



dB Lab

Laboratório de Acústica e Vibrações, Lda.

Mapa de Ruído do Plano de Pormenor da Herdade da N^a Sr^a da Glória

Actualização segundo o D.L. 9/2007, 17 de Janeiro

Descrição do Modelo e Resultados

Referência do Relatório: 08_275_MRPM01-REV01

Data do Relatório: Julho 09

Nº. Total de Páginas (excluindo anexos): 29

Mod. 60-05.03



ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO E OBJECTIVO	2
2. CONTEXTO LEGISLATIVO.....	4
2.1 DEFINIÇÕES.....	4
2.2 ENQUADRAMENTO LEGAL DOS MAPAS DE RUÍDO	6
3. METODOLOGIA	8
3.1 MAPAS DE RUÍDO – DESCRIÇÃO BREVE.....	8
3.2 MAPA DE RUÍDO DO PLANO DE PORMENOR DA HERDADE DA NOSSA SENHORA DA GLÓRIA.....	9
3.3 SOFTWARE UTILIZADO.....	9
3.4 NORMAS E PARÂMETROS UTILIZADOS	9
3.4.1 Tráfego Rodoviário	9
3.4.2 Tráfego Ferroviário	12
4. DESCRIÇÃO DO PROJECTO	15
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO MODELO.....	15
4.1.1 Identificação da área de estudo	15
4.1.2 Área de estudo e área do mapa.....	16
4.1.3 Caracterização climática	16
4.1.4 Dados cartográficos e modelo Tridimensional.....	17
4.1.4.1 Altimetria.....	17
4.1.4.2 Edifícios e barreiras acústicas.....	18
4.1.5 Fontes de ruído	19
4.1.5.1 Tráfego Rodoviário	19
4.1.5.2 Tráfego ferroviário	21
4.2 VALIDAÇÃO DO MODELO.....	22
4.3 CONFIGURAÇÃO DE CÁLCULO.....	22
5. RESULTADOS DO MODELO – MAPAS DE RUÍDO	23
6. MEDIDAS DE MINIMIZAÇÃO	24
7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	26
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27

ANEXO I :

- Identificação das Fontes Sonoras Modeladas (rodovias, parques de estacionamento e ferrovia);
- Mapas de Ruído em formato A3;
- Mapas de Conflito em formato A3;
- Zonamento acústico

ANEXO II – Mapas de Ruído (1:2 000) – formato A1;

ANEXO III – Cd com Relatório e Mapas de Ruído em formato Raster e Vectorial.



Mapa de Ruído do Plano de Pormenor da Herdade da Nª Srª da Glória

DESCRIÇÃO DO MODELO E RESULTADOS

Ficha Técnica

Designação do Projecto	Mapa de Ruído do Plano de Pormenor da Herdade da Nª Srª da Glória
Cliente	GIPP - Gestão Integrada de Projectos e Planeamento, Lda
Morada	Est.Ext.Circunvalação, 3846-1º-SI.5, Rio Tinto
Localização do projecto	Herdade da Nossa Senhora da Glória Freguesia de Glória do Ribatejo Município de Salvaterra de Magos
Fonte(s) do Ruído Particular	Tráfego Rodoviário Tráfego Ferroviário
Data de Emissão	Julho 09

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
- Márcia Melro, Eng. Ambiente (Univ. Algarve) – Técnica Superior



1. INTRODUÇÃO E OBJECTIVO

O Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de Janeiro, alterado pelo DL 278/2007, de 1 de Agosto, 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 do Plano de Pormenor da Herdade da N.ª Sr.ª da Glória – ref.ª 05-1089-MPRD01, concluído em Janeiro de 2006 - 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 Plano de Pormenor da Herdade da N.ª Sr.ª da Glória 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 no Plano de Pormenor foi a escala 1:2000 pelo que a precisão dos cálculos realizados para os mapas de ruído, dependente de vários parâmetros, foi ajustada para a sua apresentação a esta escala. A visualização ou impressão a escalas superiores a 1:2000 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 Plano de Pormenor da Herdade da N^a Sr^a da Glória à escala 1:2000.



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 Selecção 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 n.º 9/2007 indica no ponto 1 do Artigo 11.º 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 n.ºs 2 e 3 do artigo 6.º, 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 7.º e 8.º, que todos os aglomerados populacionais com uma população residente superior a 100000 habitantes e uma densidade populacional superior a 2500 habitantes/ km² 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.

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.

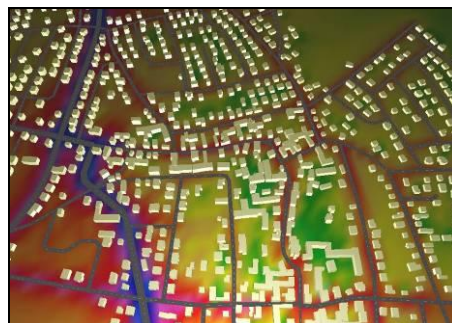


Figura 3-2 – Mapa de Ruído em 3D.

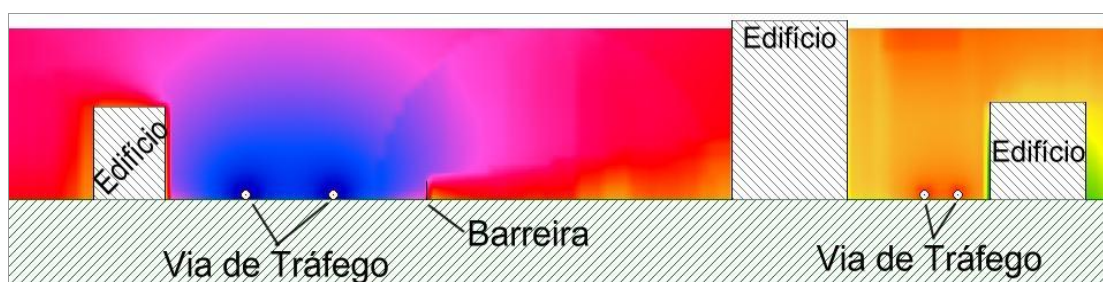


Figura 3-3 – Mapa de Ruído em corte transversal às vias rodoviárias.

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 PLANO DE PORMENOR DA HERDADE DA NOSSA SENHORA DA GLÓRIA

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 pela APA.

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), 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: Prévission 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:

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

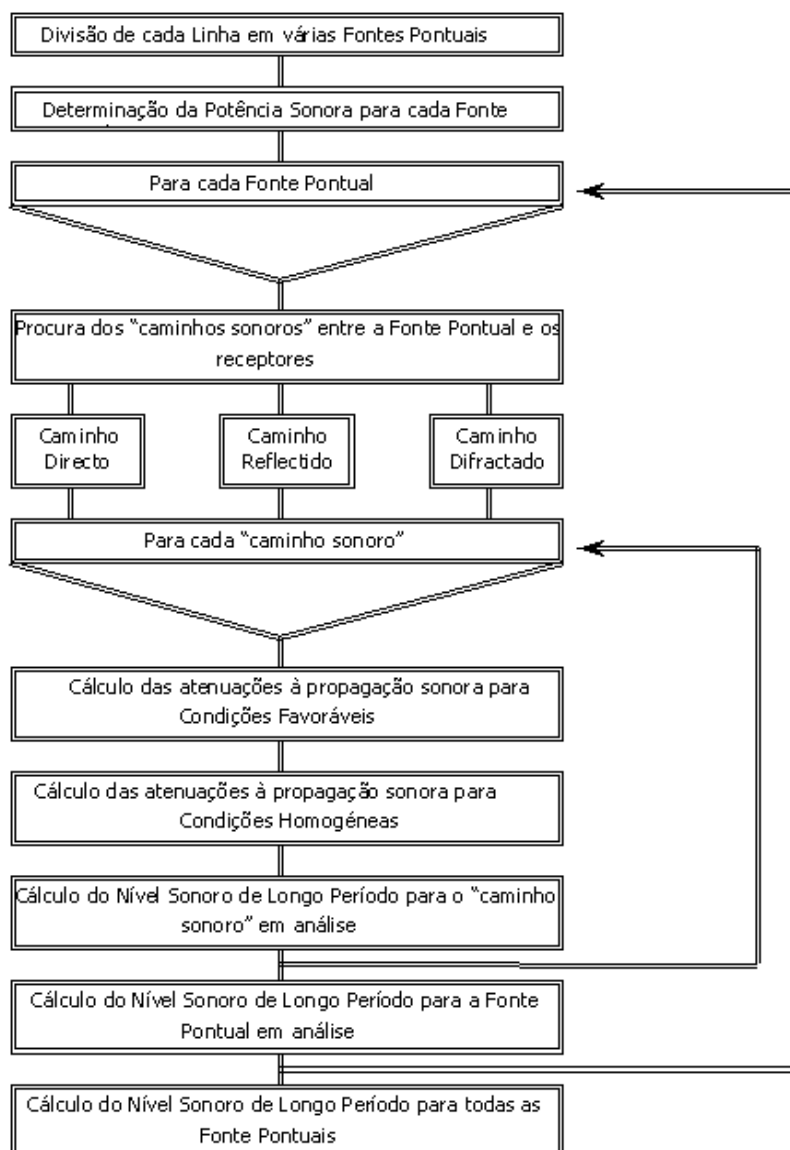
em que,

- \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



Relativamente à modelação de **parques de estacionamento**, esta foi baseada nas “Guidelines for Noise Control at Roads (RLS-90)”, publicadas pelo German Federal Ministry of Transport, Dept. for Road Construction, Ed. 1990, Traffic Gazette 44 (1990), e tem-se que a emissão sonora devida ao tráfego de um parque de estacionamento, é caracterizado pelo nível de emissão ponderado em A - L_{m^*} , E em dB(A), onde:

L_{m^*} , E - é o nível de emissão sonora médio, num período de tempo, em campo aberto a uma distância de 25 metros a partir do centro do parque de estacionamento, assumindo que a emissão total tem origem nesse ponto.

Para a modelação dos parques de estacionamento, baseada na referida norma alemã, são necessários os seguintes parâmetros:

- Número de lugares de estacionamento;
- número de movimentos de veículos numa hora por lugar de estacionamento, para o período diurno e nocturno;
- A distinção entre estacionamento de ligeiros, pesados ou motociclos.

3.4.2 TRÁFEGO FERROVIÁRIO

No que diz respeito à modelação de tráfego ferroviário, importa referir que o método recomendado pela Directiva Comunitária 2002-49-CE é o "Standaard-Rekenmethode II" dos Países Baixos, publicado na "Reken - Meetvoorschrift Railverkeerslawai" 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;
- Correção 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 alemã Schall 03 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;
- localização de cruzamentos com rodovias;
- raios de curvatura da ferrovia;
- tipo de assentamento do carril.

A norma em questão 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;

C_{inc} a correcção devido ao menor incómodo sonoro causado pelos comboios em relação ao ruído rodoviário.

considerando:

$$L_{m,E} = 10 \log \sum_j 10^{\frac{L_{comboio}}{10}} + C_{linha}, \text{ para } j \text{ tipos de comboios.}$$



em que,

$$L_{\text{comboio}} = L_0 + C_{FZ} + C_D + C_l + C_{\text{vel}}$$

$$C_{\text{linha}} = C_{Fb} + C_{Br} + C_{\text{cruz}} + C_{Ra}$$

$$A_{\text{prop},k} = A_{\text{div}} + A_{\text{atm}} + A_{gr} + A_{\text{misc}}$$

em que,

C_{FZ} é a correcção devido ao tipo de veículo;

C_D a correcção devida ao tipo de travões;

C_l a correcção do comprimento do comboio;

C_{Fb} correcção devida aos materiais usados na linha;

C_{Br} correcção devida ao ruído em pontes;

C_{cruz} correcção para o aumento de emissão devido ao cruzamento de vias;

C_{Ra} correcção para percursos em curva.

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} .

Nesta actualização, foram ainda introduzidos taludes, sendo considerados barreiras naturais de ruído pelo que houve modificações a nível do modelo digital de terreno referente à situação futura do Plano.

4.1.1 IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Plano de Pormenor da Herdade da Nossa Senhora da Glória ocupa aproximadamente 1.9 km^2 da área total da freguesia da Glória do Ribatejo (5.5 km^2).

A freguesia de Glória do Ribatejo localiza-se no Município de Salvaterra de Magos, é limitada a Norte pela freguesia de Granho, a Oeste pelas freguesias de Marinhais e Foros de Salvaterra e a Sudeste pelo Município de Coruche.

A freguesia de Glória do Ribatejo tem uma população de 3 427 habitantes, num total de 20 721 habitantes no município de Salvaterra de Magos (fonte: ANMP, 2005).



Figura 4-1 - Município de Salvaterra de Magos e respectivas freguesias.
(Fonte: Câmara Municipal de Salvaterra de Magos, 2005)

Em termos de acessibilidades, a área em estudo localiza-se a Este da Auto-estrada A13, a sul da Estrada Nacional 367 e a Nordeste da linha ferroviária Setil-Coruche.

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 PP, onde se visualiza o limite da área do mapa a azul.

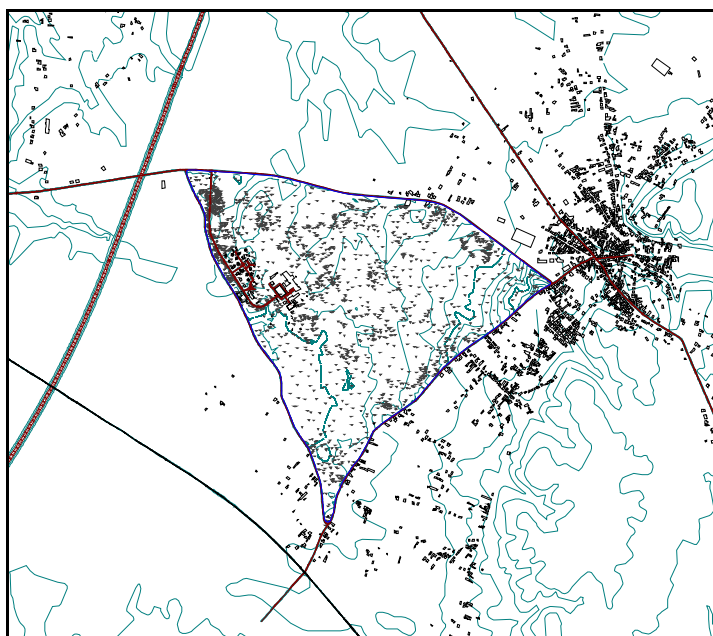


Figura 4-2 - Representação da área de estudo e área do mapa

Compreendidas na área de estudo mas não na área do Plano de Pormenor, foram consideradas importantes fontes sonoras como a Auto-estrada A13 e a linha ferroviária Setil-Coruche, dada a sua proximidade e conseqüente contribuição acústica para a área do mapa.

4.1.3 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA

A caracterização climática da região em estudo foi efectuada com base nos dados referentes às Estações Meteorológicas de Santarém, Salvaterra de Magos e Rio Maior dado que, geograficamente, são as mais próximas. Os valores destas variáveis são resultados de tratamento estatístico de dados referentes a 30 anos (de 1958 a 1988).

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 15.6°C. A média anual de humidade relativa do ar foi 80%. A velocidade média dos ventos foi de 2.03 m/s (Fonte: <http://agricultura.isa.utl.pt/agricultura/agribase/estacoes.asp>).

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 NP 4361-2, 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, nomeadamente curvas de nível e pontos cotados. A partir desta informação, que dá entrada no modelo em formato dxf é construído o modelo digital do terreno usado como base na simulação.

Os dados altimétricos do Município foram fornecidos pelo cliente. Para representar o terreno na área do mapa e na sua envolvente, foram utilizadas neste modelo curvas de nível cotadas de metro a metro, abrangendo a totalidade da área em estudo, conforme a Figura 4-3. A informação encontrava-se georeferenciada.

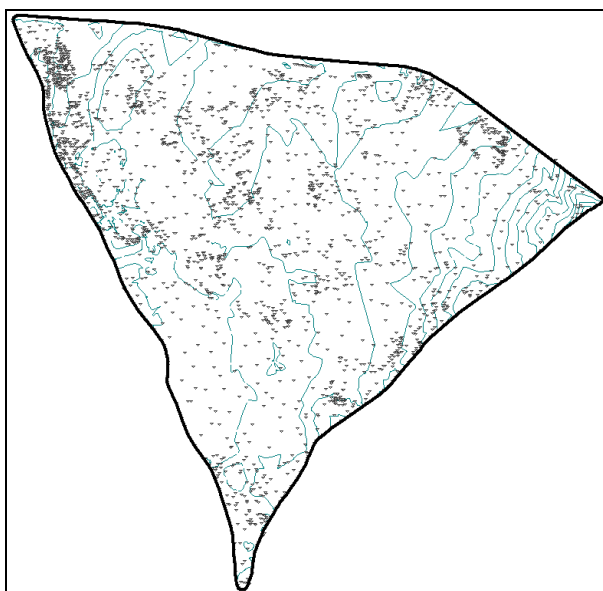


Figura 4-3 – Representação das curvas de nível e pontos cotados - situação actual.

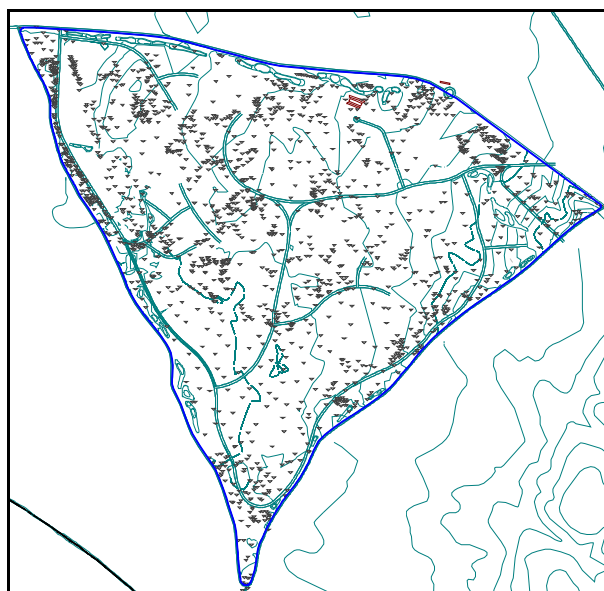


Figura 4-4 – Representação das curvas de nível e pontos cotados - situação futura.

Ainda nesta actualização foram introduzidos taludes no modelo relativo à situação futura, sob a forma de curvas de nível, ao longo de algumas rodovias, funcionando como barreira acústica natural.

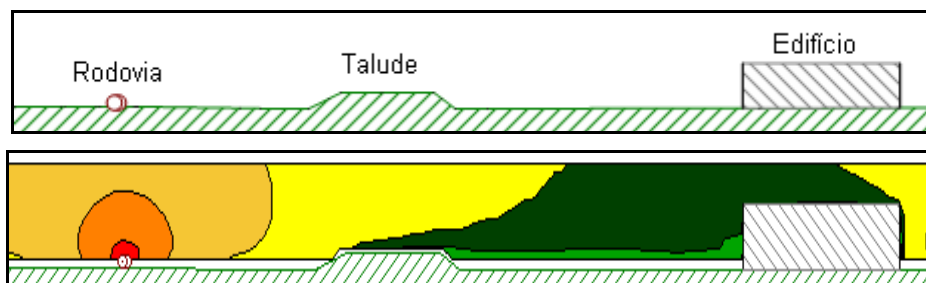


Figura 4-5 – Corte transversal e excerto do Mapa de Ruído, num local com talude – situação futura.

4.1.4.2 Edifícios e barreiras acústicas

A informação referente a edifícios e outros elementos de construção (planimetria) foi fornecida, numa primeira fase, pelo cliente. Relativamente a situação futura, aquando desta revisão, a planimetria foi alterada em algumas locais pontuais, de acordo com as plantas mais actuais do projecto.

Todo o edificado da área do Plano de Pormenor foi introduzido no modelo assim como todas as barreiras relevantes para o estudo, quer para a situação actual quer para a futura.

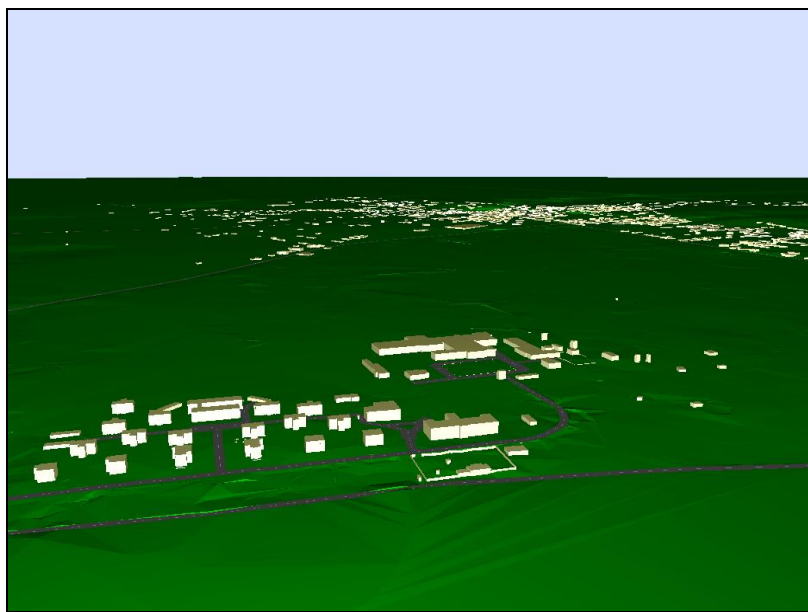


Figura 4-6 - Vista tridimensional sobre a área do PP da Herdade da Nossa Senhora da Glória com a freguesia da Glória do Ribatejo ao fundo – Situação actual.

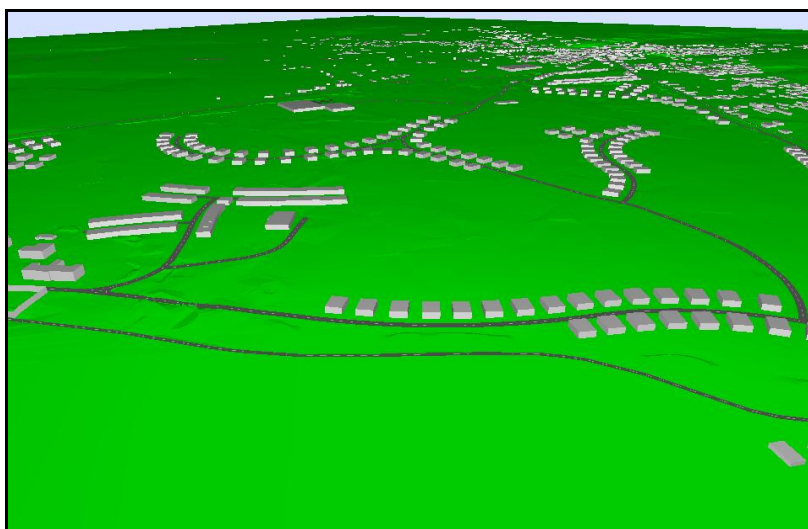


Figura 4-7 - Vista tridimensional sobre a área do PP da Herdade da Nossa Senhora da Glória com a freguesia da Glória do Ribatejo ao fundo – Situação futura.

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 foram igualmente contemplados nestes modelos, assumindo 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.

4.1.5 FONTES DE RUÍDO

Este estudo tem definido como fontes de ruído, os principais eixos de tráfego rodoviário e ferroviário existentes na área do plano em estudo, tanto para a situação actual como futura. No entanto, a situação futura considera igualmente como fonte sonora parques de estacionamento previstos.

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

Este projecto de actualização de Mapa de Ruído baseou-se na adaptação do volume de tráfego das rodovias já existentes, de acordo com os critérios e directrizes da APA, bem como à adaptação do tráfego ferroviário relativamente aos 3 períodos de referência.

4.1.5.1 Tráfego Rodoviário

Tendo em conta o já elaborado mapa de ruído do PP, de acordo com o Decreto-Lei 292/2000, foram utilizados os dados de tráfego das vias indicadas anteriormente mas devidamente adaptados aos indicadores L_{den} e L_n conforme recomendado pela Agência Portuguesa do Ambiente nas suas directrizes publicadas em Março de 2007. Desta forma, tem-se

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

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 os estudos de tráfego fornecidos pelo cliente para todas as vias consideradas.

Atendendo aos diferentes fluxos de tráfego, velocidades, tipo de pavimento e perfil da via, algumas vias foram divididas em diferentes troços, de forma a melhor caracterizar as vias rodoviárias enquanto fontes sonoras.

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.

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.

4.1.5.1.1 Situação Actual

A avaliação dos fluxos de tráfego dentro da área de estudo considerou como fontes de ruído, as principais vias de tráfego rodoviárias existentes na área do plano actualmente.

As rodovias consideradas no Mapa de Ruído da situação actual, bem como os respectivos volumes de tráfego distribuídos pelos 3 períodos, encontram-se listadas no quadro seguinte e identificadas na carta 1.1 do Anexo I.



Quadro 4-1 – Listagem do volume de tráfego das vias rodoviárias para os períodos diurno, entardecer e nocturno – situação actual.

Rodovia	Périodo Diurno		Périodo Entardecer		Périodo Nocturno	
	TMH (veículos/h)	% Pesados	TMH (veículos/h)	% Pesados	TMH (veículos/h)	% Pesados
A13	631	13	473	13	158	13
EM 581 - troço 1	126	2	87	2	10	1
EM 581 - troço 2	105	4	73	4	8	3
EN 367 - troço 1	164	1	123	1	41	1
EN 367 - troço 2	148	2	111	2	37	1
EN 367 - troço 3	123	2	92	2	30	1
EN 367 - troço 4	137	2	103	2	34	1
Estrada da Raret	12	10	8	10	1	9
Glória do Ribatejo	70	1	49	1	8	1
Rua da Ribeira - troço 1	74	2	52	2	9	1
Rua da Ribeira - troço 2	10	8	7	8	1	7

4.1.5.1.2 Situação Futura

A avaliação dos fluxos de tráfego dentro da área de estudo considerou como fontes de ruído, as principais vias de tráfego rodoviárias já existentes e as principais rodovias implantadas com o plano, assim como, os parques de estacionamento e as vias de acesso interiores.

Ainda, aquando desta revisão, algumas vias foram modificadas em termos de geometria, de acordo com as plantas mais actuais do projecto, mantendo os mesmos volumes de tráfego.

Os segmentos finais considerados para cada um dos eixos via são apresentados na Cartas 2.1 do Anexo I, e correspondem às variações de características listadas nos quadro seguinte.

Quadro 4-2 – Listagem do volume de tráfego das vias rodoviárias para os períodos diurno, entardecer e nocturno – situação futura.

Rodovia	Périodo Diurno		Périodo Entardecer		Périodo Nocturno	
	TMH (veículos/h)	% Pesados	TMH (veículos/h)	% Pesados	TMH (veículos/h)	% Pesados
Troço 1	8	s/s	6	s/s	1	s/s
Troço 2	30	s/s	22	s/s	6	s/s
Troço 3	20	s/s	15	s/s	4	s/s
Troço 4	10	s/s	8	s/s	4	s/s
Troço 5	10	s/s	7	s/s	2	s/s
Troço 6	10	s/s	7	s/s	2	s/s
Troço 7	10	s/s	7	s/s	2	s/s
A13	631	13	473	13	158	13
EM 581 - troço 1	126	2	87	2	10	1
EM 581 - troço 2	105	4	73	4	8	3
EN 367 - troço 1	164	1	123	1	41	1
EN 367 - troço 2	148	2	111	2	37	1
EN 367 - troço 3	123	2	92	2	30	1
EN 367 - troço 4	137	2	103	2	34	1
Estrada da Raret	12	10	8	10	1	9
Glória do Ribatejo - troço 1	70	1	49	1	8	1
Rua da Ribeira - troço 1	74	2	52	2	9	1
Rua da Ribeira - troço 2	10	8	7	8	1	7

S/S - Sem Significado

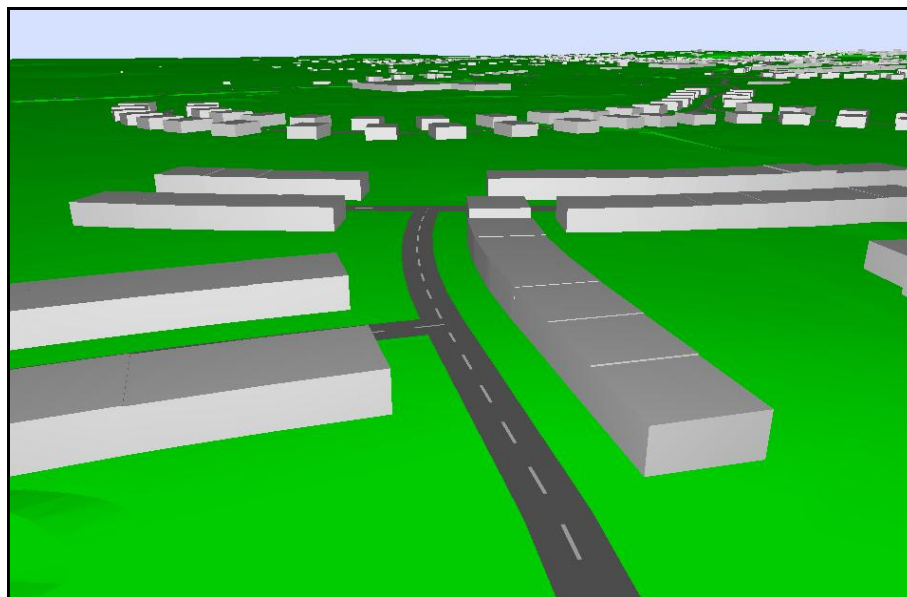


Figura 4-8 – Visualização tridimensional de um conjunto de vias e edificado envolvente – situação futura.

Como fontes afectas ao tráfego rodoviários foram ainda considerados a construção de parques de estacionamento (Carta 2.2 do Anexo I) previstos na área do plano.

A sua área de instalação localiza-se junto a edifícios públicos. Na figura seguinte, pode-se visualizar a implantação desses espaços.

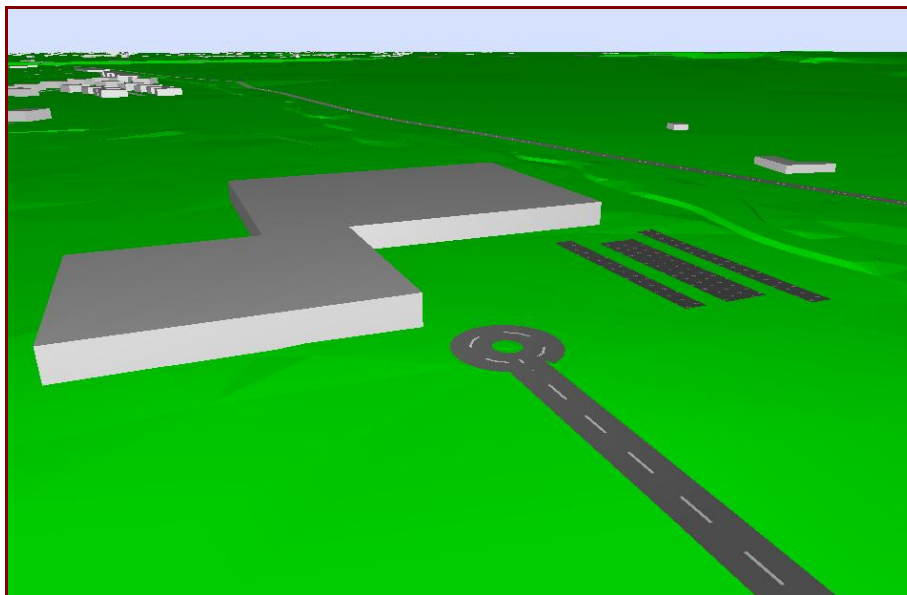


Figura 4-9 – Visualização tridimensional de rodovia e parques de estacionamento.

Para o cálculo dos níveis de pressão sonora previstos produzidos pelos parques de estacionamento foi utilizada a norma “Guidelines for Noise Control at Roads (RLS-90)”. Recorrendo a esta norma é necessário caracterizar este tipo de fontes segundo os parâmetros indicados no Quadro 4-3.

Quadro 4-3 – Listagem das características dos parques de estacionamento.

Parque	N.º de lugares	Tipo de Veículos	Rotatividade (Veic/Lugar/Hora)		
			Dia	Noite	Entardecer
Parque 1	78	ligeiros	0,15	0,08	0,13
Parque 2	56	ligeiros	0,16	0,08	0,13
Parque 3	14	ligeiros	0,14	0,07	0,12

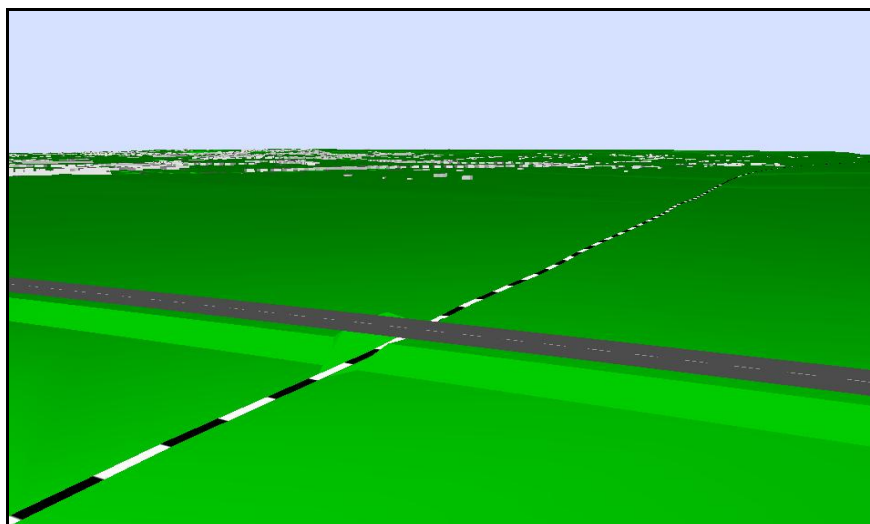
A adaptação dos dados referentes ao período entardecer teve por base o pressuposto considerado para estimar o tráfego rodoviário, relativamente a esse mesmo período.

4.1.5.2 Tráfego ferroviário

O Município de Salvaterra de Magos é atravessado pela Linha Ferroviária que faz a ligação Setil-Coruche, que constitui uma fonte de ruído devido à circulação de comboios nela existente. Esta fonte é considerada e mantém-se igual nas duas situações em análise – situação actual e futura.

As cotas da ferrovia foram obtidas através da modelação do terreno gerada pelas curvas de nível, tendo sido feitos alguns ajustes a partir da informação recolhida no terreno. A localização da via ferroviária modelada pode ser visualizada nas Carta 1.2 e 2.2 do Anexo I.

Na figura seguinte pode ser visualizado o resultado final dos ajustes realizados à via ferroviária e sua envolvente.


Figura 4-10 – Visualização tridimensional de passagem de nível.

Os dados necessários para efectuar a modelação do tráfego ferroviário foram fornecidos pela CP (Comboios de Portugal), referentes ao ano de 2008 e introduzidos no modelo segundo a tabela seguinte.

Quadro 4-4 – Listagem das composições em circulação na Linha Setil-Coruche, para os três períodos de referência.

Tipo de veículo circulante	Tração	Média de passagens semanal / período			Velocidade máxima do comboio(km/h)	L (M)
		Dia	Entardecer	Noite		
Mercadorias	Eléctrica	13	5	4	70	340
Mercadorias	Diesel	0	1	1	67	280



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 da Agência Portuguesa 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) e na Norma Schall03 (ruído ferroviário).

Para o cálculo dos mapas de ruído foi definida uma malha de cálculo regular de pontos receptores, com 5 m por 5 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 zona salientam-se a temperatura, a humidade relativa e o regime de ventos. Os dados utilizados para estabelecer a média de valores para a zona do plano, foram os apresentados no Ponto 4.1.3 – Caracterização climática.

No que se refere ao vento, dado que a velocidade média se situa entre 1 e 5 ms⁻¹, consideram-se condições de propagação com vento favorável, de acordo com a Norma NP 4361-2.

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 pela Agência Portuguesa do Ambiente nas suas directrizes publicadas em Março de 2007.



5. RESULTADOS DO MODELO – MAPAS DE RUÍDO

Os Mapas de Ruído do Plano de Pormenor da Herdade da N.ª Sr.ª da Glória, correspondentes à situação actual e futura, podem ser visualizados nas Cartas 3.1, 3.2, 4.1 e 4.2 do Anexo I, bem como nas Cartas 1.1.1, 1.1.2, 1.1.3 (situação actual) e 2.1.1, 2.1.2, 2.1.3 (situação futura) do Anexo II à escala 1:2000, para os indicadores L_{den} e L_n .

Os Mapas de Ruído de Planos de Pormenor permitem identificar situações prioritárias a integrar em planos de redução de ruído. Esta identificação resulta da análise de conformidade com o RGR, realizada a partir dos mapas de ruído.

Na situação actual os níveis de ruído existentes na área do plano são essencialmente originados pelas rodovias localizadas no limite do plano: E.N. 367, Rua da Ribeira e Estrada de Raret, bem como ainda pela infra-estrutura rodoviária A13.

Na situação futura prevê-se a existência de áreas residenciais e respectivos acessos rodoviários. No entanto, são as mesmas fontes sonoras comuns à situação actual que contribuem para os elevados níveis sonoros em determinadas zonas, não sendo os arruamentos previstos críticos em termos de emissões sonoras.

Como seria de esperar, verifica-se um decréscimo dos valores do período L_{den} para o L_n . No entanto, estes decréscimos são na generalidade das zonas, inferiores a 10 dB(A), o que faz com que o período nocturno seja o mais problemático em termos de situações não regulamentares.

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).

6. MEDIDAS DE MINIMIZAÇÃO

Os Mapas de Conflito apresentados para a situação futura evidenciam o excedente em dB(A) relativamente aos valores limite, baseando-se na classificação acústica do território em zonas sensíveis e mistas apresentada pelo cliente e que pode ser visualizada na carta 5 do Anexo 1.

Os Mapas de Conflito para os dois indicadores em causa são apresentados nas cartas 6.1 e 6.2 do Anexo 1. Através da análise destes, é possível verificar que a situação mais crítica diz respeito ao indicador L_n , apresentando maioritariamente manchas representativas dos valores excedentes num intervalo de 0 a 5dB(A) (a verde).

Desta forma, as áreas onde é necessário equacionarem-se medidas de redução sonora dizem respeito à:

1. *Zonas residenciais a Nordeste do plano*, sendo estas principalmente afectadas pelo troço 3 da EN 367 e ainda pela auto-estrada n.º 13 (A13);
2. *Habitacões limítrofes à EN 367*, que apesar de integradas numa Zona Mista devido à proximidade de um significativa fonte de ruído, se encontram expostas a níveis que excedem os valores limite;
3. *Habitacões adjacentes à Rua da Ribeira*, na zona Este e Sul do Plano, afectadas pela rodovia em causa;
4. *Habitacões limítrofes à via proposta troço 2- junto à rotunda com a EN 367*

Para os casos identificados e de forma a que sejam cumpridos os requisitos apresentados no Decreto-Lei 9/2007, foram definidos um conjunto de soluções, tanto sob a forma de recomendações que deverão ser consideradas em futuros projectos, bem como medidas efectivas a implementar pelo município e restantes entidades.

Desta forma, para cada um dos casos identificados, serão de considerar os seguintes aspectos:

1. *Zonas residenciais a Nordeste do plano*
 - a. Relativamente aos níveis gerados pelo troço 3 da EN 367, as medidas de minimização a desenvolver passam por actuar a nível da fonte sonora. A desqualificação de estrada nacional para rua urbana irá trazer modificações favoráveis, em termos de redução sonora. O próprio projecto de requalificação deverá contemplar medidas de redução sonora aquando da sua execução, devendo integrar recomendações por parte do município, de forma a limitar a velocidade: criação de passadeiras, e/ou colocação de lombas, sinalização vertical, entre outras.
 - b. Apesar de afastada do limite do plano, a A13 contribui para o aumento dos níveis sonoros nessa zona, pelo que serão de considerar medidas de minimização para a infra-estrutura em causa. Medidas essas que deverão englobar-se num plano de redução de ruído da rodovia a implementar pela entidade responsável pela sua gestão, devendo igualmente encontrarem-se assinaladas aquando da realização do Plano Municipal de Redução de Ruído, de forma a darem cumprimento ao zonamento acústico proposto.
2. *Habitacões limítrofes à EN 367*
 - a. Nesta zona, apesar de existir conflito com os valores limite, estes não são muito significativos. Em semelhança à situação anterior, e por já existirem habitacões, recomenda-se actuar a nível da fonte sonora, implementando soluções de limitação de velocidade no troço que mais exposto às habitacões existentes e previstas, por exemplo: criação de passadeiras, e/ou colocação de lombas, sinalização vertical, entre outras.



3. *Habitações adjacentes à Rua da Ribeira*

- a. Ao longo desta via são identificados dois locais onde os valores limite são excedidos, afectando futuras habitações. Para os dois locais em causa, prioriza-se actuar a nível da fontes sonora, e uma vez que reduzir a velocidade para além dos 50 km/h (velocidade considerada no mapa de ruído) torna-se pouco praticável, sugere-se como medida a implementar na fonte a alteração de pavimento por um menos ruidoso;
- b. Em alternativa e na impossibilidade de aplicar a medida proposta no ponto anterior, pode-se recomendar actuar a nível do receptor, tendo a edificação futura de garantir um reforço de isolamento de fachada suficiente ao bem-estar dos habitantes, ou mesmo, os futuros edifícios poderem apresentar um projecto com distribuição de espaços sensíveis (quartos e salas de estar) na fachada menos exposta ao tráfego rodoviário.

4. *Habitações limítrofes à via proposta troço 2*

- a. Por se tratar de uma via não existente, recomenda-se que aquando da sua implementação se considere como medida de minimização a escolha de um pavimento pouco ruidoso.
- b. Em alternativa e na impossibilidade de aplicar a medida proposta no ponto anterior, pode-se recomendar actuar a nível do receptor, tendo a edificação futura de garantir um reforço de isolamento de fachada suficiente ao bem-estar dos habitantes, ou mesmo, os futuros edifícios poderem apresentar um projecto com distribuição de espaços sensíveis (quartos e salas de estar) na fachada menos exposta ao tráfego rodoviário.

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

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

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 e Norma Alemã Schall03. 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 do Plano de Pormenor da Herdade da Nª Srª da Glória, baseou-se no primeiro modelo realizado em 2006, tendo os novos cálculos sido realizados a partir desse modelo, 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 plano 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.

Os Mapas de Conflito permitem visualizar as áreas em que os níveis de ruído são excedidos, em relação à classificação de zona propostas (Zonas Mistas ou Sensíveis), pelo que o grau de cumprimento depende dessa classificação acústica.

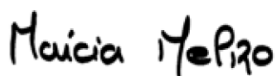
Para as zonas onde os limites legais estipulados se encontravam ultrapassados, foram equacionadas e recomendadas medidas de minimização de ruído, de forma a que no cômputo geral o zonamento acústico garanta que os valores limite não sejam ultrapassados junto dos receptores sensíveis.

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:

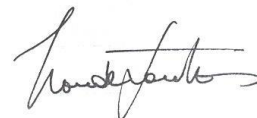
Márcia Melro



Técnica Superior

Verificado e aprovado por:

Luís Conde Santos



Director Técnico



8. 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 - Prévision 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. Princípios Orientadores para a Elaboração de Mapas de Ruído, DGA/DGOTDU, 2001.
11. Procedimentos específicos de medição de ruído ambiente, Instituto do Ambiente, Abril 2003.
12. Projecto-Piloto de Demonstração de Mapas de Ruído – Escalas Municipal e Urbana, Instituto do Ambiente, Ramos Pinto, F., Guedes, M. & Leite, M. J., 2004.
13. Recomendações para Selecção de Métodos de Cálculo a Utilizar na Previsão de Níveis Sonoros, DGA / DGOTDU, 2001.
14. 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.
15. Regulamento Geral do Ruído – Decreto-Lei n.º 9/2007 de 17 de Janeiro.
16. Directrizes para a Elaboração de Mapas de Ruído, APA, Março 2007



Anexo I