

Mapa de Ruído do Concelho de Cabeceiras de Basto

Descrição do Modelo e Resultados

Versão Final

Referência do Relatório: 0001/19DBW.2_MRRM 0105/20

Data do Relatório: Julho 2020

Nº. Total de Páginas (excluindo anexos): 29

Mod. 60-05.03

DBWAVE.I ACOUSTIC ENGINEERING, S.A.

LISBOA: Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, 33, Edifício D – Taguspark, 2740-120 Porto Salvo | Tel: +351 214228950

PORTO (sede): Rua do Mirante 258, 4415-491 Grijó | Tel: +351 227471950

C.R.C. V. N. de Gaia - Cap. Social 187.500 Eur - Cont. n.º 513205993

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVO	1
2. CONTEXTO LEGISLATIVO	2
2.1. DEFINIÇÕES	2
2.2. ENQUADRAMENTO LEGAL E NORMATIVO DOS MAPAS DE RUÍDO.....	4
3. METODOLOGIA.....	6
3.1. MAPAS DE RUÍDO – DESCRIÇÃO BREVE	6
3.2. MAPA DE RUÍDO DO CONCELHO DE CABECEIRAS DE BASTO.....	7
3.3. SOFTWARE UTILIZADO	7
3.4. NORMAS E PARÂMETROS UTILIZADOS.....	7
3.4.1. <i>Tráfego rodoviário</i>	7
3.4.2. <i>Indústrias</i>	10
4. DESCRIÇÃO DO PROJETO	12
4.1. CARACTERIZAÇÃO DO MODELO.....	12
4.1.1. <i>Identificação da área de estudo</i>	12
4.1.2. <i>Área do mapa e área de estudo</i>	13
4.1.3. <i>Caracterização climática</i>	13
4.1.4. <i>Altimetria</i>	14
4.1.5. <i>Planimetria</i>	14
4.2. FONTES DE RUÍDO.....	15
4.2.1. <i>Tráfego rodoviário</i>	15
4.2.2. <i>Indústrias</i>	20
4.3. CONFIGURAÇÃO DE CÁLCULO	22
4.4. VALIDAÇÃO DO MODELO	22
4.4.1. <i>Equipamentos utilizados</i>	22
4.4.2. <i>Validação junto às fontes sonoras</i>	23
4.5. CLASSIFICAÇÃO ACÚSTICA	25
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	27
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29
<ul style="list-style-type: none"> ▪ ANEXO I – Identificação das fontes de ruído rodoviário modeladas – formato A3 ▪ ANEXO II – Mapas de Ruído do Concelho L_{den} e L_n – formato A1 ▪ ANEXO III – Mapas de Conflito do Concelho L_{den} e L_n – formato A1 	

Mapa de Ruído do Concelho de Cabeceiras de Basto

DESCRIÇÃO DO MODELO E RESULTADOS

Ficha Técnica

Designação do projeto	Mapa de Ruído do Concelho de Cabeceiras de Basto
Cliente	Município de Cabeceiras de Basto
Morada	Praça da República, 467 4860-355 Cabeceiras de Basto
Localização do projeto	Concelho de Cabeceiras de Basto
Fonte(s) do ruído particular	Tráfego rodoviário Indústrias
Data(s) do trabalho de campo	15 a 18 de Julho 2020
Data de emissão	Julho 2020

Equipa Técnica

O presente trabalho foi elaborado pela seguinte equipa técnica:

- Luís Conde Santos, Eng. Eletrotécnico (IST), MSc. Sound and Vibration Studies (Un. Southampton) – Diretor na dBwave.i. e Responsável Técnico do trabalho.
- Jorge Preto, Eng. do Território (IST), Pós-Graduação em SIG (Geopoint) – Técnico Superior da dBwave.i.
- Madalena Vaz de Miranda, Eng. do Ambiente (FCT/UNL), Mestrado em Ordenamento do Território e Impactes Ambientais (FCT/UNL) – Técnica Superior da dBwave.i.
- Nuno Oliveira, Técnico de Laboratório, nível III (AESBUC/UCP) – Técnico do Laboratório de Ruído e Vibrações da dBwave.i.
- Márcia Melro, Eng. Do Ambiente (UAlg), Consultora externa.

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVO

O Regulamento Geral do Ruído (RGR), aprovado pelo Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de janeiro, e alterado pelo Decreto-Lei n.º 278/2007, estabelece a articulação com outros regimes jurídicos, designadamente o da urbanização e da edificação e o de autorização e licenciamento de atividades. O RGR visa a salvaguarda da saúde humana e o bem-estar das populações em matéria de ambiente sonoro e está harmonizado com a Diretiva Comunitária 2002/49/CE, relativa à Avaliação e Gestão do Ruído Ambiente e transposta para território nacional através do Decreto-Lei n.º 146/2006. Por sua vez, a Portaria n.º 113/2015, de 22 de abril, que identifica os elementos instrutórios previstos no Regime Jurídico da Urbanização e Edificação, revogando a Portaria n.º 232/2008, vem reforçar a necessidade das operações de loteamento e obras de urbanização e edificação se conformarem com o RGR.

Para a elaboração do Mapa de Ruído são definidos 3 períodos de referência – diurno, entardecer e noturno – e os seguintes indicadores relevantes: o nível diurno-entardecer-noturno, L_{den} , e o nível noturno, L_n . O período diurno tem início às 07h00 e fim às 20h00, o do entardecer vai das 20h00 às 23h00 e o noturno das 23h00 às 07h00.

A área de estudo diz respeito ao concelho de Cabeceiras de Basto, área ainda não classificada acusticamente.

Como objetivos de carácter genérico e aplicáveis a este tipo de estudo acústico, destacam-se os seguintes:

- 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 perspetivas:

- Mapas de ruído para os indicadores L_{den} e L_n , considerando as principais fontes de ruído;

O modelo criado é elaborado de forma a dispor-se 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 de representação das peças desenhadas correspondem à escala da cartografia de base (1:10 000).

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, e nas diversas Notas Técnicas elaboradas pela APA (Agência Portuguesa do Ambiente).

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 noturno (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 objeto 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 noturno;

- Zona Mista a área definida em plano municipal de ordenamento do território, cuja ocupação seja afeta a outros usos, existentes ou previstos, para além dos referidos na definição de zona sensível;
- 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-noturno:

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

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 noturno (L_{Aeq} de longa duração do ruído ambiente noturno).

2.2. ENQUADRAMENTO LEGAL E NORMATIVO DOS MAPAS DE RUÍDO

Relativamente aos limites máximos de exposição o DL n.º 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 infraestrutura 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 projetada, à data de elaboração ou revisão do plano municipal de ordenamento do território, uma grande infraestrutura 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 projetada, à data de elaboração ou revisão do plano municipal de ordenamento do território, uma grande infraestrutura 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 6º, para efeitos de verificação do valor limite de exposição, aplicam-se aos recetores 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 n.º 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 diretrizes para elaboração de mapas de ruído. Nesse intuito, foram publicadas as referidas diretrizes em março de 2007, depois revistas em junho de 2008 e mais recentemente em dezembro de 2011 (versão 3), das quais se destacam os seguintes aspetos 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 II 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 (infraestruturas 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: 1:25 000, 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;
- 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 efetuadas em locais selecionados, 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.

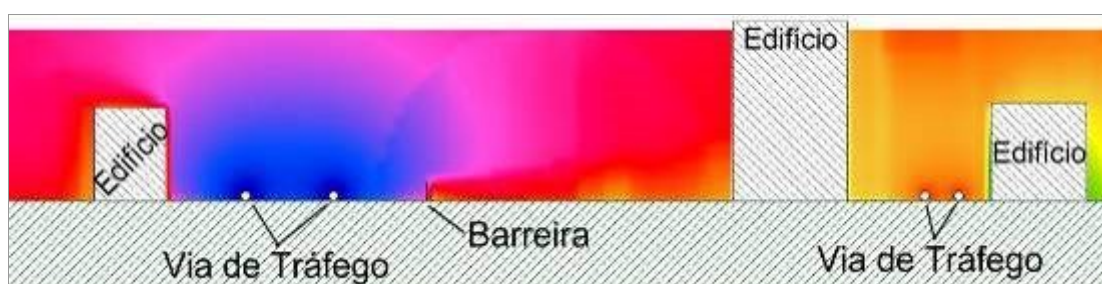


Figura 3-3 – Mapa de ruído em corte transversal às vias rodoviárias.

Estes mapas de ruído não resultam diretamente 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 CONCELHO DE CABECEIRAS DE BASTO

O trabalho realizado consistiu na caracterização acústica da situação existente do concelho de Cabeceiras de Basto. Os mapas de ruído foram calculados de forma a expressarem os indicadores L_{den} e L_n , tendo em conta as recomendações das Diretrizes para a elaboração de Mapas de Ruído, publicadas pela APA.

3.3. SOFTWARE UTILIZADO

O programa utilizado para a elaboração dos Mapas de Ruído é o **CadnaA**, que cumpre integralmente com os requisitos apresentados na Diretiva Comunitária (2002/49/CE) no que toca aos métodos de cálculo a utilizar para elaboração do mapa de ruído e que 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 respetivo.

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 termoelétricas.

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 respetiva 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 Diretiva 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 Diretiva 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/entardecer/noturno), 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 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 respetivos 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 recetor, 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 localização das fontes de ruído lineares poderá ser efetuada de três formas, por ordem decrescente de preferência e em função das dimensões da secção da via, da distância relativa aos pontos recetores de interesse e da escala de trabalho:

- uma fonte linear por faixa de tráfego;
- uma fonte linear por cada direção;
- 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:

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

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 respetivamente;
- Q_{VL} e Q_{PL} são os fluxos horários de veículos ligeiros e pesados respetivamente, 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

Na Figura 3-4 apresenta-se o fluxograma preconizado pelo método NMPB-1996, o qual pondera a probabilidade de ocorrência de condições atmosféricas favoráveis e desfavoráveis à propagação sonora.

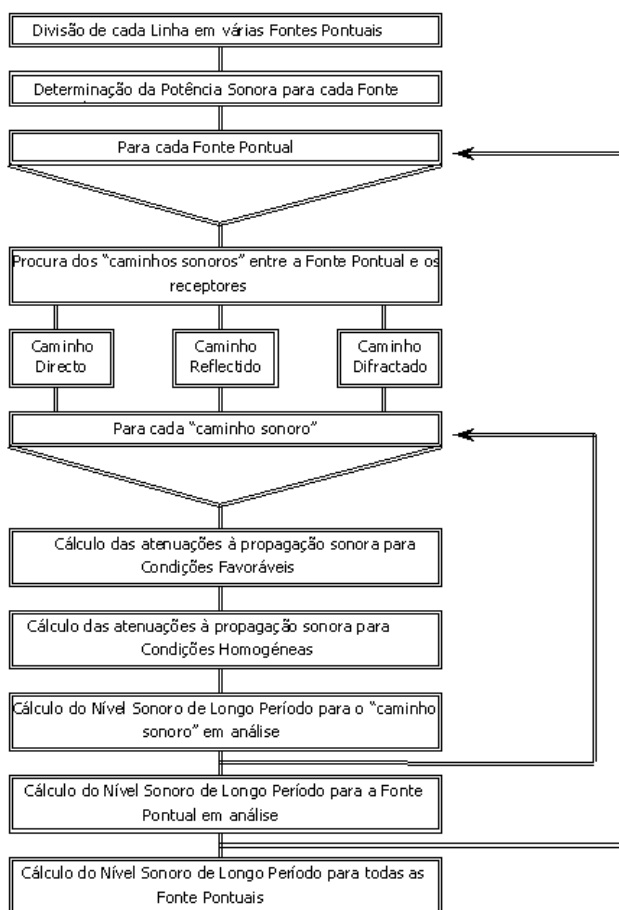


Figura 3-4 – Fluxograma do método NMPB-1996.

3.4.2. Indústrias

A avaliação do impacto sonoro das fontes industriais foi efetuada através de modelação de fontes em áreas otimizáveis. 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 recetores de otimização 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 providência 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 PROJETO

4.1. CARACTERIZAÇÃO DO MODELO

Nos pontos seguintes são indicados e descritos os elementos e dados essenciais para a construção do modelo acústico tridimensional, necessário para a posterior apresentação do mapa de ruído.

4.1.1. Identificação da área de estudo

O município de Cabeceiras de Basto insere-se, desde junho de 2006, na NUTS III – Ave e reparte-se em 8 freguesias e 4 uniões de freguesias.

Com cerca de 16 710 habitantes (Censos de 2011), o território do concelho ocupa atualmente uma área de cerca de 241 Km², sendo rodeado pelos concelhos de Celorico e Mondim de Basto a Sul, Montalegre e Boticas a Norte, Vieira do Minho a Noroeste, Fafe a Poente e Ribeira de Pena a Nascente.

Tem como limites naturais, a Norte, as serras da Cabreira e Barroso, a Este, o rio Bessa, a Sul e Sudeste, em grande parte o rio Tâmega e a Oeste a Serra da Lameira.



Figura 4-1 – Localização do distrito de Braga com destaque com para o concelho de Cabeceiras de Basto.

4.1.2. Área do mapa e área de estudo

A área do mapa corresponde à área contida no limite do município e é constituída por todos os elementos integrantes do modelo acústico, nomeadamente a altimetria, planimetria, características de ocupação do solo e fontes de ruído nas suas diferentes origens, conforme se ilustra na Figura 4-2.

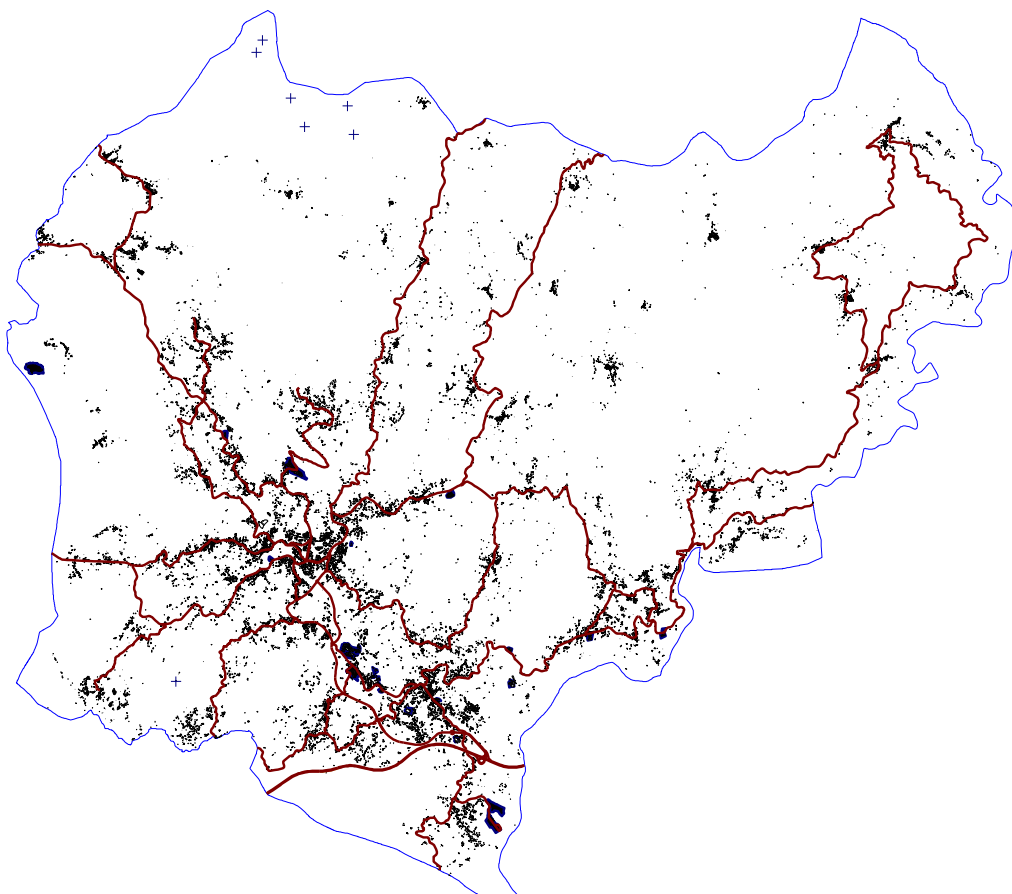


Figura 4-2 – Representação da área de estudo.

4.1.3. Caracterização climática

A estação meteorológica escolhida e com dados de parâmetros relevantes para caracterizar climaticamente a zona do município de Cabeceiras de Basto foi a da Cabeceiras de Basto (04J/06UG). Os principais parâmetros que caracterizam o clima de uma 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.

Para a área de estudo em análise, consideraram-se valores de temperatura do ar média diária de 16°C, 70% de humidade relativa média diária e 0,8 m/s para a velocidade do vento média diária (fonte: <http://www.snirh.pt>).

Relativamente às direções 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 há necessidade de se introduzirem no modelo os dados relativos à direção dos ventos, já que obedecem aos requisitos das condições de propagação favoráveis (“*downwind conditions*”).

4.1.4. 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, o programa de simulação constrói o modelo digital do terreno (MDT) usado como base no cálculo dos valores de L_{Aeq} e restantes indicadores.

O MDT da área do plano foi construído recorrendo à altimetria fornecida pelo cliente (ver Figura 4-3).

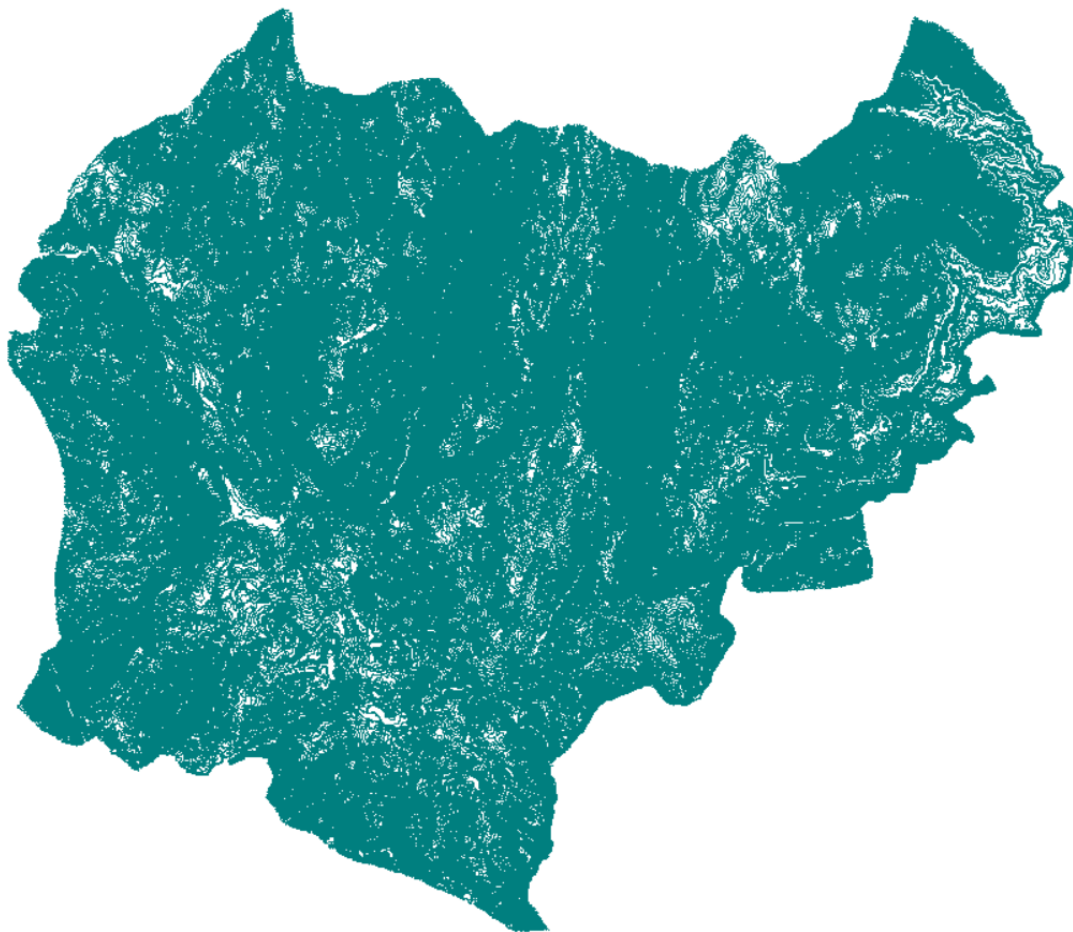


Figura 4-3 – Extrato do modelo altimétrico criado.

4.1.5. Planimetria

Para se proceder à correta importação de *layers* para o CadnaA, foram tratadas e seleccionadas *layers* em formato SHP (fornecidas pelo cliente) correspondentes aos seguintes temas:

- I. Edificado existente;
- II. Rede viária.
- III. Indústrias e zonas industriais.

Na cartografia fornecida pelo cliente não constava informação sobre a cêrcea dos edifícios do município, pelo que foi atribuído o valor de 6m de altura para a generalidade dos edifícios em zonas rurais.

Relativamente aos aglomerados urbanos de Cabeceiras de Basto e de Arco do Baúlhe, foi feito um levantamento *in situ* das cêrceas dos edifícios, tendo sido assim possível atribuir cotas mais ajustadas a estes elementos planimétricos. Desta forma, foi possível “construir” o modelo 3D da área em estudo. Na Figura 4-4 pode observar-se o aspeto do modelo tridimensional criado.

Aos edifícios foi atribuído um valor médio de absorção sonora (0,21).

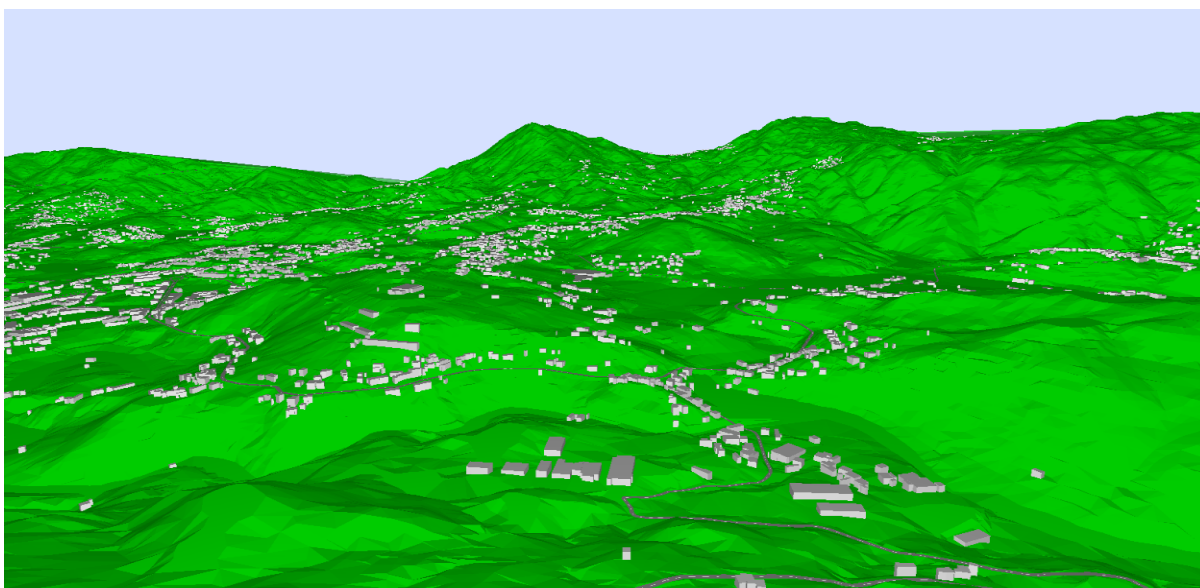


Figura 4-4 – Exemplo do modelo tridimensional criado.

4.2. FONTES DE RUÍDO

Este estudo contempla como fontes de ruído os principais eixos de tráfego rodoviário e as indústrias existentes na área em estudo. As fontes de ruído foram modeladas de acordo com a sua geometria real, de forma a reproduzir no modelo a realidade acústica existente.

4.2.1. Tráfego rodoviário

A localização desta informação foi obtida através da cartografia e documentação fornecida pelo cliente e, igualmente, pelo trabalho de campo realizado entre os dias 15 e 18 de julho de 2020.

Dado o contexto em que foi realizado este estudo, na impossibilidade de obter resultados fidedignos correspondentes aos reais volumes de tráfego em situação normal, através de contagens de tráfego *in situ*, os dados de tráfego foram obtidos através das seguintes metodologias:

- Consulta de documentação fornecida pelo cliente, nomeadamente do Estudo de tráfego para a alteração do nó viário EN 205, EN 206 e EN210 do Arco do Baúlhe, elaborado em 2016 pela LRB – Investimentos e Consultoria.

- Obtenção dos dados de tráfego datados de 2019 junto da unidade de modelação tráfego rodoviário, das fontes rodoviárias sob tutela da entidade Infraestruturas de Portugal S.A., nomeadamente toda a extensão da EN205, EN206 e EN210.
- Obtenção dos dados de tráfego da A7, a partir do relatório de tráfego fornecido pela ASCENDI, referente ao ano 2019 dos sublanços 7-11 Fafe Sul - Basto, 7-13 Basto - Ribeira da Pena.
- Para as restantes vias:
 1. por estimativa com base no tipo de estrada;
 2. com informação de estradas similares na envolvente próxima e / ou de outros projetos;
 3. consulta do Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure, publicado pelo European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN) em agosto de 2007.
 4. através de contagens *in situ* em determinados pontos estratégicos que nos permitiram validar a informação anterior.

De notar que, no corrente ano, as contagens de tráfego rodoviário *in situ* em todas as vias não documentadas, nunca iriam representar as condições reais de tráfego rodoviário, uma vez que a movimentação de pessoas, em geral, foi significativamente restringida tendo em conta o contexto internacional associado à pandemia de Covid-19. Tal situação corresponderia a uma alteração drástica dos padrões habituais de deslocação e mobilidade.

Desta forma, em algumas vias mais locais praticamente sem dados documentados, teve de se adotar uma metodologia alternativa que garantisse uma aproximação o mais realista possível dos movimentos rodoviários habituais na zona em estudo. Uma das abordagens utilizadas foi a consulta de dados de estradas similares e documentos estratégicos de suporte à modelação de tráfego rodoviário no âmbito da realização de mapas de ruído.

Posteriormente, quando o tráfego rodoviário retomou um padrão de normalidade aceitável, foram realizadas contagens de tráfego *in situ*, em determinados locais estratégicos que permitiram validar e/ou ajustar os dados assumidos.

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.

As principais rodovias consideradas no Mapa de Ruído da situação atual encontram-se listadas de seguida e na tabela mais abaixo com detalhe dos troços, sub-troços e outros arruamentos. A localização e identificação de cada fonte industrial encontra-se no Anexo I (Cartas 1.1 a 1.4).

- A7 e respetivos acessos e nós viários
- EN 205
- EN 206
- EN 210
- EN 311
- Variante EN205/210
- Variante Parque Industrial

- ER 311
- EM 1717-1
- EM 1719
- EM 1725
- EM 518
- EM 518-1
- EM 519
- EM 519-1
- EM 520
- EM 522
- EM 523
- EM 526

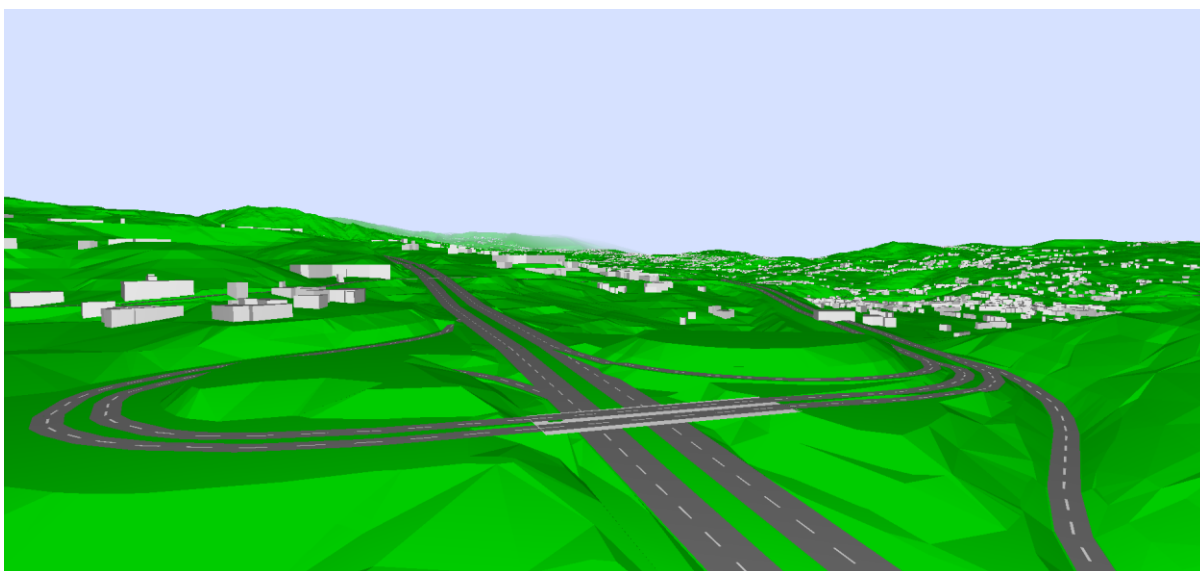


Figura 4-5 - Vista tridimensional do nó de Basto da A7.

Quadro 4-1 – Características das vias rodoviárias para os períodos diurno, entardecer e noturno.

Via	Período diurno		Período entardecer		Período noturno	
	TMH	%pesados	TMH	%pesados	TMH	%pesados
A7 – Fafe – Cabeceiras B.	214	10	121	8	40	13
A7 – Cabeceiras B. - Ribeira P.	179	12	97	10	36	15
A7 - Acesso	197	11	109	9	38	14
A7 - Nó	107	10	61	8	20	13
A7 - Nó	90	12	48	10	18	15
Av. 29 de Setembro	192	2	55	2	27	2
Av. Cardeal D. António Ribeiro	384	2	110	2	55	2
Av. Rei D. Manuel I	104	5	21	2	14	1
M1717-1 - Av da Igreja	117	5	23	2	16	1

Via	Período diurno		Período entardecer		Período noturno	
	TMH	%pesados	TMH	%pesados	TMH	%pesados
M1717-1 - Rua das Vessadas	117	5	23	2	16	1
M1717-1 - Rua de Boadela	117	5	23	2	16	1
M1717-1 - Rua de S. Gonçalo	117	5	23	2	16	1
M1717-1 - Rua do Condestável	117	5	23	2	16	1
M1719 - Rua da Centro - Cavez	208	5	25	2	12	1
M1719 - Rua da Ferreirinha - Cavez	208	5	25	2	12	1
M1719 - Rua da Pedral - Cavez	208	5	25	2	12	1
M1725	50	5	10	2	7	1
M518	100	5	20	2	13	1
M518-1	50	5	10	2	5	1
M519	120	5	34	2	17	1
M519 - Rua das Cantarinhas	120	5	34	2	17	1
M519 - Rua de Cernadas	120	5	34	2	17	1
M519 - Rua de Palheiros	120	5	34	2	17	1
M519 - Rua Juiz Conselheiro de Cortinhas	219	5	44	2	29	1
M519 - Rua Principal de Leiradas	120	5	34	2	17	1
M519-1 - Estrada dos Lugares Cabeços	104	5	21	2	14	1
M519-1 - Rua Chão de Passos	104	5	21	2	14	1
M519-1 - Rua Chão de Torgos	104	5	21	2	14	1
M519-1 - Rua das Charnechas	104	5	21	2	14	1
M519-1 - Rua das Tapadas	104	5	21	2	14	1
M519-1 - Rua de Chãs	104	5	21	2	14	1
M519-1 - Rua dos Texugos	104	5	21	2	14	1
M520	200	5	40	2	27	1
M520 - Rua Central de Pedraça	200	5	40	2	27	1
M520 - Rua D. Nuno Alvares Pereira (1)	216	5	62	2	31	1
M520 - Rua D. Nuno Alvares Pereira (2)	200	5	40	2	27	1
M522 - Rua da Poça do Monte	217	5	25	2	13	1
M522 - Rua da Ponte Pedrinha	217	5	25	2	13	1
M522 - Rua da Portela do Couto	217	5	25	2	13	1
M522 - Rua do Alvite	217	5	25	2	13	1
M523 - Passos	100	5	12	2	6	1
M523 - Rua do Cruzeiro - Passos	100	5	12	2	6	1
M523 - Rua do Vinhal - Passos	100	5	12	2	6	1
M523 - Rua do Viseu - Passos	100	5	16	2	6	1
M526	65	5	8	2	4	1
N205	216	7	78	1	35	1
N205 - Av Francisco Sá Carneiro (a)	226	5	45	2	30	1
N205 - Largo da Boavista	492	5	90	2	60	1
N205 - Rua de Cabeceiras de Basto	216	7	78	1	35	1
N205 - Rua de Lamas	212	7	77	1	35	1
N205 - Rua de Paçô	212	7	77	1	35	1
N205 - Rua do Pinheiro	467	5	93	1	62	1

Via	Período diurno		Período entardecer		Período noturno	
	TMH	%pesados	TMH	%pesados	TMH	%pesados
N205 - Rua do Seixo	167	7	61	1	27	1
N205 - Rua Dr. Francisco Botelho	216	7	78	1	35	1
N205 - Rua Monsenhor A. Tanque	212	7	77	1	35	1
N205 - Rua P. Arnaldo de Sousa	200	7	40	1	27	1
N206	271	14	93	3	42	2
N206 - D. Leonor de Alvim	271	14	93	3	42	2
N206 - Rotunda da Tojeira	717	5	263	1	119	1
N206 - Rotunda das Cerejas	717	5	263	1	119	1
N206 - Rua D. Sancho I	717	5	263	1	119	1
N206 - Rua da Liberdade	717	5	263	1	119	1
N206 - Rua da Málaga	271	14	93	3	42	2
N206 - Rua da Ponte do Rio Cavez	271	14	93	3	42	2
N206 - Rua de Ribeiro de Arco	271	14	93	3	42	2
N206 - Rua de S. Tiago	717	5	263	1	119	1
N206 - Rua do Alambique	717	5	263	1	119	1
N206 - Rua dos Ferreiros	271	14	93	3	42	2
N206 - Rua Esteves Ribeiro	717	5	263	1	119	1
N210 - Rua da Est. Nacional	85	22	27	5	12	4
N210 - Rua da Portela	85	22	27	5	12	4
N210 - Rua Viscondessa do Peso da Régua	280	4	102	1	46	1
N210 - Av. Capitão Elísio de Azevedo	280	4	102	1	46	1
N311	236	5	47	2	31	1
N311 - Rua da Reta dos Fojos	236	5	47	2	31	1
Praça da República	333	5	67	2	44	1
R311 (1)	192	5	55	2	27	1
R311 (2)	72	5	21	2	10	1
Rotunda da Boavista	342	5	80	2	48	1
Rotunda do Tanque e do Pinheiro	305	5	73	2	43	1
Rotunda Europa	401	5	80	2	54	1
Rotunda N205 / N206	717	5	263	1	119	1
Rotunda N206 / N210	403	7	147	1	67	1
Rotunda Nó de Basto A7	195	9	93	3	25	4
Rotunda Rei D. Manuel I (1)	176	5	58	2	28	1
Rotunda Rei D. Manuel I (2)	204	5	41	2	27	1
Rotunda Rei D. Manuel I (3)	168	5	34	2	22	1
Rotunda Variante EN205/210 (1)	249	5	74	2	28	1
Rotunda Variante EN205/210 (2)	212	7	77	1	35	1
Rua António J. Gomes da Cunha	91	5	18	2	12	1
Rua da Ranha	146	5	29	2	19	1
Rua da Santa Senhorinha - ZI Olela	92	5	18	2	12	1
Rua da Veiga	146	5	29	2	19	1
Rua da Zona Industrial - V. Nune	91	10	18	6	12	3
Rua de José Saldanha e Castro	91	5	18	2	12	1

Via	Período diurno		Período entardecer		Período noturno	
	TMH	%pesados	TMH	%pesados	TMH	%pesados
Rua de Santo André	91	5	18	2	12	1
Rua de Santo António	146	5	29	2	19	1
Rua do Arnado	146	5	29	2	19	1
Rua dos Moinhos	146	5	29	2	19	1
Rua Dr. Agostinho Moutinho	333	5	67	2	44	1
Rua Dr. Francisco Botelho	357	5	71	2	48	1
Rua Dr. Jerónimo Pacheco	167	5	33	2	22	1
Rua Dr. Francisco Costa	91	5	18	2	12	1
Rua Santa Maria Maior	167	5	33	2	22	1
Variante EN205/210 (1)	212	7	77	1	35	1
Variante Parque Industrial	306	5	87	2	44	2

4.2.2. Indústrias

Existem diversas unidades do tipo industrial no concelho de Cabeceiras de Basto. Os perímetros industriais, bem como a localização dos parques eólicos, foram fornecidos pelo cliente, e dizem respeito aos seguintes tipo de fontes industriais:

- Unidades industriais;
- Zonas industriais (conjunto de várias unidades industriais);
- Parques eólicos;

As zonas industriais e indústrias foram modeladas como fontes em área, considerando os polígonos que dizem respeito aos respetivos perímetros. Já os parques eólicos foram modelados como fontes pontuais, considerando a localização de cada aerogerador.

As zonas industriais e indústrias foram caracterizadas acusticamente tendo em conta os métodos e orientações referidos no “*Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure*”, publicado por um grupo de trabalho da Comissão Europeia.

A caracterização acústica dos parques eólicos, foi determinada a partir da consulta dos dados de cada instalação, nomeadamente altura, modelo e potência das turbinas, listadas no site www.thewindpower.net que agrega e detalha todas as instalações eólicas. Posteriormente, a potência acústica dos aerogeradores, foi obtida a partir da consulta das fichas técnicas de cada fabricante, de acordo com os respetivos modelos identificados anteriormente.

Nos quadros seguintes são apresentadas as características de emissão sonora e horários de funcionamento considerados para as zonas industriais, indústrias e parques eólicos modelados. A localização e identificação de cada fonte industrial encontra-se no Anexo I (Cartas 2.1 a 2.3).

Quadro 4-2 – Tipologia de fontes industriais consideradas como fontes em área e respetiva potência sonora e período de funcionamento aplicados.

Indústria	Potência sonora	Período de laboração (h)		
	dB(A)/m ²	Diurno	Entardecer	Noturno
INDÚSTRIA Aviário - Avícola Cabeceirense	60,0	24h		
INDÚSTRIA Cerâmica - PRC CERÂMICA, LDA	60,0	8	0	0
INDÚSTRIA ETAR Arco do Baúlhe	60,0	24h		
INDÚSTRIA ETAR Cabeceiras Basto	60,0	24h		
INDÚSTRIA Granito	65,0	8	0	0
INDÚSTRIA Granitos - Stonepro Granitos	65,0	8	0	0
INDÚSTRIA Mármore e Granitos de Olela	60,0	8	0	0
INDÚSTRIA Mat. de Const. - Antonio V. & Irmão, Lda.	60,0	8	0	0
INDÚSTRIA Materbasto - Materiais De Construção, S.A.	60,0	8	0	0
INDÚSTRIA Materiais de Construção de Refojos	60,0	8	0	0
INDÚSTRIA Oficina	60,0	8	0	0
INDÚSTRIA Pedreira - Lapela	65,0	8	0	0
INDÚSTRIA Serração - Jose Guilherme, Lda.	60,0	8	0	0
INDÚSTRIA Serração (Junto à Rua do Seixo)	60,0	8	0	0
INDÚSTRIA Serração dos Carvalhos	60,0	8	0	0
INDÚSTRIA Serralharia	60,0	8	0	0
ZONA INDUSTRIAL DA RANHA	60,0	24h		
ZONA INDUSTRIAL DE BASTO	60,0	24h		
ZONA INDUSTRIAL DE CAB. DE BASTO (S. Nicolau)	60,0	8	0	0
ZONA INDUSTRIAL DE CAVEZ	60,0	8	0	0
ZONA INDUSTRIAL DE LAMEIROS NORTE	60,0	24h		
ZONA INDUSTRIAL DE LAMEIROS SUL	60,0	24h		
ZONA INDUSTRIAL DE VILA NUNE	60,0	24h		

Quadro 4-3 – Tipologia de fontes industriais consideradas como fontes pontuais e respetiva potência sonora e período de funcionamento aplicados.

Parque Eólico	Aerogerador	Modelo	Altura	Potência sonora	Período de laboração (h)		
			(m)	dB(A)	Diurno	Entardecer	Noturno
PE Lomba do Vale	GE00001	Nordex N90/2300	80	104,0	24h		
PE Lomba do Vale	GE00002	Nordex N90/2300	80	104,0	24h		
PE Lomba do Vale	GE00003	Nordex N90/2300	80	104,0	24h		
PE Lomba do Vale	GE00004	Nordex N90/2300	80	104,0	24h		
PE Penouta	GE00005	Enercon E48/800	50	102,5	24h		
PE Lomba do Vale	GE00006	Nordex N90/2300	80	104,0	24h		
PE Lomba do Vale	GE00007	Nordex N90/2300	80	104,0	24h		

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 trajetos de propagação e as atenuações, de acordo com o estipulado no método de cálculo francês NMPB-Routes-96 (tráfego rodoviário) e na Norma ISO 9613 (indústrias).

Para o cálculo dos mapas de ruído foi definida uma malha de cálculo regular de pontos recetores, com 10 m por 10 m, e, de acordo com a Diretiva 2002/49/CE, a 4 m de altura do solo. Foi utilizado o valor de 1 reflexão para cada raio sonoro e de 100 m para o raio de busca fonte-recetor.

Relativamente aos dados meteorológicos, para o ruído de tráfego rodoviário consideram-se condições médias no período diurno, o que significa 50% de ocorrência de situações favoráveis à propagação para todos os quadrantes de ventos no primeiro período, 75% no período do entardecer e 100% de ocorrência para as mesmas no período noturno. Pensa-se que o período noturno seja o mais crítico em termos de incomodidade, conforme recomendado pela APA nas suas diretrizes, inicialmente publicadas em junho de 2008 e atualizadas em dezembro de 2011.

Os mapas de ruído correspondem às condições típicas médias que se preveem ao longo de um período de um ano, 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

Para a validação do modelo acústico tridimensional foi efetuada uma medição acústica em contínuo, abrangendo pelo menos 48h, de acordo com as recomendações da APA. Estes dados recolhidos permitem aferir a validade do modelo criado pelo *software* com a realidade acústica do local, tendo em conta os ajustes de terreno e as características de emissão sonora das fontes.

Para se proceder à validação do modelo acústico, e das respetivas fontes, foi efetuada uma comparação dos valores de L_{Aeq} medidos "*in situ*" com os valores calculados pelo modelo. O modelo foi parametrizado de modo a reproduzir as condições observadas no local durante as medições acústicas.

4.4.1. Equipamentos utilizados

Os equipamentos utilizados na realização de medições estão homologados pelo IPQ e as suas características técnicas e n.º de certificado de calibração podem ser visualizadas no quadro que se segue.

Quadro 4-4 – Instrumentação utilizada nas campanhas de medição.

Tipo	Características			Rastreabilidade		
	Marca	Modelo	Nº Série	Entidade Calibradora	N.º Certificado	Data de Calibração
Sonómetro	01 dB	Solo	65083	ISQ	VACV209-20-1C	27-04-2020
Calibrador	RION	NC-74	830808			

4.4.2. Validação junto às fontes sonoras

A medição de longa duração foi realizada de acordo com a metodologia baseada na norma ISO 1996.

O microfone do equipamento de medida foi colocado a uma altura de 4 m em relação ao solo e a mais de 3,5 metros de distância de superfícies refletoras. Dadas as características físicas do campo sonoro e as características de radiação das principais fontes sonoras, considera-se que a validação do modelo a esta altura assegura a validação dos resultados do modelo.

Foi então instalado um ponto de medição de longa duração, com o objetivo de caracterizar as fontes rodoviárias, para efeitos de validação do modelo. Foi instalado no hotel “Basto Vila” (localização geográfica: ver no quadro abaixo), no dia 15 de julho 2020, e recolhido depois de mais de 48h, no dia 18 de julho 2020.

No Quadro 4-5, que se segue, encontra-se identificado o ponto de validação (PV01). Este ponto representa o local onde foram realizadas medições de ruído e o seu posicionamento em coordenadas.

Quadro 4-5 – Localização em coordenadas dos pontos de validação.

Ponto recetor - medição de longa duração	Coordenadas no modelo		
	x (m)	y (m)	z (m)
PV01	12155,39	204727,82	282,54

O PV01 foi cotado a cerca de 4 metros acima do solo, de forma idêntica à posição do microfone dos sonómetros.

Na Figura 4-6 pode visualizar-se a localização do ponto de validação introduzido no modelo. A diferença linear entre os valores calculados pelo modelo e os valores medidos para os indicadores L_{den} e L_n encontram-se representados no Quadro 4-6.



Figura 4-7 – Visualização do PV01.

Quadro 4-6 – Comparação entre os valores medidos e os valores calculados para os indicadores L_{den} e L_n (validação)

Ponto recetor	Indicador calculado $L_{Aeq\ calc}$ [dB(A)]		Indicador medido $L_{Aeq\ med}$ [dB(A)]		Indicador calculado - Indicador medido $L_{Aeq\ calc} - L_{Aeq\ med}$ [dB(A)]		Requisito
	L_{den}	L_n	L_{den}	L_n	L_{den}	L_n	
PV01	63,1	54,0	63,7	55,6	- 0,6	- 1,6	$\leq 2\text{ dB(A)} $

No quadro de validação apresentado acima 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 pela dBwave.i para o período de referência em questão, ou média logarítmica 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 MR do concelho de Cabeceiras de Basto como validado, dado verificar-se o cumprimento da condição estipulada nas diretrizes emitidas pela APA para a elaboração deste tipo de mapas:

$$L_{Aeq\ calculado} - L_{Aeq\ medido} \leq |2\text{ dB(A)}|$$

4.5. CLASSIFICAÇÃO ACÚSTICA

A classificação acústica em vigor pelo PDM do concelho de Cabeceiras de Basto, encontra-se representada na figura mais abaixo.

O Município de Cabeceiras de Basto classificou e delimitou os principais núcleos urbanos como Zonas Mistas não tendo classificado nenhuma área como Zona Sensível. Para além, do zonamento acústico, o município tem igualmente identificadas as zonas industriais, onde não são aplicáveis os limites regulamentares definidos no RGR.

Os recetores sensíveis isolados existentes ou previstos, fora das zonas classificadas acusticamente, são, para efeitos de aplicação do RGR, equiparados a zonas mistas ou sensíveis tendo em conta em os usos existentes na proximidade.

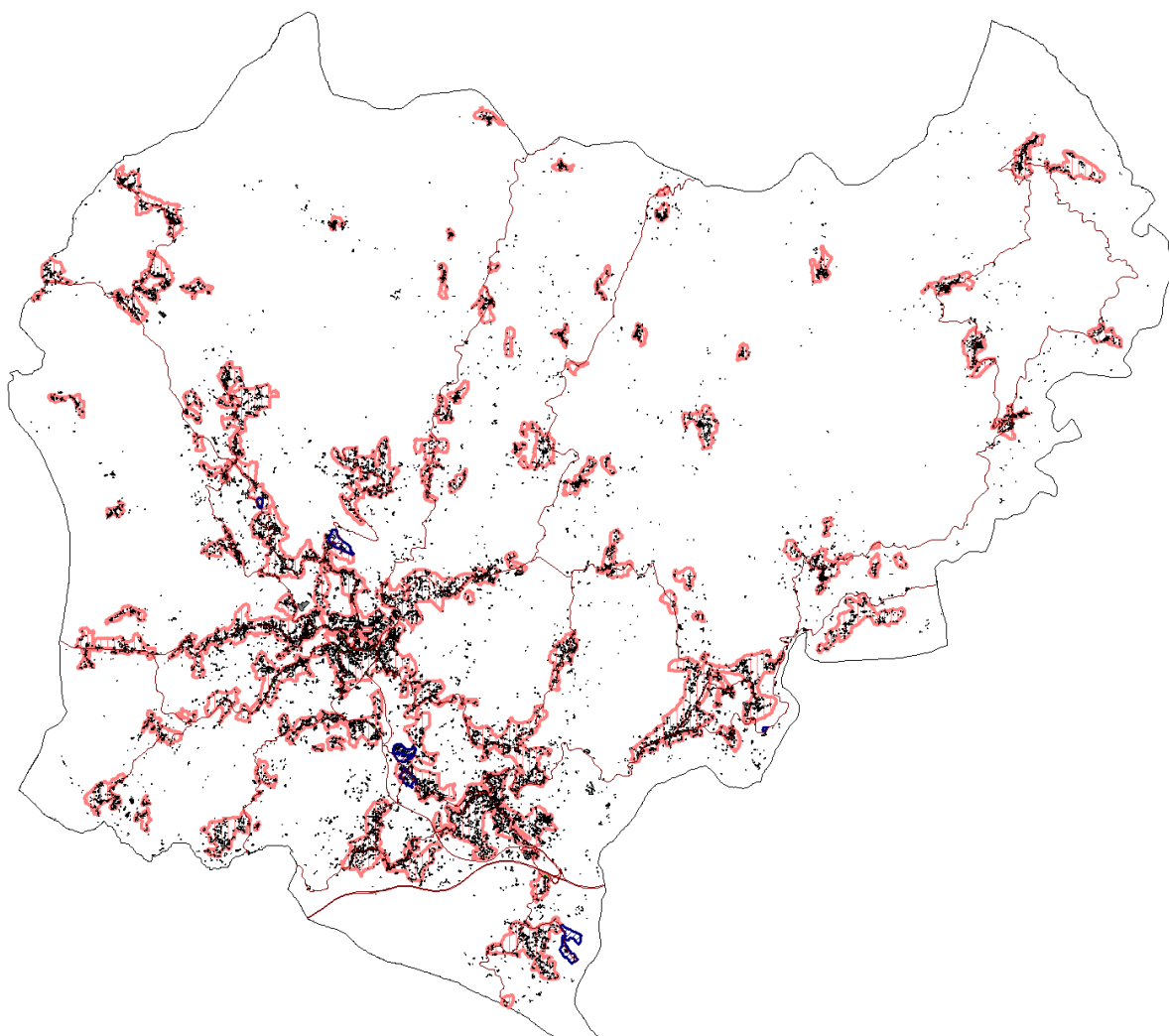


Figura 4-8 – Delimitação das áreas classificadas como zonas mistas (a rosa) e zonas industriais (a azul).

Quadro 4-7 – Identificação do tipo de classificação existente no município de Cabeceiras de Basto e indicação dos respetivos valores-limite de exposição ao ruído ambiente exterior.

Classificação de Zonas	L_{den} dB(A)	L_n dB(A)
Zonas Mistas	65	55
Zonas Industriais	N/A	N/A
Recetores sensíveis isolados equiparados a Zona Mista / Zona Sensível	65/55	55/45

N/A – Não aplicável

A partir da classificação acústica em vigor, são calculados os níveis de conflito dentro dessas zonas, para os indicadores L_{den} e L_n. Os mapas de conflito representam assim, as diferenças entre os níveis médios totais de ruído do município, espelhados pelos Mapas de Ruído e a os valores-limite para o zonamento definido. Os Mapas de Conflito encontram-se apresentados e podem ser consultados, no Anexo III do presente relatório.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Foi desenvolvido um modelo computacional, utilizando o programa CadnaA, para calcular os mapas de ruído para o concelho de Cabeceiras de Basto. 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 métodos de cálculo de propagação sonora em conformidade com a Norma Francesa NMPB 9696 e XP S 31-133 e a Norma NP 4361-2.

Os cálculos realizados com o modelo permitiram obter a distribuição espacial de L_{Aeq} – Mapas de Ruído de L_{den} e L_n – que espelham a situação acústica média prevista para o local em estudo. Os MR do concelho de Cabeceiras de Basto para a situação atual podem ser visualizados, para a totalidade da área do concelho, nos Anexos II.1 (indicador L_{den}) e II.2 (indicador L_n).

A classificação acústica estabelecida pelo PDM do Município de Cabeceiras de Basto, definiu os principais núcleos urbanos como Zonas Mistas onde se aplicam os limites $L_{den} \leq 65$ dB(A) e $L_n \leq 55$ dB(A). Por outro lado, não foi classificada nenhuma área do município como Zona Sensível.

A análise dos mapas de ruído a partir do modelo demonstra que o município apresenta, a Sul do seu território, níveis de ruído mais elevados, naturalmente por ser nessa zona que se localizam os principais núcleos urbanos – Cabeceiras de Basto e Arco do Baúlhe – e principais vias de acesso.

No que toca às fontes rodoviárias, os níveis de ruído mais elevados são registados na envolvente próxima das principais rodovias que servem o concelho (nomeadamente a A7, variante EN205/210, EN205, EN206, EN210, EN311 e variante Parque Industrial), afetando, no máximo, a primeira frente de habitações, com níveis de 1 ou 2 dB(A) acima dos 55 dB(A) para o indicador L_n . Quanto às estradas municipais e outras vias, em geral com pouco tráfego, não há registo de ultrapassagem dos valores limite para ambos os indicadores.

No caso das fontes industriais, destacam-se como principais fontes sonoras as áreas correspondentes a Parques Industriais, por ter sido assumido um regime de funcionamento contínuo, bem como outras indústrias que tenham um funcionamento de 24h, afetando sobretudo o período noturno, período mais sensível do ponto de vista acústico.

Os Parque Eólicos são outro tipo de fonte industrial que tem, por norma, um funcionamento contínuo e por isso se destacam como relevantes fontes de ruído no concelho de Cabeceiras de Basto. Porém, nestes casos específicos, estando estas fontes localizadas em meios isolados, sem recetores na sua envolvente, não se tornam críticas do ponto de vista acústico.

Pela análise dos Mapas de Conflito, para as áreas classificadas como Zonas Mistas, de um ponto de vista global, a ultrapassagem dos valores-limite é pouco significativa, intensificando-se ligeiramente no período noturno. É dentro dos aglomerados urbanos de Cabeceiras de Bastos e Arco do Baúlhe onde se nota mais ultrapassagem dos valores-limite, geralmente, na ordem de 1 ou 2 dB(A), afetando os recetores mais diretamente expostos.

A análise destes mapas, permite ainda verificar que:

- os valores-limite na povoação de Portela são ultrapassados, afetando as habitações mais próximas da A7;
- os valores-limite são ultrapassados, sobretudo para o indicador L_n , nas zonas classificadas como Zonas Mistas, que estejam localizadas adjacentes a zonas industriais.

O MR do Concelho de Cabeceiras de Basto é um mapa que comporta todas as fontes relevantes 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, mapas estes que são efetuados a uma escala local e não concelhia.

Salienta-se, ainda, o facto de os resultados acústicos obtidos na simulação efetuada 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, tipos de pavimento, condições meteorológicas, etc.) poderá, eventualmente, fazer variar os níveis de ruído simulados. No entanto, tendo em conta que os níveis sonoros médios têm uma relação logarítmica com os volumes de tráfego (mantendo-se todas as outras variáveis), seria necessário ocorrerem transformações consideráveis nestes volumes para que os níveis sonoros correspondentes sofressem variações perceptíveis ao ouvido humano (por exemplo, a duplicação nos volumes de tráfego significa um acréscimo de 3 dB(A) nos níveis de ruído).

Elaborado por:

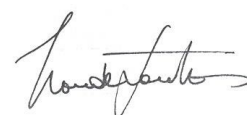
Márcia Melro

A handwritten signature in blue ink that reads 'Márcia Melro'.

Eng.º do Ambiente

Verificado e aprovado por:

Luís Conde Santos

A handwritten signature in blue ink that reads 'Luís Conde Santos'.

Diretor Técnico

6. 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 - Prévission 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.