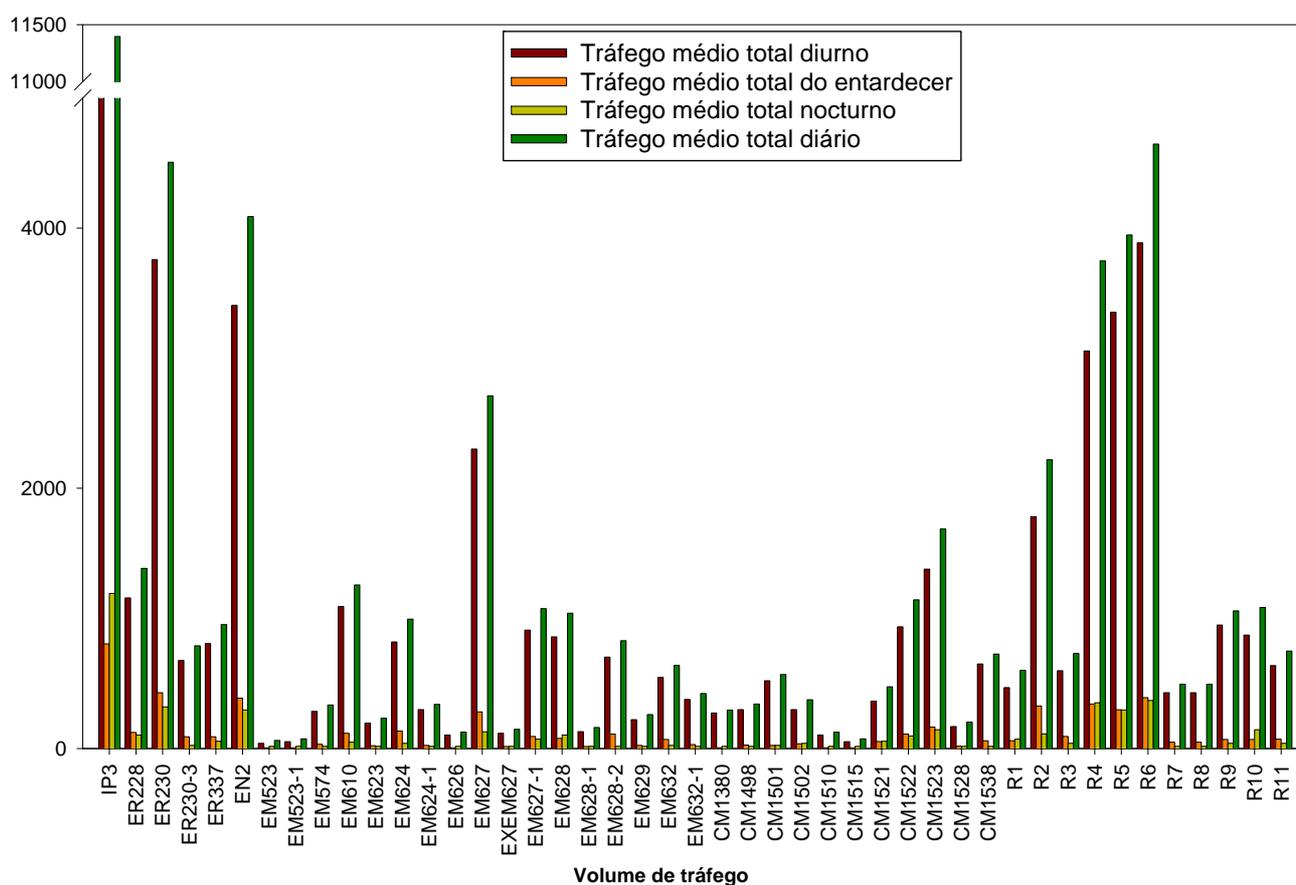


Figura 3: Estimativas de quantitativos médios de tráfego por estrada.

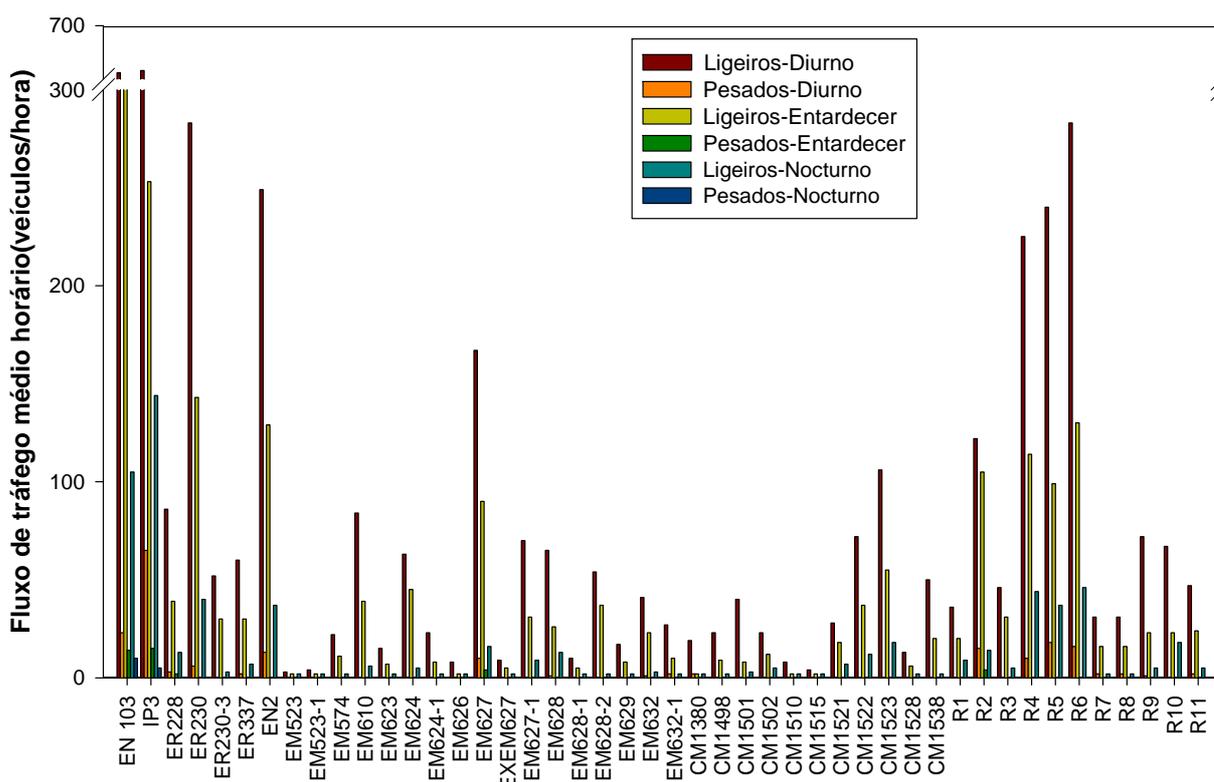


Figura 4: Fluxos horários médios estimados, por estrada, tipologia de veículos e período.

### 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 2019, do novo IP3, actualmente em fase de projecto, de acordo com a informação facultada pelos responsáveis da Câmara Municipal de Tondela.

Para esta via, em razão da inexistência de estudos disponíveis sobre previsões de tráfego, adoptaram-se estimativas de fluxos em função da dinâmica actualmente existente e tendo também em consideração a tipologia da via em causa e a previsível magnitude de utilização.

Considerou-se que o novo IP3 induzirá um decréscimo estimado de 50% no tráfego actual do actual IP3. Para as demais vias rodoviárias, adoptaram-se os mesmos quantitativos de tráfego relativamente à situação actual.

Quadro 5: Estimativa de tráfego na via projectada.

Estrada	Fluxo médio horário estimado de tráfego (veículos/hora)					
	Período Diurno		Período Entardecer		Período Nocturno	
	Ligeiros	Pesados	Ligeiros	Pesados	Ligeiros	Pesados
Novo IP3 (VF01)	350	35	150	10	75	5

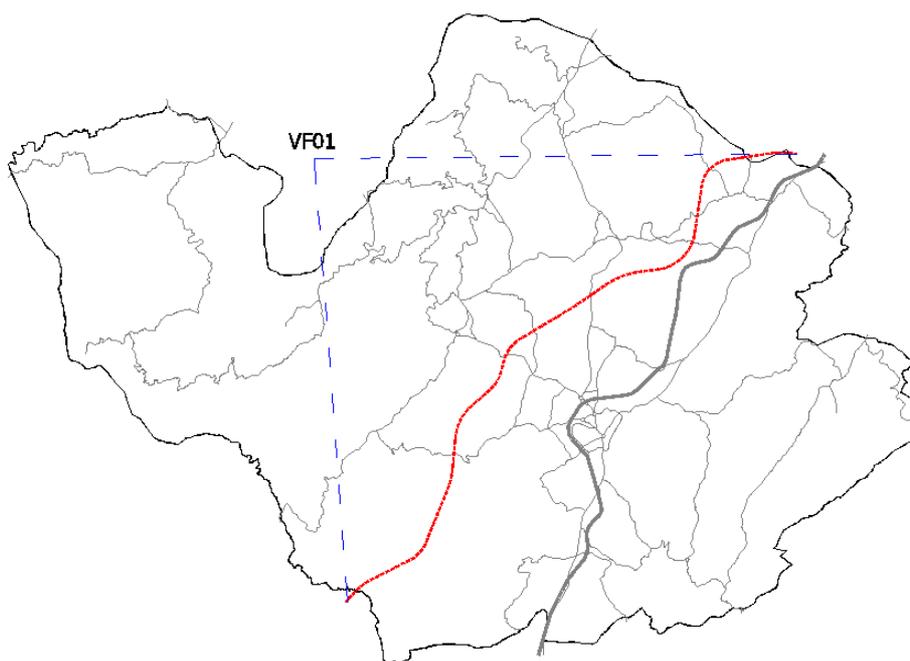


Figura 5: Via rodoviária proposta considerada no âmbito do presente estudo.

## 7.2 Emissões de Fontes Industriais

Dada a multiplicidade de fenómenos envolvidos em actividades industriais, a abordagem de cálculo pressupõe o conhecimento detalhado da potência sonora dos equipamentos ruidosos instalados.

A execução de mapas de ruído de plantas/áreas industriais é pois um processo complexo que deve ser objecto de estudo dedicado.

Na escala de abordagem do presente estudo importa sobretudo obter indicadores de ruído que permitam descrever, com razoável grau de aproximação, as principais emissões ruidosas das principais áreas/indústrias ruidosas (relembra-se que o APA determina, como critério mínimo, a necessidade de avaliação apenas às unidades industriais abrangidas pelo regime jurídico de avaliação de impacte ambiental).

O levantamento realizado nos pólos industriais da Adiça, do Lajedo e de Vilar de Besteiros revelaram que estes não comportam indústrias de emissões ruidosas de relevo, bem como as pequenas unidades industriais dispersas pelo concelho.

No decurso do trabalho de campo, foram identificadas duas pedreiras, com emissões sonoras que foram consideradas significativas, cuja localização é representada na figura 7.

Para aferição das emissões sonoras associadas à actividade das pedreiras, procedeu-se a um conjunto de medições acústicas, segundo procedimentos normalizados. De referir que as medições foram somente efectuadas no período diurno, uma vez que a actividade descrita cessa nos períodos do entardecer e nocturno.

Dada a difícil caracterização da magnitude e da localização espacial das emissões ruidosas da actividade caracterizada, optou-se por aplicar, a partir dos resultados obtidos nas medições, uns factores de emissão médios.

Assim, admitiu-se a existência de fontes em área com os seguintes factores de emissão de ruído (em termos de potência sonora por unidade de área):

- Pedreiras →  $L_w / \text{unidade de área} = 65 \text{ dB(A)}$ ;

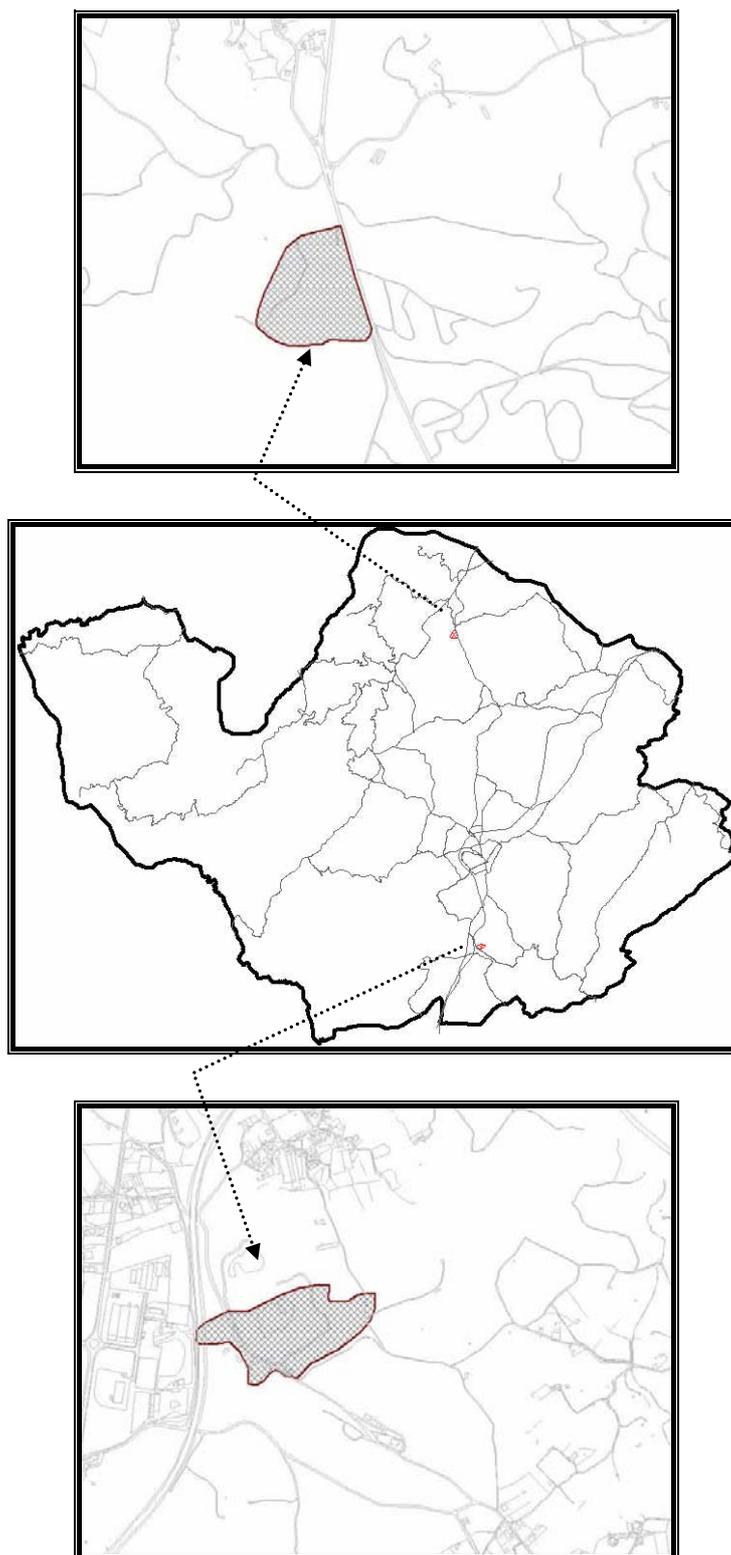


Figura 6: Representação esquemática da localização das pedreiras para caracterização do ruído industrial do Concelho de Tondela.

## 8. 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 4 locais de monitorização, nos quais se procedeu a medições de longa duração, em dois dias distintos, de acordo com o estabelecido na Norma Portuguesa NP 1730, englobando diversos períodos do dia. Estes locais encontram-se esquematicamente evidenciados na figura 7.

O número e a localização destes pontos foram estabelecidos tendo em atenção critérios como:

- a dimensão da área em estudo;
- a tipologia de fontes ruidosas predominante (tráfego rodoviário);
- a necessidade de se validar o cálculo junto a receptores sensíveis ao ruído.

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 6: 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
ER228	PV01	60	60	0	49	51	-2
ER230	PV02	64	65	-1	53	53	0
IP3	PV03	73	72	1	64	65	-1
N2	PV04	67	66	1	58	59	1

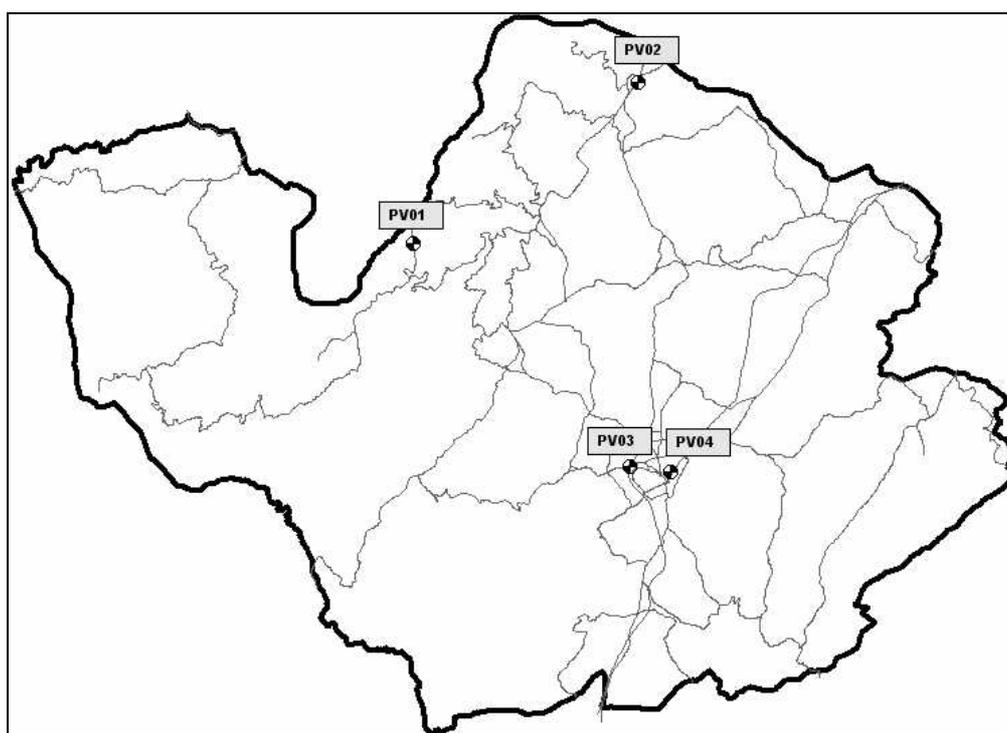


Figura 7: Representação esquemática dos pontos de medições acústicas de validação.

## 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 Tondela.

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 efectuado, designadamente no que respeita aos níveis de exposição ao ruído da população do Concelho de Tondela 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 protectoras.

### 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 receptores 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 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 7 e gráficos das figuras 8 e 9.

**Quadro 7:** 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 2009		Ano 2019		Variação (2019-2009)		Ano 2009		Ano 2019		Variação (2019-2009)	
<45	56		57		1		85		87	0	2	
45-50	16	86	17	87	1	1		14		12	0	-2
50-55	14		13				-1					
55-60	8	13	8	12	0	-1		1		1	0	0
60-65	5		4				-1					
65-70	1	1	1	1	0	0		1		1	0	0
>70	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.

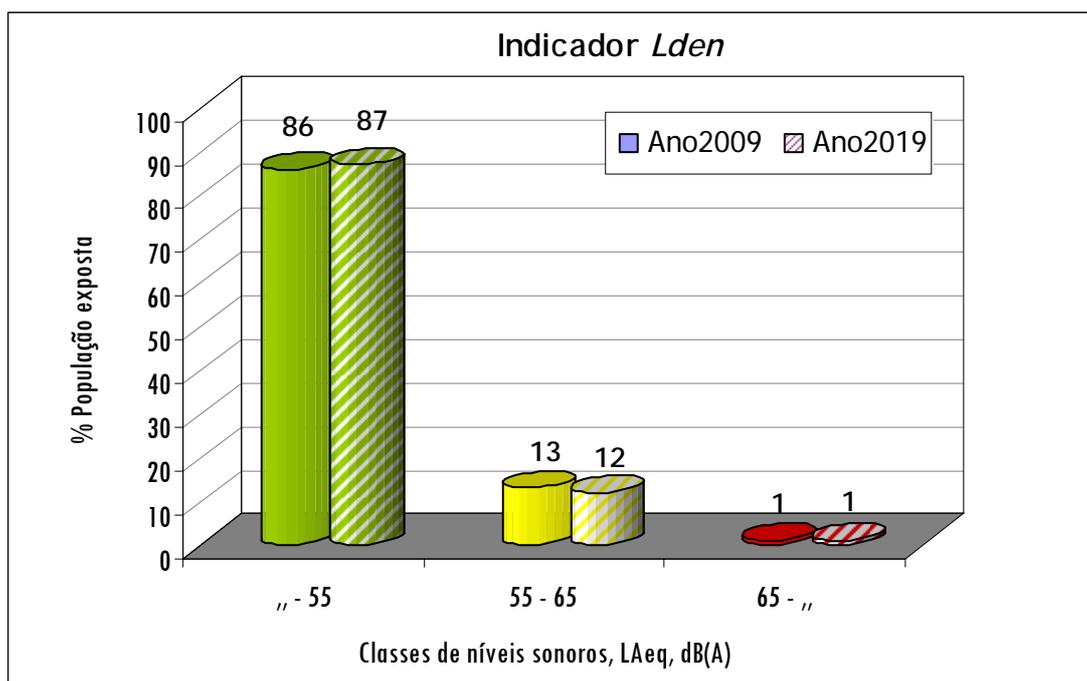


Figura 8: Estimativa dos níveis de exposição da população do Concelho de Tondela ao ruído em termos de  $L_{den}$  (indicador de ruído diurno-entardecer-nocturno).

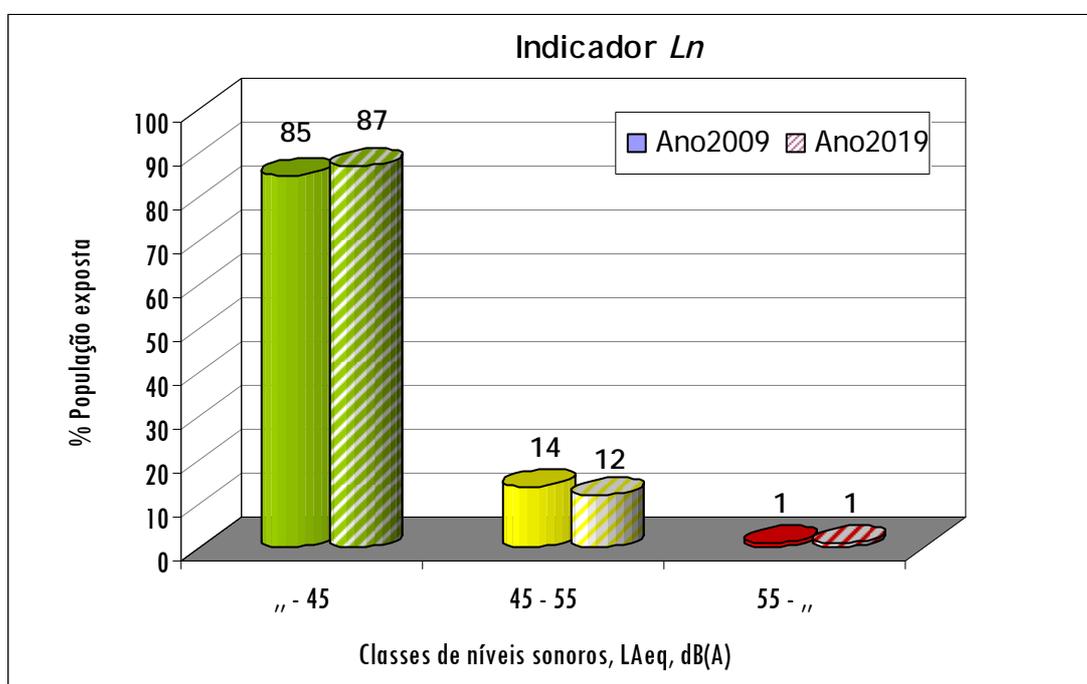


Figura 9: Estimativa dos níveis de exposição da população do Concelho de Tondela ao ruído em termos de  $L_n$  (indicador de ruído nocturno).

## 9.2 Influência Diferenciada de Fontes

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

Os Mapas finais reflectem 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 significativos, ressaltando, desde logo e como seria de prever, o itinerário principal IP3 como a fonte que determina as maiores manchas de níveis sonoros elevados. Seguindo-se, num nível de menor importância, mas ainda com níveis de tráfego (e emissões ruidosas) com algum significado, temos por ordem decrescente de importância, as vias como a ER230 e a EN2.

As Avenidas/Ruas/Variantes do concelho de Tondela apresentaram também níveis de tráfego com algum significado, na ordem dos 4000 veículos por dia, originando, portanto impacto sonoro não desprezável sobre utilizações sensíveis (designadamente edifícios habitacionais) adjacentes, nomeadamente a Av. Branca Gonta Colaço e Rua Irmão Cardosos de Matos.

No que diz respeito ao ruído industrial, apenas foram consideradas relevantes duas pedreiras, as quais devido à sua localização, longe dos aglomerados populacionais e emissões ruidosas produzidas, não serão susceptíveis de originar cenários de conflituosos.

## 9.3 Medidas Genéricas de Prevenção e Protecção do Ruído

A prevenção e o controlo do ruído de infra-estruturas de transporte pode passar por acções 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 acção são essencialmente os seguintes:

- ↳ Planeamento e gestão do uso do solo;
- ↳ Redução na fonte;
- ↳ Limitação da propagação;
- ↳ Medidas de protecção no receptor.

Facilmente se depreende que a eficácia destas medidas diminui no «sentido medidas de planeamento → medidas no receptor». 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 actuação 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 receptores do ruído produzido por vias de tráfego é a de garantir uma distância fonte-receptor segura. Por exemplo, a duplicação da distância estrada-receptor resulta numa atenuação dos níveis sonoros que pode chegar a 5 dB.

“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 protecção 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 objecto 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 respectivos 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 efectivo, isto é, se não se verificarem em locais de utilizações sensíveis. Os Planos de Redução de Ruído devem ser aplicados a áreas objecto 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 Tondela em termos dos indicadores de ruído  $L_{den}$  e  $L_n$ , para os horizontes temporais 2009 e 2019.

Foi utilizado um modelo de cálculo suportado por um *software* computacional de modelação da emissão, propagação e recepção do som que considera todos os aspectos 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 efectuado adoptando 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, conseqüentemente, para a delimitação de zonas sensíveis e mistas.

Em termos dos aspectos 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 Tondela, 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 o *IP3*, seguido da *ER230 e a EN2*;
- IV. Relativamente ao ruído industrial, verificou-se que este não tem impacto sonoro relevante sobre a população local;

V. Estimativas efectuadas 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 85% da população está em locais com níveis sonoros compatíveis com zonas sensíveis, relativamente aos descritores  $L_{den}$  e  $L_n$ .

## 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.<sup>a</sup> ed.;
- [4] - Harris, C. M. - «Manual de medidas acusticas y control del ruido», Ed. McGraw-Hill, 3.<sup>a</sup> ed.;
- [5] - Agência Portuguesa do Ambiente - «Directrizes para elaboração de mapas de ruído»; Junho 2008;
- [6] - Agência Portuguesa do Ambiente - Nota técnica: «Recomendações para a selecção de métodos de cálculo a utilizar na previsão de níveis sonoros»;
- [7] - Agência Portuguesa do Ambiente - Nota técnica: «Directrizes para a elaboração de planos de monitorização de ruído de infra-estruturas rodoviárias e ferroviárias»;
- [8] - Agência Portuguesa do Ambiente - Nota técnica: «Técnicas de prevenção e controlo do ruído»;
- [9] - Agência Portuguesa do Ambiente - «Projecto-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 & Amendments» - Wölfel MeBsysteme, 2007.

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 TONDELA - ANO 2009

## **PEÇA DESENHADA N.º 3**

MAPAS DE "COMPATIBILIDADES" DO CONCELHO DE TONDELA - ANO  
2009

## **PEÇA DESENHADA N.º 4**

MAPAS DE RUÍDO DO CONCELHO DE TONDELA - ANO 2019

## **PEÇA DESENHADA N.º 5**

MAPAS DE “COMPATIBILIDADES” DO CONCELHO DE TONDELA - ANO  
2019