



**dB Lab**

Laboratório de Acústica e Vibrações, Lda.

# Mapa de Ruído do Município da Póvoa de Varzim

## Descrição do Modelo e Resultados

Referência do Relatório: 07\_183\_MRPM01

Data do Relatório: 30-07-2007

Nº. Total de Páginas (excluindo anexos): 30

Mod. 60-05.03

# ÍNDICE

<b>1. INTRODUÇÃO E OBJECTIVO.....</b>	<b>3</b>
<b>2. CONTEXTO LEGISLATIVO .....</b>	<b>5</b>
2.1 DEFINIÇÕES .....	5
2.2 ENQUADRAMENTO LEGAL DOS MAPAS DE RUÍDO.....	7
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>9</b>
3.1 MAPAS DE RUÍDO – DESCRIÇÃO BREVE.....	9
3.2 MAPA DE RUÍDO DO MUNICÍPIO DA PÓVOA DE VARZIM .....	10
3.3 SOFTWARE UTILIZADO .....	10
3.4 NORMAS E PARÂMETROS UTILIZADOS .....	10
3.4.1 <i>Tráfego Rodoviário</i> .....	10
3.4.2 <i>Tráfego Ferroviário</i> .....	13
3.4.3 <i>Indústrias</i> .....	14
<b>4. DESCRIÇÃO DO PROJECTO .....</b>	<b>16</b>
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO MODELO.....	16
4.1.1 <i>Identificação da área de estudo</i> .....	16
4.1.2 <i>Área de estudo e área do mapa</i> .....	17
4.1.3 <i>Caracterização climática</i> .....	17
4.1.4 <i>Dados cartográficos e modelo Tridimensional</i> .....	18
4.1.4.1 <i>Altimetria</i> .....	18
4.1.4.2 <i>Edifícios e barreiras acústicas</i> .....	19
4.1.5 <i>Fontes de ruído</i> .....	20
4.1.5.1 <i>Tráfego Rodoviário</i> .....	20
4.1.5.2 <i>Tráfego Ferroviário</i> .....	23
4.1.5.3 <i>Indústrias</i> .....	24
4.2 VALIDAÇÃO DO MODELO .....	25
4.3 CONFIGURAÇÃO DE CÁLCULO .....	25
<b>5. RESULTADOS DO MODELO – MAPAS DE RUÍDO .....</b>	<b>26</b>
<b>6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>27</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>29</b>

## ANEXO I :

- Identificação das Fontes Sonoras Modeladas (rodovias, ferrovia, indústrias);
- Mapas de Ruído em formato A3;

**ANEXO II** – Mapas de Ruído (1:25 000);

**ANEXO III** – Cd com Relatório, Resumo não técnico e Mapas de Ruído em formato Raster e Vectorial.

# Mapa de Ruído do Município da Póvoa de Varzim

## DESCRIÇÃO DO MODELO E RESULTADOS

### *Ficha Técnica*

<b>Designação do Projecto</b>	Mapa de Ruído do Município da Póvoa de Varzim
<b>Cliente</b>	Câmara Municipal da Póvoa de Varzim
<b>Morada</b>	Praça do Almada, 4490-438 Póvoa de Varzim
<b>Localização do projecto</b>	Município da Póvoa de Varzim
<b>Fonte(s) do Ruído Particular</b>	Tráfego Rodoviário, Tráfego Ferroviário, Indústrias
<b>Data de Emissão</b>	30-07-2007

### *Equipa Técnica*

O presente trabalho foi elaborado pela seguinte equipa técnica:

- Luís Conde Santos, Eng. Electrotécnico (IST), MSc. Sound and Vibration Studies (Un. Southampton) – Director Técnico do Laboratório
- Márcia Melro, Eng. Ambiente (Univ. Algarve) – Técnica do Laboratório

## 1. INTRODUÇÃO E OBJECTIVO

O Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de Janeiro pretende articular o Regulamento Geral do Ruído (RGR) com outros regimes jurídicos, designadamente o da urbanização e da edificação e o de autorização e licenciamento de actividades. Este decreto-lei refere ainda que o ruído é um indicador importante para a saúde humana e o bem-estar das populações.

De acordo com a legislação citada, a elaboração, alteração ou revisão de Planos Municipais de Ordenamento do território (PMOT) devem recorrer a informação acústica adequada, devendo as Câmaras Municipais promover, para esse efeito, a elaboração de mapas de ruído, salvo nas excepções indicadas a seguir. Assim, não é obrigatório elaborar mapas de ruído no caso de planos de pormenor e de planos de urbanização de zonas exclusivamente industriais e no caso dos planos de pormenor de zonas que não sejam exclusivamente industriais pode ser realizada uma recolha de dados acústicos em alternativa ao mapa de ruído.

O Decreto-Lei n.º 146/2006 de 31 de Julho transpõe ainda para o direito português a Directiva Comunitária Relativa à Avaliação e Gestão do Ruído Ambiente (Directiva 2002/49/CE). Com esta transposição e as disposições constante no RGR passam a existir três períodos de referência: diurno (07h00 – 23h00), entardecer (20h00 – 23h00) e nocturno (23h00 – 07h00), sendo que os indicadores relevantes para elaboração de mapas de ruído passam a ser o nível diurno-entardecer-nocturno,  $L_{den}$ , e o nível nocturno,  $L_n$ .

Neste contexto, o mapa de ruído anteriormente elaborado para o município da Póvoa do Varzim pelo dBLab – ref.ª 04-639-MPRD01, concluído em Dezembro de 2004 - tem de ser actualizado, de modo a adaptar-se aos novos indicadores e períodos de referência acima referidos, constituindo esta actualização o principal objectivo deste trabalho.

O Mapa de Ruído do Município da Póvoa de Varzim agora elaborado, tem como objectivo constituir uma ferramenta actualizada de apoio às tomadas de decisões sobre o ordenamento do território, fornecendo informação acústica para atingir os seguintes objectivos:

- Preservar zonas com níveis sonoros regulamentares;
- Corrigir zonas com níveis sonoros não regulamentares;
- Criar novas zonas sensíveis ou mistas com níveis sonoros compatíveis.

Nesse intuito, este estudo desenvolve um modelo acústico tridimensional de toda a área em estudo, analisando os resultados, nas seguintes perspectivas:

- Níveis de ruído previstos pelo modelo num dado conjunto de pontos receptores, em particular junto das zonas mais críticas devido à sua sensibilidade ao ruído;
- Mapas de ruído para os indicadores  $L_{den}$  e  $L_n$  a uma altura de 4 metros considerando as principais fontes de ruído (grandes eixos viários, linha ferroviária e principais fontes de ruído industriais).

O modelo criado é elaborado de forma a dispor de uma ferramenta evoluída e evolutiva para a gestão e controlo da poluição sonora existente nessa área, apresentando um potencial que não se esgota nos resultados apresentados.

A escala utilizada é a mesma a que está a ser elaborada a revisão do PDM do Município da Póvoa de Varzim – 1:25.000, adaptando-se melhor à tomada de decisões sobre estratégias de zonamento e de

identificação de áreas prioritárias para redução de ruído, constituindo, uma ferramenta que deve ser utilizada em conjunto com o planeamento urbano de forma a permitir analisar qualquer cenário de alteração da situação actual, assim como evidenciar perante terceiros os impactes sonoros gerados e a redução ou aumento dos níveis sonoros (p.e. alteração do fluxo de tráfego, mudança de piso, etc.).

A precisão dos cálculos realizados para os mapas de ruído, dependente de vários parâmetros, foi ajustada para a sua apresentação a esta escala, ou inferior (por exemplo, 1:25.000, mínimo estabelecido pelo Instituto do Ambiente para articulação com PDM). A visualização ou impressão a escalas superiores a 1:10.000 não deverá ser utilizada.

No presente relatório é descrito o modelo computacional desenvolvido, sendo apresentados os seus resultados, quer em forma de quadros, quer em forma de mapas de ruído. A informação apresentada permite ter uma visão clara do ruído gerado pelas diferentes fontes sonoras.

Em anexo a este relatório, inclui-se ainda um CD que para além do presente relatório se incluem os Mapas de Ruído do Município da Póvoa de Varzim à escala 1:25000.

## 2. CONTEXTO LEGISLATIVO

A legislação portuguesa em que se baseiam as disposições legais elaboradas e apresentadas neste trabalho é descrita no Regulamento Geral do Ruído (RGR) – Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de Janeiro, nas Directrizes para a Elaboração de Mapas de Ruído publicadas pelo Instituto do Ambiente em Março de 2007 e “Recomendações para Seleção de Métodos de Cálculo a Utilizar na Previsão de Níveis Sonoros”.

### 2.1 DEFINIÇÕES

De seguida apresentam-se algumas definições importantes relativas à elaboração de Mapas de Ruído:

- Intervalos de Tempo de Referência – segundo o Decreto-Lei n.º 9/2007 são tomados como períodos de referência os seguintes: diurno (7h às 20h), entardecer (20h às 23h) e nocturno (23h às 7h);
- Ruído Ambiente – Ruído global observado numa dada circunstância num determinado instante, devido ao conjunto das fontes sonoras que fazem parte da vizinhança próxima ou longínqua do local considerado;
- Ruído Residual (ou Ruído de Fundo) – Ruído ambiente a que se suprimem um ou mais ruídos particulares, para uma determinada situação;
- Ruído Particular (ou Ruído Perturbador) – Componente do ruído ambiente que pode ser especificamente identificada por meios acústicos e atribuída a uma determinada fonte sonora;
- Área do Mapa – Área onde se pretende conhecer os níveis sonoros;
- Área de Estudo – A área de estudo, é uma área que geralmente é superior à área do mapa, onde poderão existir fontes de ruído que, apesar de se localizarem fora da área do mapa, poderão ter influência nos níveis sonoros aí existentes;
- Mapa de Ruído – Apresentação de dados sobre uma situação de ruído existente ou prevista em termos de um indicador de ruído, onde se representam as áreas e os contornos das zonas de ruído às quais corresponde uma determinada classe de valores expressos em dB(A), valores esses calculados numa malha quadrada de pontos e a uma dada altura relativamente ao solo (tipicamente 1,5 ou 4 metros);
- Mapas de Conflito – Mapas em que se representa as diferenças entre os níveis de ruído e os valores limite definidos para uma dada zona;
- Valor Limite – Valor que, conforme determinado pelo Estado-membro (em Portugal correspondente aos valores impostos para zonas sensíveis ou mistas), caso seja excedido, será ou poderá ser objecto de medidas de redução por parte das autoridades competentes;
- Zona Sensível a 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;

- Zona Mista a 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;
- Zona Urbana Consolidada a zona sensível ou mista com ocupação estável em termos de edificação;
- Planeamento Acústico – O futuro controlo de ruído através de medidas programadas; inclui o ordenamento de território, engenharia de sistemas para o tráfego, planeamento do tráfego, redução por medidas adequadas de isolamento sonoro e de controlo de ruído na fonte;
- Nível Sonoro Contínuo Equivalente, Ponderado A,  $L_{Aeq}$ , de um Ruído e num Intervalo de Tempo – Nível sonoro, em dB (A), de um ruído uniforme que contém a mesma energia acústica que o ruído referido naquele intervalo de tempo,

$$L_{Aeq} = 10 \log_{10} \left[ \frac{1}{T} \int_0^T 10^{\frac{L(t)}{10}} dt \right]$$

sendo:

$L(t)$  o valor instantâneo do nível sonoro em dB (A);  
 $T$  o período de tempo considerado.

- Nível de ruído diurno-entardecer-nocturno:

$$L_{den} = 10 \log_{10} \frac{1}{24} \left( 13 \times 10^{\frac{L_d}{10}} + 3 \times 10^{\frac{L_e+5}{10}} + 8 \times 10^{\frac{L_n+10}{10}} \right)$$

sendo:

- $L_d$  o indicador de ruído diurno ( $L_{Aeq}$  de longa duração do ruído ambiente diurno)
- $L_e$  o indicador de ruído do entardecer ( $L_{Aeq}$  de longa duração do ruído ambiente do entardecer)
- $L_n$  o indicador de ruído nocturno ( $L_{Aeq}$  de longa duração do ruído ambiente nocturno)

## 2.2 ENQUADRAMENTO LEGAL DOS MAPAS DE RUÍDO

Relativamente aos limites máximos de exposição o DL nº 9/2007 indica no ponto 1 do Artigo 11º o seguinte:

- a) 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  $L_n$ ;
- b) 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  $L_n$ ;
- c) As zonas sensíveis em cuja proximidade exista em exploração, à data da entrada em vigor do presente Regulamento, uma grande infra-estrutura de transporte 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  $L_n$ ;
- d) As zonas sensíveis em cuja proximidade esteja projectada, à data de elaboração ou revisão do plano municipal de ordenamento do território, uma grande infra-estrutura de transporte aéreo 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  $L_n$ ;
- e) As zonas sensíveis em cuja proximidade esteja projectada, à data de elaboração ou revisão do plano municipal de ordenamento do território, uma grande infra-estrutura de transporte que não aéreo não devem ficar expostas a ruído ambiente exterior superior a 60 dB(A), expresso pelo indicador  $L_{den}$ , e superior a 50 dB(A), expresso pelo indicador  $L_n$ .

Refere ainda no ponto 3 do mesmo artigo que:

Até à classificação das zonas sensíveis e mistas a que se referem os nºs 2 e 3 do artigo 6º, para efeitos de verificação do valor limite de exposição, aplicam-se aos receptores sensíveis os valores limite de  $L_{den}$  igual ou inferior a 63 dB(A) e  $L_n$  igual ou inferior a 53 dB(A).

O Regulamento Geral do Ruído refere ainda, nos artigos 7º e 8º, que todos os aglomerados populacionais com uma população residente superior a 100000 habitantes e uma densidade populacional superior a 2500 habitantes/ km<sup>2</sup> devem elaborar mapas estratégicos de ruído e os respectivos planos de acção, nos termos do disposto no Decreto-Lei n.º 146/2006, de 31 de Julho tal como já vinha preconizado pela Directiva 2002/49/CE.

Ainda no que respeita ao enquadramento legal dos mapas de ruído, é de destacar o documento, emitido em Março de 2007, pelo Instituto do Ambiente, designado como **Directrizes para a Elaboração de Mapas de Ruído**, devendo os Planos Municipais de Ordenamento do Território (PMOT) ser acompanhados:

- pelo mapa de ruído (o qual pode, no Plano de Pormenor, ser substituído por relatório de recolha de dados acústicos), que fornece a localização das fontes de ruído e de áreas às quais correspondem classes de valores expressos em dB(A);
- pela carta de classificação de zonas sensíveis e mistas.

Ainda de acordo com essas mesmas directrizes um mapa de ruído constitui, essencialmente, uma ferramenta de apoio à decisão sobre planeamento e ordenamento do território que permite visualizar condicionantes dos espaços por requisitos de qualidade do ambiente acústico devendo, portanto, ser adoptado na preparação dos instrumentos de ordenamento do território e na sua aplicação.

Nestas directrizes referem-se aspectos técnicos relativos à elaboração de Mapas de Ruído, dos quais alguns se descrevem:

- O indicador de ruído ambiente a utilizar é o nível sonoro médio de longa duração,  $L_{Aeq,LT}$ , expresso em dB(A), definido na NP-1730;
- É desejável que o Mapa de Ruído seja realizado por modelação na perspectiva de harmonização a médio/longo prazo com as regras adoptadas na Directiva;
- Os Mapas de Ruído devem ser realizados aos indicadores  $L_{den}$  e  $L_n$ , ambos calculados a uma altura acima do solo de 4 metros.
- Devem ser consideradas pelo menos as seguintes fontes sonoras: grandes eixos de circulação rodoviária cujo tráfego médio diário anual (TMDA) ultrapasse os 8000 veículos, grandes eixos de circulação ferroviária com 30000 ou mais passagens de comboio ano, aeroportos e aeródromos, as actividades ruidosas abrangidas pela Avaliação de Impacte Ambientale de Prevenção e Controlo Integrados de Poluição.

Existem ainda requisitos mínimos a respeitar na Elaboração de Mapas de Ruído, tais como:

- A representação gráfica e medições de ruído ambiente deverão ser realizadas de acordo com a NP 1730:
  - A escala não deve ser inferior a:
    - 1:25 000, para articulação com PDM, salvo nos municípios definidos como aglomerações;
    - 1:5 000, ou outras que a regulamentação própria sobre cartografia venha a definir, para articulação com PU/PP;
    - 1:10 000, para mapas estratégicos de aglomerações e de GIT.

Em consequência da escala de trabalho adoptada, a equidistância de curvas de nível será:

- 10 metros, para cartografia a 1:25 000;
- 5 metros, para cartografia a 1:10 000;
- 1 ou 2 metros, para cartografia a 1:5 000 ou superior.

Da informação mínima a incluir deve constar a denominação da área abrangida e toponímia de lugares principais, a identificação dos tipos de fontes sonoras consideradas, métodos de cálculo adoptados, a escala, o ano a que se reportam os resultados, o indicador de ruído,  $L_{den}$  ou  $L_n$  e a legenda para a relação cores/padrões – classes de níveis sonoros.

As versões digitais dos mapas devem seguir as orientações constantes do documento “Recomendações para a Organização dos Mapas Digitais de Ruído”, actualizado em Março 2007.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 MAPAS DE RUÍDO – DESCRIÇÃO BREVE

Desde a publicação do Livro Verde (1996) da "Future Noise Policy for EU" que ficou claramente definido que, a nível comunitário, toda a política do ruído ambiental se passará a basear na cartografia do ruído, inserida em sistemas de informação geográfica e considerada como ferramenta essencial de planeamento urbano, municipal e regional.

O desenvolvimento de técnicas de modelação da emissão e propagação sonora, a par do enorme aumento das capacidades de memória e cálculo dos sistemas informáticos, permitiram o aparecimento, nos últimos anos, de programas informáticos capazes de modelar, com boa precisão e relativa rapidez, as mais complexas situações de geração e propagação de ruído.

Os resultados são normalmente apresentados sob a forma de linhas isofónicas e/ou manchas coloridas, representando as áreas cujo nível de ruído se situa numa dada gama de valores, ou seja, Mapas de Ruído.

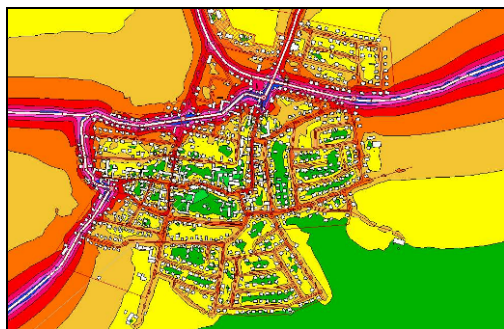


Figura 3-1 – Mapa de Ruído em planta.

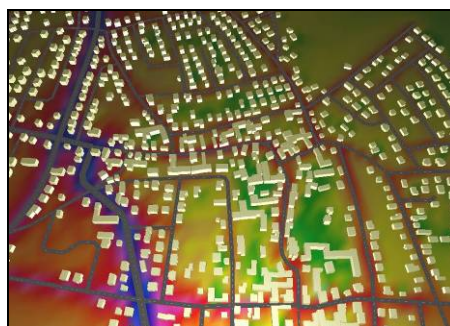


Figura 3-2 – Mapa de Ruído em 3D.

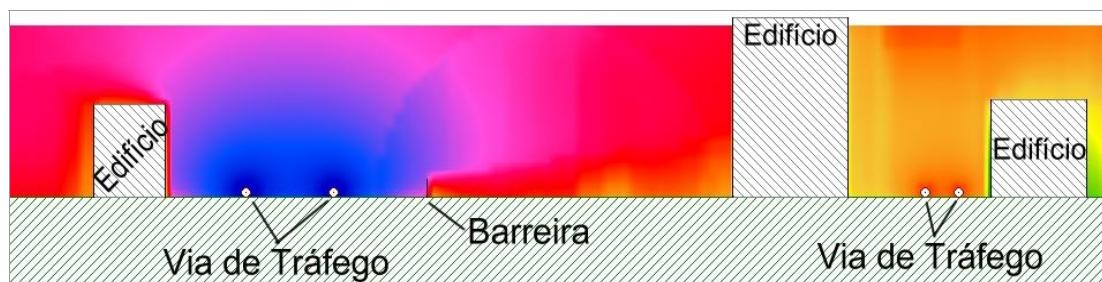


Figura 3-3 – Mapa de Ruído em corte transversal às vias rodoviárias.

Estes mapas de ruído não resultam directamente de medições de ruído realizadas pois, para que tal fosse possível com um mínimo de representatividade, seriam necessárias centenas, ou mesmo milhares de medições, com duração de vários dias por cada ponto de medição. Estes resultam sim, de cálculos realizados de acordo com modelos matemáticos baseados em Normas, englobando uma série de fases que a seguir se descrevem.

## 3.2 MAPA DE RUÍDO DO MUNICÍPIO DA PÓVOA DE VARZIM

O trabalho realizado consistiu basicamente na adaptação dos mapas de ruído anteriormente elaborados, de acordo com o antigo Decreto-Lei n.º 292/2000, às exigências do novo Regulamento (Decreto-Lei n.º 9/2007). Os mapas de ruído foram recalculados, de forma a expressarem os indicadores  $L_{den}$  e  $L_n$ , com base na adaptação das fontes sonoras aos três períodos de referência, tendo em conta as recomendações das Directrizes para a Elaboração de Mapas de Ruído publicadas pelo IA.

## 3.3 SOFTWARE UTILIZADO

O programa utilizado para a elaboração dos Mapas de Ruído foi o **CadnaA** que cumpre integralmente com os requisitos apresentados na Directiva Comunitária (2002/49/CE), no que toca aos métodos de cálculo a utilizar para elaboração do Mapa de Ruído e permite elaborar Mapas de Ruído que incluem a contribuição de todos os tipos de fontes relevantes, sendo cada uma modelada de acordo com o método respectivo.

De origem alemã, está no mercado desde a década de 80, tendo sido utilizado desde então quer pela equipa que o desenvolve ([www.datakustik.de](http://www.datakustik.de)), quer generalizadamente por todo o mundo incluindo Portugal, onde foi inicialmente utilizado na elaboração do Mapa de Ruído da cidade de Lisboa e que se generalizou entretanto na elaboração de Mapas de Ruído de outros municípios (no final de 2005 era já o software responsável pelo mapeamento de mais de 40 % da área de Portugal Continental) e para grandes indústrias cimenteiras, fundições e centrais termoeléctricas.

## 3.4 NORMAS E PARÂMETROS UTILIZADOS

### 3.4.1 TRÁFEGO RODOVIÁRIO

A modelação do ruído de tráfego rodoviário, para obtenção do seu nível sonoro associado, passa primeiro de tudo, pela caracterização da emissão sonora dos veículos rodoviários e respectiva modelação em cada via de trânsito e pela caracterização da propagação sonora na atmosfera.

Na ausência de um método nacional para o cálculo de níveis de ruído de tráfego rodoviário, recorreu-se, neste estudo, ao método de cálculo recomendado pela Directiva do Parlamento Europeu e do Conselho relativa à Avaliação e Gestão do Ruído Ambiente (2002/49/CE) de 25 de Junho.

No seu anexo II, a Directiva recomenda que se utilize a base de dados constante no documento “Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie; Ministère des Transports; CETUR – *Guide du Bruit des Transports Terrestres: Prèvision des Niveaux Sonores*”. [s.l.]: ed. A., 1980. pág. 98 e 99 e o método NMPB-1996 (Norma XPS 31-133) o qual reparte a via de tráfego em fontes pontuais, considerando a aproximação *da Acústica Geométrica* para a propagação sonora associada a cada fonte.

De acordo com esta Norma, para a modelação de vias de tráfego rodoviário, é necessária a seguinte informação:

- Perfis longitudinal e transversal;
- Inclinação;
- Fluxos de tráfego horários em cada período de referência (diurno/nocturno), com distinção de veículos ligeiros e pesados;
- Características do pavimento;
- Classificação da rodovia;
- Limites de velocidade ligeiros/pesados.

Devido às relativamente reduzidas dimensões dos veículos automóveis, o tráfego rodoviário numa via de tráfego, pode ser modelado como por um número de Fontes Pontuais igual ao número de veículos que nela circulam, a moverem-se com velocidades iguais às dos respectivos veículos e com um Nível de Potência Sonora, Ponderado A,  $L_{AW}$ , função da velocidade, do tipo de veículo, do perfil longitudinal e do fluxo de tráfego.

Como nos interessa a integração dos níveis sonoros ao longo do tempo, ou seja, o Nível Sonoro Contínuo Equivalente, Ponderado A, num determinado Receptor, uma via de tráfego pode ser modelada como uma fonte linear que, na prática, é dividida em vários segmentos elementares, que se comportam como fontes pontuais estáticas, com uma determinada potência sonora  $L_{AW}$ , função de diversos parâmetros como a velocidade, tipo de veículo, perfil longitudinal, fluxo de tráfego e comprimento do segmento.

A introdução no modelo de uma via de tráfego rodoviário envolve os seguintes passos:

- Separação de um troço rodoviário em secções acusticamente homogéneas, querendo-se com isto dizer que o ruído emitido pelo tráfego em cada secção não varia ou varia pouco, e o perfil da via é aproximadamente constante ao longo dessa secção;

A localização das fontes de ruído lineares poderá ser efectuada de três formas, por ordem decrescente de preferência e em função das dimensões da secção da via, da distância relativa aos pontos receptores de interesse e da escala de trabalho:

- uma fonte linear por faixa de tráfego
- uma fonte linear por cada direcção
- uma fonte linear por via de tráfego, situada no eixo da referida via.

De acordo com o método NMPB-1996 uma fonte linear é segmentada em fontes pontuais da seguinte forma:

- O nível de potência sonora  $L_{AWi}$  expresso em dB(A) de uma fonte pontual para uma dada banda de oitava pode ser obtida através de valores disponibilizados no “Guide du Bruit des Transports Terrestres” – “Prévision des niveaux sonores”, CETUR, 1980, ábacos 4.1 e 4.2, através da seguinte fórmula:

$$L_{Wi} = [(E_{VL} + 10 \log Q_{VL}) \oplus (E_{PL} + 10 \log Q_{PL})] + 20 + 10 \log(l_i) + R(j)$$

em que,

- $\oplus$  é a soma logarítmica das duas parcelas adjacentes
- $E_{VL}$  e  $E_{PL}$  são os níveis sonoros retirados dos ábacos acima referidos para veículos ligeiros e pesados respectivamente;
- $Q_{VL}$  e  $Q_{PL}$  são os fluxos horários de veículos ligeiros e pesados respectivamente, representativos do período considerado para análise
- $l_i$  é o comprimento em metros do segmento da fonte linear modelada por fontes pontuais
- $R(j)$  é o espectro referência para tráfego rodoviário calculado pela Norma Europeia EN 1793-3 conforme o Quadro seguinte:

**Quadro 3-1 - Espectro de referência para tráfego rodoviário**

j	Banda de oitava	R(j) em dB(A)
1	125 HZ	-14
2	250HZ	-10
3	500HZ	-7
4	1KHZ	-4
5	2KHZ	-7
6	4KHZ	-12

Apresenta-se, na figura seguinte, o fluxograma preconizado pelo método NMPB-1996, o qual pondera a probabilidade de ocorrência de condições atmosféricas favoráveis e desfavoráveis à propagação sonora.

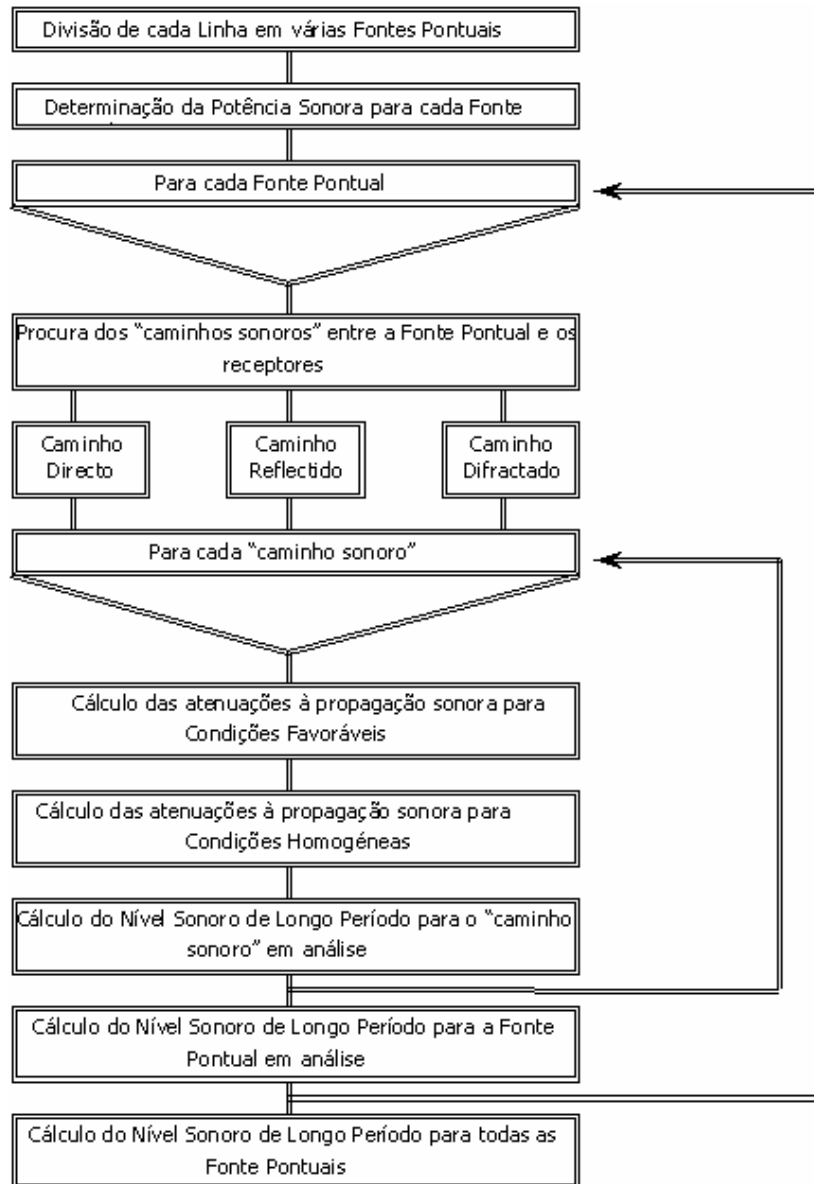


Figura 3-4 - Fluxograma do método NMPB'96

### 3.4.2 TRÁFEGO FERROVIÁRIO

No que diz respeito à modelação de tráfego ferroviário, o método recomendado pela Directiva Comunitária 2002-49-CE é o "Standaard-Rekenmethode II" dos Países Baixos, publicado na "Reken - Meetvoorschrift Railverkeerslawaaï' 96, Ministerie Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer". Porém, de acordo com o Instituto do Ambiente, em alternativa ao método recomendado na Directiva, pode ser adoptado um método que verifique os seguintes critérios:

- possibilidade de gerar previsões ao longo de um corredor associado à via ferroviária;
- possibilidade de gerar mapas de ruído associados às previsões;
- possibilidade de gerar previsões detalhadas à escala local de forma a apoiar a decisão sobre um plano de redução de ruído;
- possibilidade de calcular os resultados em termos do indicador  $L_{Aeq,LT}$
- cálculo dos resultados por bandas de oitava;
- distinção entre diferentes tipos de composições;
- consideração da influência do declive da via na potência da locomotiva e consequentemente nos níveis sonoros de emissão;
- correcção meteorológica no cálculo de  $L_{Aeq,LT}$ , para condições favoráveis e desfavoráveis à propagação do som, adaptada às condições nacionais;
- consideração de vários tipos de solo na vizinhança acústica da via;
- consideração de vários tipos de vegetação (por exemplo, vegetação rasteira, floresta, áreas cultivadas) na vizinhança acústica da via;
- consideração de efeitos topográficos na propagação do ruído;
- consideração de efeitos de atenuação devido a obstáculos;
- consideração de efeitos de reflexão entre fachadas e outros obstáculos (pelo menos, reflexões de 1ª ordem).

Verificados os critérios estipulados pelo Instituto do Ambiente, utilizou-se para a modelação do ruído de tráfego ferroviário a norma SRM II que considera os seguintes parâmetros:

- traçado de cada via, devidamente cotado na cartografia;
- tipo de comboio (passageiros, mercadorias);
- número de circulações diárias em ambos os sentidos;
- percentagem do comprimento de cada tipo de comboio servido por travões de disco;
- comprimento médio das composições;
- velocidade máxima a que cada tipo de comboio circula;
- limite de velocidade da via;
- localização de pontes e viadutos e de cruzamentos com rodovias;
- raios de curvatura da linha ferroviária;
- tipo de balastro.

Esta norma calcula o ruído recebido com base no ruído emitido por cada segmento supondo que todas as fontes estão concentradas no ponto central do segmento. A atenuação com a distância é calculada para cada ponto de fonte considerando que só emite ruído acima do nível do solo.

Adicionalmente, a norma caracteriza cada tipo de composição com um valor para o nível de ruído recebido a uma determinada distância, altura e velocidade. Caso se pretenda obter resultados para outras velocidades é multiplicado o nível de ruído emitido por cada ponto de fonte de cada composição por um factor que relaciona a velocidade de referência com a pretendida. Os cálculos são feitos para cada segmento e “adicionados” no final.

O nível de emissão sonora  $L_{r,k}$  recebido no receptor  $r$  devido ao nível emitido  $L_{m,E,k}$  do  $k$ -ésimo segmento é calculado por:

$$L_{r,k} = L_{m,E,k} + 19.2 + 10 \log l_k + D_c + A_{prop,k} + C_{inc}$$

em que,

- $L_{r,k}$  é o nível de emissão sonora recebido no receptor devido ao nível emitido pelo  $k$ -ésimo segmento;
- $L_{m,E,k}$  é o nível emitido pelo  $k$ -ésimo segmento;
- $l_k$  comprimento do segmento;
- $A_{prop,k}$  é a atenuação devido ao percurso de propagação do  $k$ -ésimo segmento;
- $D_c$  é a directividade da fonte ferroviária;
- $C_{inc}$  a correcção devido ao menor incómodo sonoro causado pelos comboios em relação ao ruído rodoviário.
- $A_{prop,k}$  é o termo de atenuação do nível de potência sonora que ocorre durante a propagação do som desde a fonte emissora até ao receptor, dB.

### 3.4.3 INDÚSTRIAS

O método utilizado nos cálculos de ruído industrial foi o recomendado pela Directiva Comunitária 2002-49-CE, ou seja, a norma NP 4361-2 (2001) (ISO 9613), que especifica um método de engenharia para o cálculo da atenuação do som durante a sua propagação em campo livre, a fim de prever os níveis de ruído ambiente a uma dada distância proveniente de diversas fontes.

O método permite prever o nível sonoro equivalente, ponderado A em condições meteorológicas favoráveis à propagação a partir de fontes de emissão conhecidas, cuja potência sonora é determinada com base no método descrito mais adiante.

Especificamente, esta norma providencia métodos de cálculo para os seguintes efeitos físicos que influenciam os níveis de ruído ambiental:

- Divergência geométrica;
- Atenuação através do solo;
- Atenuação por barreiras acústicas;
- Atenuação por zonas industriais;
- Atenuação por zonas florestais;
- Reflexões em superfícies.

A equação básica definida na Norma NP 4361-2 para o cálculo do nível de pressão sonora ( $L_p$ ), para um dado receptor, é:

$$L_p = L_w + D_c - A$$

em que,

- $L_w$  é o nível de potência sonora produzida por uma fonte sonora, dB;
- $D_c$  é a correcção de directividade, dB;
- $A$  é o termo de atenuação do nível de potência sonora que ocorre durante a propagação do som desde a fonte emissora até ao receptor, dB.

em que,

$$A = A_{atm} + A_{solo} + A_{div} + A_{bar} + A_{var}$$

- $A_{atm}$  é a atenuação resultante da absorção atmosférica;

- $A_{\text{solo}}$  é a atenuação resultante da absorção por parte do solo;
- $A_{\text{div}}$  é a atenuação resultante da divergência geométrica;
- $A_{\text{bar}}$  é a atenuação resultante de barreiras;
- $A_{\text{var}}$  é a atenuação resultante de efeitos diversos, como zonas industriais e zonas verdes.

Contrariamente ao que se passa com o ruído rodoviário e com o ruído ferroviário, em que as normas de cálculo têm dados de entrada não acústicos, calculando internamente a potência sonora das fontes a partir desses dados, o mesmo não acontece com o ruído industrial, em que é necessário alimentar o modelo com os dados acústicos relevantes que caracterizam as fontes sonoras, nomeadamente a sua potência sonora, e a sua eventual variação ao longo do tempo (tipicamente decorrente dos regimes e horários de funcionamento das diversas instalações industriais).

Um dos métodos mais expeditos para atribuição de potências sonoras às fontes de ruído é o que consta do documento “Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and The Production of associated Data on Noise Exposure – Final Draft” de 13 de Janeiro de 2006 do European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise. A título indicativo apresentam-se no quadro seguinte os valores de potência por metro quadrado para três tipos de indústria, definidos naquele documento.

**Quadro 3-2 - Equivalência entre o tipo de actividade industrial e o nível de potência sonora.**

Tipo de indústrias	LW(por m <sup>2</sup> )	
	diurno	nocturno
Área c/ indústrias pesadas	65 dB(A)	65 dB(A)
Área c/ indústrias ligeiras	60 dB(A)	60 dB(A)
Área c/ usos comerciais	60 dB(A)	45 dB(A)

Este método expedito pode ser utilizado em situações pouco críticas ou na modelação de cenários futuros, em estudos de impacte ambiental de zonas industriais ainda não existentes. No entanto, para situações existentes e com elevada importância e/ou proximidade de receptores sensíveis, este método é demasiado generalista, sendo aqui utilizado apenas como “primeira iteração”, a partir da qual se procede depois ao ajuste dos valores de potência sonora com base em medições realizadas para ajuste e validação.

A modelação acústica de áreas industriais é assim realizada como um conjunto de fontes em área, à qual se associa uma potência sonora por m<sup>2</sup>. Como acima referido, esta potência é inicialmente baseada em valores por defeito, que são depois ajustados utilizando uma metodologia baseada em trabalho de campo e medições de ruído em redor das indústrias ou das zonas industriais a modelar, recorrendo às seguintes fases:

1. De acordo com o trabalho de campo realizado, definição e caracterização, segundo a actividade desenvolvida da área industrial a modelar e atribuição de um nível de potência sonora genérica para cada uma dessas áreas (ver quadro 4.4).
2. No interior de cada área industrial considerada, caracterização de diferentes fontes de ruído, caso existam, segundo a actividade desenvolvida (definido no ponto anterior) e subsequente divisão em diversas fontes em área de ruído.
3. Atribuição de várias potências, segundo o critério descrito no ponto 1 em cada unidade ou fonte industrial exposto em 2.
4. Utilização de alguns pontos de medição acústica estrategicamente colocados junto a receptores sensíveis para ajustamento/ validação das potências sonoras anteriormente introduzidas.

## 4. DESCRIÇÃO DO PROJECTO

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DO MODELO

Dado tratar-se de um projecto de actualização de Mapa de Ruído e, uma vez já existir um modelo tridimensional, a maioria das componentes que deram forma ao modelo base mantêm-se, alterando-se apenas características directamente relacionadas com a introdução de novos períodos de referência, de forma ao Mapa de Ruído final poder ser expresso através dos indicadores  $L_{den}$  e  $L_{night}$ .

Este projecto, envolveu ainda a introdução de uma nova via rodoviária (Via B), bem como na alteração de algumas características da Av. Mouzinho de Albuquerque.

#### 4.1.1 IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Concelho de Póvoa de Varzim situa-se no Litoral Norte de Portugal, no Distrito do Porto. A sua área é de 82 km<sup>2</sup>, sendo delimitada a Norte pelos concelhos de Esposende e Barcelos, a Nascente pelo concelho de Vila Nova de Famalicão, e a Sul pelo concelho de Vila do Conde (Figura 4-1).

O Concelho é constituído por 12 freguesias e é caracterizado por um povoamento disperso. A densidade populacional é de 783 hab./km<sup>2</sup> (dados de 2001).

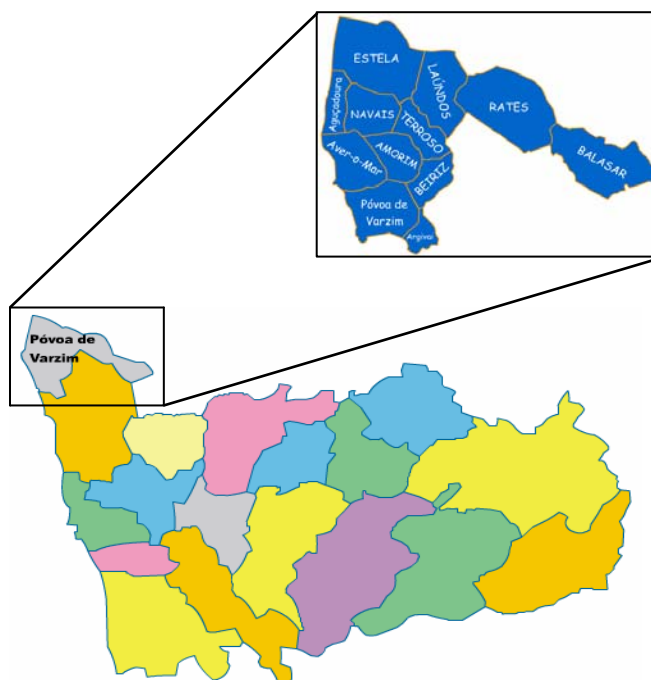


Figura 4-2 – Localização da área em estudo: Concelho da Póvoa de Varzim.  
Fonte: [www.povoadevarzim.com.pt](http://www.povoadevarzim.com.pt)

Para que o modelo físico de propagação sonora possa fazer o seu papel com o maior rigor possível, é necessário modelar as variáveis intervenientes. Nos pontos seguintes é descrita com maior detalhe a informação introduzida no modelo, dividida em três classes fundamentais: caracterização da área em estudo, fontes de ruído e pontos de validação de ruído.

#### 4.1.2 ÁREA DE ESTUDO E ÁREA DO MAPA

Os limites físicos de um Município não constituem um obstáculo à propagação das ondas sonoras geradas pelas fontes localizadas fora dessa área. Por isso considera-se uma área de estudo superior à área do mapa, tendo em consideração as contribuições das fontes sonoras localizadas fora da área do mapa, mas com influência representativa nos níveis sonoros existentes dentro dessa área.

A definição da área fora dos limites do Município (área de estudo), tem em conta o tipo e importância das fontes em causa, bem como as características de ocupação do solo no limite da área do mapa. Na figura seguinte apresenta-se a área de estudo considerada para o município da Póvoa de Varzim, onde se visualiza o limite da área do mapa a azul, na figura seguinte.

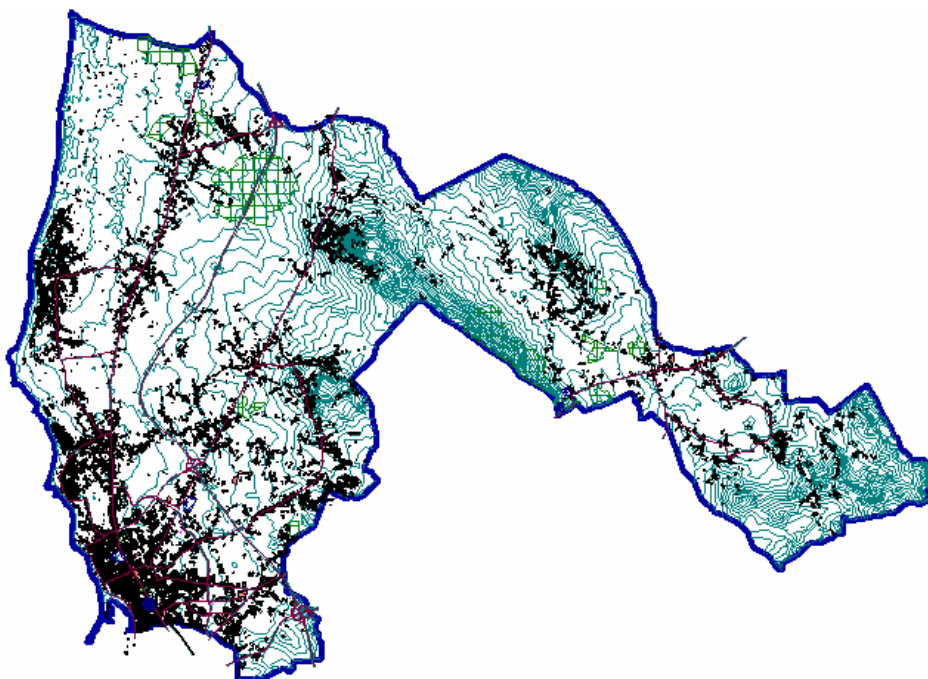


Figura 4-3 - Representação da área de estudo e área do mapa

#### 4.1.3 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA

A caracterização climática da região em estudo foi efectuada com base nos dados referentes à Estação Meteorológica de Paços de Ferreira, que é das estações pertencentes à rede do INMG com registo de décadas, a que se situa geograficamente mais próxima. Os valores destas variáveis são resultados de tratamento estatístico de dados referentes a 29 anos (de 1958 a 1987).

Os principais parâmetros que caracterizam o clima desta região e que se revelam essenciais para o cálculo da atenuação atmosférica na propagação do som ao ar livre são a temperatura, a humidade relativa e o regime de ventos.

A temperatura média anual, obtida através das médias das temperaturas médias mensais foi de 13.1°C. A média anual de humidade relativa do ar foi 86.8%. Os ventos foram predominantemente do quadrante Norte sendo a principal direcção NE – SW, com velocidade média de 3.14 m/s.

Relativamente às direcções predominantes dos ventos, pelo facto de as velocidades não ultrapassarem o valor de 5.0 m/s, segundo as especificações na Norma ISO 9613, não haverá necessidade de se introduzirem os dados relativos a direcção dos ventos, já que obedecem os requisitos das condições de propagação favoráveis (“downwind conditions”).

#### 4.1.4 DADOS CARTOGRÁFICOS E MODELO TRIDIMENSIONAL

##### 4.1.4.1 Altimetria

Para a elaboração do Mapa de Ruído é necessária informação relativa à altimetria do terreno – curvas de nível. A partir desta informação, o programa de simulação constrói o modelo digital do terreno (MDT) usado como base no cálculo dos valores de  $L_{Aeq}$ .

Para representar o terreno na área do mapa e na sua envolvente, quando da realização da primeira versão do mapa de ruído, foram utilizados os dados altimétricos do concelho fornecidos pelo cliente (Câmara Municipal de Póvoa de Varzim). A informação altimétrica fornecida foram pontos cotados e curvas de nível cotadas de 10 em 10 m.

Dado o grande espaçamento entre as curvas de nível, foram usados os pontos cotados para gerar curvas de nível com espaçamento de 5 em 5 metros, de forma a obter um maior rigor na modelação do terreno. A informação utilizada no cálculo é apresentada na **Figura 4-4**.



**Figura 4-4 - Altimetria do Município da Póvoa de Varzim**

#### 4.1.4.2 Edifícios e barreiras acústicas

A informação referente a edifícios e outros elementos de construção (planimetria) foi fornecida, numa primeira fase, pela Câmara Municipal de Póvoa de Varzim.

De forma a poder “construir” o modelo da área em estudo em 3D, e uma vez que não existia informação sobre o ponto mais alto dos edifícios, considerou-se a generalidade dos edifícios como tendo 6m de altura, conforme indicação do cliente, o que corresponde à altura média de uma habitação de dois pisos. No núcleo urbano da Póvoa de Varzim, dada a variabilidade da altura dos edifícios, foi efectuado um levantamento do número de pisos dos edifícios que confrontam as vias modeladas. Da mesma forma, foram considerados 3 m de altura por cada piso. Na Figura 4-5 apresenta-se, como exemplo, um excerto do modelo tridimensional.

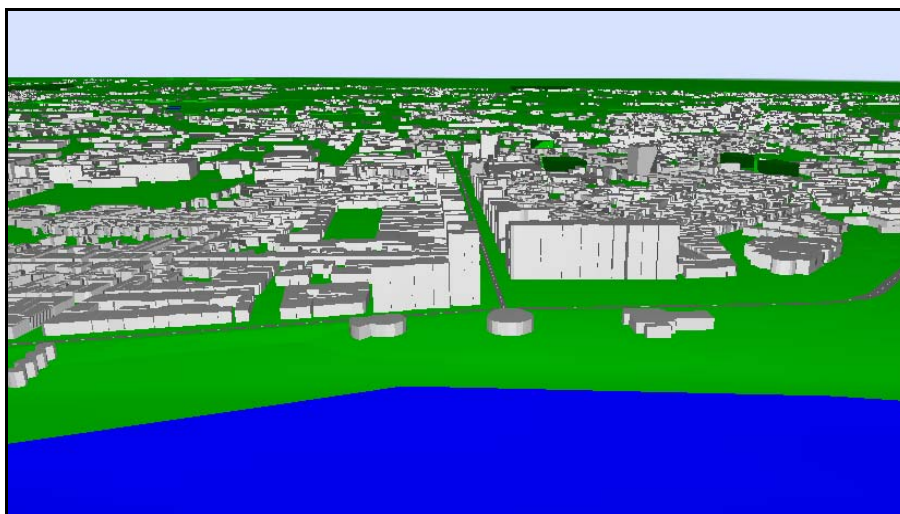


Figura 4-5 - Vista sobre centro da Póvoa de Varzim

Para o cálculo do MR, foi ainda considerado um valor médio de absorção sonora para as fachadas dos edifícios.

Relativamente aos muros e outros obstáculos, estes forma igualmente contemplados neste modelo. Assim, foi realizado um trabalho de campo, a fim de identificar muros que assumiram um papel importante de “barreiras acústicas” na propagação do som ao ar livre.

À semelhança do procedimento efectuado no edificado foi considerado um valor médio de absorção sonora nos muros.

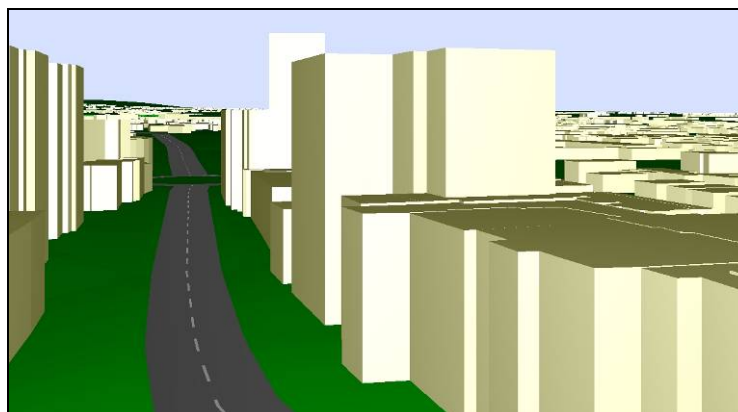


Figura 4-6 – Vista sobre rodovia e edifícios

#### **4.1.5 FONTES DE RUÍDO**

Este estudo tem definido como fontes de ruído, os principais eixos de tráfego rodoviário, a linha ferroviária (metro do Porto) e as principais fontes industriais existentes na área do Município em estudo.

As fontes de ruído foram modeladas de acordo com a sua geometria real de forma a reproduzir no modelo a realidade acústica existente.

Neste projecto de actualização de Mapa de Ruído, para além da adaptação do volume de tráfego das rodovias já existentes, foi ainda modelada uma nova via – Via B e ainda alteradas algumas características da Av. Mouzinho de Albuquerque.

##### **4.1.5.1 Tráfego Rodoviário**

A avaliação dos fluxos de tráfego dentro do Município, efectuada em conjunto com os técnicos do Município, permitiu definir quais as vias rodoviárias com maior contribuição para os níveis sonoros dentro do espaço concelhio e assim aquelas que deveriam ser consideradas na modelação.

As rodovias consideradas no Mapa de Ruído encontram-se listadas nos pontos seguintes:

- A28
- Av. de Sto. André
- Av. do Mar
- Av. dos Banhos
- Av. dos Descobrimentos
- Av. Mouzinho de Albuquerque
- Av. Vasco da Gama
- EM501 e seu prolongamento pela Rua da Banda Musical da Póvoa de Varzim e Rua José Ferreira Coelho
- EM502
- EM506
- EM507
- EM524
- EN13
- EN306
- ER205
- IC5

- Rua Belarmino Pereira
- Rua Engº Ezequiel de Campos
- Rua de Penalves
- Rua Repatriamento dos Poveiros
- Rua Sacra Família e seu prolongamento pela Rua da Igreja e Rua de S.Pedro
- Rua Viriato Barbosa
- Via B
- Rotundas e ramos de acesso associadas às vias consideradas.

A determinação do tráfego médio horário considerada em cada uma das vias, para os três períodos em análise (diurno, entardecer e nocturno) teve como informação base:

- (i) os dados fornecidos pela EuroScut relativos ao ano de 2006 (períodos diurno, entardecer e nocturno) para a Autoestrada A28.
- (ii) as publicações do Instituto de Estradas de Portugal (IEP) para o ano de 2001 e 2003 (períodos diurno e nocturno) para as vias EN105 ( Troço 5 e troço 7) e EN 206 (toço 1 e 5);
- (iii) os estudos de tráfego fornecidos pelo Município da Póvoa de Varzim para todas as vias consideradas;
- (iv) as contagens e posterior tratamento de tráfego efectuadas pelo dB Lab no ano de 2004 (períodos diurno e nocturno) para as restantes vias ;

Tendo em conta o já elaborado mapa de ruído para o concelho da Póvoa de Varzim, de acordo com o Decreto-Lei 292/2000, foram utilizados os dados de tráfego indicados anteriormente mas devidamente adaptados aos indicadores  $L_{den}$  e  $L_n$  conforme recomendado pelo Instituto do Ambiente nas suas directrizes publicadas em Março de 2007. Desta forma, tem-se

- $TMH_{7-20h} = TMH_{7-22h}$
- $TMH_{20-23h} = (2 \times TMH_{7-22h} + 1 \times TMH_{22-7h}) / 3$
- $TMH_{23-7h} = TMH_{22-7h}$

Foram ainda efectuados pelo dB Lab levantamentos de campo para recolha de informação e inserção do modelo sobre o tipo de piso de cada eixo viário e da sinalética vertical de velocidades de circulação máxima.

Após compilação de dados das características das vias e da sua composição de tráfego, estes dados foram sujeitos a validação por parte do cliente antes da sua introdução no modelo computacional.

Os segmentos finais considerados para cada um dos eixos via são apresentados nas Cartas 1.1 e 1.2 do Anexo I, e correspondem às variações de características listadas nos quadros seguintes, que lhes serve de legenda:

**Quadro 4-1 – Listagem de características das vias rodoviárias para os períodos diurno, entardecer e nocturno.**

Nome da Via	Tipo de Piso	LW dB(A)			TMH					
					(veic./h) (% pes.)		(veic./h) (% pes.)		(veic./h) (% pes.)	
		Dia	Entardecer	Noite	Dia		Entardecer		Noite	
A28 - troço 1	Betuminoso	90.9	88.9	84.0	2821.0	6.0	1911.0	3.0	542.0	8.0
A28 - troço 2	Betuminoso	89.5	87.2	82.3	1949.0	8.0	1256.0	4.0	355.0	10.0
Av. de Sto. André	Betuminoso	77.0	75.0	65.2	260.0	4.0	180.0	3.0	21.0	2.0
Av. do Mar - troço 1	Betuminoso	85.3	83.5	77.3	1940.0	3.0	1423.0	2.0	388.0	1.0
Av. do Mar - troço 2	Betuminoso	82.3	80.9	74.7	1074.0	2.0	788.0	2.0	215.0	1.0
Av. dos Banhos	Betuminoso	80.2	78.8	73.2	751.0	1.0	551.0	1.0	150.0	1.0
Av. dos Descobrimentos	Betuminoso	80.9	79.5	73.9	888.0	1.0	651.0	1.0	178.0	1.0
Av. dos Descobrimentos - nascente	Betuminoso	77.9	76.5	70.9	444.0	1.0	326.0	1.0	89.0	1.0
Av. dos Descobrimentos - poente	Betuminoso	77.9	76.5	70.9	444.0	1.0	326.0	1.0	89.0	1.0
Av. Mouzinho de Albuquerque	Paralelos	79.9	78.6	73.0	630.0	2.0	462.0	2.0	126.0	2.0
Av. Vasco da Gama	Betuminoso	80.6	79.3	73.6	837.0	1.0	614.0	1.0	167.0	1.0
EM501 - troço 1	Betuminoso	76.3	74.8	68.0	306.0	1.0	219.0	1.0	46.0	1.0
EM501 - troço 2	Paralelos	79.3	77.8	71.0	306.0	1.0	219.0	1.0	46.0	1.0
EM501 - troço 3	Paralelos	76.7	75.2	65.4	135.0	3.0	94.0	3.0	11.0	2.0
EM501 - troço 4	Betuminoso	75.3	73.7	63.7	192.0	3.0	133.0	3.0	15.0	2.0
EM501 - troço 5	Betuminoso	72.3	70.7	61.0	96.0	3.0	67.0	3.0	8.0	2.0
EM501 - troço 6	Betuminoso	75.3	73.7	63.7	192.0	3.0	133.0	3.0	15.0	2.0
EM502 - troço 1	Betuminoso	73.8	72.3	65.4	136.0	3.0	97.0	3.0	20.0	3.0
EM502 - troço 2	Betuminoso	73.4	71.9	65.1	136.0	3.0	97.0	3.0	20.0	3.0
EM502 - troço 3	Paralelos	76.4	74.9	68.1	136.0	3.0	97.0	3.0	20.0	3.0
EM502 - troço 4	Paralelos	76.8	75.3	68.4	136.0	3.0	97.0	3.0	20.0	3.0
EM506 - Rua D.Benta	Betuminoso	76.4	74.4	63.4	204.0	5.0	141.0	4.0	16.0	1.0
EM507 - Rua de Sta.Eulália	Paralelos	75.1	73.0	62.8	92.0	3.0	64.0	2.0	7.0	1.0
EM524 - troço 1	Paralelos	79.6	78.1	70.4	295.0	2.0	208.0	2.0	35.0	2.0
EM524 - troço 2	Betuminoso	76.6	76.4	65.8	295.0	2.0	205.0	5.0	24.0	2.0
EM524 - troço 3	Paralelos	79.6	78.1	68.8	295.0	2.0	205.0	2.0	24.0	2.0
EM524 - troço 4	Paralelos	79.6	78.0	68.7	295.0	2.0	205.0	2.0	24.0	2.0
EM524 - troço 5	Paralelos	79.6	78.1	68.8	295.0	2.0	205.0	2.0	24.0	2.0
EN13 - troço 1	Betuminoso	80.8	79.4	73.4	562.0	5.0	412.0	5.0	112.0	4.0
EN13 - troço 2	Betuminoso	81.5	80.2	74.0	806.0	3.0	591.0	3.0	161.0	2.0
EN13 - troço 3	Betuminoso	81.1	79.8	73.6	736.0	3.0	540.0	3.0	147.0	2.0
EN13 - troço 4	Betuminoso	81.5	80.2	74.0	812.0	3.0	595.0	3.0	162.0	2.0
EN306	Betuminoso	73.1	71.6	64.3	116.0	3.0	83.0	3.0	17.0	2.0
ER205 - troço 1	Betuminoso	80.0	78.6	71.8	643.0	2.0	461.0	2.0	96.0	2.0
ER205 - troço 2	Betuminoso	77.0	75.5	68.7	256.0	4.0	183.0	4.0	38.0	4.0
ER205 - troço 3	Betuminoso	80.4	79.1	74.1	511.0	5.0	385.0	5.0	133.0	4.0
ER205 - troço 4	Betuminoso	77.8	76.6	71.6	284.0	5.0	214.0	5.0	74.0	4.0
ER206 - troço 1	Betuminoso	80.3	79.1	74.2	503.0	5.0	380.0	5.0	135.0	4.0
ER206 - troço 2	Betuminoso	81.1	79.9	75.0	605.0	5.0	458.0	5.0	163.0	4.0
ER206 - troço 3	Betuminoso	81.0	79.8	74.8	605.0	5.0	458.0	5.0	163.0	4.0
ER206 - troço 4	Betuminoso	81.1	79.9	75.0	605.0	5.0	458.0	5.0	163.0	4.0
IC 5 - troço 1	Betuminoso	85.9	84.6	78.9	1169.0	9.0	857.0	9.0	234.0	9.0
IC 5 - troço 2	Betuminoso	87.8	86.5	80.9	1169.0	9.0	857.0	9.0	234.0	9.0
IC 5 - troço 3	Betuminoso	86.2	84.8	79.2	792.0	9.0	581.0	9.0	158.0	9.0
Rua Belarmino Pereira	Betuminoso	78.1	76.6	68.9	413.0	2.0	292.0	2.0	50.0	2.0
Rua da Banda Musical da PV	Betuminoso	76.3	74.8	68.0	306.0	1.0	219.0	1.0	46.0	1.0
Rua da Igreja	Paralelos	79.6	78.1	70.3	328.0	1.0	232.0	1.0	39.0	1.0
Rua de Penalves	Betuminoso	77.9	76.3	68.6	442.0	1.0	312.0	1.0	53.0	1.0
Rua de S.Pedro	Paralelos	79.6	78.1	70.3	328.0	1.0	232.0	1.0	39.0	1.0
Rua Engº Ezequiel de Campos	Betuminoso	80.1	78.7	71.9	660.0	2.0	473.0	2.0	99.0	2.0
Rua José Ferreira Coelho	Paralelos	79.3	77.8	71.0	306.0	1.0	219.0	1.0	46.0	1.0
Rua Repatriamento dos Poveiros	Betuminoso	80.8	79.3	72.5	762.0	2.0	546.0	2.0	114.0	2.0
Rua Sacra Família - troço 1	Betuminoso	80.1	78.6	70.9	743.0	1.0	525.0	1.0	89.0	1.0
Rua Sacra Família - troço 2	Betuminoso	79.6	78.0	70.3	743.0	1.0	525.0	1.0	89.0	1.0
Rua Sacra Família - troço 3	Paralelos	79.6	81.6	70.3	328.0	1.0	525.0	1.0	39.0	1.0
Rua Viriato Barbosa	Betuminoso	76.1	74.6	66.8	293.0	1.0	207.0	1.0	35.0	1.0
Via B - Lanço A-B	Betuminoso	76.2	75.2	69.2	267.0	2.0	213.0	2.0	53.0	2.0
Via B - Lanço B-C	Betuminoso	74.7	73.7	67.7	188.0	2.0	150.0	2.0	38.0	2.0
Via B - Lanço C-D	Betuminoso	75.2	74.3	68.3	213.0	2.0	170.0	2.0	43.0	2.0
Via B - Lanço D-E	Betuminoso	74.1	73.1	67.1	163.0	2.0	130.0	2.0	33.0	2.0
Via B - Lanço E-F	Betuminoso	72.0	71.1	65.0	102.0	2.0	82.0	2.0	20.0	2.0
Via B - Lanço E-F	Betuminoso	72.0	71.1	65.0	102.0	2.0	82.0	2.0	20.0	2.0
Via B - Lanço F-G	Betuminoso	75.0	74.0	68.0	202.0	2.0	162.0	2.0	40.0	2.0
Via B - Lanço G-H	Betuminoso	74.2	73.2	67.1	167.0	2.0	133.0	2.0	33.0	2.0
Via B - Lanço H-I	Betuminoso	74.7	73.7	67.7	188.0	2.0	150.0	2.0	38.0	2.0
Via B - sentido Sul-Norte	Betuminoso	76.2	75.2	69.2	267.0	2.0	213.0	2.0	53.0	2.0

Relativamente às cotas do eixo de via, estas foram obtidas por modelação com o software CadnaA. Este software gera um modelo digital do terreno (MDT) a partir das curvas de nível, colocando em seguida os diferentes objectos necessários à modelação sobre o MDT.

As cotas do eixo da Via B, foram obtidas por consulta dos perfis longitudinais do projecto fornecidos pelo cliente, resultando em transformações na cartografia base. Este procedimento foi necessário para se proceder à representação real da geometria do terreno provocado pela passagem destas novas vias, originando uma actualização altimétrica através da utilização dos perfis longitudinais do projecto destas vias.

Em algumas rodovias foram ainda necessários ajustes altimétricos, essencialmente em nós rodoviários e pontes de modo a obter uma melhor correspondência do modelo com a realidade. Nas figuras seguintes mostram-se exemplos dos ajustes efectuados.



Figura 4-7 – Visualização tridimensional de um cruzamento desnivelado entre duas vias rodoviárias, ER205 (em cima) e A28 (em baixo)

#### 4.1.5.2 Tráfego Ferroviário

Em termos de tráfego ferroviário, o Município da Póvoa de Varzim é atravessado pela Linha do Metro do Porto (linha B). Trata-se de uma linha dupla, electrificada e onde circula um veículo do tipo metro ligeiro, o EUROTRAM.

A implantação do traçado da linha P foi obtida pela cartografia fornecida pelo Metro do Porto S.A. Esta cartografia continha o traçado definitivo da ferrovia projectada, no interior do concelho da Póvoa de Varzim. Relativamente às cotas das ferrovias, estas foram obtidas através da modelação do terreno gerada pelas curvas de nível, tendo sido feitos alguns ajustes. A via ferroviária modelada pode ser visualizada na Carta 2. do Anexo I.

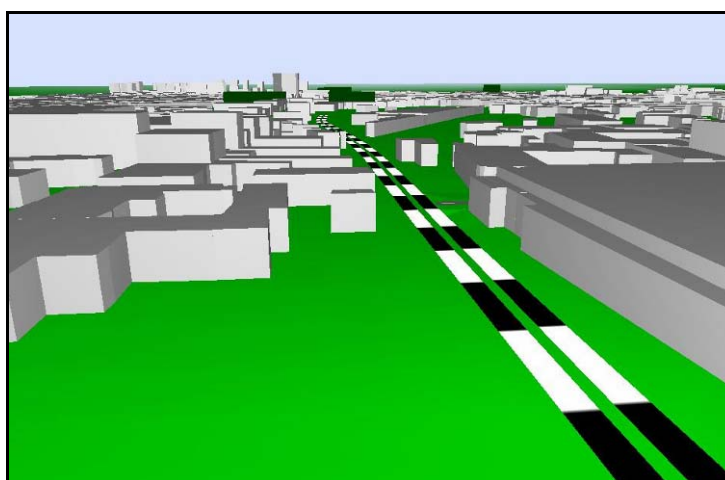


Figura 4-8 – Visualização tridimensional da Ferrovia – Linha B do Metro do Porto

A informação relativa ao tráfego ferroviário e às características do material circulante foi fornecida pela CP – Comboios de Portugal, tendo por base o horário programado de uma semana típica, para os 3 períodos de referência. Estas características podem ser visualizadas no quadro seguinte.

**Quadro 4-2 – Características das composições que circulam na Linha B**

Tipo de Veículo	N.º de passagens/sentido			Velocidade Média (km/h)	PUF (%)
	P. Diurno	P. Entardecer	P. Nocturno		
EUROTRAM	48	11	7	50	100

Dos dados constantes da tabela, a % PUF diz respeito à percentagem das unidades do veículo que possuem freio.

#### 4.1.5.3 Indústrias

A fim de identificar as principais fontes de ruído industriais existentes no município, foi realizada na CCDR Norte uma pesquisa das indústrias abrangidas pela avaliação de impacte ambiental (AIA) e das sujeitas a licenciamento de prevenção e controlo integrados da poluição (PCIP).

Não existindo nenhuma indústria deste tipo instalada no concelho, foi-nos indicado pela Câmara Municipal da Póvoa de Varzim, um conjunto de indústrias com potencial impacte sonoro.

A avaliação do impacte sonoro das fontes industriais, foi efectuada através de modelação de fontes em área. Esta consiste na modelação de cada unidade industrial como uma ou várias fontes em área horizontais, determinando-se genericamente a potência sonora, por metro quadrado, de cada uma das áreas. Os dados necessários para efectuar o cálculo da potência sonora destas áreas industriais foram obtidos por medições realizadas de acordo com a Norma ISO 8297:1994(E).

Cada unidade industrial foi dividida em fontes em área (Carta 3.) segundo as diferentes características sonoras que apresentava. As diferentes fontes em área consideradas, encontram-se enumeradas no seguinte quadro.

Com a entrada em vigor do D.L. 9/2007, foi necessário alterar os horários de funcionamento das diversas indústrias consideradas no mapa de ruído já elaborado, de forma a compatibiliza-los com os três períodos de referência.

**Quadro 4-3 – Intervalo de potência sonora de cada área industrial modelada e respectivo tempo de laboração**

Área industrial (nº)	Potência sonora (dB(A)/m <sup>2</sup> )	Período de laboração (horas)
1	61	8
2	60	8
3	67	8
4	70	8
5	60	8
6	60	8
7	55	14
8	67	14
9	55	14
10	65	24
11	61	24
12	70	24
13	65	24
14	60	8
15	60	8
16	65	8
17	70	8
18	60	8
19	60	8
20	70	8
21	69	8
22	62	8
23	61	8
24	65	8
25	60	8
26	57	8

## 4.2 VALIDAÇÃO DO MODELO

Dado que o presente trabalho consistiu numa adaptação do mapa de ruído anteriormente elaborado, utilizando como base o mesmo modelo já anteriormente validado, não foi necessário proceder a nova validação. Este procedimento está de acordo com as recomendações do Instituto do Ambiente.

Recorda-se que no trabalho anterior a validação do modelo acústico foi efectuada por comparação dos níveis de pressão sonora medidos no terreno com os valores simulados pelo modelo, com este parametrizado de modo a reproduzir as condições observadas no local durante as medições realizadas. A campanha de medições realizada dividiu-se em medições de curta duração para aferir a validação junto às principais fontes de ruído e uma medição de longa duração para aferir o modelo no seu todo. Em todos os casos foram obtidos desvios inferiores a 3 dB(A).

## 4.3 CONFIGURAÇÃO DE CÁLCULO

O cálculo dos mapas de ruído foi realizado a partir da criação de uma malha equidistante de pontos de cálculo. Para cada um dos pontos da malha, o modelo calcula os níveis de ruído adicionando as contribuições de todas as fontes de ruído consideradas, tendo também em consideração os trajectos de propagação e as atenuações, de acordo com o estipulado na Norma XPS 31-133, no Método de Cálculo Francês “NMPB Routes 1996” (tráfego rodoviário), na Norma NP 4361-2 (ruído industrial) e SRM II (ruído ferroviário).

Para o cálculo dos mapas de ruído foi definida uma malha de cálculo regular de pontos receptores, com 10 m por 10 m, a 4 m de altura do solo.

Foi ainda considerada a primeira reflexão para cada raio sonoro para as rodovias e as primeiras e segundas reflexões para a linha ferroviária.

Dada a sua influência no cálculo da atenuação do som na sua propagação ao ar livre, entre os parâmetros que caracterizam o clima deste Município salientam-se a temperatura, a humidade relativa e o regime de ventos. Os dados utilizados para estabelecer a média de valores para o município da Póvoa de Varzim, reportam-se à Estação Meteorológica de Paços de Ferreira, correspondendo a médias de 29 anos no período 1958-87.

De acordo com os valores registados naquela estação tem-se:

- Temperatura média anual – 13,1° C;
- Humidade relativa média do ar – 86,8%;
- Velocidade média do vento – 3.14 ms<sup>-1</sup>.

No que se refere ao vento, dado que a velocidade média se situa entre 1 e 5 ms<sup>-1</sup>, consideram-se condições de propagação com vento favorável, de acordo com a Norma NP 4361-2, que define os requisitos para o ruído industrial.

Relativamente aos dados meteorológicos para o ruído de tráfego rodoviário consideram-se condições médias no período diurno, isto é 50% de ocorrência de situações favoráveis à propagação para todos os quadrantes de ventos 75% no período do entardecer e 100% de ocorrência para as mesmas no período nocturno, conforme recomendado pelo Instituto do Ambiente nas suas directrizes publicadas em Março de 2007.

Os mapas de ruído correspondem às condições típicas médias ocorridas no ano 2007/08, pelo que na eventualidade de variação dos parâmetros inseridos no modelo (tráfego, condições meteorológicas, etc.), o cenário acústico simulado poderá ser alterado.

## 5. RESULTADOS DO MODELO – MAPAS DE RUÍDO

Os Mapas de Ruído do Município da Póvoa de Varzim podem ser visualizados nas Cartas 4.1 e 4.2 do Anexo I, bem como nas Cartas 1.1 e 1.2 do Anexo II à escala 1:25000, para os indicadores  $L_{den}$  e  $L_n$ , respectivamente.

Reforça-se o facto dos resultados acústicos obtidos na simulação efectuada corresponderem a situações médias ocorridas num ano, pelo que a variação dos parâmetros que influenciam a propagação dos níveis de ruído (variações na intensidade e composição do tráfego, de tipos de pavimento e condições meteorológicas etc.) poderá fazer variar os níveis de ruído observados num dado intervalo de tempo particular em relação aos valores obtidos na simulação.

No entanto, tendo em conta que os níveis sonoros médios têm uma relação logarítmica com os volumes de tráfego (mantendo-se constantes todas as outras variáveis), seria necessário ocorrerem transformações muito significativas nestes volumes para que os níveis sonoros correspondentes sofressem variações significativas ao ouvido humano. (por exemplo, a duplicação nos volumes de tráfego significa um acréscimo de 3dB(A) nos níveis de ruído).

A análise dos Mapas de Ruído produzidos a partir do modelo mostra que o Município da Póvoa de Varzim apresenta algumas áreas com níveis de ruído elevados, particularmente nas zonas próximas dos principais eixos de tráfego rodoviário, nomeadamente ao longo do traçado da A28.

Considerando outras fontes sonoras como contribuidoras do aumento de níveis sonoros no concelho, há que destacar, para além da A28, o IC5, a linha do Metro do Porto, bem como algumas indústrias. No entanto, em relação a estas últimas, o impacto sonoro para o exterior é diversificado nas respectivas envolventes, resultante da diferente potência sonora de cada área considerada.

Neste contexto salienta-se que, dada a predominante ocupação territorial ao longo das vias, verifica-se, de uma forma generalizada, um maior impacte sonoro nos receptores localizados ao longo das principais vias de tráfego rodoviário do Município. Porém, é o próprio edificado existente que serve de barreira à propagação de ruído, situação distinta da que existiria em campo livre, ao mesmo tempo que expõe a níveis mais elevados as populações residentes nos edifícios directamente expostos ao ruído das referidas vias.

Os casos mais evidentes desta situação são os centros urbanos, em que a área de extensão de uma fonte modelada é relativamente reduzida mas os níveis de ruído resultantes bastante elevados. Por isso, os centros urbanos, e mais especificamente o centro da Póvoa de Varzim, representa o cenário acústico mais difícil, devido aos níveis de ruído produzidos pelas suas vias de tráfego rodoviário.

Muito embora os níveis médios de ruído produzidos pela linha do Metro serem bastantes inferiores aos produzidos pelos grandes eixos viários considerados, esta fonte ferroviária é ainda assim uma fonte ruidosa importante para a caracterização média do ambiente acústico do Município.

O ruído produzido pela generalidade das áreas industriais, não é significativo no cenário acústico simulado e à escala do PDM, dado que, por um lado, muitas destas fontes têm um funcionamento apenas referente ao período diurno, e que as manchas de ruído por elas provocadas praticamente se diluem nas correspondentes a vias de tráfego. Tal não significa, no entanto, que não possam existir situações pontuais de impacte acústico dessas áreas sobre receptores sensíveis muito próximos mas apenas que esses impactes são seguramente muito localizados e não visíveis à escala do PDM.

Nesta análise, O Mapa de Ruído do Município da Póvoa de Varzim permite identificar situações prioritárias a integrar em planos de redução de ruído, resultando esta identificação da análise de conformidade com o Regulamento Geral do Ruído.

## 6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Foi desenvolvido um modelo computacional, utilizando o programa CadnaA, para calcular a emissão e propagação sonora dos principais eixos rodoviários, da linha ferroviária e indústrias.

O modelo inclui o modelo digital do terreno, a implantação geográfica de edifícios, muros e barreiras e fontes sonoras, as características de emissão acústica destas fontes, bem como os algoritmos de cálculo de propagação sonora em conformidade com a Norma Francesa NMPB 96, ISO 9613 e norma SRM II. Aquando da realização do Mapa de Ruído, o modelo foi validado através de um vasto número de medições de ruído realizadas “in situ” com várias amostragens de duração adequada à variabilidade dos níveis de ruído existente ao longo de intervalos curtos, bem como medições acústicas de longa duração.

A actualização do Mapa de Ruído da Póvoa de Varzim, baseou-se no primeiro modelo realizado em 2004, tendo os novos cálculos sido realizados a partir desse modelo e das actualizações induzidas por modificações na estrutura do município, bem como na alteração de legislação que se fez sentir no ano de 2007, passando a vigorar o novo Regulamento Geral de Ruído – D.L. 9/2007.

Assim, nesta adaptação de Mapa de Ruído, a distribuição espacial dos níveis sonoros do concelho é expressa através dos indicadores  $L_{den}$  e  $L_n$ , para os pontos receptores discretos que espelham a situação acústica média do local em estudo.

A análise dos Mapas de Ruído permite visualizar as zonas em que os níveis de ruído adequados à classificação proposta pela autarquia para uma dada zona, sensível ou mista, são excedidos. Esta informação deve ser tida em conta em termos da ocupação do solo prevista para uma dada zona, evitando-se a implantação de utilizações de tipo sensível, isto é habitações, escolas e hospitais e locais de culto nas áreas mais ruidosas. Deste modo poder-se-á compatibilizar o uso do solo com os níveis de ruído existentes ou previstos. Para estas zonas deverão, além disso, ser equacionados Planos de Redução de Ruído, que terão maior ou menor amplitude dependendo da classificação acústica que a Câmara Municipal atribuir às zonas.

Neste contexto, apresentam-se as seguintes transcrições do D.L. 9/2007:

### Artigo 8º - Planos Municipais de Redução de Ruído

“1- As zonas sensíveis ou mistas com ocupação expostas a ruído ambiente exterior que exceda os valores limite fixados no artigo 11º, devem ser objecto de planos de redução de ruído, cuja elaboração é da responsabilidade das câmaras municipais

2 – Os planos municipais de redução de ruído devem ser executados num prazo máximo de dois anos contados a partir da data de entrada em vigor do presente regulamento, podendo contemplar o faseamento de medidas, considerando prioritários as referentes a zonas sensíveis ou mistas expostas a ruído ambiente exterior que excedam em 5 dB(A) os valores limite fixados no artigo 11º.

3 – Os planos municipais de redução de ruído vinculam as entidades públicas e os particulares, sendo aprovados pela assembleia municipal, sob proposta da câmara municipal.”

Em relação ao Mapa de Ruído elaborado tecem-se ainda as seguintes recomendações gerais:

- O Mapa de Ruído ser considerado uma ferramenta de gestão do território e para preparar um plano de redução de ruído e não apenas como um fim em si;
- Deve ser usado não apenas para avaliar/analisar mas também para influenciar programas de desenvolvimento e planos municipais;
- São necessárias a manutenção e actualização do Mapa de Ruído de modo a visualizar-se a evolução do “panorama acústico”, provocada pela alteração das variáveis utilizadas como base do modelo;

- Embora o Mapa de Ruído possa ser útil como uma "fotografia" da situação actual, o maior benefício obtém-se se for actualizado periodicamente ou continuamente e encarado como apenas um passo, sem dúvida importante, no processo de melhoria das condições acústicas proporcionadas à população.

Elaborado por:

Márcia Melro

*Márcia Melro*

Técnica do Laboratório

Verificado e aprovado por:

Luís Conde Santos

Director do Laboratório

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. A Comparison of Different Techniques for the Calculation of Noise Maps of Cities, International Congress and Exhibition in Noise Control Engineering, Wolfgang Probst, Bernd Huber, 2001.
2. Directiva Comunitária 2002/49/CE do Parlamento Europeu e do Conselho relativa à Avaliação e Gestão do Ruído Ambiente, de 25 de Junho de 2002.
3. Directrizes para a Elaboração de Planos de Monitorização de Ruído de Infra-Estruturas Rodoviárias e Ferroviárias, DGA / DGOTDU, 2001.
4. Guide du Bruit des Transports Terrestres - Prévission des niveaux sonores”, CETUR, 1980.
5. Implementation of the EU-directive on Environmental Noise Requirements for Calculation Software and Handling with CadnaA, Wolfgang Probst, 2003.
6. Integration of Area Noise Control into Programs into a Citywide Noise Control Strategy, Institute of Acoustics – Proceedings, Vol. 23, Pt 5, Wolfgang Probst, Bernd Huber, 2001.
7. Norma Portuguesa - 1730 (1996) – “Acústica, Descrição e Medição de Ruído Ambiente – Parte 1: Grandezas fundamentais e procedimentos”.
8. Norma Portuguesa - 1730 (1996) – “Acústica, Descrição e Medição de Ruído Ambiente – Parte 2: Recolha de dados relevantes para o uso do solo”.
9. Norma Portuguesa – 1730 (1996) – “Acústica, Descrição e Medição de Ruído Ambiente – Parte 3: “Aplicação aos limites do Ruído”.
10. Norma Portuguesa – 4361 (2001) – “Acústica, Atenuação do Som na sua Propagação ao Ar Livre – Parte 2: “Método Geral de Cálculo”.
11. Norme XP S31-133(2001) – Bruit des infrastructures de transports terrestre. Calcul de l’atténuation du son lors de sa propagation en milieu extérieur incluant les effets météorologiques.
12. NMPB-Routes-96 (SETRA-CERTU-LCPC-CSTB), publicado no "Arrêté du 5 Mai. 1995 relatif au bruit des infrastructures routières, Journal Officiel du 10 MAI 1995, article 6".
13. Princípios Orientadores para a Elaboração de Mapas de Ruído, DGA/DGOTDU, 2001.
14. Procedimentos específicos de medição de ruído ambiente, Instituto do Ambiente, Abril 2003.
15. Projecto-Piloto de Demonstração de Mapas de Ruído – Escalas Municipal e Urbana, Instituto do Ambiente, Ramos Pinto, F., Guedes, M. & Leite, M. J., 2004.
16. Recomendações para Selecção de Métodos de Cálculo a Utilizar na Previsão de Níveis Sonoros, DGA / DGOTDU, 2001.
17. Recomendação da Comissão Europeia 2003/613/EC, relativa às orientações sobre os métodos de cálculo provisórios revistos para o ruído industrial, o ruído das aeronaves e o ruído do tráfego rodoviário e ferroviário, bem como dados de emissões relacionados, de 6 de Agosto de 2003.
18. Recomendações para a Organização dos Mapas Digitais de Ruído, Instituto do Ambiente, 2006.
19. Regime Legal sobre a Poluição Sonora – Decreto-Lei n.º 292/2000 de 14 de Novembro.
20. Secção de Agricultura do Departamento de Produção Agrícola e Animal do Instituto Superior de Agronomia ([agricultura.isa.tl.pt/agricultura/agribase/estações.asp](http://agricultura.isa.tl.pt/agricultura/agribase/estações.asp)).