

Mapa de Ruído do Município de Santa Maria da Feira

Situação Atual

Versão Final

Referência do relatório: 1320.1_21DBW_MRPC_448_22-VF

Data do relatório: Junho 2022

Nº. total de páginas (excluindo anexos): 34

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	2
2. CONTEXTO LEGISLATIVO	3
2.1. DEFINIÇÕES	3
2.2. ENQUADRAMENTO LEGAL E NORMATIVO DOS MAPAS DE RUÍDO	5
3. METODOLOGIA	7
3.1. MAPAS DE RUÍDO – DESCRIÇÃO BREVE	7
3.2. MAPA DE RUÍDO DO MUNICÍPIO DE SANTA MARA DA FEIRA	8
3.3. NORMAS E PARÂMETROS UTILIZADOS	8
3.3.1. Tráfego rodoviário	8
3.3.2. Tráfego ferroviário	10
3.3.3. Indústrias	12
4. DESCRIÇÃO DO PROJETO	14
4.1. CARACTERIZAÇÃO DO MODELO	14
4.1.1. Identificação da área de estudo	14
4.1.2. Área do mapa e área de estudo	14
4.1.3. Caracterização climática	15
4.1.4. Altimetria	16
4.1.5. Planimetria	17
4.2. FONTES DE RUÍDO	17
4.2.1. Tráfego rodoviário	18
4.2.1. Tráfego ferroviário	24
4.2.2. Indústrias	24
4.3. CONFIGURAÇÃO DE CÁLCULO	26
4.4. VALIDAÇÃO DO MODELO	27
4.4.1. Equipamentos utilizados	27
4.4.2. Validação junto às fontes sonoras	27
5. RESULTADOS DO MODELO – MAPA DE RUÍDO ATUAL	31
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	33
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34
▪ ANEXO I – Identificação das fontes de ruído (1:10 000) – formato A1	
▪ ANEXO II – Mapas de ruído, indicadores L_{den} e L_n (1:10 000) – formato A1	

Mapa de Ruído do Município de Santa Maria da Feira

Situação Atual

Descrição do Modelo e Resultados

Ficha técnica

Designação do projeto	Mapa de Ruído do Município de Santa Maria da Feira
Cliente	Município de Santa Maria da Feira
Morada	Praça República 4520-234 Santa Maria da Feira
Localização do projeto	Santa Maria da Feira
Fonte(s) do ruído particular	Tráfego rodoviário Tráfego ferroviário Indústrias
Data(s) do trabalho de campo	Entre 13 e 20 abril 2022
Data de emissão	Junho 2022

Equipa técnica

O presente trabalho foi elaborado pela seguinte equipa técnica:

- Luís Conde Santos, Eng. Electrotécnico (IST), MSc. Sound and Vibration Studies (Un. Southampton) – Diretor Técnico.
- Madalena Vaz de Miranda, Eng. do Ambiente (FCT/UNL), Mestrado em Ordenamento do Território e Impactes Ambientais (FCT/UNL) – Técnica Superior da dbwave.i.
- Pedro Ribeiro, Curso Técnico-profissional nível III de técnico de laboratório (AESBUC) – Técnico de Laboratório.

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 MR 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.

O presente estudo diz respeito à elaboração do Mapa de Ruído (MR) de Santa Maria da Feira, que pretende constituir uma ferramenta de apoio às tomadas de decisões sobre o ordenamento do território no município.

Nesse intuito, este estudo desenvolve um modelo acústico tridimensional de toda a área em análise, nele implantando as principais fontes de ruído, nomeadamente os principais eixos viários e ferroviários, bem como as áreas industriais. A cada fonte de ruído é atribuída uma potência sonora, função do volume e tipologia de tráfego, no caso das rodovias e ferrovia, e do tipo de atividade e horário de funcionamento no caso das indústrias.

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.

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 na área de estudo, apresentando um potencial que não se esgota nos resultados apresentados.

A partir do modelo desenvolvido, são então calculados os mapas de ruído municipais, para os indicadores L_{den} e L_n . A escala de representação das peças desenhadas com os mapas de ruído 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 n.º 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 que foi entretanto substituído pela Diretiva Europeia 2015/996 ;
- 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

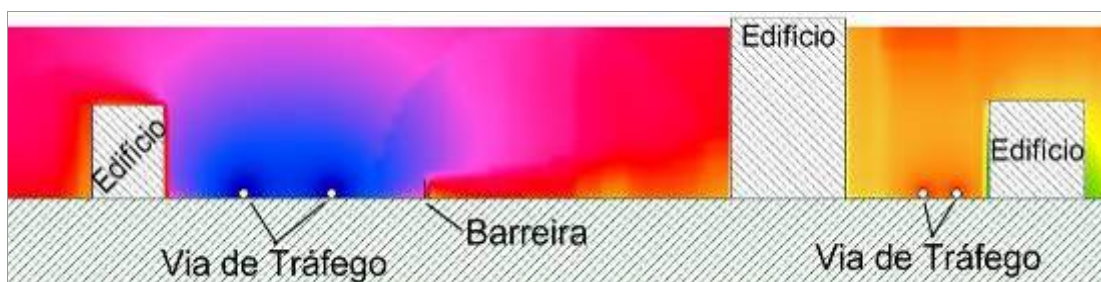


Figura 3.3 – Mapa de ruído em corte transversal às vias rodoviárias

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 MUNICÍPIO DE SANTA MARA DA FEIRA

O trabalho apresentado neste relatório consistiu na caracterização acústica da situação existente do município de Santa Maria da Feira. 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. NORMAS E PARÂMETROS UTILIZADOS

3.3.1. 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.

O método para o cálculo de níveis de ruído de tráfego rodoviário utilizado foi 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 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:

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

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 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.

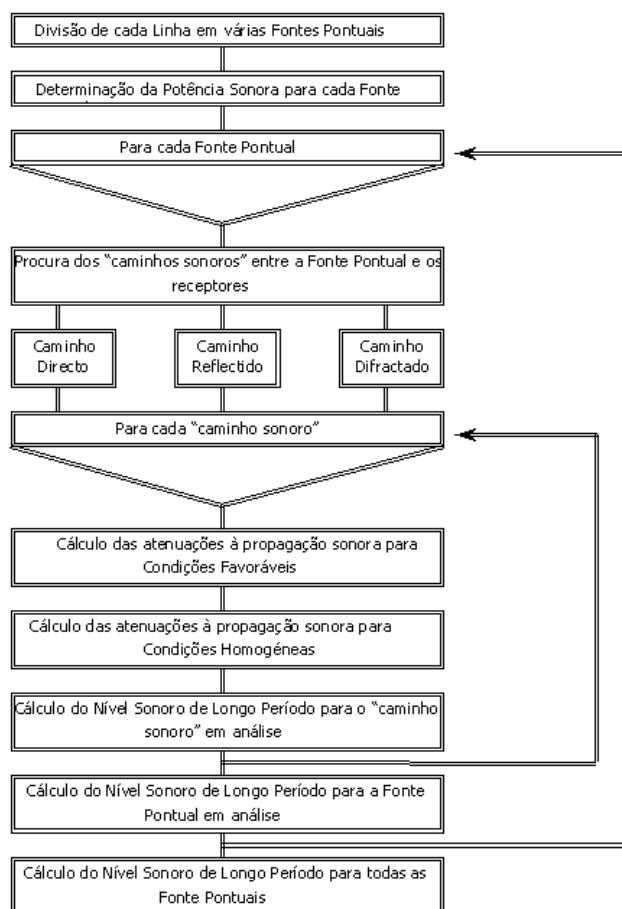


Figura 3.4 – Fluxograma do método NMPB-1996

3.3.2. Tráfego ferroviário

No que diz respeito à modelação de tráfego ferroviário foi adotado o método alemão “Schall 03” que verifica os seguintes critérios:

- Possibilidade de gerar previsões ao longo de um corredor associado à via ferroviária;
- Possibilidade de gerar mapas de ruído associados às previsões;
- Possibilidade de gerar previsões detalhadas à escala local de forma a apoiar a decisão sobre um plano de redução de ruído;
- Possibilidade de calcular os resultados em termos do indicador $L_{Aeq,LT}$;
- Cálculo dos resultados por bandas de oitava;
- Distinção entre diferentes tipos de composições;

- Consideração da influência do declive da via na potência da locomotiva e consequentemente nos níveis sonoros de emissão;
- Correção meteorológica no cálculo de $L_{Aeq,LT}$, para condições favoráveis e desfavoráveis à propagação do som, adaptada às condições nacionais;
- Consideração de vários tipos de solo na vizinhança acústica da via;
- Consideração de vários tipos de vegetação (por exemplo, vegetação rasteira, floresta, áreas cultivadas) na vizinhança acústica da via;
- Consideração de efeitos topográficos na propagação do ruído;
- Consideração de efeitos de atenuação devido a obstáculos;
- Consideração de efeitos de reflexão entre fachadas e outros obstáculos (pelo menos, reflexões de 1ª ordem).

A norma alemã “Schall 03” considera ainda os seguintes parâmetros:

- Traçado de cada via, devidamente cotado na cartografia;
- Tipo de comboio (passageiros, mercadorias);
- Número de circulações diárias em ambos os sentidos;
- Percentagem do comprimento de cada tipo de comboio servido por travões de disco;
- Comprimento médio das composições;
- Velocidade máxima a que cada tipo de comboio circula;
- Limite de velocidade da via;
- Localização de pontes e viadutos e de cruzamentos com rodovias;
- Raios de curvatura da linha ferroviária;
- Tipo de balastro.

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

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

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

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

em que,

- $L_{r,k}$ é o nível de emissão sonora recebido no recetor devido ao nível emitido pelo k -ésimo segmento;
- $L_{m,E,k}$ é o nível emitido pelo k -ésimo segmento;
- l_k comprimento do segmento;
- $A_{prop,k}$ é a atenuação devido ao percurso de propagação do k -ésimo segmento;
- D_c é a diretividade da fonte ferroviária;
- C_{inc} a correção devido ao menor incómodo sonoro causado pelos comboios em relação ao ruído rodoviário.

$A_{prop,k}$ é o termo de atenuação do nível de potência sonora que ocorre durante a propagação do som desde a fonte emissora até ao recetor, dB.

3.3.3. Indústrias

A avaliação do impacte 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 pode basear-se na Norma ISO 8297:1994(E), com uma metodologia que, 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. Alternativamente, também pode ser calculada com recurso a métodos simplificados, tendo em conta o tipo de unidade ou parque industrial em questão, como indicado 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 em agosto de 2007

A atenuação do som na sua propagação ao ar livre foi calculada pelo *software* recorrendo à norma NP 4361-2 (2001) / ISO 9613. 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 recetor, 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 correção 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 recetor, 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 Santa Maria da Feira pertence à área metropolitana do Porto, no distrito de Aveiro, e encontra-se dividido em 21 freguesias, totalizando cerca de 214 km² de área e 136 715 habitantes (Censos 2021). Apresenta como principais fontes de ruído a A1, A41, A32, IC2 e diversas estradas nacionais e arruamentos urbanos. Conta ainda com a presença da linha férrea do Vouga e um número elevado de indústrias/zonas industriais localizadas por todo o concelho, bem como o cais de Porto de Carvoeiro.

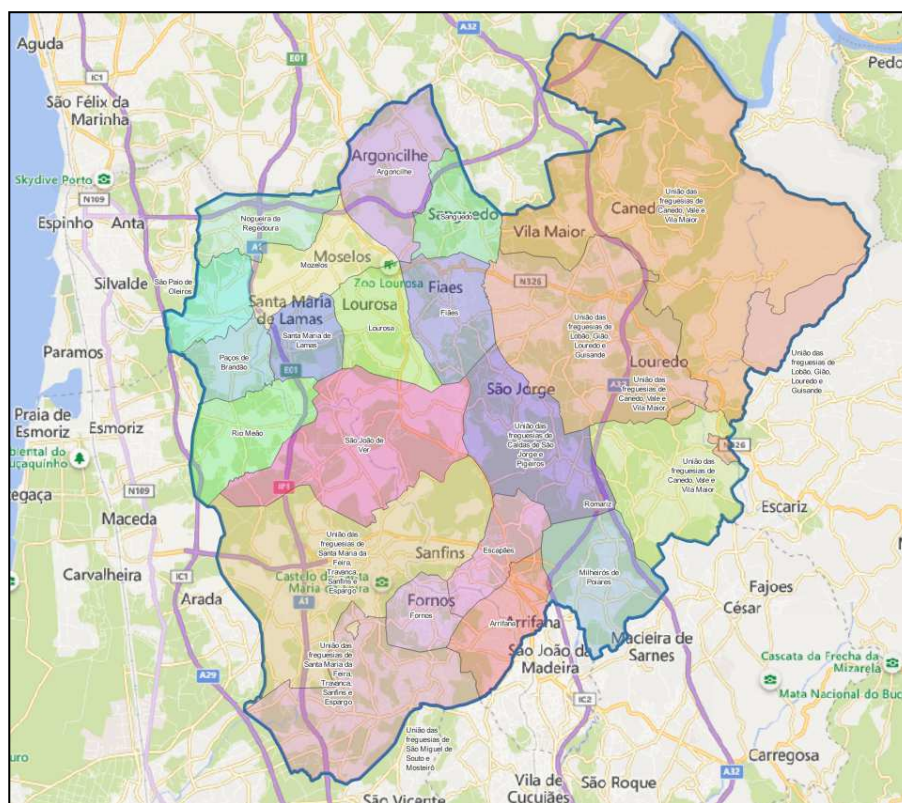


Figura 4.1 – Localização do município de Santa Maria da Feira e respetivas freguesias

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. Como tal, e para que fosse tida em conta a emissão sonora dessas

infraestruturas, as mesmas foram estendidas um pouco para além do limite do concelho. 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. A figura seguinte representa a área de estudo.

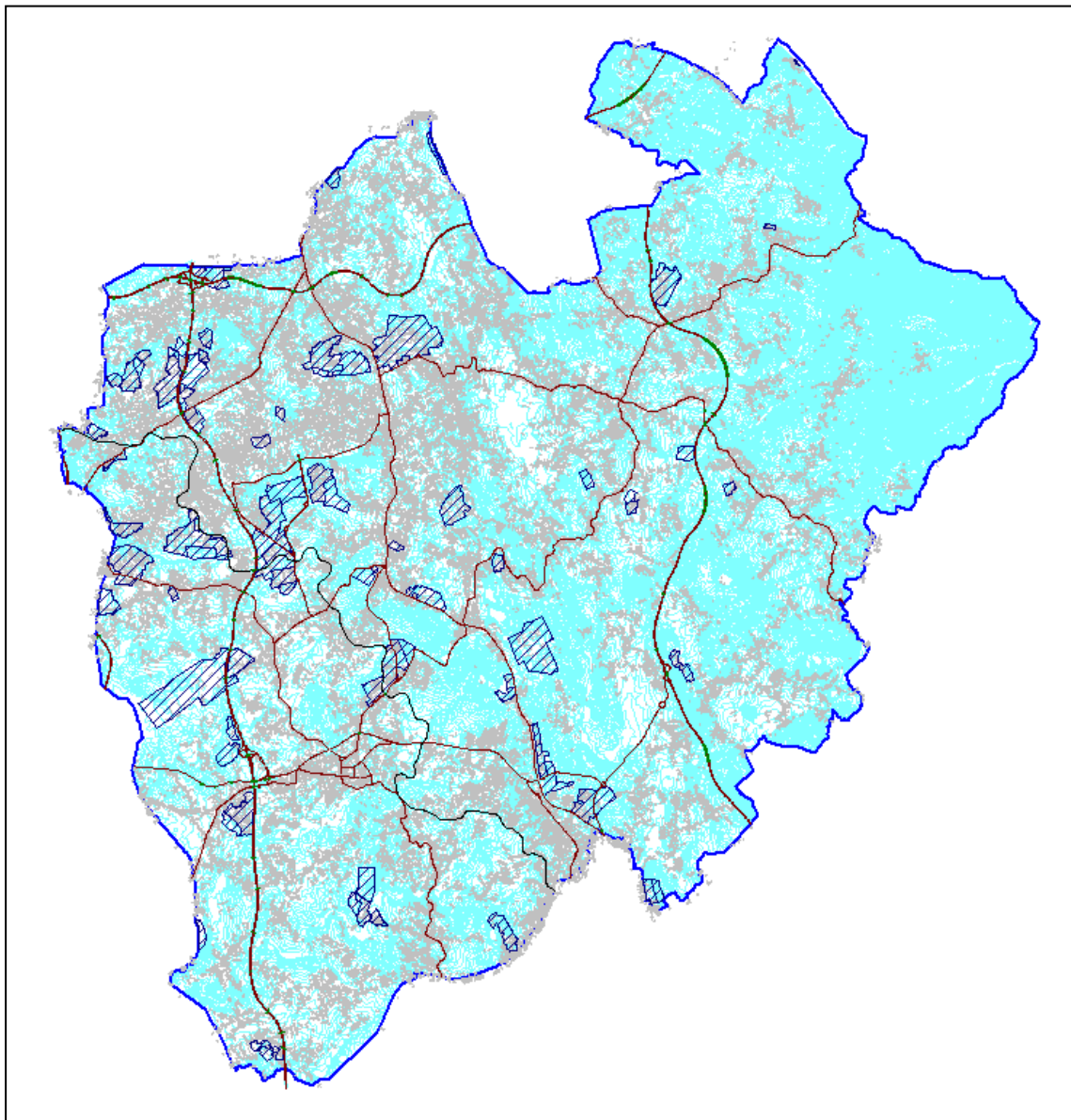


Figura 4.2 – Representação da área de estudo

4.1.3. Caracterização climática

A estação meteorológica com dados de parâmetros relevantes para caracterizar climaticamente a zona do município de Santa Maria da Feira foi a estação da Barragem de Castelo Burgães (08G/01C). 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 o período entre janeiro de 2005 e fevereiro de 2022 obteve-se valores para a temperatura do ar média diária de 14,4°C, 74,5% de humidade relativa média diária e 1,02 m/s para a velocidade do vento média diária (fonte: <https://snirh.apambiente.pt/index.php?idMain=>).

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. 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 seguinte).

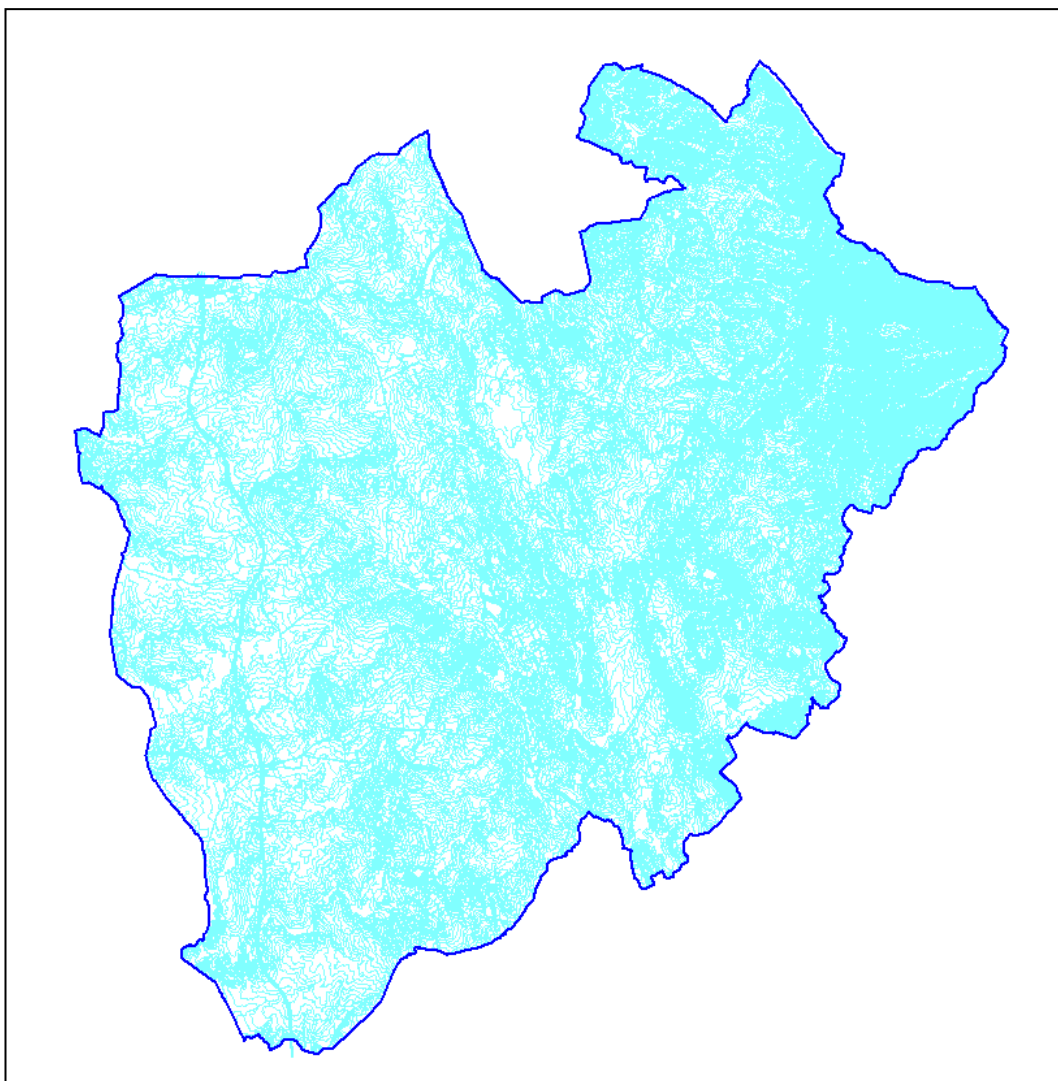


Figura 4.3 – Extrato do modelo altimétrico criado

4.1.5. Planimetria

Para se proceder à correta importação da informação para o CadnaA, foram tratadas e selecionadas *shapefiles* e *layers* de ficheiros em DWG correspondentes aos seguintes temas:

- I. Edifícios;
- II. Rede viária;
- III. Rede ferroviária
- IV. Zonas industriais.

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

Na Figura 4.4 pode observar-se o aspeto do modelo tridimensional criado.

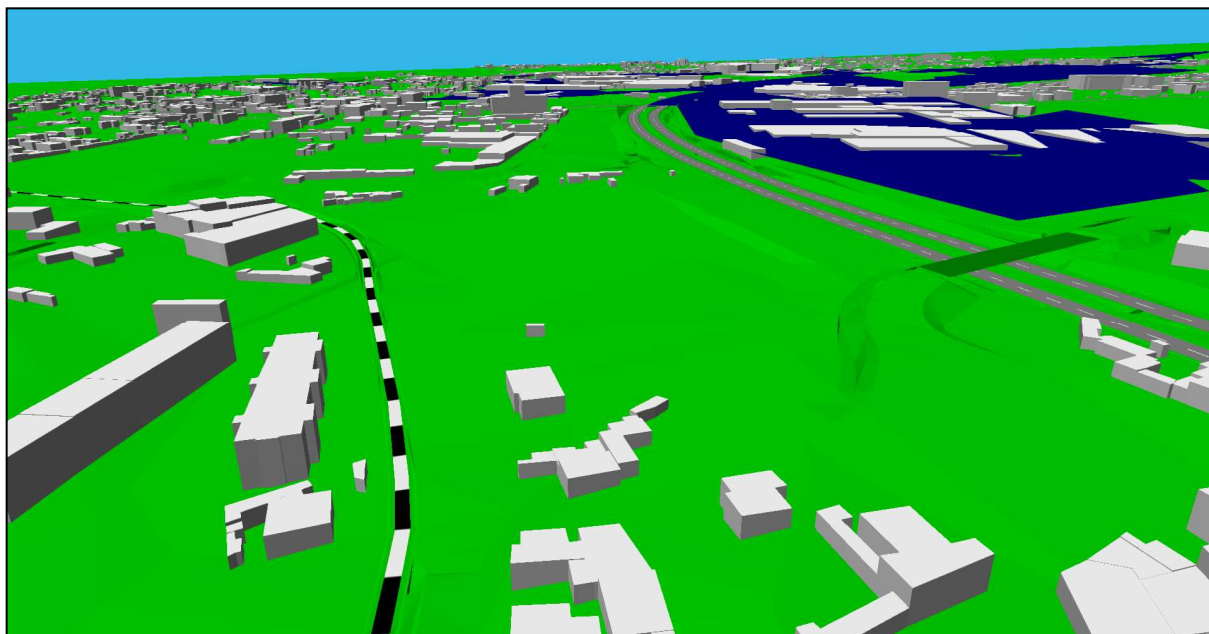


Figura 4.4 – Vista 3D do modelo criado

4.2. FONTES DE RUÍDO

Este estudo contempla como fontes de ruído os principais eixos de tráfego rodoviário e ferroviário e as indústrias/zonas industriais existentes na área em estudo e na sua envolvente próxima. 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 de elementos planimétricos fornecidos pelo cliente e pelas concessionárias das autoestradas (nomeadamente as barreiras acústicas).

As cotas das estradas foram obtidas através da modelação do terreno gerado pelas curvas de nível, pelas linhas de quebra e pelos pontos cotados, tendo sido necessários alguns ajustes de modo a obter uma melhor correspondência com a realidade, como pode ser verificado nas figuras abaixo.

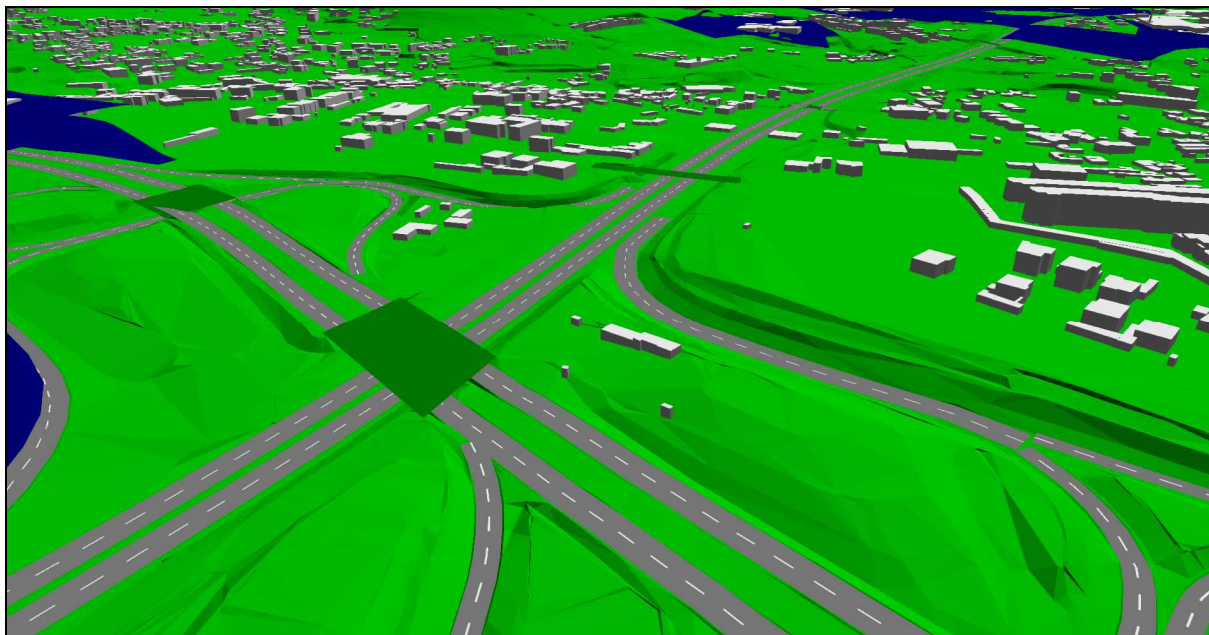


Figura 4.5 – Vista 3D da zona do nó da A1 com a A41

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

- Dados de tráfego oficiais fornecidos pela Infraestruturas de Portugal;
- Dados de tráfego oficiais fornecidos pelas concessionárias das autoestradas;
- Contagens de tráfego realizadas pela dBwave.i em abril de 2022.

No quadro que se segue encontram-se listadas todas as estradas incluídas no mapa de ruído e respetivas características relevantes do ponto de vista acústico.

Quadro 4.1 – Características das vias rodoviárias para os períodos diurno, entardecer e noturno

Toponímia	ID	Período diurno		Período entardecer		Período noturno		vmáx (km/h)		Tipo de piso
		TMH (veíc./h)	% pesados	TMH (veíc./h)	% pesados	TMH (veíc./h)	% pesados	Ligeiros	Pesados	
A1: Estarreja - Santa Maria da Feira	F001	1096	9,4	650	7,8	167	24,1	120	90	Betão betuminoso
A1: Ramo saída Feira	F001a	73	0,2	33	0,8	8	1,2	40	40	Betão betuminoso
A1: Ramo entrada Feira	F001b	73	0,2	33	0,8	8	1,2	40	40	Betão betuminoso
A1: Portagens SMFeira	F001c	145	0,2	66	0,8	16	1,2	60	60	Betão betuminoso
A1: Santa Maria da Feira - Estarreja	F002	1096	9,4	650	7,8	167	24,1	120	90	Betão betuminoso
A1: Ramo saída Feira	F002a	73	0,2	33	0,8	8	1,2	40	40	Betão betuminoso
A1: Ramo entrada Feira	F002b	73	0,2	33	0,8	8	1,2	40	40	Betão betuminoso
A1: Santa Maria da Feira - Espinho (IC24)	F003	1240	8,3	715	7,1	182	21,9	120	90	Betão betuminoso
A1: Ramo saída Espinho	F003a	28	17,1	5	48,4	2	86,8	40	40	Betão betuminoso
A1: Ramo entrada Espinho	F003b	28	17,1	5	48,4	2	86,8	40	40	Betão betuminoso
A1: Espinho (IC24) - Santa Maria da Feira	F004	1240	8,3	715	7,1	182	21,9	120	90	Betão betuminoso
A1: Ramo saída Espinho	F004a	28	17,1	5	48,4	2	86,8	40	40	Betão betuminoso
A1: Ramo entrada Espinho	F004b	28	17,1	5	48,4	2	86,8	40	40	Betão betuminoso
Nó A1 com o IC24	F004c	14	17,1	3	48,4	1	86,8	60	60	Betão betuminoso
A1: Espinho (IC24) - Feiteira	F005	1277	7,3	705	6,5	179	20,7	120	90	Betão betuminoso
A1: Feiteira - Espinho (IC24)	F006	1277	7,3	705	6,5	179	20,7	120	90	Betão betuminoso
A41: Sandim - Argoncilhe	F007	3968	8,7	1690	4,4	502	9,3	120	90	Betão betuminoso
A41: Argoncilhe - Sandim	F008	3968	8,7	1690	4,4	502	9,3	120	90	Betão betuminoso
A41: Argoncilhe - Nogueira	F009	7162	5,1	3449	1,7	831	6,1	120	90	Betão betuminoso
A41: Nogueira - Argoncilhe	F010	7162	5,1	3449	1,7	831	6,1	120	90	Betão betuminoso
A41: Nogueira – Espinho (A1/A41)	F011	7114	5,1	3425	1,7	825	6,1	120	90	Betão betuminoso
A41: Espinho (A1/A41) - Nogueira	F012	7114	5,1	3425	1,7	825	6,1	120	90	Betão betuminoso
A41: Espinho (A1/A41) – Guetim	F013	7175	5,1	3455	1,7	832	6,1	120	90	Betão betuminoso
A41: Guetim - Espinho (A1/A41)	F014	7175	5,1	3455	1,7	832	6,1	120	90	Betão betuminoso
A32: EN227 – Lig. Feira/Mansores	F015	1411	7,1	540	3,8	7	5,8	120	90	Betão betuminoso
A32: Lig. Feira/Mansores - EN227	F016	1411	7,1	540	3,8	7	5,8	120	90	Betão betuminoso
A32: Ramo entrada	F016a	1173	5,4	467	3,0	118	8,2	40	40	Betão

Toponímia	ID	Período diurno		Período entardecer		Período noturno		vmáx (km/h)		Tipo de piso
		TMH (veíc./h)	% pesados	TMH (veíc./h)	% pesados	TMH (veíc./h)	% pesados	Ligeiros	Pesados	
Lig. Feira/Mansores										betuminoso
A32: Ramo saída Lig. Feira/Mansores	F016b	1173	5,4	467	3,0	118	8,2	40	40	Betão betuminoso
Ligação Feira/Mansores	F016c	4693	5,4	1870	3,0	472	8,2	80	60	Betão betuminoso
Rotunda Ligação Feira/Mansores	F016d	4693	5,4	1870	3,0	472	8,2	40	40	Betão betuminoso
A32: Lig. Feira/Mansores – Gião/Louredo	F017	3757	6,0	1474	3,3	27	7,4	120	90	Betão betuminoso
A32: Gião/Louredo - Lig. Feira/Mansores	F018	3757	6,0	1474	3,3	27	7,4	120	90	Betão betuminoso
A32: Gião/Louredo – Canedo	F019	4041	5,8	1624	3,1	26	6,8	120	90	Betão betuminoso
A32: Canedo - Gião/Louredo	F020	4041	5,8	1624	3,1	26	6,8	120	90	Betão betuminoso
A32: Canedo – A32/A41	F021	5440	5,0	2294	2,7	48	8,5	120	90	Betão betuminoso
A32: A32/A41 - Canedo	F022	5440	5,0	2294	2,7	48	8,5	120	90	Betão betuminoso
A29: Maceda - Cortegaça	F023	883	14,1	394	10,7	129	22,5	120	90	Betão betuminoso
A29: Cortegaça - Maceda	F024	883	14,1	394	10,7	129	22,5	120	90	Betão betuminoso
A29: Cortegaça - Esmoriz	F025	897	14,6	465	9,1	153	22,2	120	90	Betão betuminoso
A29: Esmoriz - Cortegaça	F026	897	14,6	465	9,1	153	22,2	120	90	Betão betuminoso
IC2: Nozelos - Picoto (IC24)	F027	596	2,5	317	1,3	106	3,9	50	50	Betão betuminoso
IC2: Picoto (IC24) - Lourosa	F028	999	7,1	520	3,8	183	10,7	50	50	Betão betuminoso
IC2: Lourosa - Areal	F029	1047	2,7	557	1,4	187	4,2	50	50	Betão betuminoso
IC2: Areal - Albergaria (EN223)	F030	1214	4,5	640	2,3	219	6,9	50	50	Betão betuminoso
IC2: Albergaria (EN223) - Escapadões (IC2)	F031	1393	4,3	735	2,3	251	6,6	50	50	Betão betuminoso
IC2: Albergaria (EN223) - Escapadões (IC2)	F031	1393	4,3	735	2,3	251	6,6	50	50	Betão betuminoso
IC2: Escapadões (IC2) - São João da Madeira (EN327)	F032	1405	7,6	730	4,1	258	11,5	50	50	Betão betuminoso
ER222	F033	443	3,1	193	1,6	68	2,9	90	70	Betão betuminoso
EN223: Maceda (IC1) - Espargo	F034	1195	5,1	856	2,1	248	5,5	90	70	Betão betuminoso
EN223: Espargo - Santa Maria da Feira Poente	F035	2075	5,7	1482	2,4	431	6,1	70	50	Betão betuminoso
EN223: Santa Maria da Feira Poente - Escapadões (IC2)	F036	1195	5,1	856	2,1	248	5,5	50	50	Betão betuminoso
EN223: Santa Maria da Feira Poente -	F036a	598	5,1	428	2,1	124	5,5	50	50	Betão betuminoso

Toponímia	ID	Período diurno		Período entardecer		Período noturno		vmáx (km/h)		Tipo de piso
		TMH (veíc./h)	% pesados	TMH (veíc./h)	% pesados	TMH (veíc./h)	% pesados	Ligeiros	Pesados	
Escapadões (IC2)										
EN223: Escapadões (IC2) - Santa Maria da Feira Poente	F036b	598	5,1	428	2,1	124	5,5	50	50	Betão betuminoso
EN223: Albergaria (IC2) - Corga do Lobão	F037	234	4,0	169	1,6	49	4,4	50	50	Betão betuminoso
EN326: Lourosa - Corga do Lobão	F038	303	1,1	181	0,6	56	1,6	50	50	Betão betuminoso
EN326: Corga do Lobão - Mansores (EN327)	F039	209	0,8	125	0,3	39	1,0	50	50	Betão betuminoso
EN109-4: LC Ovar - Beire (EN1-13)	F040	224	2,5	119	1,4	40	3,8	50	50	Betão betuminoso
EN109-4: Beire (EN1-13) - Mosteiró	F041	511	1,4	274	0,7	91	2,2	50	50	Betão betuminoso
ER1-14: Paramos (IC1) - Nozelos	F042	588	4,0	311	2,1	106	6,1	50	50	Betão betuminoso
EN1-13: Areal - Beire (EN109-4)	F043	332	3,0	176	1,5	60	4,6	50	50	Betão betuminoso
Avenida 25 de Abril	F044	744	2,2	92	1,1	82	3,4	50	50	Betão betuminoso
Avenida Doutor Belchior Cardoso Costa	F045	496	1,6	61	0,9	54	2,5	50	50	Betão betuminoso
Rua São Nicolau	F046	675	1,6	119	0,9	80	2,5	50	50	Betão betuminoso
Rua Comendador Sá Couto	F047	814	0,2	101	0,1	88	0,4	50	50	Betão betuminoso
Rua Ferreira Castro	F048	1028	1,2	127	0,6	112	1,8	50	50	Betão betuminoso
Avenida Francisco Sá Carneiro	F049	1868	1,7	231	0,9	205	2,7	50	50	Betão betuminoso
Acesso Rua Dr Crispim Borges de Castro	F049a	144	0,8	66	0,2	16	1,8	50	50	Betão betuminoso
Rua Estrada Nacional	F050	1244	3,2	153	1,7	137	5,0	50	50	Betão betuminoso
EN223	F051	1868	3,4	229	1,8	207	5,3	90	70	Betão betuminoso
EN1	F052	1364	1,2	169	0,6	149	1,8	50	50	Betão betuminoso
EN1	F052a	682	1,2	84	0,6	74	1,8	50	50	Betão betuminoso
EN1	F052b	682	1,2	84	0,6	74	1,8	50	50	Betão betuminoso
Variante Feira-Nogueira	F053	556	13,7	65	7,7	65	20,0	50	50	Betão betuminoso
Variante Feira-Nogueira	F054a	82	9,8	10	5,4	9	14,6	70	50	Betão betuminoso
Variante Feira-Nogueira	F054b	82	9,8	10	5,4	9	14,6	70	50	Betão betuminoso
EM523	F055	460	9,6	55	5,3	53	14,3	50	50	Betão betuminoso
Avenida 5 de Outubro	F056	956	5,9	116	3,2	107	9,0	50	50	Betão betuminoso
Avenida 5 de	F056a	478	5,9	58	3,2	54	9,0	50	50	Betão

Toponímia	ID	Período diurno		Período entardecer		Período noturno		vmáx (km/h)		Tipo de piso
		TMH (veíc./h)	% pesados	TMH (veíc./h)	% pesados	TMH (veíc./h)	% pesados	Ligeiros	Pesados	
Outubro										betuminoso
Avenida 5 de Outubro	F056b	478	5,9	58	3,2	54	9,0	50	50	Betão betuminoso
Avenida Monumento	F057	496	2,4	61	1,3	55	3,8	50	50	Betão betuminoso
Rua Olival	F058	480	10,0	57	5,5	55	15,0	50	50	Betão betuminoso
Rua Doutor Vitorino Sá	F059	607	1,1	145	0,6	78	1,7	50	50	Betão betuminoso
Largo Gaspar Moreira	F060	607	1,1	145	0,6	78	1,7	50	50	Betão betuminoso
Rua Fogaceiras	F061	607	1,1	145	0,6	78	1,7	50	50	Betão betuminoso
Rua Doutor Cândido Pinho	F062	956	5,9	116	3,2	107	9,0	50	50	Betão betuminoso
Avenida Lourosa	F063	296	9,7	35	5,3	34	14,5	50	50	Betão betuminoso
Rua Central	F064	296	9,7	35	5,3	34	14,5	50	50	Betão betuminoso
Rotunda 01	F065	399	5,4	209	2,8	72	8,2	40	40	Betão betuminoso
Rotunda 02	F066	587	4,4	315	2,3	107	6,7	40	40	Betão betuminoso
Rotunda 03	F067	523	2,7	279	1,4	94	4,2	40	40	Betão betuminoso
Rotunda 04	F068	523	2,7	279	1,4	94	4,2	40	40	Betão betuminoso
Rotunda 05	F069	1107	3,2	313	1,9	151	4,5	40	40	Betão betuminoso
Rotunda 06	F070	674	16,0	84	1,0	73	2,7	40	40	Betão betuminoso
Rotunda 07	F071	934	3,4	114	1,8	103	5,3	40	40	Betão betuminoso
Rotunda 08	F072	467	3,4	57	1,8	52	5,3	40	40	Betão betuminoso
Rotunda 09	F073	494	3,6	166	1,2	72	4,7	40	40	Betão betuminoso
Rotunda 10	F074	400	1,4	67	0,7	47	2,2	40	40	Betão betuminoso
Rotunda 11	F075	611	0,9	198	0,6	87	1,6	40	40	Betão betuminoso
Rotunda 12	F076	407	0,2	51	0,1	44	0,4	40	40	Betão betuminoso
Rotunda 13	F077	934	1,7	115	0,9	102	2,7	40	40	Betão betuminoso
Rotunda 14	F078	778	2,3	96	1,2	85	3,6	40	40	Betão betuminoso
Rotunda 15	F079	717	5,9	87	3,2	80	9,0	40	40	Betão betuminoso
Rotunda 16	F080	717	5,9	87	3,2	80	9,0	40	40	Betão betuminoso
Rotunda 17	F081	483	6,0	58	3,2	54	9,2	40	40	Betão betuminoso
Rotunda 18	F082	772	3,4	359	1,8	130	5,3	40	40	Betão betuminoso
Ligação rotunda IC2	F082a	275	3,0	198	1,5	57	4,6	40	40	Betão betuminoso

Toponímia	ID	Período diurno		Período entardecer		Período noturno		vmáx (km/h)		Tipo de piso
		TMH (veíc./h)	% pesados	TMH (veíc./h)	% pesados	TMH (veíc./h)	% pesados	Ligeiros	Pesados	
Ligação rotunda IC2	F082b	442	2,7	281	1,4	89	4,2	40	40	Betão betuminoso
Rotunda 19	F083	305	7,9	104	2,5	46	10,1	40	40	Betão betuminoso
Rotunda 20	F084	278	13,7	32	7,7	33	20,0	40	40	Betão betuminoso
Rotunda 21	F085	278	13,7	32	7,7	33	20,0	40	40	Betão betuminoso
Rotunda 22	F086	336	11,3	40	6,3	39	16,8	40	40	Betão betuminoso
Rotunda 23	F087	164	9,8	19	5,4	19	14,6	40	40	Betão betuminoso
Rotunda 24	F088	164	9,8	19	5,4	19	14,6	40	40	Betão betuminoso
Rotunda 25	F089	189	9,6	22	5,3	22	14,4	40	40	Betão betuminoso
Rotunda 26	F090	148	9,7	18	5,3	17	14,5	40	40	Betão betuminoso
Rotunda 27	F091	148	9,7	18	5,3	17	14,5	40	40	Betão betuminoso
Rotunda 28	F092	294	4,0	156	2,1	53	6,1	40	40	Betão betuminoso
Rotunda 29	F093	294	4,0	156	2,1	53	6,1	40	40	Betão betuminoso
Rotunda 30	F094	151	1,1	91	0,6	28	1,6	40	40	Betão betuminoso
Rotunda 31	F095	104	0,8	62	0,3	19	1,0	40	40	Betão betuminoso
Rotunda 32	F096	104	0,8	62	0,3	19	1,0	40	40	Betão betuminoso
Rotunda 33	F097	112	2,5	60	1,4	20	3,8	40	40	Betão betuminoso
Rotunda 34	F098	341	1,2	42	0,6	37	1,8	40	40	Betão betuminoso
Rotunda 35	F099	117	4,0	84	1,6	24	4,4	40	40	Betão betuminoso
Rotunda 36	F100	221	3,1	97	1,6	34	2,9	40	40	Betão betuminoso
Rotunda 37	F101	145	0,2	66	0,8	16	1,2	40	40	Betão betuminoso

4.2.1. Tráfego ferroviário

A implantação e traçado do troço da linha ferroviária do Vouga que atravessa o Município de Santa Maria da Feira foram fornecidos pelo cliente. Os volumes de tráfego foram obtidos através do site oficial da CP, Comboios de Portugal (<https://www.cp.pt/passageiros/pt/consultar-horarios>).

Quadro 4.2 – Volumes de tráfego e características do material circulante para os períodos diurno, entardecer e noturno

LINHA DO VOUGA						
Categoria	Nº de passagens			Vel. média	Comprimento	Travões utilizados (%)
	Diurno	Entardecer	Noturno	(km/h)	(m)	
Regionais	14	2	0	31	39	0

4.2.2. Indústrias

Existem várias unidades do tipo industrial no Município de Santa Maria da Feira. Os perímetros industriais inseridos no modelo foram fornecidos pelo cliente e correspondem a vários tipos de indústria/comércio.

Estas áreas foram caracterizadas acusticamente tendo em conta os métodos 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 em agosto de 2007.

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

Quadro 4.3 – Tipologia de fontes industriais consideradas como fontes em área e respetiva potência sonora e período de funcionamento aplicados

Indústria	ID	Potência sonora	Período de laboração (h)		
		dB(A)/m²	Diurno	Entardecer	Noturno
Amorim Cork Composites, SA	I001	65	13	3	8
Amorim Revestimentos, SA	I002	65	12	3	8
Asbw - Metais e Metais, SA	I003	65	13	3	8
Champercork - Amorim & Irmãos, SA	I004	65	13	3	8
Cifial - Indústria Cerâmica, SA	I005	65	12	3	3
Ecco Portugal	I006	65	13	2	1
Lusopark	I007	60	10	0	0
Lusopark	I008	60	10	0	0
Ndtech	I009	65	13	3	8
Parque Empresarial de Reciclagem de Materiais	I010	60	10	0	0
Smurfitt Kappa	I011	65	13	3	8
Socori - Sociedade de Cortiças de Riomeão SA	I012	65	13	3	0
Zona Industrial da Abelheira	I013	0	10	0	0
Zona Industrial da Abelheira	I014	60	10	0	0

Indústria	ID	Potência sonora	Período de laboração (h)		
		dB(A)/m ²	Diurno	Entardecer	Noturno
Zona Industrial da Azenha	I015	0	10	0	0
Zona Industrial da Azenha	I016	60	10	0	0
Zona Industrial da Carvalhosa	I017	60	10	0	0
Zona Industrial da Casal Da Aça	I018	0	10	0	0
Zona Industrial da Casal Da Aça	I019	60	10	0	0
Zona Industrial da Concharinha	I020	60	10	0	0
Zona Industrial da Concharinha	I021	60	10	0	0
Zona Industrial da Concharinha	I022	60	10	0	0
Zona Industrial da Corujeira/Cavaco	I023	0	10	0	0
Zona Industrial da Corujeira/Cavaco	I024	60	10	0	0
Zona Industrial da Gesteira	I025	60	10	0	0
Zona Industrial da Gesteira	I026	60	10	0	0
Zona Industrial da Lage	I027	60	10	0	0
Zona Industrial da Lage	I028	60	10	0	0
Zona Industrial da Laranjeira	I029	60	10	0	0
Zona Industrial da Laranjeira	I030	60	10	0	0
Zona Industrial da Minhoteira	I031	60	10	0	0
Zona Industrial da Pedra Verde	I032	0	10	0	0
Zona Industrial da Pedra Verde	I033	60	10	0	0
Zona Industrial da Silveirinha	I034	60	10	0	0
Zona Industrial da Silveirinha	I035	60	10	0	0
Zona Industrial da Silveirinha	I036	60	10	0	0
Zona Industrial da Valada	I037	60	10	0	0
Zona Industrial da Valada	I038	0	10	0	0
Zona Industrial da Valada - Corksupply	I039	60	13	3	8
Zona Industrial da Valejada	I040	0	10	0	0
Zona Industrial da Valejada	I041	60	10	0	0
Zona Industrial da Valejada	I042	60	10	0	0
Zona Industrial da Valejada	I043	60	10	0	0
Zona Industrial de Bicas	I044	60	10	0	0
Zona Industrial de Caldelas	I045	60	10	0	0
Zona Industrial de Casal/Vilas	I046	0	10	0	0
Zona Industrial de Casal/Vilas	I047	60	10	0	0
Zona Industrial de Casal/Vilas	I048	60	10	0	0
Zona Industrial de Casal/Vilas	I049	60	10	0	0
Zona Industrial de Fagilde	I050	60	10	0	0
Zona Industrial de Lagoa	I051	60	10	0	0
Zona Industrial de Lapa De Cima	I052	60	10	0	0
Zona Industrial de Monte Outeiro	I053	60	12	3	1
Zona Industrial de Nadais	I054	0	10	0	0
Zona Industrial de Nadais	I055	60	10	0	0
Zona Industrial de Pombais	I056	60	10	0	0
Zona Industrial de Pombais	I057	60	10	0	0
Zona Industrial de Pousadela	I058	60	10	0	0
Zona Industrial de Pousadela	I059	60	10	0	0
Zona Industrial de Pousadela	I060	60	10	0	0
Zona Industrial de Ramil	I061	65	10	0	0
Zona Industrial de Reguengo	I062	60	10	0	0

Indústria	ID	Potência sonora	Período de laboração (h)		
		dB(A)/m ²	Diurno	Entardecer	Noturno
Zona Industrial de Soutelo	I063	60	13	3	8
Zona Industrial do Alto Da Ferreira	I064	0	10	0	0
Zona Industrial do Alto Da Ferreira	I065	60	10	0	0
Zona Industrial do Casal	I066	0	10	0	0
Zona Industrial do Casalinho	I067	0	10	0	0
Zona Industrial do Casalinho	I068	60	10	0	0
Zona Industrial do Fial	I069	0	10	0	0
Zona Industrial do Fundão	I070	60	10	0	0
Zona Industrial do Fundão	I071	60	10	0	0
Zona Industrial do Fundão	I072	60	10	0	0
Zona Industrial do Lameiro	I073	0	10	0	0
Zona Industrial do Monte	I074	60	10	0	0
Zona Industrial do Monte	I075	60	10	0	0
Zona Industrial do Rego	I076	60	10	0	0
Zona Industrial do Roligo	I077	60	10	0	0
Zona Industrial do Roligo	I078	60	10	0	0
Cais de Porto de Carvoeiro	I079	60	13	3	8

Nota: as indústrias com potência sonora de 0 dB(A) não estão a emitir ruído, pois considerou-se não haver qualquer tipo de funcionamento na área associada.

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), na norma alemã Schall-03 (tráfego ferroviário) e na norma ISO 9613 (indústrias).

Para o cálculo dos mapas de ruído foi definida uma malha de cálculo regular de pontos recetores, com 5 m por 5 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 1500 metros 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. Foi ainda utilizada a medição em contínuo de 48h realizada junto à berma da A1, feita no âmbito de outro trabalho, em novembro de 2021. Uma vez que os dados de tráfego fornecidos pela Brisa para a A1 dizem respeito ao ano de 2021, conclui-se que os 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 das 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 na campanha de medição

Tipo	Características			Rastreabilidade		
	Marca	Modelo	Nº Série	Entidade Calibradora	N.º Certificado	Data de calibração
Sonómetro	01 dB	Solo Master	65042	ISQ	VACV9088/21	05/01/2022
Calibrador	Rion	NC-74	34904940			
Sonómetro	Svantek	Svan 971	87092	ISQ	VACV9092/21	30/12/2021
Calibrador	Svantek	SV35A	90165			

4.4.2. Validação junto às fontes sonoras

As medições de longa duração foram realizadas 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 o PV1, com o objetivo caracterizar as rodovias, para efeitos de validação do modelo. Foi instalado junto ao IC2 (localização geográfica: 41° 0'15.58"N, 8°33'2.86"W) no dia 13 de abril e recolhido após cerca de 48h, no dia 15 de abril de 2022. O PV2, já tinha sido realizado anteriormente junto à autoestrada A1, entre os dias 10 e 12 de novembro de 2021 (localização geográfica: 40°54'26.62"N, 8°34'2.73"W).

No Quadro 4.5, que se segue, encontram-se identificados os pontos de validação (PV1 e PV2). Estes pontos representam os locais onde foram realizadas as medições de ruído e o seu posicionamento em coordenadas.

Quadro 4.5 – Localização em coordenadas dos pontos de validação

Ponto recetor	Coordenadas no modelo		
	x (m)	y (m)	z (m)
PV1	-35140,3	148441,8	221,62
PV2	-36592,9	137685,7	117,38

Os pontos foram colocados a cerca de 4 metros acima do solo, de forma idêntica à posição do microfone dos sonómetros. Nas figuras seguintes pode visualizar-se a localização dos pontos de validação introduzidos 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 4.6 – Visualização do PV1**



Figura 4.7 – Visualização do PV2

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		Indicador medido		Indicador calculado - Indicador medido		Requisito
	L _{Aeq calc} [dB(A)]		L _{Aeq med} [dB(A)]		L _{Aeq calc} – L _{Aeq med} [dB(A)]		
	L _{den}	L _n	L _{den}	L _n	L _{den}	L _n	
PV1	74,4	66,4	76,1	68,4	-1,7	-2,0	≤ 2 dB(A)
PV2	75.2	66.8	73.7	65,3	1,5	1.5	

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 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 Santa Maria da Feira como validado, dado verificar-se o cumprimento da condição estipulada nas diretrizes emitidas pela APA para a elaboração deste tipo de mapas:

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

Os resultados obtidos através da modelação acústica são apresentados em forma de mapas de ruído e podem ser consultados em detalhe no Anexo II do presente relatório.

Os dados de tráfego médio anual considerados reportam-se aos anos de 2021 (autoestradas) e de 2022 (restantes vias e ferrovia).

Foram calculados os MR para os indicadores L_{den} e L_n , tendo em conta as fontes de ruído apresentadas no subcapítulo 4.2. As figuras abaixo apresentam um extrato do MR para cada um dos indicadores.

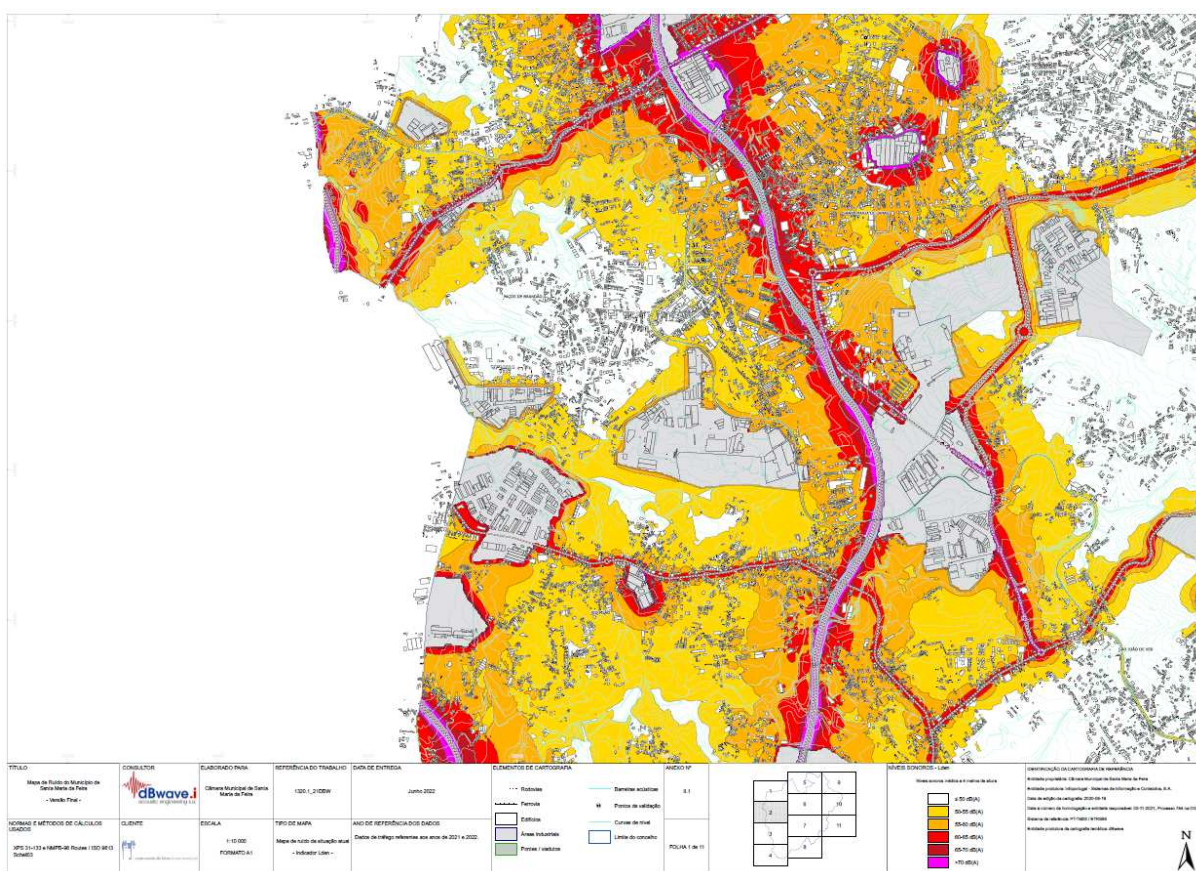


Figura 5.1 – Extrato do MR da situação atual para o indicador L_{den}

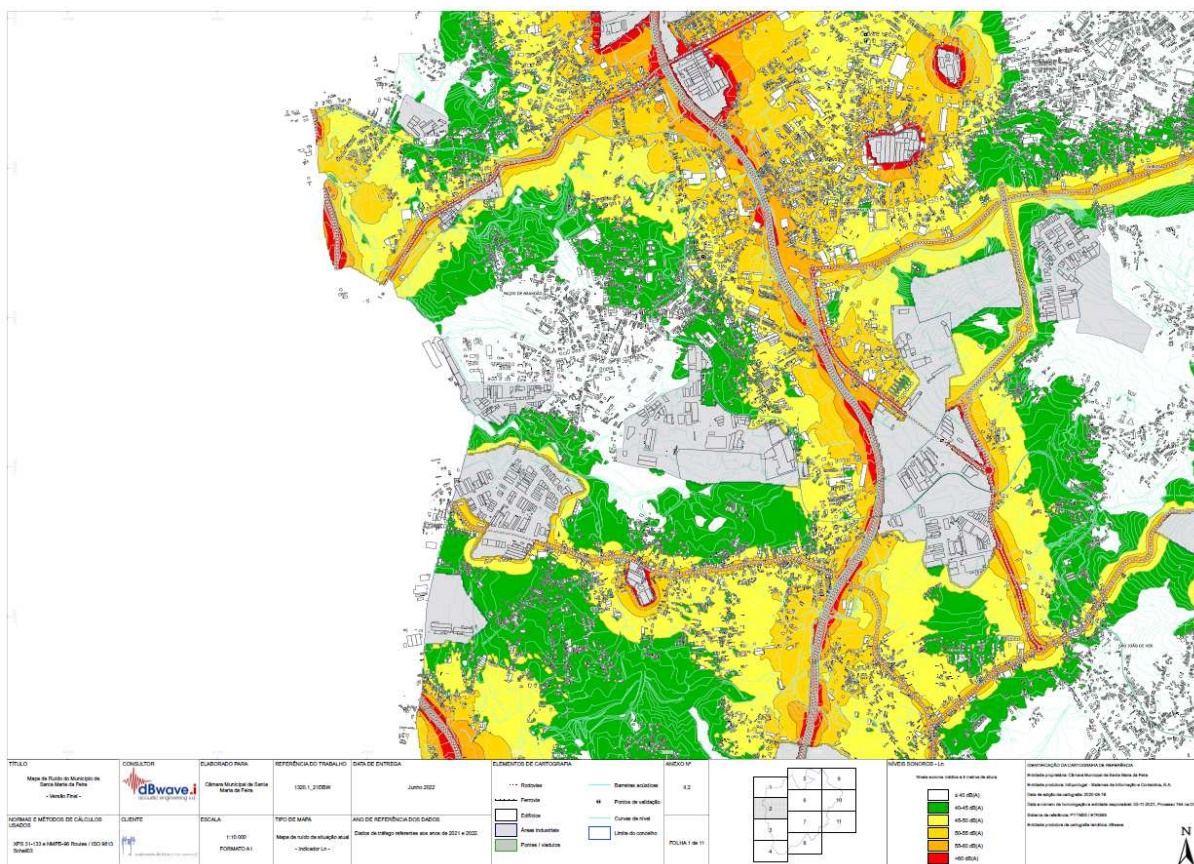


Figura 5.2 – Extrato do MR da situação atual para o indicador L_n

Os níveis de ruído mais elevados são registados na envolvente próxima das principais rodovias que servem o concelho, particularmente nas envolventes da A1, da A41 e da A32.

Relativamente à linha férrea do Vouga, a mesma não gera níveis de ruído problemáticos pois a circulação de composições nesta linha é reduzida.

É visível uma mancha de ruído em torno das áreas industriais consideradas no mapa do indicador L_{den} e apenas para algumas no indicador L_n, pois nem todas laboram durante o período noturno.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Foi desenvolvido um modelo computacional, utilizando o programa CadnaA, para calcular os mapas de ruído para o concelho de Santa Maria da Feira. 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, Schall03 e a Norma ISO 9613 / NP 4361-2.

Os cálculos realizados com o modelo permitiram obter a distribuição espacial dos níveis sonoros para os indicadores L_{den} e L_n e que espelham a situação acústica média prevista para o local em estudo. Os Mapas de Ruído do concelho de Santa Maria da Feira 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 análise dos mapas de ruído a partir do modelo demonstra que o município de Santa Maria da Feira apresenta, em certas áreas do seu território, níveis de ruído consideravelmente elevados. Os níveis de ruído mais elevados são registados na envolvente próxima das principais rodovias que servem o concelho, nomeadamente a A1, a A41, a A32, a EN223 e o IC2. Algumas destas vias possuem instaladas barreira acústicas, pelo que o ruído emitido nestas zonas se mantém confinado ao eixo de via. Noutros casos, registam-se diversos recetores em que os níveis excedem os limites regulamentares tendo em conta a classificação como zona mista ($L_{den} \leq 65$ dB(A) e $L_n \leq 55$ dB(A)).

A linha férrea do Vouga não constitui um problema ao nível do ruído, pois possui tráfego de comboios reduzido.

Já as zonas industriais, instaladas em grande número neste município, contribuem bastante para os níveis de ruído do concelho, dado algumas terem uma área considerável e funcionarem 24h em contínuo. Algumas situam-se junto a núcleos habitacionais, podendo afetar a qualidade de vida da população residente, pelo que é da competência de cada empresa aplicar medidas de redução de ruído emitido para o exterior.

O MR do município de Santa Maria da Feira é um mapa que comporta todas as fontes relevantes à escala municipal. Ao analisar áreas que estão 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 mais local e não concelhia.

Elaborado por:

Madalena Vaz de Miranda



Técnica Superior

Verificado e aprovado por:

Luís Conde Santos



Diretor 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 - Prévision 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 (2019) – Acústica, Descrição, medição e avaliação do ruído ambiente, Parte 1: Grandezas fundamentais e métodos de avaliação.
7. NP ISO 1996-2 (2019) – Acústica, Descrição, medição e avaliação do ruído ambiente, Parte 2: Determinação dos níveis de pressão sonora.
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. Diretrizes para a Elaboração de Mapas de Ruído, versão 3, APA, Dezembro 2011.
11. Projeto-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.

ANEXOS

ANEXO I – Identificação das fontes de ruído (1:10 000)

ANEXO II – Mapa de ruído para os indicadores L_{den} e L_n (1:10 000)