



**MAPAS DE RUÍDO DO PLANO DE  
PORMENOR DA JAGUNDA**

Relatório n.º MR.1994/12-NP

02 de Agosto de 2012

Lugar do Plano, Gestão do Território e Cultura  
Rua de S. Sebastião 191, 1º Dto. 3810-187 Aveiro | tel. / fax. 234426985  
[www.lugardoplano.pt](http://www.lugardoplano.pt) | [lugardoplano@lugardoplano.pt](mailto:lugardoplano@lugardoplano.pt)

ECO14 - Serviços e Consultadoria Ambiental, Lda.  
Rua Prior Guerra, n.º50, 2º E. 3830-711 Gafanha da Nazaré | tel. 234420671  
[www.eco14.pt](http://www.eco14.pt) | [eco14@eco14.pt](mailto:eco14@eco14.pt)

## NOTA DE APRESENTAÇÃO

A *Lugar do Plano - Gestão do Território e Cultura, Lda.* em parceria com a *ECO 14 - Serviços e Consultadoria Ambiental, Lda.* apresenta o trabalho designado «*Mapas de Ruído do Plano de Pormenor da Jagunda*». O trabalho foi desenvolvido à escala de plano de pormenor.

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
Nuno Pereira, Dr.	Diretor Técnico	
APROVAÇÃO	FUNÇÃO	ASSINATURA
Augusto Miguel Lopes, Eng.º	Diretor Geral	

## ÍNDICE

<b>1. Introdução .....</b>	<b>4</b>
<b>2. Breve Descrição da Área Estudada .....</b>	<b>5</b>
<b>3. Definições e Conceitos de Interesse .....</b>	<b>5</b>
<b>4. Enquadramento Legal .....</b>	<b>7</b>
<b>5. Requisitos Genéricos dos Mapas de Ruído .....</b>	<b>8</b>
<b>6. Metodologia .....</b>	<b>9</b>
6.1 Princípios Básicos da Modelação Acústica .....	9
6.2 Indicadores de Ruído.....	10
6.3 Períodos de Referência Considerados.....	10
6.4 Variáveis Base da Modelação e Parametrizações de Cálculo.....	10
6.5 Método de Elaboração dos Mapas .....	11
6.6 Métodos de Cálculo Adotados .....	13
6.7 Fontes de Ruído – Recolha e Tratamento de Dados de Entrada.....	14
6.8 Medições de Verificação/Validação .....	15
<b>7. Resultados .....</b>	<b>17</b>
7.1 Caracterização da Situação Atual (Ano 2011) .....	17
7.1.1 Caracterização do Tráfego Rodoviário .....	17
7.1.2 Características de Tráfego Utilizadas na Previsão de Níveis Sonoros .....	18
7.2 Previsão de Níveis Sonoros – Situação Projetada .....	20
7.2.1 Vias Rodoviárias Propostas .....	20
7.3 Indicadores de Exposição ao Ruído dos Recetores Sensíveis.....	22
<b>8. Validação de Resultados .....</b>	<b>25</b>
<b>9. Medidas Genéricas de Prevenção e Proteção do Ruído.....</b>	<b>26</b>
<b>10. Conclusões.....</b>	<b>27</b>
<b>11. Referências .....</b>	<b>28</b>
<b>Anexo I - Boletim de Verificação e Certificados de Calibração e de Acreditação.</b>	
<b>Anexo II – Mapas de Ruído</b>	
<b>Situação Atual (Ano 2011)</b>	
<b>Situação Projetada</b>	

## 1. Introdução

O «Regulamento Geral do Ruído» (RGR), Decreto-lei n.º 9/2007, de 17 de janeiro, tem como objeto a prevenção e controlo da poluição sonora, visando a salvaguarda da saúde humana e o bem-estar das populações.

Um dos mecanismos previstos no RGR para dar prossecução a este propósito consiste na obrigatoriedade de delimitação de zonas sensíveis e mistas, cuja responsabilidade impende sobre as câmaras municipais.

O diploma tipifica os usos do solo englobáveis em cada tipologia de zona, estabelece requisitos quantitativos em termos de níveis de ruído ambiente exteriores admissíveis e especifica as condições que devem determinar a necessidade de adoção de planos de redução de ruído.

As zonas sensíveis e mistas, tratando-se de figuras condicionantes do uso, devem ser incluídas nos planos municipais de ordenamento do território, que devem elaborados ou revistos para o efeito. A definição das zonas deve ser suportada por recolha de informação acústica, designadamente através da elaboração de mapas de ruído.

No trabalho a que se reporta a presente Memória Descritiva elaboraram-se os *Mapas de Ruído do Plano de Pormenor da Jagunda*, no concelho de Seia.

O trabalho foi efetuado com recurso a uma ferramenta informática de previsão e mapeamento de campos sonoros exteriores.

No que se segue deste relatório 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. Breve Descrição da Área Estudada

O objeto do presente trabalho consistiu na elaboração dos Mapeamentos de Ruído de toda a área do Plano de Pormenor da Jagunda, no concelho de Seia.

A área de intervenção do plano é de 96,5 ha e localiza-se a sul do aeródromo, nas freguesias de Seia e de Santa Marinha. É delimitada a nordeste por um caminho que liga à Rua Pina Ferrão, a sudoeste pela Rua da Corga, a noroeste pela Rua do Prado de Cima cuja beneficiação constituirá a futura via de ligação do aeródromo à Circular a Seia e a sudeste parcialmente por caminhos de terra batida.

Esta zona caracteriza-se por ser pouco acidentada, na maior parte da sua extensão, com uma altimetria média de, sensivelmente, 420 m, com duas exceções, o Alto da Marateca que atinge os 481 m e outro acidente topográfico, imediatamente a sul deste, que atinge a cota de 470 m. O restante terreno tem uma pendente suave no sentido nordeste/sudoeste.

As principais acessibilidades, a área é servida pela EM 522-4 e pela EM 522 que ligam a área do plano a Seia. A área localiza-se ainda próximo da EN17, que se desenvolve a cerca de 1 km a Oeste.

## 3. 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.

**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 noturno.

**Zonas Mistas:** 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.

**Zonas urbana consolidada:** Zona sensível ou mista com ocupação estável em termos de edificação.

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

**Infraestrutura de transporte:** Instalação e meios destinados ao funcionamento de transporte aéreo, ferroviário ou rodoviário.

**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  $\mu$ 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.

## 4. 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.

O objetivo é integrar o fator ruído na tomada de decisão de forma a 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 os seguintes 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  $L_n$ .

Para a verificação dos valores limites de exposição anteriores, a avaliação deve ser efetuada *junto do ou no recetor sensível*.

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.º3 do mesmo artigo

---

<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 projetada para a sua proximidade uma grande infraestrutura de transporte.

está estabelecido que o processo de delimitação de zonas «implica a revisão ou alteração dos planos municipais de ordenamento do território em vigor».

No n.º 2 do artigo 7.º, o RGR estabelece que as câmaras municipais elaboraram «relatórios sobre recolha de dados acústicos para apoiar a elaboração, alteração e revisão dos planos de pormenor, sem prejuízo de poderem elaborar mapas de ruído sempre que tal se justifique».

No artigo 8.º enquadram-se os requisitos dos «planos municipais de redução de ruído», que devem ser implementados quando as zonas sensíveis ou mistas se encontram expostas a ruído ambiente exterior que exceda os valores fixados no artigo 11.º.

## 5. 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:

- ↪ 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.

Assim, um mapa de ruído deverá fornecer informação para atingir os seguintes objetivos:

- ↪ 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.

## 6. Metodologia

Foram considerados 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 Conselho, de 25 de junho de 2002, relativa à Avaliação e Gestão do Ruído Ambiente.

### 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  $\mu$ Pa);
- $L_w$  é o nível de potência sonora da fonte, em dB (ref. 1 pW);
- $D_c$  é o fator de correção de directividade, 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;

- *Amisc* - atenuação devida a outros efeitos (efeitos meteorológicos, dispersão através de estruturas acusticamente complexas, etc.);
- *Crefl* - correção devida aos efeitos de reflexão.

## 6.2 Indicadores de Ruído

Os mapas de ruído são elaborados para os indicadores de ruído  $L_{den}$  e  $L_{nr}$ , 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)*, *entardecer (20h-23h)* e *noturno (23-7h)*.

## 6.4 Variáveis Base da Modelação e Parametrizações de Cálculo

A elaboração dos Mapas de Ruído teve como base a cartografia digitalizada da área em estudo, contendo um conjunto de informação mínima indispensável ao estudo, designadamente a localização das principais fontes sonoras, a implantação de fontes ruidosas e de edificações e a orografia do terreno.

No quadro 1 descrevem-se as principais parametrizações de cálculo de base ao cálculo dos Mapas de Ruído do Plano de Pormenor da Jagunda.

Quadro 1: Resumo das configurações de cálculo utilizadas.

Parâmetros	Especificações
Malha de cálculo	5*5 metros, resultando num total de cerca de 42 200 pontos de cálculo. ↳ <i>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.</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	2.ª ordem. ↳ <i>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.</i>

Parâmetros	Especificações
Critério de distância máxima para estruturas refletoras	50 metros. ↳ <i>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 refletores - no presente caso, a distância considerada é de 50 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 2 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, tendo-se estimado as alturas dos edifícios a partir de levantamentos no local do número de pisos por edifício. 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 caráter 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 de medições que possibilitaram obter dados acústicos indispensáveis à obtenção de Mapas Acústicos representativos e

reprodutíveis. O diagrama da figura 1 sintetiza a metodologia seguida para a produção dos Mapas.

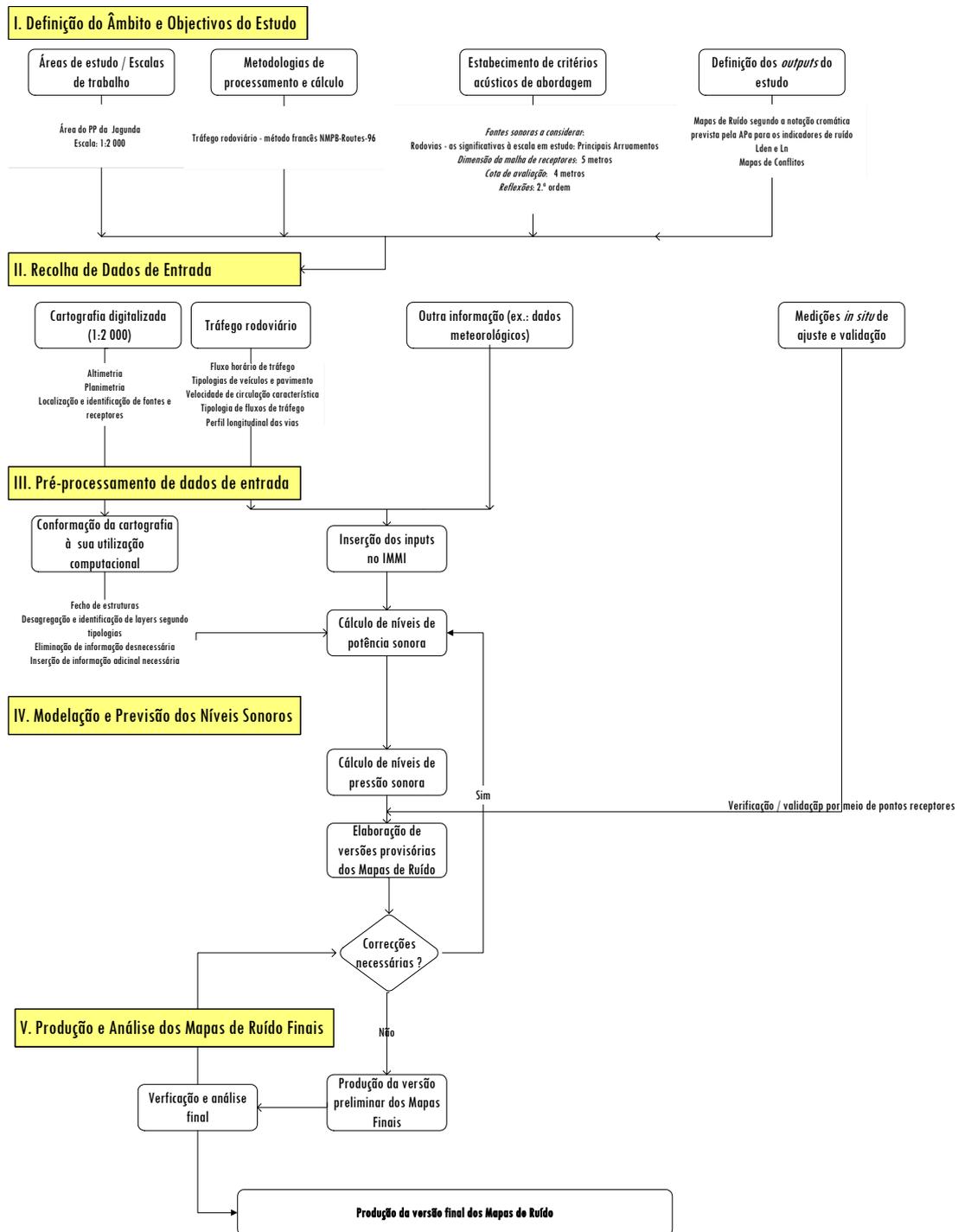


Figura 1: Diagrama de síntese da metodologia adotada.

## 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.

Em concreto, foi utilizado o método de cálculo francês para o tráfego rodoviário, «NMPB-Routes96» (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 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, directividade).

O método de cálculo 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 caráter permanente, ou seja, são todas as atividades suscetíveis 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.

Concretamente para o caso estudado, considerou-se para o cálculo somente o tráfego rodoviário, uma vez que é a única fonte geradora de ruído relevante presente na área em análise. O aeródromo não foi considerado como fonte geradora de ruído, devido à sua utilização pontual e pouco relevante.

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

Quadro 2: Vias rodoviárias consideradas no estudo.

Tipo de Via	Designação da Via
Arruamentos do Plano	EN17 (R01); EM522-4 (R02) e EM522 (R03).
Vias Futuras/Projetadas	VF1; VF2; VF3; VF4; VF5; VF6; VF7; VF8; VF9 e VF10.

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.

2. Realização de campanhas de contagens de tráfego em locais estrategicamente selecionados para caracterização de cada segmento de estrada mencionada anteriormente. Para além dos fluxos circulantes, avaliaram-se outras variáveis necessárias: tipo de pavimento, velocidade de circulação característica, tipo de fluxo (contínuo / descontínuo, acelerado / desacelerado), número de vias por sentido de circulação, etc.

Nos pontos de contagem procedeu-se à realização de contagens em diversos períodos horários do dia (em diferentes dias). Estes locais foram estrategicamente selecionados em função da importância das vias a caracterizar e de forma a otimizar o processo de contagem (privilegiaram-se locais coincidentes com cruzamentos de estradas que se pretendiam caracterizar).

3. Realização campanhas de medições acústicas de longa duração em locais estrategicamente selecionados, para validação dos cálculos.
4. Análise e ponderação dos dados recolhidos para a obtenção de indicadores representativos das características do tráfego (fluxos médios por período, velocidades médias, tipologias de pavimentos).
5. 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.

## 6.8 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.

Tendo em consideração que os Mapas de Ruído foram obtidos por processo de predição / cálculo, o que implicou necessariamente a adoção de um conjunto de pressupostos e simplificações de relevo, a escolha dos locais de monitorização acústica para efeitos de validação dos resultados obtidos cumpriu um conjunto estrito de critérios, designadamente, pontos com influência predominante de um só tipo de fonte sonora, locais de ocupação sensível do solo e zonas com resultados próximos dos limites regulamentares.

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 Metroológico de Sonómetros.

O trabalho de campo decorreu nos dias 21, 22 e 23 de Junho 2011.

No anexo I apresenta-se os certificados de verificação e de calibração, bem como o certificado de acreditação da do Laboratório de Acústica da ECO14.

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

Quadro 3: Instrumentação utilizada nas medições acústicas.

Instrumentação	Marca	Modelo	N.º Série	Verificação Metroológica
Sonómetro	Rion	NA-27	00111491	Laboratório de Metrologia do Instituto da Soldadura e Qualidade (ISQ), boletim de verificação n.º 245.70/11.333 de 20/05/2011 e certificado de calibração n.º CACV726/11 (sonómetro) de 20/05/2011 e CACV84/10 (filtros de oitava e 1/3 de oitava) de 01/02/2010
Microfone	Rion	UC-53-A	91004	
Calibrador sonoro	Rion	NC-74	504410063	
Termohigrómetro	KESTREL	4500	602912	Laboratório de Metrologia do Instituto da Soldadura e Qualidade (ISQ), certificado n.º CHUM 2421/10, de 09/07/2010
Anemómetro	TSI	9545	T95451114 002	Laboratório Aerometrologie, certificado n.º A11-24677, de 22/07/2011

## 7. Resultados

Os resultados finais deste trabalho apresentam-se, 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 Plano de Pormenor da Jagunda - *Situação Atual (Ano 2011)*, para os indicadores  $L_{den}$  e  $L_n$ , de acordo com a notação cromática estabelecida pela APA;
- ↪ Mapas de Conflitos, para os mesmos indicadores de ruído e horizontes temporais, onde se evidencia a (des)conformidade dos níveis sonoros calculados com a *proposta de zonamento acústico, como Zona Mista*, conforme o Relatório do Plano de junho de 2012.

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 da Situação Atual (Ano 2011)

#### 7.1.1 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.

Na figura 2 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 a caracterização das rodovias existentes procedeu-se à descrição das variáveis de relevo em cada troço de estrada, por meio da realização de campanhas *in situ* de avaliação das características do tráfego (fluxo horário, tipo de pavimento, etc.) e de monitorização acústica.

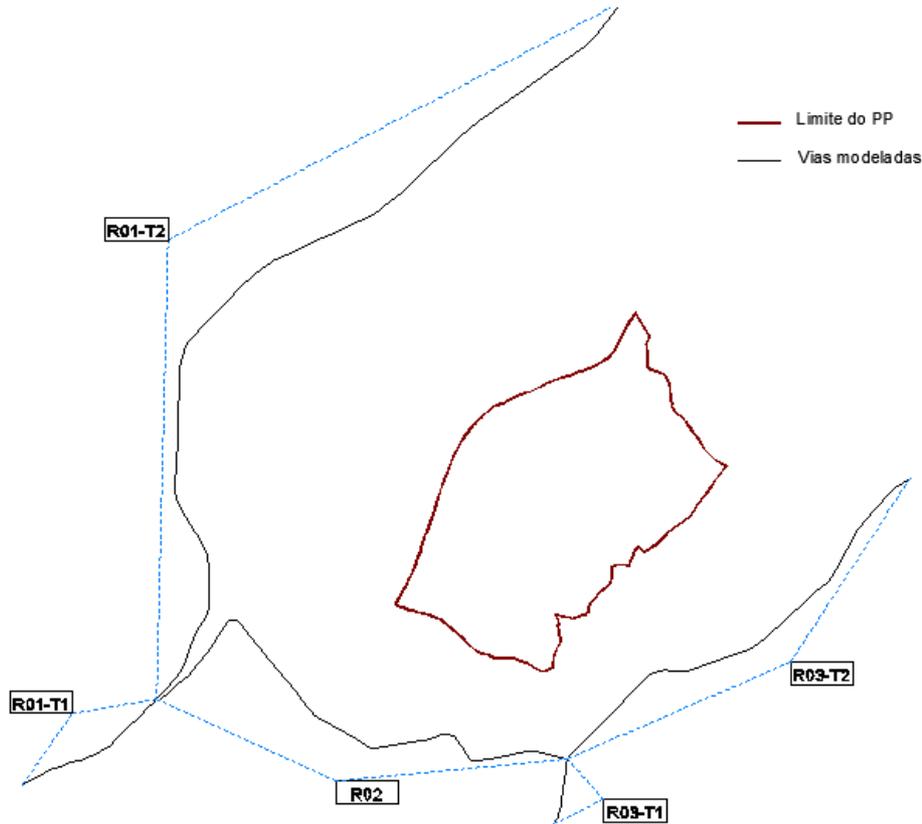


Figura 2: Identificação esquemática das estradas consideradas na modelação acústica.

### 7.1.2 Características de Tráfego Utilizadas na Previsão de Níveis Sonoros

Atendendo a que para a área em estudo não haviam dados de «Recenseamentos de Tráfego» do instituto de Estadística de Portugal ou outros elementos provenientes de estudos de tráfego, procedeu-se à realização de um conjunto 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.)

Para o efeito selecionaram-se de 3 locais de contagens (figura 3), estrategicamente escolhidos de forma a maximizar o processo de contagem. 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 4 apresentam-se os resultados finais dos fluxos de tráfego utilizados na previsão de níveis sonoros.

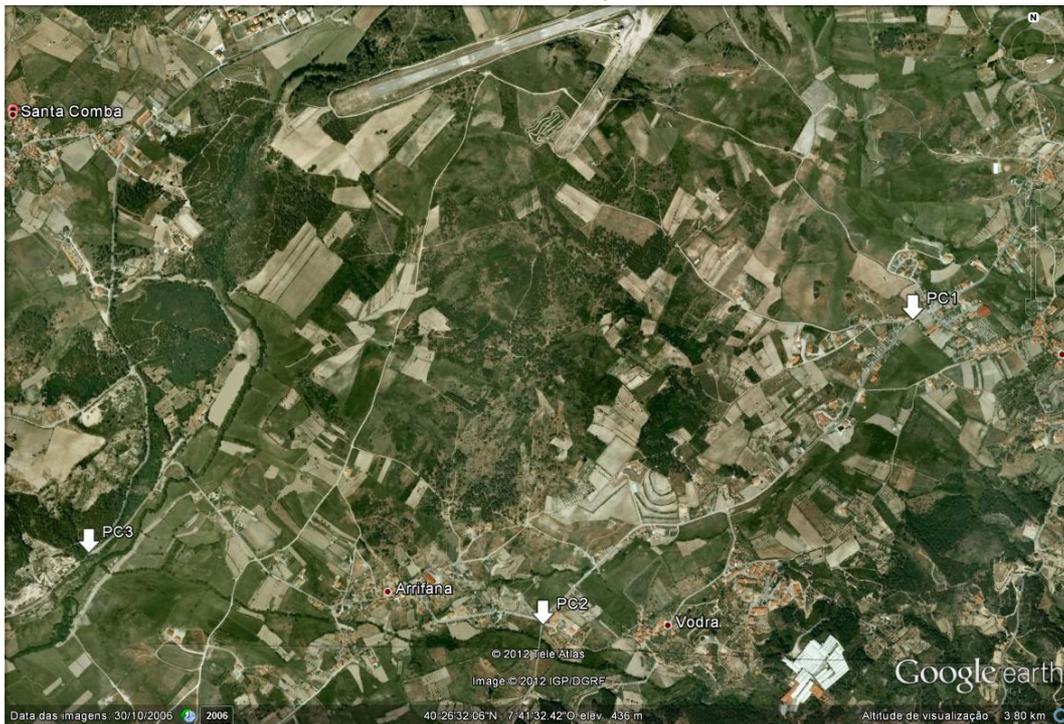
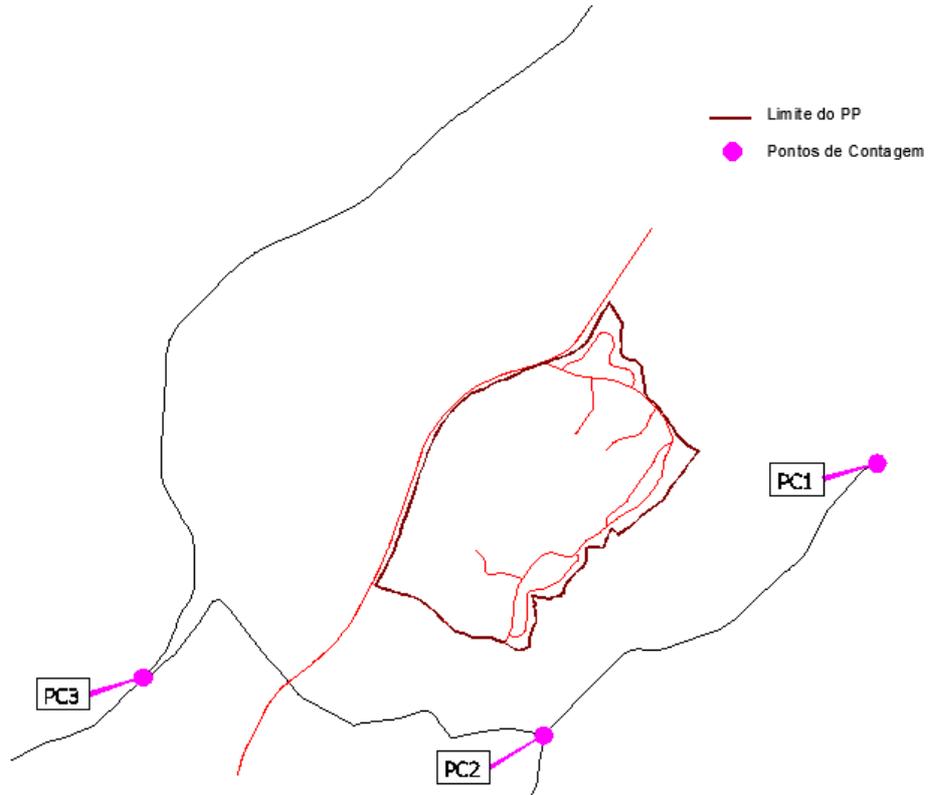


Figura 3: Representação esquemática dos pontos de contagem do tráfego rodoviário.

Quadro 4: Dados de tráfego para a previsão dos níveis sonoros da Situação Atual.

Estrada	Troços	Fluxo médio horário estimado de tráfego (veículos/hora)								
		Período Diurno			Período Entardecer			Período Noturno		
		VL	VP	% VP	VL	VP	% VP	VL	VP	% VP
EN17 (R01)	T1	320	18	5	112	3	3	44	1	2
	T2	358	18	5	131	3	2	54	1	2
EM522-4 (R02)	---	55	0	0	22	0	0	10	0	0
EM522 (R03)	T1	118	0	0	68	0	0	24	0	0
	T2	129	0	0	69	0	0	14	0	0

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

## 7.2 Previsão de Níveis Sonoros - Situação Projetada

### 7.2.1 Vias Rodoviárias Propostas

Em termos de acessibilidades rodoviárias, o plano de pormenor prevê a abertura de um conjunto de estradas / acessos, esquematicamente evidenciadas na figura 4.

A circulação rodoviária nestas vias induzirá necessariamente um aumento dos níveis sonoros existentes relativamente à situação de atual, que obviamente será tanto maior quanto mais elevados forem os fluxos de tráfego de utilização.

Os fluxos de tráfego projetados foram obtidos com base na realidade atualmente existente e em dados de base de projeto, designadamente em termos de índices de ocupação previstos e tipologias de utilizações, bem como da análise dos volumes de tráfego de referência previstos no documento técnico «*Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure*» de agosto de 2007, elaborado *European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN)*.

Assim, considerou-se uma ocupação média de 80% das unidades previstas e o número de viagens - 4 no período diurno, 0,8 no período do entardecer e 0,5 no período noturno.

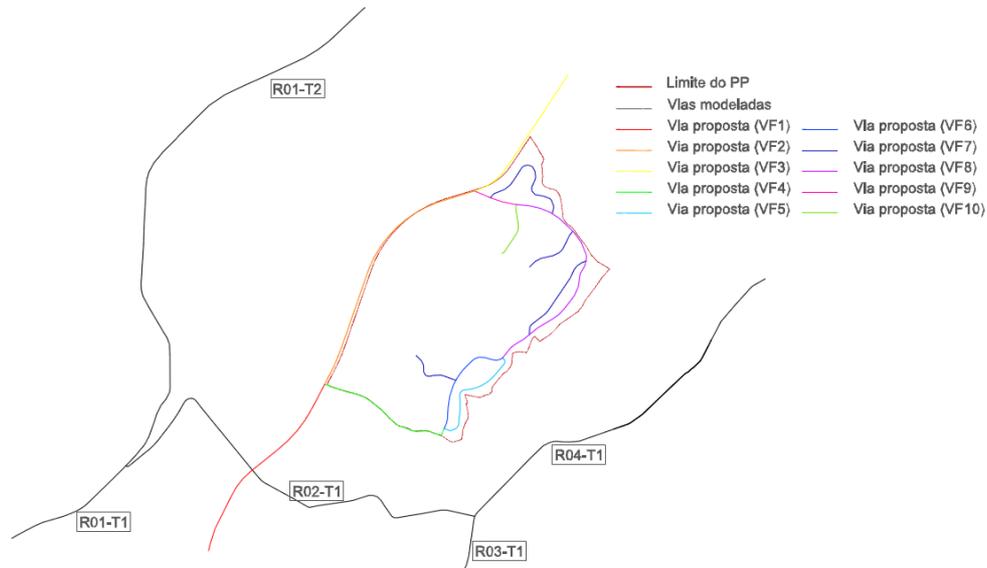


Figura 4: Identificação esquemática das estradas / arruamentos modelados na situação projetada.

Quadro 5: Estimativas de tráfego para a situação projetada.

Estrada	Troços	Fluxo médio horário estimado de tráfego (veículos/hora)								
		Período Diurno			Período Entardecer			Período Noturno		
		VL	VP	% VP	VL	VP	% VP	VL	VP	% VP
EN17 (R01)	T1	320	18	5	112	3	3	44	1	2
	T2	358	18	5	131	3	2	54	1	2
EM522-4 (R02)	---	55	0	0	22	0	0	10	0	0
Av. Dr. Sebastião da Costa (R03)	---	118	0	0	68	0	0	24	0	0
Av. de Setze de setembro e Av. 1º de maio (R04)	---	129	0	0	69	0	0	14	0	0
VF1	---	210	0	0	72	0	0	17	0	0
VF2	---	95	0	0	33	0	0	8	0	0
VF3	---	15	0	0	5	0	0	1	0	0
VF4	---	130	0	0	44	0	0	10	0	0
VF5	---	18	0	0	6	0	0	2	0	0
VF6	---	112	0	0	38	0	0	8	0	0
VF7	---	2	0	0	1	0	0	0	0	0
VF8	---	30	0	0	10	0	0	2	0	0
VF9	---	50	0	0	17	0	0	4	0	0
VF10	---	80	0	0	28	0	0	7	0	0

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

### 7.3 Indicadores de Exposição ao Ruído dos Recetores Sensíveis

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 exposição ao ruído dos edifícios com ocupação sensível (*edifício habitacional*, escolar, hospital ou similar ou *espaço de lazer*).

A proposta de plano classifica a área do plano como espaço de ocupação turística. Este espaço contempla a implementação de estabelecimentos hoteleiros, de um aldeamento turístico, de áreas verdes de uso comum e de um campo de golfe. A área do plano poderá pelas valências que contempla, ser toda considerada na sua totalidade como um espaço de lazer (recetor sensível).

Assim sendo, foram calculados os níveis sonoros na área do Plano de Pormenor.

A coloração da área do plano pretende confrontar os valores obtidos com os limites estabelecidos no RGR para zonas sensíveis (sombreado verde -  $L_{den} \leq 55$  dB(A) e  $L_n \leq 45$  dB(A)) e zonas mistas (sombreado amarelo -  $L_{den} \leq 65$  dB(A) e  $L_n \leq 55$  dB(A)). O sombreado vermelho marca níveis sonoros que excedem ambos os critérios. Conclui-se que:

- Na situação atual, toda a área do plano apresenta a níveis de ruído ambiente compatíveis com zonas sensíveis (figura 5);
- Para o cenário projetado pelo plano, estima-se que praticamente toda a área do plano apresente níveis sonoros compatíveis com zonas sensíveis (sombreado verde na figura 6), os níveis sonoros são incompatíveis com zonas sensíveis, somente como seria de esperar nas vias rodoviárias e na envolvente imediata das vias de maior tráfego, nomeadamente na zona junto ao polígono de implantação do Hotel.
- Na situação projetada, estima-se que toda a área do plano apresente a níveis de ruído ambiente compatíveis com zonas mistas (figura 6);

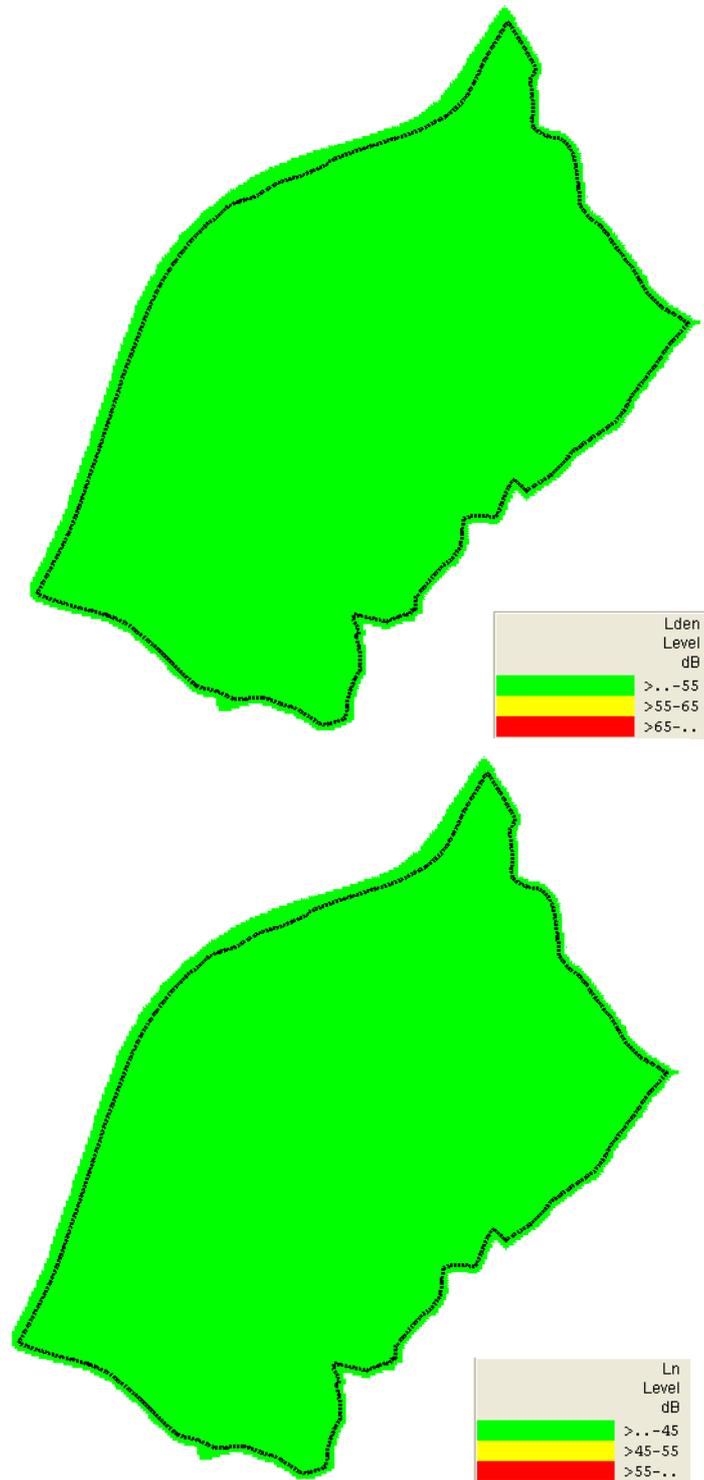


Figura 5: Níveis de ruído ambiente na área do plano, para os indicadores de ruído *Lden* e *Ln* , para a situação atual.

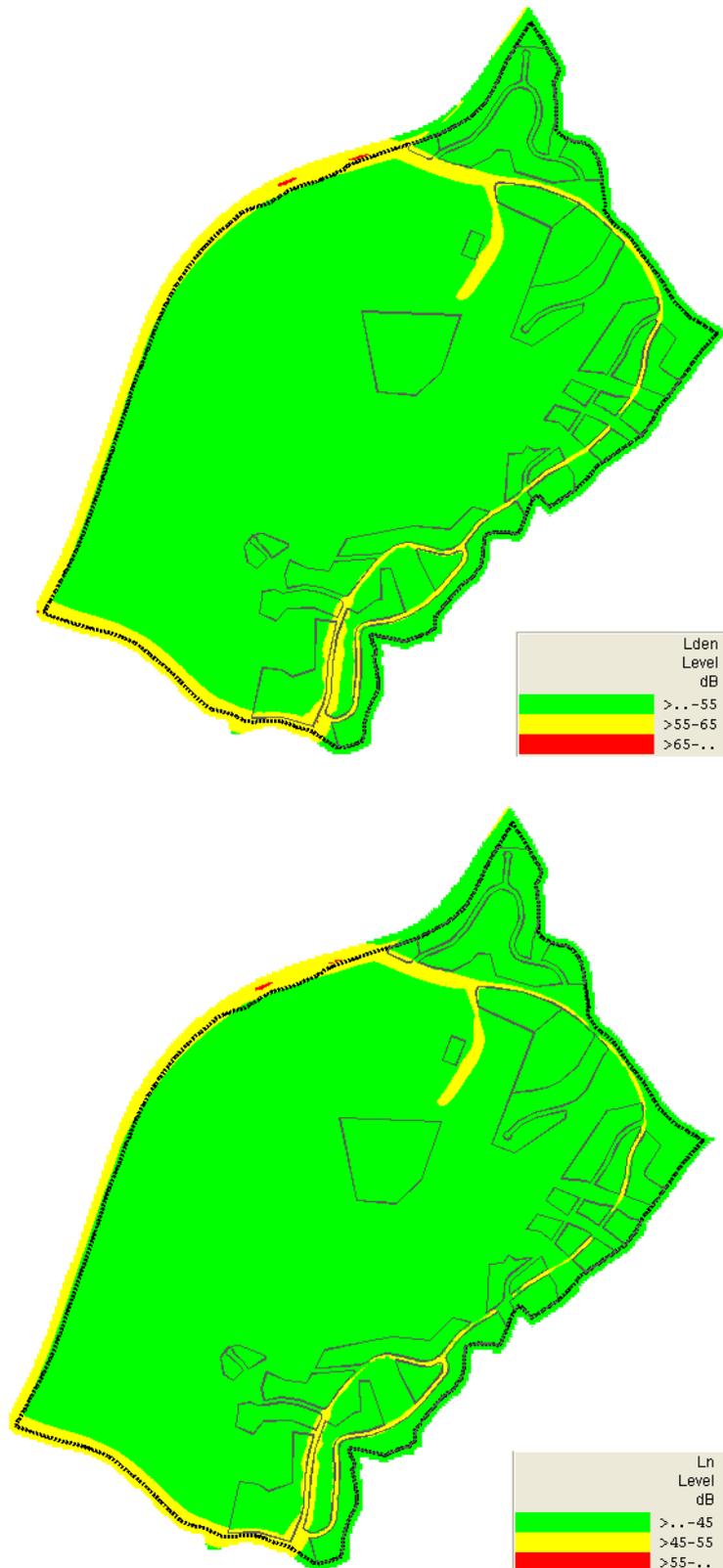


Figura 6: Níveis de ruído ambiente na área do plano, para os indicadores de ruído  $L_{den}$  e  $L_n$ , para a situação projetada.

## 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, selecionou-se dois locais de monitorização, no qual se procedeu a medições de longa duração, em dois dias distintos, em conformidade com os métodos normalizados aplicáveis. Estes locais encontram-se esquematicamente evidenciado na figura 7.

Como critério de aceitação/validação dos resultados obtidos por modelação, foi fixado em 2 dB(A) a diferença 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
Rua do Prado de Cima	PV	40	42	-2	29	31	-2

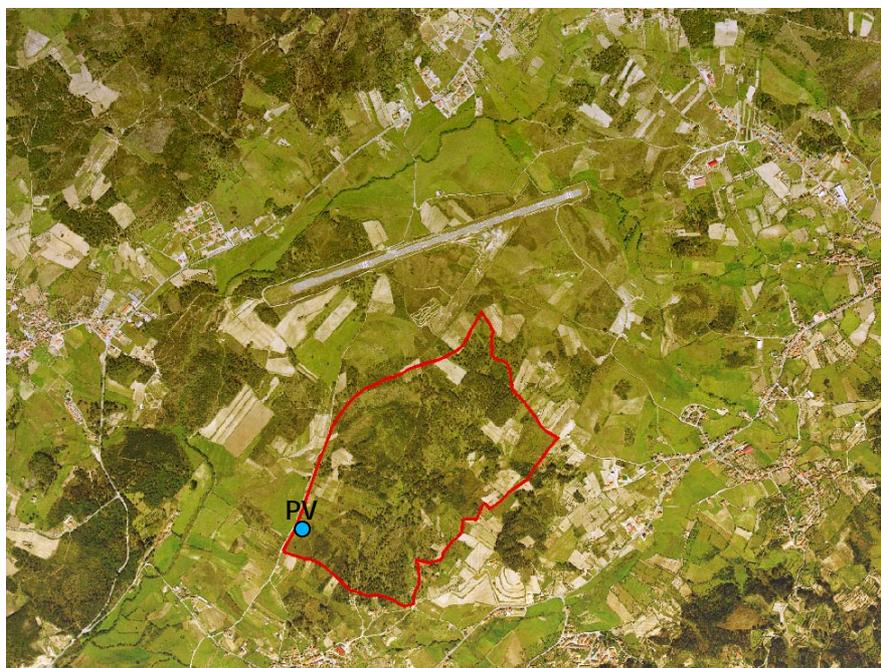


Figura 7: Representação esquemática da localização dos pontos de validação

## 9. Medidas Genéricas de Prevenção e Proteção do Ruído

A prevenção e o controlo do ruído de infraestruturas 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.

“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 setores 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 infraestrutura 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.).

## 10. Conclusões

O presente trabalho apresenta, à escala de plano de pormenor e em forma de *Mapa de Ruído*, os níveis de ruído ambiente característicos na área do *Plano de Pormenor da Jagunda* em termos dos indicadores de ruído  $L_{den}$  e  $L_n$ , para o cenário atual e projetado.

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 5\*5 m. A altura de avaliação foi de 4 metros.

Na *situação atual*, os levantamentos de campo efetuados no âmbito do presente trabalho e os Mapas de Ruído calculados permitiram verificar que *não há impacto ruidoso relevante sobre recetores sensíveis*, sendo a área compatível com a definição de zona mais exigente prevista no RGR (zona sensível).

O cenário pós-projeto *originará num incremento dos níveis de ruído ambiente em toda a área do plano*, que se prevê gerado pelos fluxos de tráfego associados. Contudo, *não é previsível que estas alterações provoquem situações de desconformidade legal*.

Conforme se pode comprovar pela observação das figuras 6 e 7, os níveis de ruído ambiente característicos da área do plano de pormenor não configuram situações conflituosas no que diz respeito à exposição de recetores sensíveis a níveis de ruído considerados excessivos (tanto para o indicador de ruído  $L_{den}$  como para o  $L_n$  e em ambos os cenários estudados) e são *compatíveis com classificação como zona mista, conforme o zonamento acústico da proposta de plano (Relatório do Plano de junho 2012)*.

## 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»; junho 2008;
- [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 & Amendments» - Wölfel MeBsysteme, 2007.

Anexo I - Boletim de Verificação e Certificados de Calibração e de  
Acreditação.

## Anexo II - Mapas de Ruído

## **Situação Atual (Ano2011)**

- **Mapa de Ruído – Indicador *Lden* – Situação Atual**
- **Mapa de Ruído – Indicador *Ln* – Situação Atual**
- **Mapa de Conflitos – Indicador *Lden* – Situação Atual**
- **Mapa de Conflitos – Indicador *Ln* – Situação Atual**

## Situação Projetada

- Mapa de Ruído – Indicador *Lden* – Situação Projetada
- Mapa de Ruído – Indicador *Ln* – Situação Projetada
- Mapa de Conflitos – Indicador *Lden* – Situação Projetada
- Mapa de Conflitos – Indicador *Ln* – Situação Projetada