



Mapa de Ruído do Município de Benavente

Actualização

Situação Actual e Futura

Descrição do Modelo e Resultados

Referência do Relatório: 09_102_MRPM02_REV01

Data do Relatório: 2013-04-18

Nº. Total de Páginas (excluindo anexos): 34



ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO E OBJECTIVO.....	3
2. CONTEXTO LEGISLATIVO	5
2.1 DEFINIÇÕES	5
2.2 ENQUADRAMENTO LEGAL DOS MAPAS DE RUÍDO	7
3. METODOLOGIA.....	9
3.1 MAPAS DE RUÍDO – DESCRIÇÃO BREVE	9
3.2 MAPA DE RUÍDO DO MUNICÍPIO DE BENAVENTE	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>Indústrias</i>	13
4. DESCRIÇÃO DO PROJECTO.....	15
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO MODELO.....	15
4.1.1 <i>Identificação da área de estudo</i>	15
4.1.2 <i>Área do mapa e área de estudo</i>	15
4.1.3 <i>Caracterização climática</i>	17
4.1.4 <i>Dados cartográficos e modelo tridimensional</i>	17
4.1.4.1 <i>Altimetria</i>	17
4.1.4.2 <i>Edifícios</i>	18
4.2 FONTES DE RUÍDO.....	19
4.2.1 <i>Situação Actual</i>	19
4.2.1.1 <i>Tráfego Rodoviário</i>	19
4.2.1.2 <i>Indústrias</i>	22
4.2.2 <i>Situação Futura</i>	25
4.2.2.1 <i>Tráfego Rodoviário</i>	25
4.2.2.2 <i>Indústrias</i>	27
4.3 CONFIGURAÇÃO DE CÁLCULO	28
4.4 VALIDAÇÃO DO MODELO	28
4.5 CLASSIFICAÇÃO ACÚSTICA.....	29
5. RESULTADOS DO MODELO – MAPAS DE RUÍDO	30
5.1 SITUAÇÃO ACTUAL.....	30
5.2 SITUAÇÃO FUTURA.....	32
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	33
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34
ANEXO I – Identificação das fontes de ruído modeladas e zonamento acústico (1:60 000);	
ANEXO II – Mapas de Ruído e de Conflito da Situação Actual (1:25 000);	
ANEXO III – Mapas de Ruído e de Conflito da Situação Futura (1:25 000);	
ANEXO IV – Mapas de Ruído em formato A3 que acompanham o Resumo Não Técnico (1:120 000);	
ANEXO VI – CD com Relatório, Resumo não técnico e Mapas de Ruído e Conflito em formato Raster e Vectorial.	



Mapa de Ruído do Município de Benavente

DESCRIÇÃO DO MODELO E RESULTADOS

Ficha Técnica

Designação do Projecto	Mapa de Ruído do Município de Benavente
Cliente	Câmara Municipal de Benavente
Morada	Praça do Município 2130-038 Benavente
Localização do projecto	Área abrangida pelo Município de Benavente
Fonte(s) do Ruído Particular	Tráfego rodoviário. Indústrias.
Data de Emissão	2013-04-18

Este relatório é uma revisão do relatório com a referência 09_102_MRPM02 emitido em 2013-02-18 e substitui integralmente o mesmo

Equipa Técnica

O presente trabalho foi elaborado pela seguinte equipa técnica:

- Luís Conde Santos, Engenheiro Electrotécnico (IST), MSc. Sound and Vibration Studies (Un. Southampton) – Director Técnico;
- Jorge Preto, Eng. do Território (IST) – Técnico Superior;
- Catarina Ávila de Melo, Técnica Qualidade Ambiental (AESBUC) – Técnica Superior.



1. INTRODUÇÃO E OBJECTIVO

O Regulamento Geral do Ruído (RGR), aprovado pelo Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de Janeiro revoga o anterior regulamento (Decreto – Lei n.º 292/2000) defendendo a articulação com outros regimes jurídicos, designadamente o da urbanização e da edificação e o de autorização e licenciamento de actividades. O RGR visa, por outro lado, a salvaguarda da saúde humana e bem-estar das populações em matéria de ambiente sonoro e a harmonização com o Decreto-Lei n.º 146/2006, de 31 de Julho, que transpõe a Directiva Comunitária 2002/49/CE relativa à Avaliação e Gestão do Ruído Ambiente.

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.

É de destacar que passam a existir 3 períodos de referência – diurno, do entardecer e nocturno – e 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 . O período diurno tem início às 07h00 e fim às 20h00, o do entardecer vai das 20h00 às 23h00 e o nocturno das 23h00 às 07h00.

O presente estudo é uma revisão do anteriormente produzido em Fevereiro de 2013 no seguimento de diversas recomendações da CCDRLVT. Foram elaborados dois mapas de ruído que traduzem a situação existente e a situação decorrente da proposta de ordenamento do PDM de Benavente (ou futura). Desde já se adianta que o contributo do Novo Aeroporto de Lisboa (NAL) não será considerado no mapa de ruído previsional, por razões fora do âmbito deste relatório.

No mapa de ruído da situação existente houve alterações no volume de tráfego e no traçado de algumas vias. Essas alterações pretendem reflectir o funcionamento da variante a Samora Correia na distribuição do tráfego na envolvente desse mesmo aglomerado. Essa via foi recentemente alvo de obras de construção de civil com o propósito de melhorar as condições de circulação na mesma e assim reforçar o seu papel associado ao desvio de tráfego do centro da localidade.

O mapa de ruído da situação futura contempla o prolongamento da variante a Samora Correia, a construção de uma variante a Benavente e a alteração dos perímetros associados às actividades económicas e industriais.

A revisão do Mapa de Ruído do Município de Benavente 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:

- Identificar as zonas de conflito acústico com vista à elaboração posterior de um Plano Municipal de Redução de Ruído;
- Compatibilizar o mapa de ruído com a proposta de revisão do PDM.

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 de Benavente 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 pela Agência Portuguesa 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 inclui os Mapas de Ruído e os Mapas de Conflitos do Município de Benavente à escala 1:25.000.



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 pela Agência Portuguesa de Ambiente em Junho de 2008 e revistas em Dezembro de 2011 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 entardecer (L_{Aeq} de longa duração do ruído ambiente 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 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).

No que diz respeito ao licenciamento de operações urbanísticas, o nº 6 do artigo 12º refere que é interdito o licenciamento ou a autorização de novos edifícios habitacionais, bem como de novas escolas, hospitais ou similares e espaços de lazer enquanto se verifique violação dos valores limite fixados no artigo anterior.

O nº 7 desse mesmo artigo estabelece, porém, que podem ser licenciados novos edifícios habitacionais em zonas urbanas consolidadas desde que essa zona seja abrangida por um plano municipal de redução de ruído ou não seja excedido em mais de 5 dB(A) os valores limite fixados no artigo 11º e haja um reforço suplementar de 3 dB(A) do isolamento de fachada (expresso através do índice $D_{2m,nT,w}$) em relação ao limite estipulado no Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (DL 96/2008).

Ainda de acordo com o RGR, cabe à Agência Portuguesa de Ambiente (APA) a definição de directrizes para elaboração de mapas de ruído. Nesse intuito, foram publicadas as referidas directrizes em Março de 2007, depois revistas em Junho de 2008, das quais se destacam os seguintes aspectos técnicos a ter em consideração na elaboração de mapas de ruído:

- Todos os mapas de ruído devem reportar-se aos indicadores L_{den} e L_n , ambos calculados a uma altura acima do solo de 4 metros.
- Para elaboração dos mapas de ruído municipais recomendam-se os métodos de cálculo referidos no Anexo I da DRA.



- A cartografia base deve incluir a altimetria do terreno (curvas de nível cotadas), a localização e altura dos edifícios, das fontes de ruído (infra-estruturas de transporte e fontes fixas) e dos obstáculos permanentes à propagação do ruído (por exemplo, muros e barreiras acústicas).
- Recomenda-se que a escala seja igual ou superior a: 1:25000, para articulação com PDM, salvo nos municípios definidos como aglomerações; 1:5000, ou outras que a regulamentação própria sobre cartografia venha a definir, para articulação com PU/PP; 1:10000, para mapas estratégicos de aglomerações e de GIT.
- Os mapas para articulação com o PDM devem incluir, pelo menos as seguintes fontes de ruído:
 1. As rodovias cujo tráfego médio diário anual (TMDA) ultrapasse 8 000 veículos;
 2. As ferrovias, incluindo as linhas da rede principal e complementar, o metropolitano de superfície, com 30 000 ou mais passagens de comboios por ano;
 3. Todos os aeroportos e aeródromos;
 4. as fontes fixas abrangidas pelos procedimentos de Avaliação de Impacte Ambiental e de Prevenção e Controlo Integrados de Poluição.
- Os mapas para articulação com PU e PP devem incluir todas as fontes sonoras com emissões para o exterior.
- Os valores apresentados no mapa devem ser comparados com valores de medições efectuadas em locais seleccionados, através de uma ou mais medições de longa duração (duração mínima de 48 horas).
- Deve ser considerada, pelo menos, a primeira ordem de reflexões para os mapas de ruído à escala do PDM e mapas estratégicos de ruído e, pelo menos, a segunda ordem de reflexões para mapas às escalas de PU ou PP.
- É recomendada uma malha de cálculo não superior a 20 m por 20 m para mapas de ruído à escala do PDM e mapas estratégicos de ruído e não superior a 10 m por 10 m para mapas de ruído à escala de PU e PP e mapas estratégicos de aglomerações.

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.

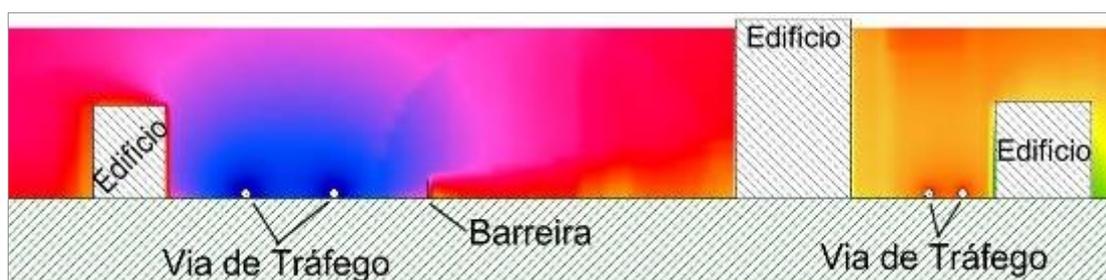


Figura 3-3 – Mapa de Ruído em corte transversal às vias rodoviárias.

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 DE BENAVENTE

O trabalho realizado consistiu numa revisão dos mapas de ruído anteriormente elaborados (Fevereiro 2013). Os mapas de ruído foram recalculados, de forma a expressarem os indicadores L_{den} e L_n , tendo em conta as recomendações das Directrizes para a Elaboração de Mapas de Ruído publicadas pelo APA. Foram ainda introduzidas seis novas fontes industriais.

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: 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/entardecer/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.

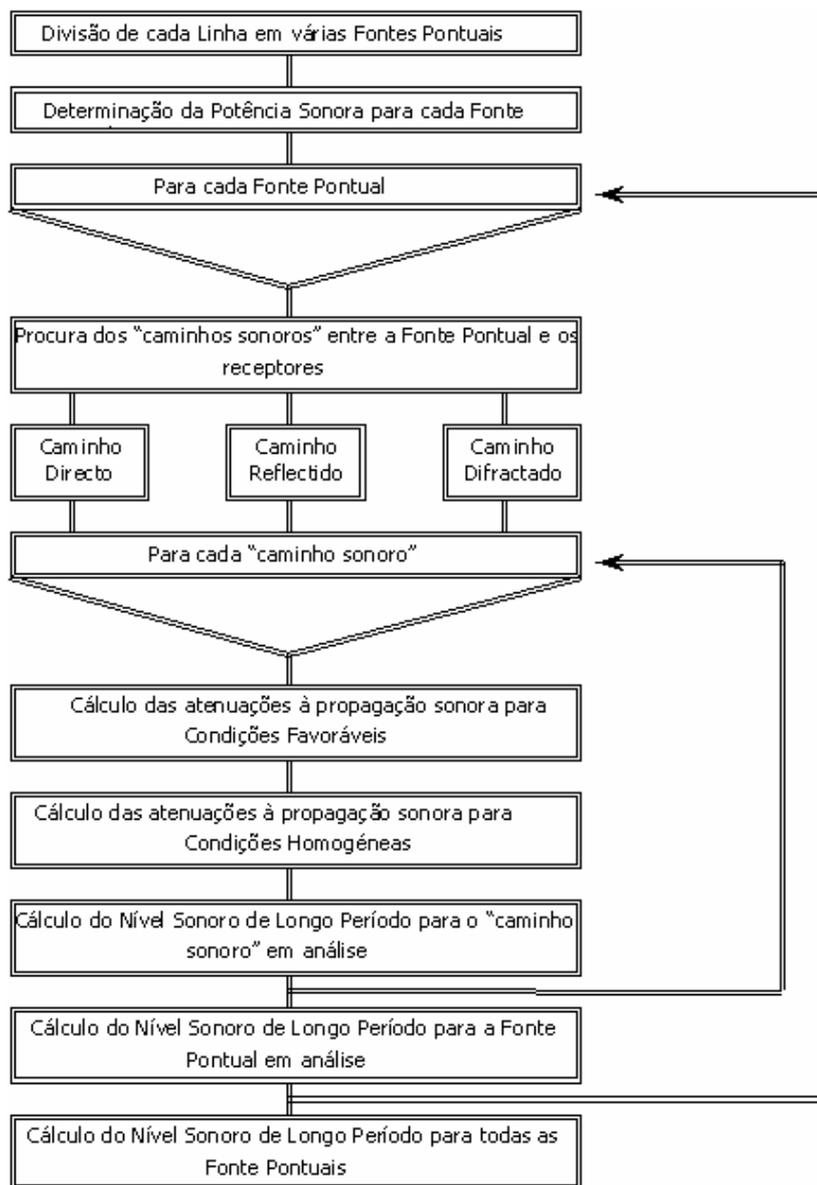


Figura 3-4 – Fluxograma do método NMPB'96



3.4.2 INDÚSTRIAS

A avaliação do impacto sonoro das fontes industriais, foi efectuada através de modelação de fontes em área optimizáveis. 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.

A determinação da potência sonora baseia-se na Norma ISO 8297:1994(E) e, sucintamente, consiste na realização de medições do ruído ambiente na área envolvente à unidade industrial em avaliação, variando a distância à fonte, a altura das medições e a distância entre pontos de medição em função das características (altura média das fontes, comprimento máximo da unidade industrial) da área industrial em estudo. A potência sonora da unidade industrial é determinada em função dos valores medidos indicados no modelo como pontos receptores de optimização e definindo os parâmetros de cálculo necessários, parâmetros esses que obedecem à norma indicada anteriormente.

A atenuação do som na sua propagação ao ar livre foi calculada pelo software recorrendo à norma NP 4361-2 (2001). Esta norma 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 e, neste caso, calculado pela ISO 8297:1994(E).

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

4. DESCRIÇÃO DO PROJECTO

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO MODELO

Dado tratar-se de um projecto de revisão de Mapa de Ruído e uma vez que já existe um modelo tridimensional, a maioria das componentes que deram forma ao modelo base mantém-se, alterando-se a introdução de uma nova rodovia (Variante a Benavente) e volumes de tráfego associados, bem como novas áreas industriais para a situação futura.

4.1.1 IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Benavente situa-se na região centro do país, pertencendo ao distrito de Santarém (Figura 4-1). Este município é constituído por quatro freguesias: Barrosa, Benavente, Samora Correia e Santo Estevão, abrangendo uma área total de 521 Km² e possuindo uma população de cerca de 28.312 habitantes (ANMP, 2008).

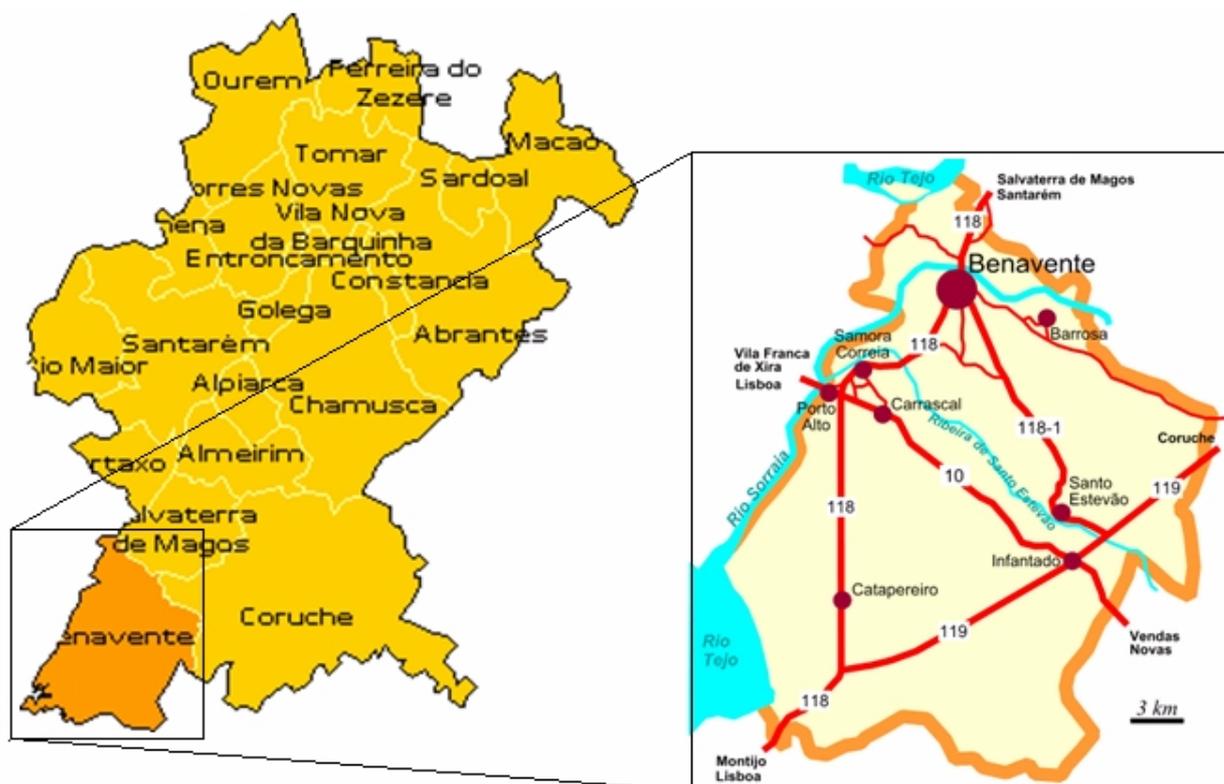


Figura 4-1 – Localização da área em estudo: Município de Benavente.

Fontes: IGP, 2007 e <http://viajar.clix.pt>

4.1.2 ÁREA DO MAPA E ÁREA DE ESTUDO

A área do mapa corresponde à área contida no limite do Município. Embora a propagação de ruído seja um problema eminentemente de âmbito local, muitas das infraestruturas que produzem ruído

atravessam vários municípios, por isso aquelas que extravasam o limite concelhio, foram estendidas para além da área de cálculo, conforme se ilustra na figura seguinte, para que fosse tida em conta essa emissão sonora. Neste último caso, a área considerada diz respeito à área de estudo. A distância considerada teve em conta o tipo e intensidade das fontes em causa, bem como das características de ocupação do solo no limite da área do mapa.

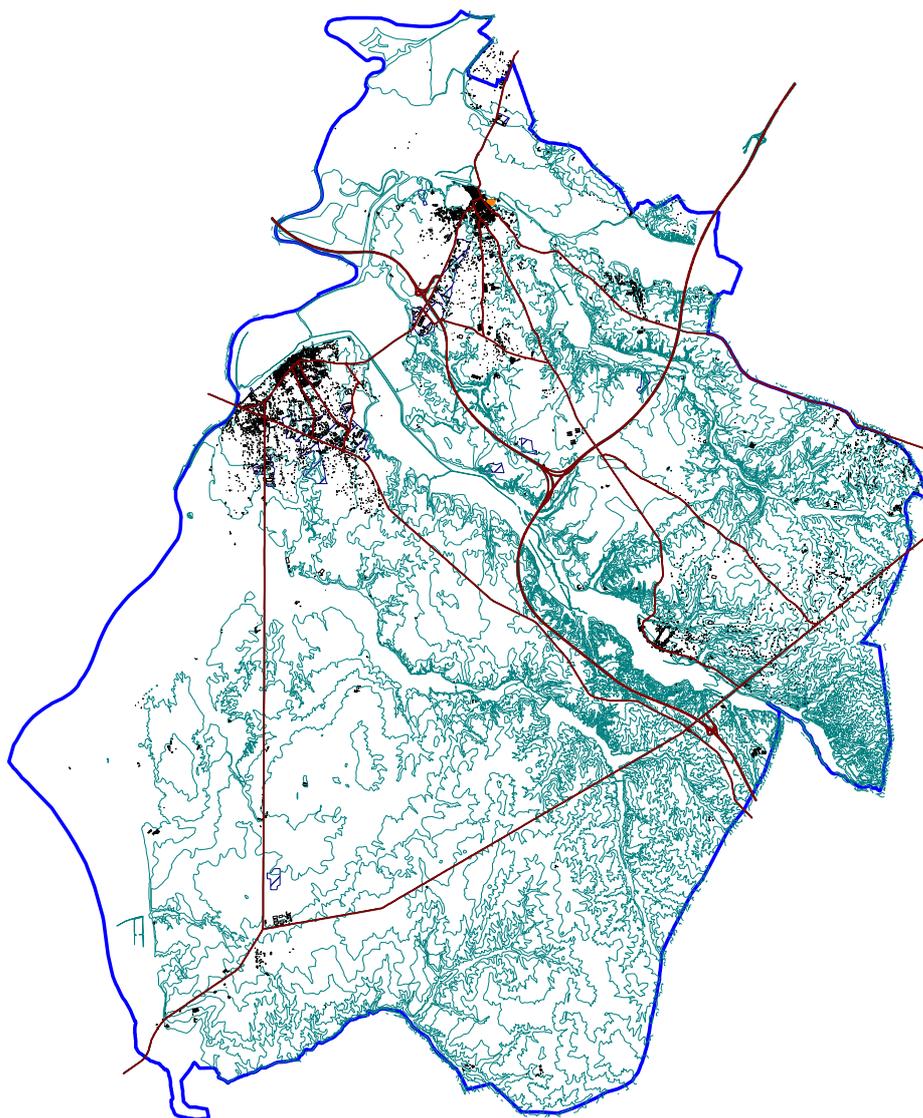


Figura 4-2 – Representação da área de estudo.



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, situadas geograficamente 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 .shp, 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 5 em 5 metros, abrangendo a totalidade da área concelhia, conforme a Figura 4-3. A informação fornecida pela Câmara Municipal encontrava-se georeferenciada.

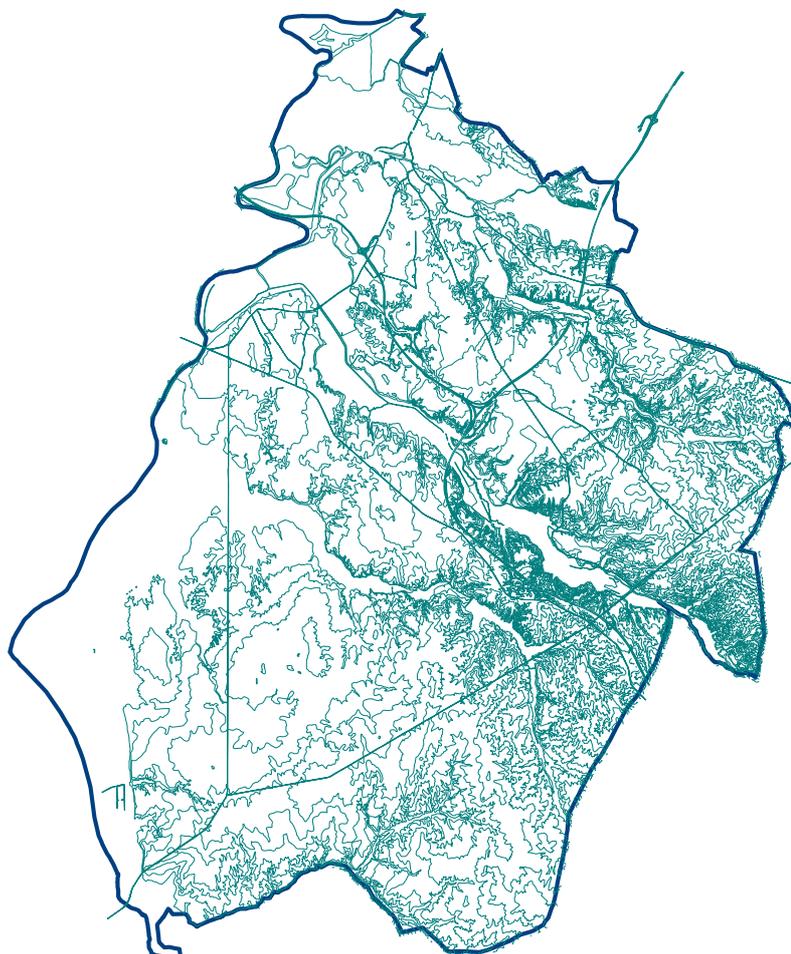


Figura 4-3 – Curvas de nível em planta.

4.1.4.2 Edifícios

A informação referente a edifícios e outros elementos de construção (planimetria), foi fornecida pelo cliente.

Na cartografia fornecida pelo cliente, encontrava-se disponível a informação sobre a cêrcea da totalidade dos edifícios do município. Deste modo, foi possível “construir” o modelo 3D da área em estudo.

Na Figura 4-4, pode-se observar o aspecto do modelo tridimensional criado. Aos edifícios foi também atribuído um valor médio de absorção sonora.

Será também de realçar que, foram também identificados e introduzidos no modelo alguns objectos de interesse, como por exemplo muros e taludes, que funcionam como “barreiras acústicas” na propagação do som ao ar livre.

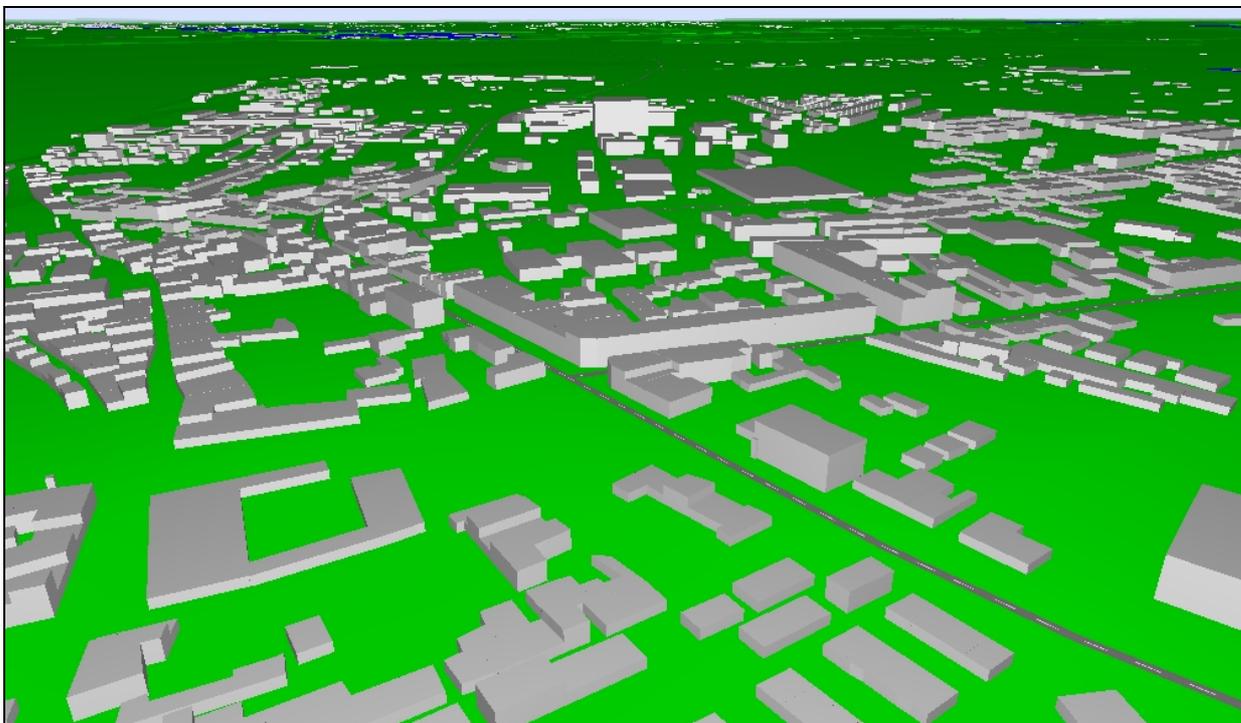


Figura 4-4 – Vista tridimensional sobre a zona urbana de Samora Correia

4.2 FONTES DE RUÍDO

O presente estudo tem definido como fontes de ruído, as principais vias de tráfego rodoviárias e o ruído industrial existentes na área em estudo. As fontes de ruído foram modeladas de acordo com a sua geometria real e de forma a reproduzir no modelo a realidade acústica existente.

4.2.1 SITUAÇÃO ACTUAL

4.2.1.1 *Tráfego Rodoviário*

A localização desta informação foi obtida através da cartografia e documentação fornecida pelo cliente.

As cotas das estradas foram obtidas através da modelação do terreno gerado pelas curvas de nível, tendo sido necessários alguns ajustes, de modo a obter uma melhor correspondência com a realidade, como pode ser verificado na Figura 4-5.

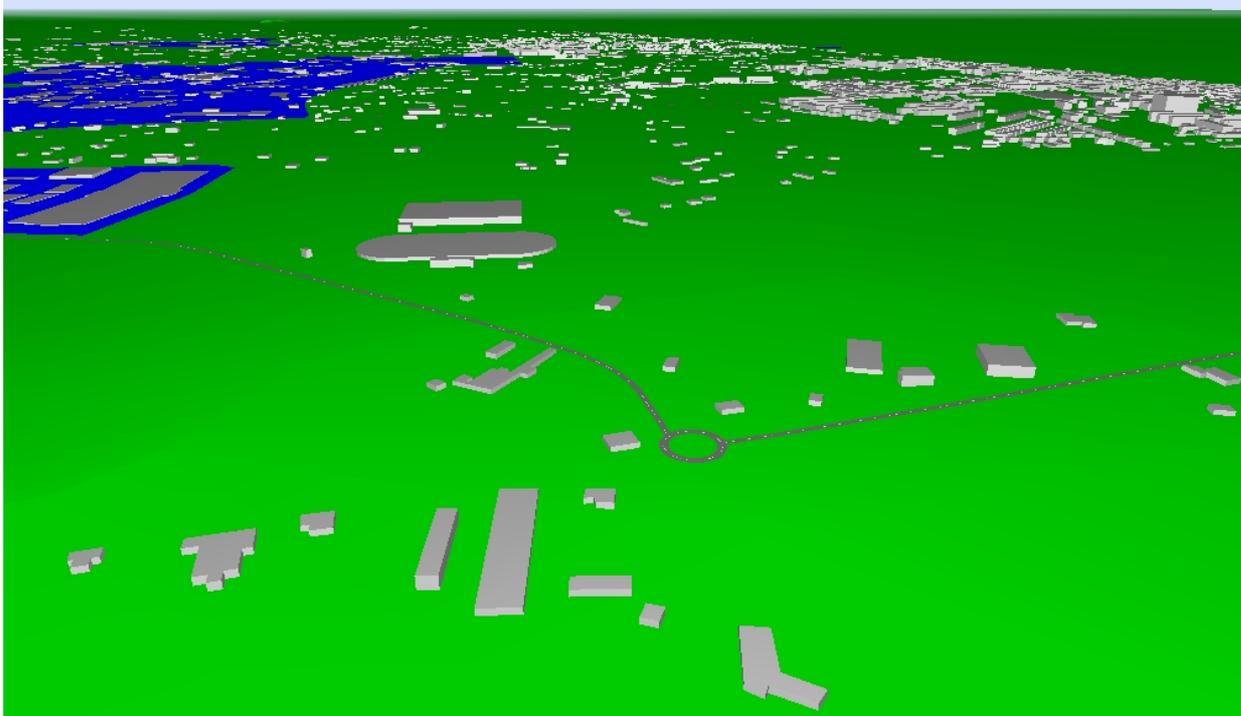


Figura 4-5 – Vista tridimensional da Estrada Figueira Milheira.

Assim, as estradas consideradas neste estudo foram as seguintes:

- Auto-estrada nº10, respectivos nós e ramos de acesso, A10
- Auto-estrada nº13, respectivos nós e ramos de acesso, A13
- Estrada Nacional nº 10, EN 10;
- Estrada Nacional nº 10-5, EN 10-5;
- Estrada Nacional nº 118, EN 118;
- Estrada Nacional nº 118-1, EN 118-1;
- Estrada Nacional nº 119, EN 119;
- Estrada Municipal n.º 515, EM 515;
- Av. Egas Moniz;
- Estrada da Figueira Milheira;
- Estrada do Miradouro;
- Estrada dos Cachimbos;
- Rua dos Operários Agrícolas;
- Rotunda EN 10 – EN 118;



Atendendo aos principais cruzamentos existentes nas vias rodoviárias em estudo, estas foram divididas em diferentes troços distintos, como pode ser visualizado na Carta 1.1 do Anexo I deste estudo, de forma a caracterizar os diferentes volumes de tráfego. Dentro destes troços houve ainda uma subdivisão por velocidade de circulação permitida e por tipo de piso.

No **Erro! A origem da referência não foi encontrada.** apresentam-se algumas características das vias rodoviárias incluídas no modelo para elaboração dos mapas de ruído, resultantes de trabalho de campo realizado pelo dB Lab e de dados de tráfego obtidos junto das entidades gestoras de cada infra-estrutura rodoviária (Concessionária no caso da A10 e A13).

A Rua dos Operários Agrícolas – B e a Estrada da Figueira Milheira foram objecto de obras construção civil de modo a melhorar as respectivas condições de circulação e passaram a integrar a variante à zona urbana de Samora Correia, referida no início do relatório.

Em conjunto com os técnicos da Câmara Municipal de Benavente estima-se que a variante recentemente remodelada retira actualmente 50 % do tráfego de pesados e 20 % do tráfego de ligeiros à EN10 e, proporcionalmente, à EN118 com ligação ao centro de Samora Correia. O tráfego da variante é depois canalizado para a EN118 em direcção a Benavente.

A sua adaptação ao terreno foi efectuada com recurso ao programa de modelação acústica CadnaA e com base no respectivo projecto de execução fornecido pela CM de Benavente.


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

Rodovia	TMH (veiculos/h)			Percentagem de Pesados			Velocidade máxima (km/h)		Tipo de Piso
	Diurno	Entardecer	Nocturno	Diurno	Entardecer	Nocturno	Ligeiros	Pesados	
A10 - A1_A10 - Benavente	377	210	62	25,0	17,0	33,0	120	90	Asfalto
Benavente Nó - Entrada	136	70	18	25,0	15,0	25,0	40	40	Asfalto
Benavente Nó - Entrada/saída	272	143	38	25,0	15,0	25,0	40	40	Asfalto
Benavente Nó - Saída	136	73	20	25,0	15,0	25,0	40	40	Asfalto
Portagens Benavente - Entrada + Saída	272	143	38	25,0	15,0	25,0	40	40	Asfalto
A10 - Benavente - A10_A13	154	88	27	27,0	23,0	43,0	120	90	Asfalto
Benavente PVSN - Entrada	52	45	9	29,0	23,0	28,0	40	40	Asfalto
Benavente PVSN - Saída	63	26	16	24,0	21,0	55,0	40	40	Asfalto
A13 - Salvaterra - A10_A13	308	191	50	21,0	17,0	32,0	120	90	Asfalto
A13 - A10_A13 - Sto. Estevão	393	245	68	24,0	19,0	35,0	120	90	Asfalto
Portagens A13	78	43	14	35,0	30,0	48,0	40	40	Asfalto
A13 - Sto. Estevão - Pegões	377	242	64	23,0	19,0	34,0	120	90	Asfalto
Sto. Estevão - Entrada	41	22	7	35,0	30,0	48,0	40	40	Asfalto
Sto. Estevão - Saída	37	21	7	36,0	31,0	53,0	40	40	Asfalto
Avenida Egas Moniz	237	176,3	55	1,0	1,0	1,0	50	50	Asfalto
Rua dos Operários Agrícolas - A	102	76	24	2,0	1,9	1,0	50	50	Asfalto
Estrada dos Alemães - A	80	59,7	19	5,0	4,8	3,0	50	50	Asfalto
Estrada dos Alemães - B	80	59,7	19	5,0	4,8	3,0	90	80	Asfalto
Rotunda - Estrada dos Cachimbos	77	57	17	22,0	20,9	11,0	50	50	Asfalto
Estrada dos Cachimbos	77	57	17	22,0	20,9	11,0	50	50	Asfalto
Estrada do Miradouro	134	100,7	34	22,0	20,8	11,0	50	50	Asfalto
EN10 - A	119	148	206	21,0	17,8	14,0	50	50	Asfalto
EN10 - B	937	684	175	18,0	17,5	12,0	50	50	Asfalto
EN10 - C	453	329,7	83	32,0	31,1	21,0	50	50	Asfalto
EN10 - D	319	233	61	22,7	22,0	14,2	50	50	Asfalto
EN10 - E	453	329,7	83	32,0	31,1	21,0	90	80	Asfalto
EN10 - F	414	301,3	76	33,0	31,2	11,0	50	50	Asfalto
EN10 - G	414	301,3	76	33,0	31,2	11,0	90	80	Asfalto
EN 10-5	691	528,7	204	10,0	9,1	3,0	50	50	Asfalto
Rotunda EN10-EN118	747	560	185	12,8	12,5	10,0	50	50	Asfalto
EN118 - A	1167	849,3	214	8,0	7,7	5,0	90	80	Asfalto
EN118 - B	1167	849,3	214	8,0	7,7	5,0	50	50	Asfalto
EN118 - C	841	614	157	7,6	7,4	4,7	50	50	Asfalto
EN118 - D	975	709,7	179	14,0	13,6	9,0	50	50	Asfalto
EN118 - E	841	614	157	7,6	7,4	4,7	50	50	Asfalto
EN118 - F	1109	806	201	18,8	18,3	12,4	50	50	Asfalto
EN118 - G	1109	806	201	18,8	18,3	12,4	90	80	Asfalto
EN118 - H	1057	771	197	4,4	4,4	3,4	50	50	Asfalto
EN118 - I	876	637,7	161	18,0	17,5	12,0	90	80	Asfalto
EN118 - J	876	637,7	161	18,0	17,5	12,0	50	50	Asfalto
EN118-1 - A	876	611,3	82	18,0	17,3	3,0	50	50	Asfalto
EN118-1 - B	111	80,7	20	3,0	2,9	2,0	50	50	Asfalto
EN118-1 - C	111	80,7	20	3,0	2,9	2,0	90	80	Asfalto
EN119 - A	261	190	48	13,0	12,7	9,0	50	50	Asfalto
EN119 - B	261	190	48	13,0	12,7	9,0	90	80	Asfalto
EN119 - C	513	373,7	95	17,0	16,5	11,0	50	50	Asfalto
EN119 - D	513	373,7	95	17,0	16,5	11,0	90	80	Asfalto
EN119 - E	432	314,3	79	15,0	14,6	10,0	90	80	Asfalto
EN119 - F	281	208	62	10,0	10,0	10,0	90	80	Asfalto
EM515 - A	381	283,7	89	6,0	5,7	3,0	50	50	Asfalto
EM515 - B	103	71,3	8	4,0	4,0	3,0	50	50	Asfalto
EM515 - C	103	71,3	8	4,0	3,9	2,0	90	80	Asfalto
Rotunda EN10 - R.Operários Agrícolas	302	220	44	29,0	28,0	16,6	50	50	Asfalto
Rua das Operários Agrícolas - B	434	319	92	30,5	29,3	21,0	50	50	Asfalto
Rotunda Rua Operários Agrícolas - Estrada Figueira Milheira	217	161	46	28,0	26,8	15,7	40	40	Asfalto
Estrada da Figueira Milheira	332	243	68	32,6	31,3	19,0	50	50	Asfalto
Rotunda Estrada da Figueira Milheira	332	243	68	32,6	31,3	19,0	50	50	Asfalto
Rotunda EN118-Estrada Figueira Milheira	571	416	107	16,7	16,2	11,0	50	50	Asfalto

4.2.1.2 Indústrias



As unidades industriais consideradas no modelo encontram-se identificadas a seguir à Tabela 4-2. Os limites das zonas industriais encontram-se, por outro lado, definidos na Carta 1.2 – Anexo I.

Foram assim consideradas as contribuições particulares das seguintes indústrias:

- Zona Industrial de Benavente;
- Zona Industrial da Murteira;
- ETAR da Quinta dos Gatos;
- Milupa Portuguesa;
- Silvex;
- MACILVAC;
- IDAL;
- Zona Industrial Porto Alto Sul – EN118;
- Raçalto;
- IMCOMPOL;
- BRINDAUTO;
- Zona Industrial do Porto Alto – EN10;
- Pedreira “Herdade do Catapereiro”;
- Pedreira “Santa Casa da Misericórdia de Benavente”;
- Pedreira – Acoril – Empreiteiros, Lda;
- Pedreira – Zubareia II Areia, SA;
- Pedreira – A. P. Areias, SA;
- Pedreira – Teodoro Gomes Alho e Filhos, Lda.

No quadro seguinte são apresentadas as características de emissão sonora e horários de funcionamento das indústrias modeladas.

**Quadro 4-2 – Áreas industriais e respectiva potência sonora aplicada**

Área Industrial/ Indústria	Potência Sonora (dB(A)/ m ²)			Período de Laboração (Horas)		
	Diurno (07h-20h)	Entardecer (20h-23h)	Nocturno (23h-07h)	Diurno (07h-20h)	Entardecer (20h-23h)	Nocturno (23h-07h)
Etar da Quinta dos Gatos	58	58	58	13	3	8
Raçalto - Zona Industrial da Murteira	64	64	64	13	3	8
Macilvac	70	70	70	13	-	-
Milupa	63	63	63	13	3	8
Silvex	54	54	54	13	3	8
Brindauto	54	54	54	13	-	-
Incompol	54	54	54	13	-	-
IDAL	54	54	54	13	3	8
IDAL	71	71	71	13	3	8
Zona Industrial Porto Alto - EN10	55	55	55	13	3	8
Zona Industrial da Murteira	55	55	55	13	3	8
Zona Industrial de Benavente	35	35	35	13	3	8
Zona Industrial Porto Alto Sul - EN118	55	55	55	13	3	8
Pedreira - Teodoro Gomes Alho e Filhos, Lda	55	55	55	9	-	-
Pedreira - A. P. Areias , SA	55	55	55	9	-	-
Pedreira - Zubareia II Areias, SA	55	55	55	9	-	-
Pedreira - Acoril - Empreiteiros, Lda	55	55	55	9	-	-
Pedreira "Santa Casa da Misericórdia de Benavente"	55	55	55	9	-	-
Pedreira "Herdade de Catapereiro"	55	55	55	9	-	-



4.2.2 SITUAÇÃO FUTURA

As principais alterações previstas são a construção de uma nova rodovia (Variante a Benavente) e a introdução de novas áreas industriais, correspondente aos espaços afectos a actividades económicas e industriais de acordo com a proposta de ordenamento do PDM.

4.2.2.1 Tráfego Rodoviário

No quadro seguinte são apresentadas as principais características e parâmetros das rodovias consideradas no mapa de ruído da situação futura.

Quadro 4-3 – Listagem de algumas características das vias rodoviárias consideradas e contagens de tráfego para os períodos diurno, entardecer e nocturno.

Rodovia	TMH (veículos/h)			Porcentagem de Pesados			Velocidade		Tipo de Piso
	Diurno	Entardecer	Nocturno	Diurno	Entardecer	Nocturno	Ligeiros	Pesados	
A10 - A1_A10 - Benavente	377	210	62	25,0	17,0	33,0	120	90	Asfalto
Benavente Nó - Entrada	136	70	18	25,0	15,0	25,0	40	40	Asfalto
Benavente Nó - Entrada/saída	272	143	38	25,0	15,0	25,0	40	40	Asfalto
Benavente Nó - Saída	136	73	20	25,0	15,0	25,0	40	40	Asfalto
Portagens Benavente - Entrada + Saída	272	143	38	25,0	15,0	25,0	40	40	Asfalto
A10 - Benavente - A10_A13	154	88	27	27,0	23,0	43,0	120	90	Asfalto
Benavente PVSN - Entrada	52	45	9	29,0	23,0	28,0	40	40	Asfalto
Benavente PVSN - Saída	63	26	16	24,0	21,0	55,0	40	40	Asfalto
A13 - Salvaterra - A10_A13	308	191	50	21,0	17,0	32,0	120	90	Asfalto
A13 - A10_A13 - Sto. Estevão	393	245	68	24,0	19,0	35,0	120	90	Asfalto
Portagens A13	78	43	14	35,0	30,0	48,0	40	40	Asfalto
A13 - Sto. Estevão - Peçães	377	242	64	23,0	19,0	34,0	120	90	Asfalto
Sto. Estevão - Entrada	41	22	7	35,0	30,0	48,0	40	40	Asfalto
Sto. Estevão - Saída	37	21	7	36,0	31,0	53,0	40	40	Asfalto
Avenida Egas Moniz	237	176,3	55	1,0	1,0	1,0	50	50	Asfalto
Rua dos Operários Agrícolas - A	102	76	24	2,0	1,9	1,0	50	50	Asfalto
Estrada dos Alemães - A	80	59,7	19	5,0	4,8	3,0	50	50	Asfalto
Estrada dos Alemães - B	80	59,7	19	5,0	4,8	3,0	90	80	Asfalto
Rotunda - Estrada dos Cachimbos	77	57	17	22,0	20,9	11,0	50	50	Asfalto
Estrada dos Cachimbos	77	57	17	22,0	20,9	11,0	50	50	Asfalto
Estrada do Miradouro	134	100,7	34	22,0	20,8	11,0	50	50	Asfalto
EN10 - A	119	148	206	21,0	17,8	14,0	50	50	Asfalto
EN10 - B	937	684	175	18,0	17,5	12,0	50	50	Asfalto
EN10 - C	453	329,7	83	32,0	31,1	21,0	50	50	Asfalto
EN10 - D	319	233	61	22,7	22,0	14,2	50	50	Asfalto
EN10 - E	453	329,7	83	32,0	31,1	21,0	90	80	Asfalto
EN10 - F	414	301,3	76	33,0	31,2	11,0	50	50	Asfalto
EN10 - G	414	301,3	76	33,0	31,2	11,0	90	80	Asfalto
EN 10-5	691	528,7	204	10,0	9,1	3,0	50	50	Asfalto
Rotunda EN10-EN118	747	560	185	12,8	12,5	10,0	50	50	Asfalto
EN118 - A	1167	849,3	214	8,0	7,7	5,0	90	80	Asfalto
EN118 - B	1167	849,3	214	8,0	7,7	5,0	50	50	Asfalto
EN118 - C	841	614	157	7,6	7,4	4,7	50	50	Asfalto
EN118 - D	975	709,7	179	14,0	13,6	9,0	50	50	Asfalto
EN118 - E	841	614	157	7,6	7,4	4,7	50	50	Asfalto
EN118 - F	1109	806	201	18,8	18,3	12,4	50	50	Asfalto
EN118 - G	1109	806	201	18,8	18,3	12,4	90	80	Asfalto
EN118 - H	1057	771	197	4,4	4,4	3,4	50	50	Asfalto
EN118 - I	876	637,7	161	18,0	17,5	12,0	90	80	Asfalto
EN118 - J	876	637,7	161	18,0	17,5	12,0	50	50	Asfalto
EN118-1 - A	876	611,3	82	18,0	17,3	3,0	50	50	Asfalto
EN118-1 - B	111	80,7	20	3,0	2,9	2,0	50	50	Asfalto


Quadro 4-3 – Listagem de algumas características das vias rodoviárias consideradas e contagens de tráfego para os períodos diurno, entardecer e nocturno. – continuação

Rodovia	TMH (veículos/h)			Porcentagem de Pesados			Velocidade		Tipo de Piso
	Diurno	Entardecer	Nocturno	Diurno	Entardecer	Nocturno	Ligeiros	Pesados	
EN118-1 - C	111	80,7	20	3,0	2,9	2,0	90	80	Asfalto
EN119 - A	261	190	48	13,0	12,7	9,0	50	50	Asfalto
EN119 - B	261	190	48	13,0	12,7	9,0	90	80	Asfalto
EN119 - C	513	373,7	95	17,0	16,5	11,0	50	50	Asfalto
EN119 - D	513	373,7	95	17,0	16,5	11,0	90	80	Asfalto
EN119 - E	432	314,3	79	15,0	14,6	10,0	90	80	Asfalto
EN119 - F	281	208	62	10,0	10,0	10,0	90	80	Asfalto
EM515 - A	381	283,7	89	6,0	5,7	3,0	50	50	Asfalto
EM515 - B	103	71,3	8	4,0	4,0	3,0	50	50	Asfalto
EM515 - C	103	71,3	8	4,0	3,9	2,0	90	80	Asfalto
Rotunda EN10 - R.Operários Agrícolas	302	220	44	29,0	28,0	16,6	50	50	Asfalto
Rua das Operários Agrícolas - B	434	319	92	30,5	29,3	21,0	50	50	Asfalto
Rotunda Rua Operários Agrícolas - Estrada Figueira Milheira	217	161	46	28,0	26,8	15,7	40	40	Asfalto
Estrada da Figueira Milheira	332	243	68	32,6	31,3	19,0	50	50	Asfalto
Rotunda Estrada da Figueira Milheira	332	243	68	32,6	31,3	19,0	50	50	Asfalto
Rotunda EN118-Estrada Figueira Milheira	571	416	107	16,7	16,2	11,0	50	50	Asfalto
Variante a Samora Correia	158	112	19	100,0	100,0	100,0	90	70	Asfalto
Rotunda EN118-Variante Samora	438	319	81	18,0	17,5	11,9	50	50	Asfalto
Rotunda EN118-Variante Benavente	641	464	111	29,9	16,7	11,9	50	50	Asfalto
Variante a Benavente	324	228	39	100,0	100,0	100,0	90	70	Asfalto
Rotunda Variante Benavente	324	228	39	100,0	100,0	100,0	50	50	Asfalto

De acordo com as informações fornecidas pela Câmara Municipal de Benavente prevê-se que as variantes a Samora (prolongada para sul em direcção à EN118) e Benavente retirem 100% do tráfego de pesados (interditando a sua circulação) das principais EN que atravessam os respectivos centros urbanos, designadamente EN10 e EN118. Por um lado, não se prevê qualquer alteração no tráfego nas restantes vias na ausência de estudos ou estimativas de tráfego fundamentados. Por outro lado, em termos qualitativos, a tendência actual de evolução do tráfego rodoviário em geral em Portugal, a que não é alheia a rede viária do concelho de Benavente, é de uma diminuição do volume global de tráfego. Essa diminuição está, por sua vez, associada ao menor rendimento disponível das famílias. Seria necessário haver uma redução muito elevada dos volumes de tráfego (superior a 50%) para essa diferença ser notória em termos de ruído à escala municipal, o que também se afigura pouco provável. Pelas razões anteriormente mencionadas parece-nos razoável a manutenção dos volumes de tráfego da situação existente para a situação decorrente da proposta do PDM, salvo nos casos das alterações geradas pelas variantes a Samora Correia e Benavente.

Os novos espaços associados às actividades económicas e industriais poderão gerar algum tráfego nas respectivas vias de acesso. No entanto, a maioria dessas vias já comportam ou vão comportar volumes de tráfego elevados (ex: variante a Samora Correia) pelo que seriam necessários acréscimos muito elevados (pouco prováveis) para produzir uma alteração perceptível em termos acústicos.



4.2.2.2 Indústrias

No quadro seguinte são apresentadas as características de emissão sonora e de funcionamento das principais zonas industriais e indústrias existentes e programadas no concelho de Benavente. Nas zonas programadas essas características foram atribuídas tendo em conta as das zonas industriais existentes próximas, partindo do princípio que o tipo de actividade a desenvolver será semelhante em matéria de emissões de ruído para o exterior.

Área Industrial/ Indústria	Potência Sonora (dB(A)/ m ²)			Período de Laboração (Horas)		
	Diurno (07h-20h)	Entardecer (20h-23h)	Nocturno (23h-07h)	Diurno (07h-20h)	Entardecer (20h-23h)	Nocturno (23h-07h)
Espaço afecto a actividades Industriais 1	54	54	54	13	3	8
Espaço afecto a actividades Industriais 2	55	55	55	13	3	8
Espaço afecto a actividades Industriais 3	55	55	55	13	3	8
Espaço afecto a actividades Industriais 4	55	55	55	13	3	8
Espaço de actividades Económicas 1	55	55	55	13	3	8
Espaço de actividades Económicas 2	55	55	55	13	3	8
Espaço de actividades Económicas 3	55	55	55	13	-	-
Espaço de actividades Económicas 4	55	55	55	13	3	8
Espaço de actividades Económicas 5	55	55	55	13	3	8
Espaço de actividades Económicas 6	55	55	55	13	3	8
Espaço de actividades Económicas 7	63	63	63	13	3	8
Espaço de actividades Económicas 8	54	54	54	13	3	8
Espaço de actividades Económicas 9	55	55	55	13	3	8
Espaço de actividades Económicas 10	55	55	55	13	3	8
Espaço de actividades Económicas 11	55	55	55	9	-	-
Espaço de actividades Económicas 12	55	55	55	13	3	8
Espaço de Recursos Geológicos 1	55	55	55	9	-	-
Espaço de Recursos Geológicos 2	55	55	55	9	-	-
Espaço de Recursos Geológicos 3	55	55	55	9	-	-
ETAR DA QUINTA DOS GATOS	58	58	58	13	3	8
MACILVAC	70	70	70	13	-	-
Raçalto	64	64	64	13	3	8
Santa Casa da Misericórdia de Benavente	55	55	55	9	-	-



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, tendo também em consideração os trajectos de propagação e as atenuações, de acordo com o estipulado na Norma ISO 9613, na Norma XPS 31-133 e no Método de Cálculo Francês “NMPB Routes 1996”.

Para o cálculo dos mapas de ruído foi definida uma malha de cálculo regular de pontos receptores, com 10 m por 10 m, e, de acordo com a directiva 2002/49/CE, a 4 m de altura do solo. Foi utilizado o valor de 1 reflexão para cada raio sonoro e de 3000 m para o raio de busca fonte-receptor.

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, que se pensa ser o mais crítico em termos de incomodidade, conforme recomendado pela APA nas suas directrizes inicialmente publicadas em Junho de 2008 e actualizadas em Dezembro de 2011.

Os mapas de ruído correspondem às condições típicas médias ocorridas no ano de 2012, pelo que na eventualidade de variação dos parâmetros inseridos no modelo (tráfego, condições meteorológicas, etc.), o cenário acústico simulado poderá ser alterado.

4.4 VALIDAÇÃO DO MODELO

Foi realizada uma medição de longa duração junto da A10 e EN118, com o objectivo de aferir a necessidade de actualização dos dados de tráfego e do cumprimento do requisito de validação estipulado pela APA.

Tabela 4-1 – Comparação entre os valores medidos e os valores calculados para os indicadores L_{den} e L_n - Validação

Ponto receptor	Indicador calculado [dB(A)]		Indicador medido [dB(A)]		Indicador calculado - Indicador medido [dB(A)]		Requisito
	L_{den}	L_n	L_{den}	L_n	L_{den}	L_n	
P01	64,2	55,3	61,8	53,0	2,4	2,3	≤ 2 dB (em módulo)

Após análise do quadro anterior, verifica-se que os níveis sonoros calculados do ruído ambiente se apresentam, em geral, muito próximos dos valores experimentais. O desvio calculado é inferior a 2 dB(A).

No quadro de validação apresentado utilizaram-se as seguintes designações:

$L_{Aeq\ calc}$	nível sonoro contínuo equivalente calculado pelo modelo para o período de referência em questão;
$L_{Aeq\ med}$	nível sonoro contínuo equivalente medido pelo dB Lab para o período de referência em questão, ou média logaritmo de várias amostragens no mesmo ponto quando aplicável;

$L_{Aeq\ calc} - L_{Aeq\ med}$ diferença linear entre o $L_{Aeq\ calc}$ e o $L_{Aeq\ med}$

Tendo em conta os resultados do processo de validação, considera-se o modelo apresentado para a elaboração do Mapa de Ruído como validado, dado verificar-se o cumprimento da condição estipulada nas directrizes emitidas pela APA para elaboração de mapas de ruído:

$$| L_{Aeq\ calc.} - L_{Aeq\ med} | \leq 2\text{ dB(A)}$$

4.5 CLASSIFICAÇÃO ACÚSTICA

No âmbito da revisão do PDM e de acordo com a informação fornecida pela Câmara Municipal de Benavente é proposto um zonamento acústico apresentado de forma genérica na figura que se segue. É ainda possível visualizar com maior detalhe esta classificação na Carta 1.5 do Anexo I.

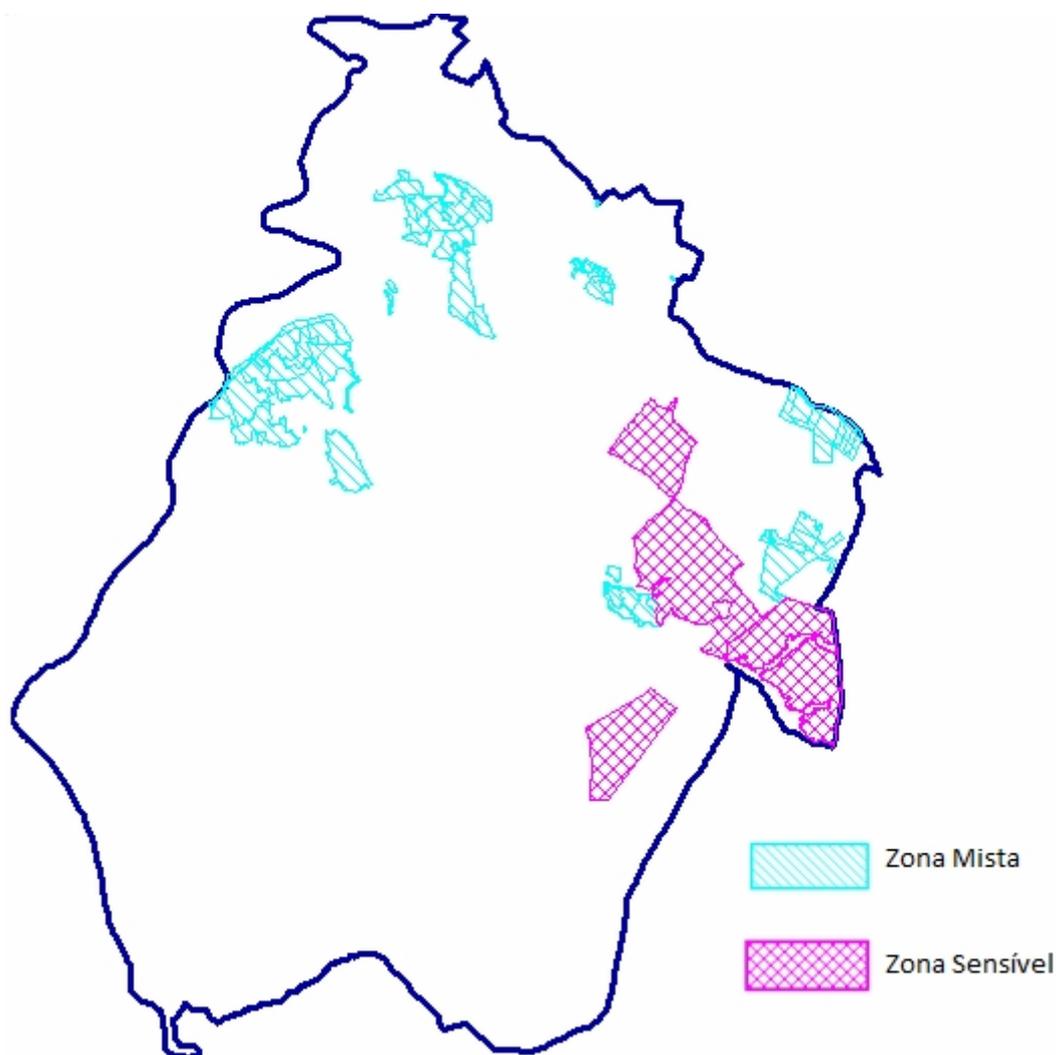


Figura 4-6 – Classificação Acústica para o município de Benavente, atribuída no âmbito de revisão do PDM.



5. RESULTADOS DO MODELO – MAPAS DE RUÍDO

5.1 SITUAÇÃO ACTUAL

Os Mapas de Ruído do Município de Benavente da situação actual, podem ser visualizados nas Cartas 2.1 e 2.2 do Anexo II, indicadores L_{den} e L_n , respectivamente. Na sequência da definição de limites de níveis de ruído, decorrentes da classificação de zonas (mistas ou sensíveis), surgem os mapas de conflito, que apresentam os locais onde são excedidos os valores limite pertinentes aplicáveis.

Os Mapas de Conflito apresentam-se nas Cartas 2.3 e 2.4 do Anexo II, expostos para os indicadores L_{den} e L_n , respectivamente. Estes mapas constituem uma importante ferramenta para a análise de conformidade com o RGR e identificar situações prioritárias a integrar em planos municipais de redução de ruído.

A análise dos Mapas de Ruído produzidos a partir do modelo mostra que o Município de Benavente apresenta algumas áreas com níveis de ruído elevados, particularmente nas zonas próximas das principais vias de tráfego rodoviário e as principais vias dos núcleos urbanos, bem como próximo das zonas industriais consideradas.

Em termos de extensão de área sob a sua influência sonora, as principais fontes de ruído do município são as Auto-estradas nº 10 (A10) e nº 13 (A13), bem como as Estradas Nacionais Nº 10 (EN10), Nº 118 (EN118) e Nº 119 (EN119).

É de referir que, de entre estas fontes, a que assume um papel mais importante em termos de extensão em área é mesmo a A13, uma vez que os níveis de ruído $L_{den} > 65$ dB(A), ascendem até aproximadamente 120 metros para cada lado da via (na situação mais crítica), variando devido à altimetria do terreno, e sendo o valor médio de cerca de 80 metros. Quanto ao indicador do ruído nocturno, os níveis de ruído $L_n > 55$ dB(A) chegam a atingir frequentemente uma distância de 120 metros, para ambos os lados da via.

A EN118 e a EN10 são outras duas rodovias com grande impacte sonoro, por serem as maiores vias distribuidoras de tráfego da região, funcionando por outro lado como alternativa à auto-estrada. Estas fontes podem ser consideradas problemáticas, uma vez que em determinados troços os níveis sonoros gerados afectam uma extensa área urbana que lhe é limítrofe.

A entrada em funcionamento da variante a Samora Correia veio reduzir significativamente os níveis sonoros na zona mais central desse aglomerado urbano fruto da diminuição apreciável do tráfego de veículos pesados, essencialmente na EN118 e EN10 (em alguns troços). Note-se que o tráfego desse tipo de veículos é gerador de níveis sonoros elevados (bem como de outro tipo de poluição) contribuindo para uma acentuada degradação do ambiente sonoro.

Por outro lado verifica-se, como seria de esperar, um forte aumento dos níveis de ruído na envolvente da variante mas que não se afigura problemático face à reduzida presença de receptores sensíveis e pelo facto de a via atravessar, em boa parte da sua extensão, algumas zonas industriais.

Em relação às fontes industriais, apesar de se localizarem próximas de aglomerados urbanos, estas não constituem situações críticas, na maioria dos casos para o indicador L_{den} , verifica-se no entanto um agravamento desta situação para o indicador L_n uma vez que se atribuiu às zonas industriais um funcionamento de 24 horas por se considerar esta a situação mais crítica, tendo em conta que algumas das indústrias funcionarão neste regime, de acordo com as informações prestadas pela Câmara Municipal.

Seguidamente é indicada uma situação particular dos Mapas de Ruído calculados e para a qual se apontam as razões da sua existência:

- Descontinuidade abrupta das linhas isofónicas de ao longo de uma via rodoviária (Figura 5-1) resulta do facto de existirem viadutos ou pontes desnivelados a mais de 4 metros do nível do solo e do cálculo do modelo ser efectuado a 4 metros acima do nível do solo.

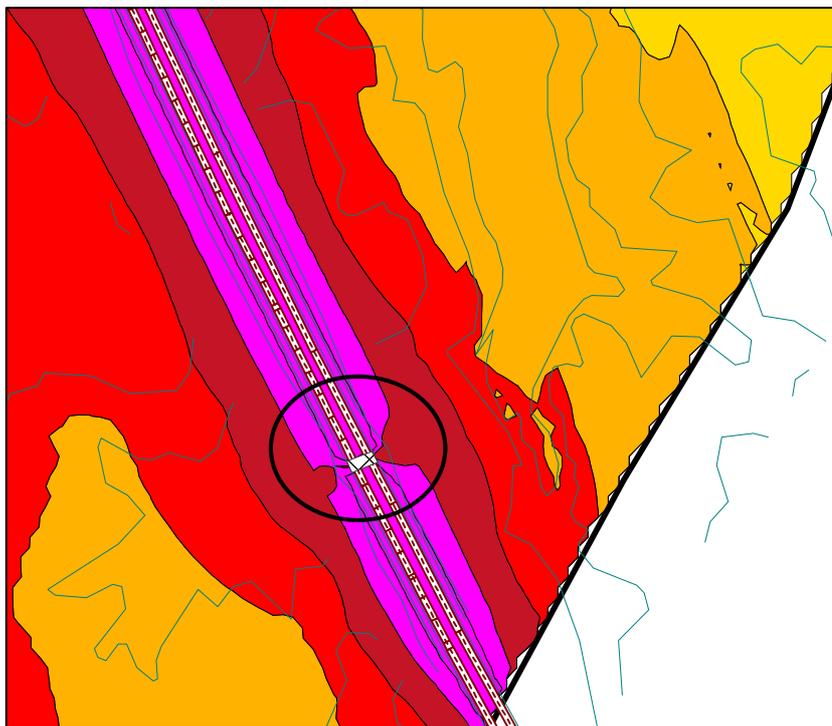


Figura 5-1 – Exemplo de uma descontinuidade das linhas isofónicas junto de uma ponte na A13.

O Mapa de Ruído do Município de Benavente é um mapa que comporta todas as fontes que têm interesse à escala municipal. Ao analisar áreas que se situam distantes das fontes modeladas, poderá não se estar a visualizar a realidade acústica existente, uma vez que estarão provavelmente sob influência de outras fontes de ruído locais, como por exemplo estradas ou caminhos municipais com pouco tráfego, as quais não têm relevância à escala municipal. Estes tipos de fontes de ruído serão de incluir em mapas de ruído de Planos de Pormenor e Planos de Urbanização que são efectuados a uma escala local e não concelhia.

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).

Tendo em conta que já existe uma classificação do território em zonas mistas e sensíveis, de seguida apresentam-se, a título de exemplo, duas situações de conflito identificadas para o indicador L_{den} e L_n tendo em conta a classificação acústica e os respectivos limites regulamentares, constantes no RGR. Importa realçar que os limites a cumprir para zonas mistas são 65 dB(A) para o indicador L_{den} e 55 dB(A) para o L_n , sendo para as zonas sensíveis 55 dB(A) para o L_{den} e 45 dB(A) para o L_n . As situações de conflito identificadas são provenientes de vias de tráfego rodoviário.



Da análise dos mapas de conflito elaborados (ver Carta 2.3 e Carta 2.4 do Anexo II) observa-se que em diversos locais (ex: Barrosa e Santo Estêvão) existe conflito acústico mas o número de receptores sensíveis afectados é muito reduzido para não dizer quase nulo. As situações mais críticas são zonas urbanas consolidadas (Benavente e Samora Correia) em que o conflito acústico abrange essencialmente a primeira frente de habitações.

Em relação às fontes industriais, o impacte sonoro produzido em termos de extensão em área é diversificado, dependendo da potência sonora gerada e da morfologia do terreno envolvente. Das Zonas Industriais analisadas refira-se que na generalidade dos casos a sua localização não conduz a situações de conflitos e não afecta, geralmente, os receptores sensíveis na envolvente.

5.2 SITUAÇÃO FUTURA

De acordo com o mapa de ruído previsional é de esperar que as rodovias continuem a ser a principal fonte de ruído no concelho de Benavente, designadamente a A10, A13, EN118 e EN10 mantendo-se, grosso modo, a área sob a sua influência sonora.

Destaca-se o papel desempenhado pelas variantes existentes e programadas que contribuem para uma redução dos níveis sonoros nos centros urbanos de Benavente e Samora Correia. Aliás, observa-se uma diminuição apreciável do conflito acústico nesses locais comparando os mapas de conflito da situação existente com a futura, em qualquer indicador de referência. Como seria de esperar os níveis sonoros na envolvente dessas mesmas variantes são elevados mas afectam um número pouco expressivo de receptores sensíveis. Essas variantes são uma medida eficaz de redução dos níveis sonoros nos centros urbanos na medida em que se prevê que canalizem a totalidade do tráfego de pesados para fora dos mesmos.

Em relação às fontes industriais refere-se que na generalidade dos casos a sua localização não conduz a situações de conflitos e não afecta, geralmente, os receptores sensíveis na envolvente, tal como acontece actualmente.



6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Foi desenvolvido um modelo computacional, utilizando o programa CadnaA, para calcular a emissão e propagação sonora das principais vias rodoviárias e das principais actividades industriais do Município de Benavente.

O modelo inclui o modelo digital do terreno, a implantação geográfica de edifícios 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 9696 e XP S 31-133, a ISO 8297:1994 e a Norma NP 4361-2. Nesta actualização do Mapa de Ruído, a distribuição espacial dos níveis sonoros do município 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.

É igualmente importante referir que os edifícios a licenciar futuramente na área do plano deverão respeitar os níveis de isolamento indicados no Regulamento dos Requisitos Acústico dos Edifícios (DL 96/2008), nomeadamente para os índices de isolamento a sons de condução aérea, a sons de percussão e de fachada. A título de recomendação complementar, os locais de estar e de descanso das habitações (salas de estar e quartos) deverão ficar voltados para as fachadas menos expostas ao ruído.

Nos locais classificados acusticamente onde existe ou se prevê que venha a existir conflito acústico, será equacionado um conjunto de medidas de redução do ruído. A execução dessas medidas será prévia ao licenciamento de receptores sensíveis e enquadrar-se-á num Plano Municipal de Redução do Ruído a desenvolver oportunamente pelo município.

Como nota final, a instalação de actividades ruidosas permanentes em espaços próprios e junto de ou próximo de receptores sensíveis deverá garantir o cumprimento dos critérios estabelecidos no RGR previamente ao seu licenciamento. Recomenda-se que as actividades mais ruidosas (indústria pesada, grandes armazéns) sejam localizadas com o maior afastamento possível a receptores sensíveis, licenciando as actividades menos ruidosas (serviços, comércio) mais próximo daqueles.

Elaborado por:

Verificado e aprovado por:

Jorge Preto

Técnica Superior

Catarina Ávila de Melo

Técnica Superior

Luís Conde Santos

Director Técnico



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. Guide du Bruit des Transports Terrestres - Prévion des niveaux sonores”, CETUR, 1980.
4. Implementation of the EU-directive on Environmental Noise Requirements for Calculation Software and Handling with CadnaA, Wolfgang Probst, 2003.
5. 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.
6. NP ISO 1996-1 (2011) – Acústica, Descrição, medição e avaliação do ruído ambiente, Parte 1: Grandezas fundamentais e métodos de avaliação, IPQ, Fevereiro 2011.
7. NP ISO 1996-2 (2011) – Acústica, Descrição, medição e avaliação do ruído ambiente, Parte 2: Determinação dos níveis de pressão sonora do ruído ambiente, IPQ, Fevereiro 2011.
8. 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.
9. 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".
10. Directrizes para a Elaboração de Mapas de Ruído, versão 3, APA, Dezembro 2011.
11. Projecto-Piloto de Demonstração de Mapas de Ruído – Escalas Municipal e Urbana, Instituto do Ambiente, Ramos Pinto, F., Guedes, M. & Leite, M. J., 2004.
12. Regulamento Geral do Ruído – Decreto-Lei n.º 9/2007 de 17 de Janeiro.
13. Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios – Decreto-Lei nº 96/2008 de 9 de Junho.