



dB Lab

Laboratório de Acústica e Vibrações, Lda.

# Mapa de Ruído do Concelho de Alfândega da Fé

Actualização de acordo com o Dec.-Lei n.º 9/2007

## Relatório Final

Descrição do Modelo e Resultados

Referência do Relatório: 07\_425\_MRPM01

Data do Relatório: Agosto 2008

N.º Total de Páginas (excluindo anexos): 24

Mod. 60-05.03

## ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO E OBJECTIVO .....	2
2. CONTEXTO LEGISLATIVO .....	2
2.1. DEFINIÇÕES.....	3
2.2. ENQUADRAMENTO LEGAL DOS MAPAS DE RUÍDO.....	4
3. METODOLOGIA.....	6
3.1. MAPAS DE RUÍDO – DESCRIÇÃO BREVE.....	6
3.2. MAPA DE RUÍDO DO CONCELHO DE ALFÂNDEGA DA FÉ.....	7
3.3. SOFTWARE UTILIZADO .....	7
3.4. NORMAS E PARÂMETROS UTILIZADOS.....	7
3.4.1. Tráfego rodoviário .....	7
3.4.2. Indústrias.....	10
4. DESCRIÇÃO DO PROJECTO .....	11
4.1. CARACTERIZAÇÃO DO MODELO .....	11
4.1.1. Identificação da área de estudo.....	11
4.1.2. Área de estudo e área do mapa .....	12
4.1.3. Dados cartográficos e modelo tridimensional .....	13
4.1.4. Fontes de ruído .....	15
4.2. VALIDAÇÃO DO MODELO.....	18
4.3. CONFIGURAÇÃO DE CÁLCULO.....	18
5. ANÁLISE DOS MAPAS DE RUÍDO .....	18
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	20
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	22

ANEXO I – IDENTIFICAÇÃO DAS FONTES SONORAS

ANEXO II – MAPAS DE RUÍDO

ANEXO III – MAPAS DE CONFLITO COM TERRITÓRIO CONSIDERADO ZONA MISTA

ANEXO IV – MAPAS DE CONFLITO COM TERRITÓRIO CONSIDERADO ZONA SENSÍVEL

# Mapa de Ruído do Concelho de Alfândega da Fé

## Actualização de acordo com o Dec.-Lei n.º 9/2007

### DESCRIÇÃO DO MODELO E RESULTADOS

#### *Ficha Técnica*

<b>Designação do Projecto</b>	Mapa de Ruído do Concelho de Alfândega da Fé
<b>Nome e endereço do cliente</b>	Associação de Municípios da Terra Quente Transmontana, Rua Fundação Calouste Gulbenkian, 5370-340 Mirandela
<b>Requerente</b>	Município de Alfândega da Fé
<b>Localização do projecto</b>	Área abrangida pelo Concelho de Alfândega da Fé
<b>Fonte(s) do Ruído Particular</b>	Tráfego rodoviário Ruído Industrial
<b>Data de Emissão</b>	Agosto 2008

#### *Equipa Técnica*

O presente trabalho foi elaborado pela seguinte equipa técnica:

- Luís Conde Santos, Engenheiro Electrotécnico (IST), MSc. Sound and Vibration Studies (Un. Southampton) – Director Técnico;
- Frederico Vieira, Engenheiro do Ambiente (Un. Algarve), MSc em Ordenamento do Território e Planeamento Ambiental (UNL) – Gestor de Projectos;
- Fátima Valado, Eng. Ambiente (Un. Aveiro), MSc. In Urban Environmental Management (Un. Delft) – Gestora de Projectos.

## 1. INTRODUÇÃO E OBJECTIVO

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

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

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

A actualização do Mapa de Ruído do Concelho de Alfândega da Fé, tem como objectivo constituir uma ferramenta de apoio às tomadas de decisão sobre a proposta síntese do Plano fornecendo informação acústica para atingir os seguintes objectivos:

- Preservar zonas com níveis sonoros regulamentares;
- Corrigir zonas com níveis sonoros não regulamentares;
- Criar zonas com níveis sonoros compatíveis com a Classificação de Zona de Ruído.

Nesse intuito, actualizou-se o modelo acústico tridimensional anterior de toda a área em estudo, de acordo com o novo RGR (Decreto-Lei n.º 9/2007), analisando-se os resultados, nas seguintes perspectivas, para os indicadores  $L_{den}$  e  $L_n$  a uma altura de 4 metros, considerando as principais fontes de ruído (eixos rodoviários e indústrias).

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

A escala utilizada é a mesma a que está a ser elaborada a revisão do PDM do Concelho de Alfândega da Fé – 1:10000, adaptando-se melhor à tomada de decisões sobre estratégias de zonamento e de identificação de áreas prioritárias para redução de ruído, constituindo, uma ferramenta que deve ser utilizada em conjunto com o planeamento urbano de forma a permitir analisar qualquer cenário de alteração da situação actual, assim como evidenciar perante terceiros os impactes sonoros gerados e a redução ou aumento dos níveis sonoros (p.e. alteração do fluxo de tráfego, mudança de piso, etc.).

A precisão dos cálculos realizados para os mapas de ruído, dependente de vários parâmetros, foi ajustada para a sua apresentação a esta escala, ou inferior (por exemplo, 1:25 000, mínimo estabelecido pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA, Ex-Instituto do Ambiente) para articulação com PDM. A visualização ou impressão a escalas superiores a 1:25000 não deverá ser utilizada.

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

## 2. CONTEXTO LEGISLATIVO

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

## 2.1. DEFINIÇÕES

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

- **Intervalos de Tempo de Referência** – segundo o Decreto-Lei n.º 9/2007 são tomados como períodos de referência os seguintes: diurno (7h às 20h), entardecer (20h às 23h) e nocturno (23h às 7h);
- **Ruído Ambiente** – Ruído global observado numa dada circunstância num determinado instante, devido ao conjunto das fontes sonoras que fazem parte da vizinhança próxima ou longínqua do local considerado;
- **Ruído Residual (ou Ruído de Fundo)** – Ruído ambiente a que se suprimem um ou mais ruídos particulares, para uma determinada situação;
- **Ruído Particular (ou Ruído Perturbador)** – Componente do ruído ambiente que pode ser especificamente identificada por meios acústicos e atribuída a uma determinada fonte sonora;
- **Área do Mapa** – Área onde se pretende conhecer os níveis sonoros;
- **Área de Estudo** – A área de estudo, é uma área que geralmente é superior à área do mapa, onde poderão existir fontes de ruído que, apesar de se localizarem fora da área do mapa, poderão ter influência nos níveis sonoros aí existentes;
- **Mapa de Ruído** – Apresentação de dados sobre uma situação de ruído existente ou prevista em termos de um indicador de ruído, onde se representam as áreas e os contornos das zonas de ruído às quais corresponde uma determinada classe de valores expressos em dB(A), valores esses calculados numa malha quadrada de pontos e a uma dada altura relativamente ao solo (tipicamente 1,5 ou 4 metros);
- **Mapas de Conflito** – Mapas em que se representa as diferenças entre os níveis de ruído e os valores limite definidos para uma dada zona;
- **Valor Limite** – Valor que, conforme determinado pelo Estado-membro (em Portugal correspondente aos valores impostos para zonas sensíveis ou mistas), caso seja excedido, será ou poderá ser objecto de medidas de redução por parte das autoridades competentes;
- **Zona Sensível** – a área definida em plano municipal de ordenamento do território como vocacionada para uso habitacional, ou para escolas, hospitais ou similares, ou espaços de lazer, existentes ou previstos, podendo conter pequenas unidades de comércio e de serviços destinadas a servir a população local, tais como cafés e outros estabelecimentos de restauração, papelarias e outros estabelecimentos de comércio tradicional, sem funcionamento no período nocturno;
- **Zona Mista** – a área definida em plano municipal de ordenamento do território, cuja ocupação seja afectada a outros usos, existentes ou previstos, para além dos referidos na definição de zona sensível;
- **Zona Urbana Consolidada** – a zona sensível ou mista com ocupação estável em termos de edificação;
- **Planeamento Acústico** – O futuro controlo de ruído através de medidas programadas; inclui o ordenamento de território, engenharia de sistemas para o tráfego, planeamento do tráfego, redução por medidas adequadas de isolamento sonoro e de controlo de ruído na fonte;
- **Nível Sonoro Contínuo Equivalente, Ponderado A,  $L_{Aeq}$** , de um Ruído e num Intervalo de Tempo – Nível sonoro, em dB (A), de um ruído uniforme que contém a mesma energia acústica que o ruído referido naquele intervalo de tempo,

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

sendo:

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

- **Nível de ruído diurno-entardecer-nocturno:**

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

sendo:

$L_d$  o indicador de ruído diurno ( $L_{Aeq}$  de longa duração do ruído ambiente diurno);

$L_e$  o indicador de ruído do entardecer ( $L_{Aeq}$  de longa duração do ruído ambiente do entardecer);

$L_n$  o indicador de ruído nocturno ( $L_{Aeq}$  de longa duração do ruído ambiente nocturno).

## 2.2. ENQUADRAMENTO LEGAL DOS MAPAS DE RUÍDO

O Regulamento Geral do Ruído refere, nos artigos 7.º e 8.º, que todos os aglomerados populacionais com uma população residente superior a 100 000 habitantes e uma densidade populacional superior a 2500 habitantes/ km<sup>2</sup> devem elaborar mapas estratégicos de ruído e os respectivos planos de acção, nos termos do disposto no Decreto-Lei n.º 146/2006, de 31 de Julho tal como já vinha preconizado pela Directiva 2002/49/CE.

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

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

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

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

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

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

- A representação gráfica e medições de ruído ambiente deverão ser realizadas de acordo com a NP 1730;

## Mapa de Ruído do Concelho de Alfândega da Fé

- A escala não deve ser inferior a:
  - 1:25 000, para articulação com PDM, salvo nos municípios definidos como aglomerações;
  - 1:10 000, para mapas estratégicos de aglomerações e de GIT;
  - 1:5 000, ou outras que a regulamentação própria sobre cartografia venha a definir, para articulação com PU/PP.
- Em consequência da escala de trabalho adoptada, a equidistância de curvas de nível será:
  - 10 metros, para cartografia a 1:25 000;
  - 5 metros, para cartografia a 1:10 000;
  - 1 ou 2 metros, para cartografia a 1:5 000 ou superior.

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

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

### Limites Regulamentares

Relativamente aos limites máximos de exposição o DL n.º 9/2007 indica no Artigo 11.º o seguinte:

*“a) As zonas mistas não devem ficar expostas a ruído ambiente exterior superior a 65 dB(A), expresso pelo indicador  $L_{den}$ , e superior a 55 dB(A), expresso pelo indicador  $L_n$ ;*

*b) As zonas sensíveis não devem ficar expostas a ruído ambiente exterior superior a 55 dB(A), expresso pelo indicador  $L_{den}$ , e superior a 45 dB(A), expresso pelo indicador  $L_n$ ;*

*c) As zonas sensíveis em cuja proximidade exista em exploração, à data da entrada em vigor do presente Regulamento, uma grande infra-estrutura de transporte não devem ficar expostas a ruído ambiente exterior superior a 65 dB(A), expresso pelo indicador  $L_{den}$ , e superior a 55 dB(A), expresso pelo indicador  $L_n$ ;*

*d) As zonas sensíveis em cuja proximidade esteja projectada, à data de elaboração ou revisão do plano municipal de ordenamento do território, uma grande infra-estrutura de transporte aéreo não devem ficar expostas a ruído ambiente exterior superior a 65 dB(A), expresso pelo indicador  $L_{den}$ , e superior a 55 dB(A), expresso pelo indicador  $L_n$ ;*

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

Refere ainda no ponto 3 do mesmo artigo que:

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

### Planos de Redução de Ruído

Ainda no Regulamento Geral do Ruído foram institucionalizados os Planos Municipais de Redução de Ruído, os quais deverão ser concebidos e aplicados quando os limites sonoros impostos para zonas sensíveis e para zonas mistas forem ultrapassados.

## Mapa de Ruído do Concelho de Alfândega da Fé

Apresenta-se, de seguida, transcrição do Artigo 8.º do DL 9/2007 – Planos municipais de redução de ruído:

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

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

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

## 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 1 – Mapa de Ruído em planta.



Figura 2 – Mapa de Ruído em 3D.

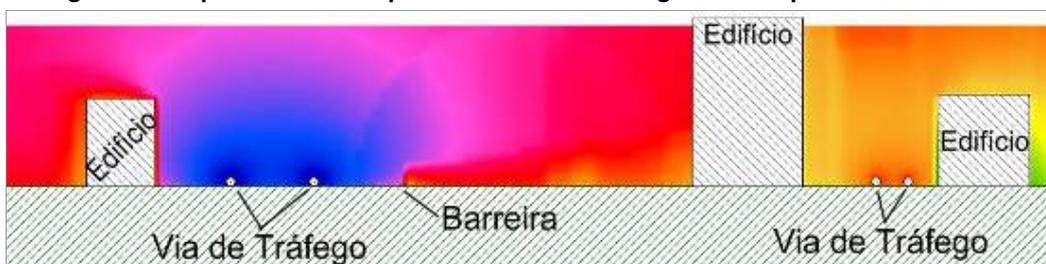


Figura 3 – Mapa de Ruído em corte transversal às vias rodoviárias.

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

## 3.2. MAPA DE RUÍDO DO CONCELHO DE ALFÂNDEGA DA FÉ

A metodologia utilizada neste trabalho baseou-se na adaptação dos mapas de ruído elaborados, de acordo com o antigo Decreto-Lei 292/2000. Os mapas de ruído foram recalculados, de forma a expressarem os indicadores  $L_{den}$  e  $L_n$ , com base na adaptação das fontes sonoras aos três períodos de referência, tendo em conta as recomendações das Directrizes para a Elaboração de Mapas de Ruído publicadas pela APA.

Este trabalho englobou as seguintes fases:

- Readaptação da altimetria no Software CadnaA e criação do novo modelo digital do terreno (tridimensional);
- Adaptação das fontes de ruído (Rodovias e indústrias), adaptando as suas características aos três períodos de referência (diurno, entardecer e nocturno) descritos na nova legislação;
- Caracterização das fontes de ruído com base nas Normas francesas NMPB96 e XPS 31-133 (tráfego rodoviário), e na Norma NP 4361-2 (ISO 9613-2) e ISO 8297:1994 (indústrias) e no procedimento interno do dB Lab PT60 – Elaboração de Mapas de Ruído;
- Análise e tratamento de dados relativamente às fontes sonoras, obstáculos, efeito do solo e padrões de ocupação do solo;
- Simulação dos níveis de ruído para o Município de Alfândega da Fé em computador através do software CadnaA e com base nas Normas francesas NMPB96, XP S 31-133 e na Norma NP 4361-2, para realizar o referido Mapa de Ruído;
- Impressão dos Mapas de Ruído e análise final por inspecção visual, para eventuais detecções de erros de processamento.

## 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 Directiva Comunitária (2002/49/CE), no que toca aos métodos de cálculo a utilizar para elaboração do Mapa de Ruído e permite elaborar Mapas de ruído que incluem a contribuição de todos os tipos de fontes relevantes, sendo cada uma modelada de acordo com o método respectivo.

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

## 3.4. NORMAS E PARÂMETROS UTILIZADOS

### 3.4.1. Tráfego rodoviário

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

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

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

## Mapa de Ruído do Concelho de Alfândega da Fé

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

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

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

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

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

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

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

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

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

em que,

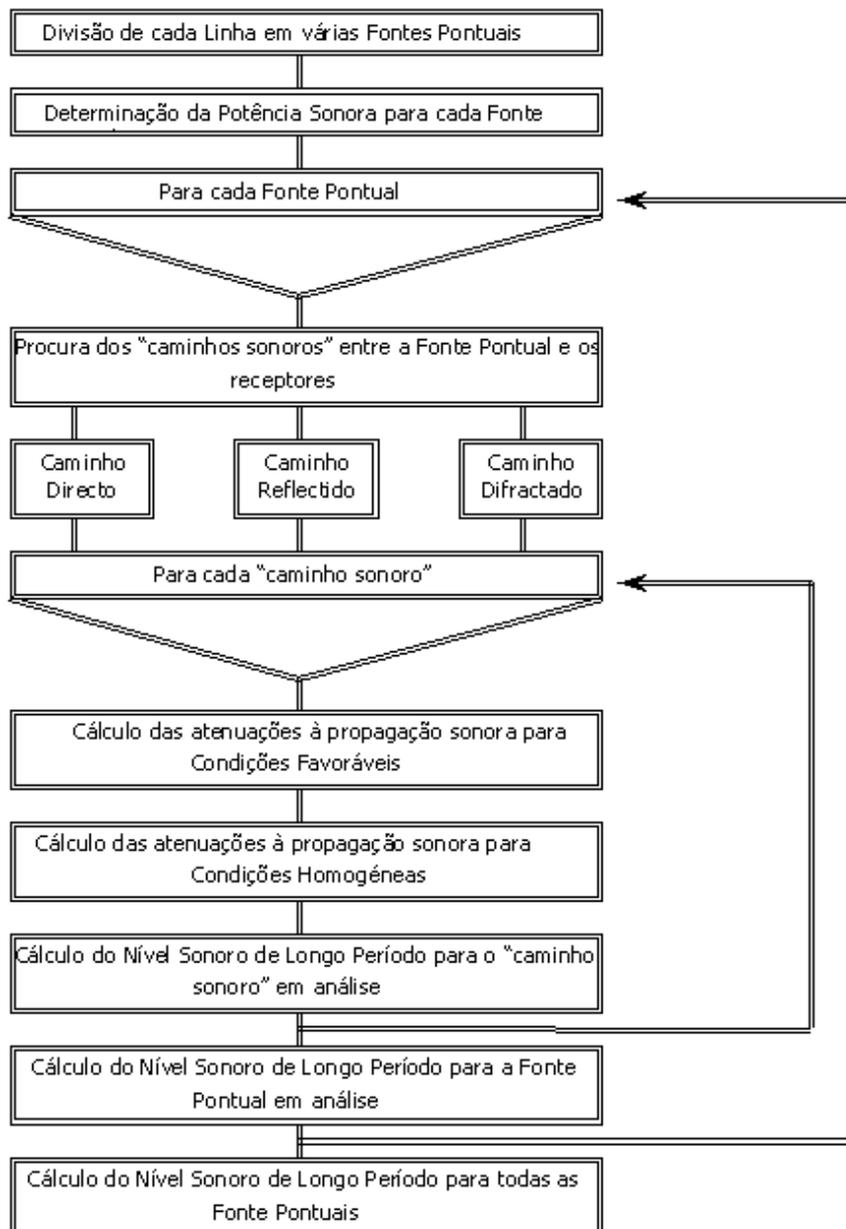
- $\oplus$  é a soma logarítmica das duas parcelas adjacentes;
- $E_{VL}$  e  $E_{PL}$  são os níveis sonoros retirados dos ábacos acima referidos para veículos ligeiros e pesados respectivamente;
- $Q_{VL}$  e  $Q_{PL}$  são os fluxos horários de veículos ligeiros e pesados respectivamente, representativos do período considerado para análise;
- $l_i$  é o comprimento em metros do segmento da fonte linear modelada por fontes pontuais;

- $R_{(j)}$  é o espectro referência para tráfego rodoviário calculado pela Norma Europeia EN 1793-3 conforme o Quadro seguinte:

**Quadro 1 – Espectro de referência para tráfego rodoviário.**

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

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


**Figura 4 – Fluxograma do método NMPB'96.**

### 3.4.2. Indústrias

A avaliação do impacto sonoro das fontes industriais, foi efectuada através de modelação de fontes em área optimizáveis. Esta consiste na modelação de cada unidade industrial como uma ou várias fontes em área horizontais, determinando-se genericamente a potência sonora, por metro quadrado, de cada uma das áreas.

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

A atenuação do som na sua propagação ao ar livre foi calculada pelo software recorrendo à norma NP 4361-2 (2001). Esta norma especifica um método de engenharia para o cálculo da atenuação do som durante a sua propagação em campo livre, a fim de prever os níveis de ruído ambiente a uma dada distância proveniente de diversas fontes.

O método permite prever o nível sonoro equivalente, ponderado A em condições meteorológicas favoráveis à propagação a partir de fontes de emissão conhecidas.

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

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

A equação básica definida na Norma NP 4361-2 (ISO 9613-2) 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.

Contrariamente ao que se passa com o ruído rodoviário e com o ruído ferroviário, em que as normas de cálculo se têm dados de entrada não acústicos, calculando internamente a potência sonora das fontes a partir desses dados, o mesmo não acontece com o ruído industrial, em que é necessário alimentar o modelo com

## Mapa de Ruído do Concelho de Alfândega da Fé

os dados acústicos relevantes que caracterizam as fontes sonoras, nomeadamente a sua potência sonora, e a sua eventual variação ao longo do tempo (tipicamente decorrente dos regimes e horários de funcionamento das diversas instalações industriais).

Um dos métodos mais expeditos para atribuição de potências sonoras às fontes de ruído é o que consta do documento “Good Practice Guide for Strategic – Noise Mapping and Production of Associated Data on Noise Exposure” (Dezembro 2003) do European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise. A título indicativo apresentam-se no quadro seguinte os valores de potência por metro quadrado para três tipos de indústria, definidos naquele documento.

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

Tipo de indústria	Potência sonora ( $LW''/m^2$ )		
	Período Diurno	Período Entardecer	Período Nocturno
Área com indústrias pesadas	65 dB(A)	65 dB(A)	65 dB(A)
Área com indústrias ligeiras	60 dB(A)	60 dB(A)	60 dB(A)
Área com usos comerciais	60 dB(A)	60 dB(A)	45 dB(A)

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

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

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

## 4. DESCRIÇÃO DO PROJECTO

### 4.1. CARACTERIZAÇÃO DO MODELO

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

#### 4.1.1. Identificação da área de estudo

O Concelho de Alfândega da Fé, com 20 freguesias, tem uma área de 322  $km^2$ , e é um dos 12 municípios do distrito de Bragança. Os dados populacionais estimados indicam que este município tem 5 651 habitantes e uma densidade populacional de 17.7 habitantes/ $km^2$  (INE, 2004).

As grandes acessibilidades ao Concelho de Alfândega da Fé são efectuadas pelos grandes eixos viários, principalmente pelas Estradas Nacionais EN 215 e EN 102 e pelas Estradas Regionais ER 315 e ER 216.

O enquadramento do Município no Distrito de Bragança é apresentado na figura seguinte.

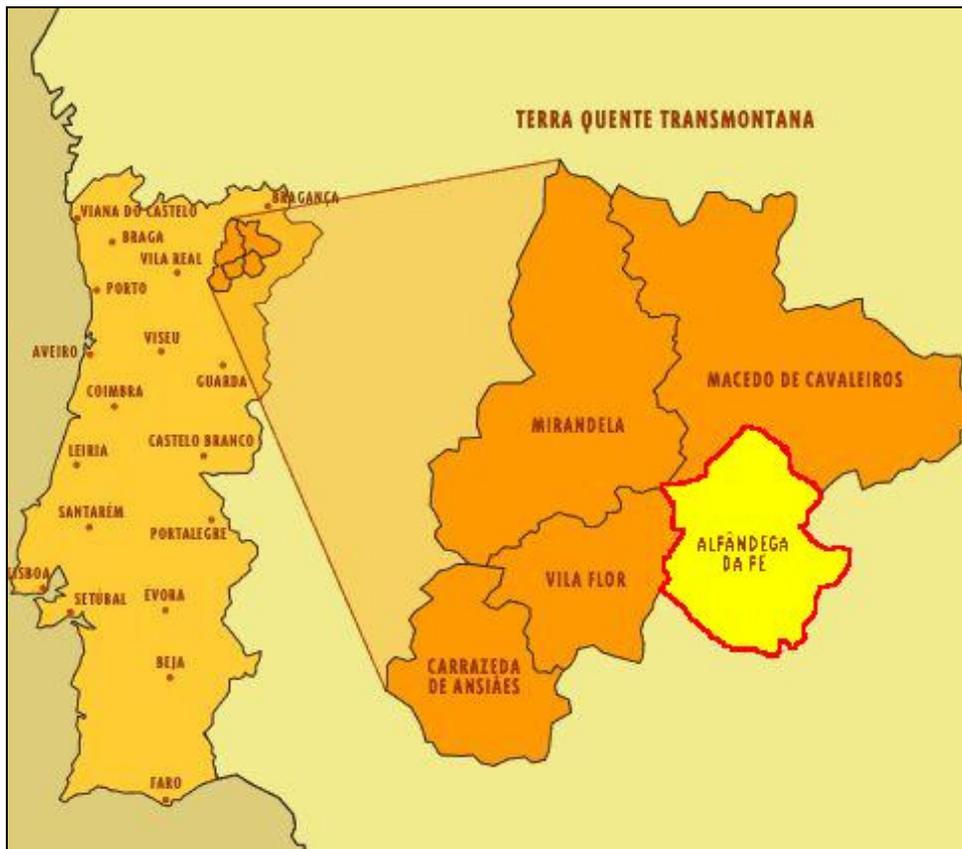


Figura 5 – Localização do Concelho de Alfândega da Fé no Distrito de Bragança.

#### 4.1.2. Área de estudo e área do mapa

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

A definição da área fora dos limites do plano (área de estudo), tem em conta o tipo e importância das fontes em causa, bem como as características de ocupação do solo no limite da área do mapa. Na Figura 6, apresenta-se a área de estudo considerada para o plano em estudo, bem como a área do mapa (a azul).

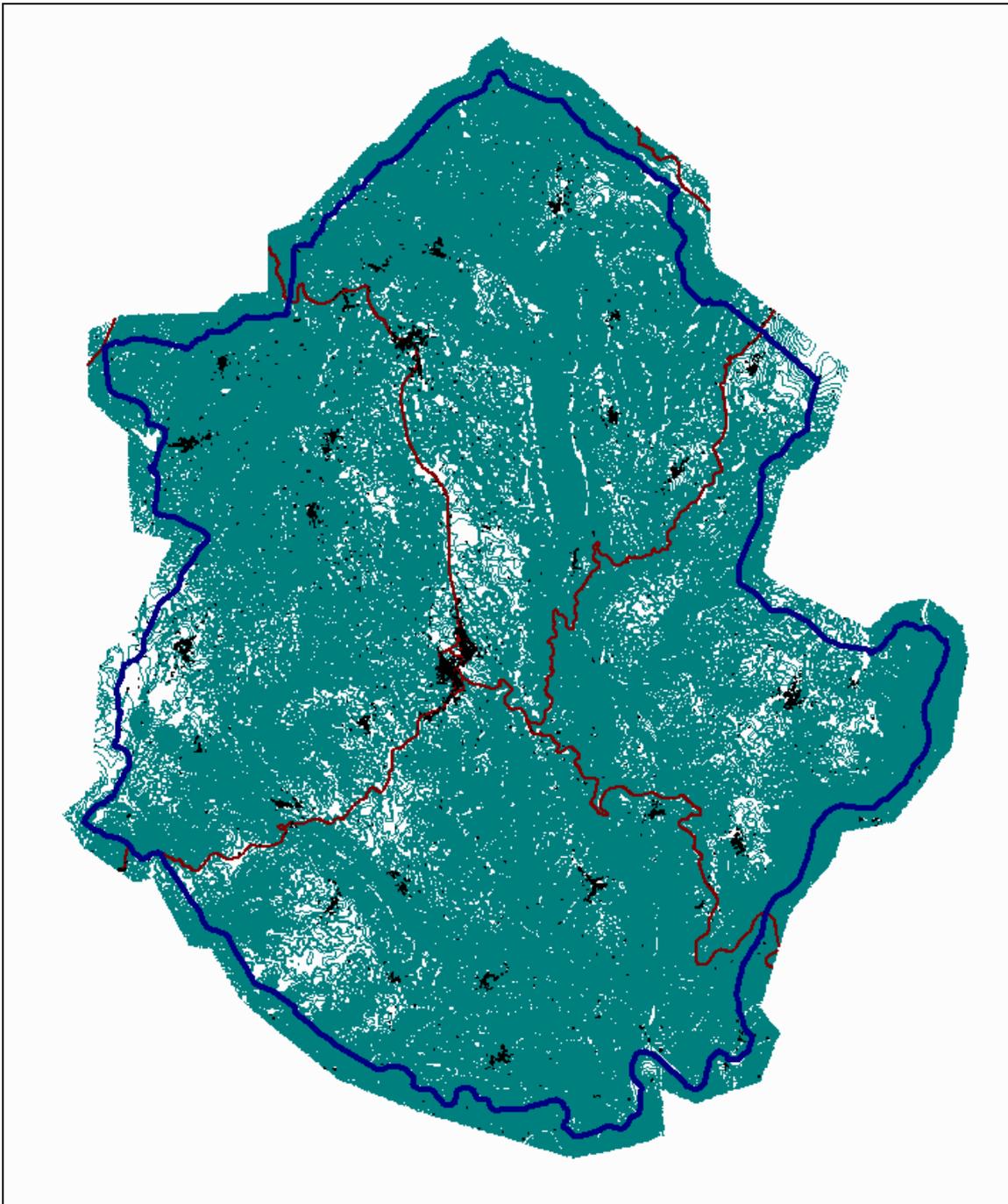


Figura 6 – Representação da área do mapa.

### 4.1.3. Dados cartográficos e modelo tridimensional

#### 4.1.3.1. 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  $L_{Aeq}$ .

Para representar o terreno na área do mapa e na sua envolvente, foram utilizadas neste modelo curvas de nível cotadas de 5 em 5 metros. A informação utilizada no cálculo é apresentada na seguinte.

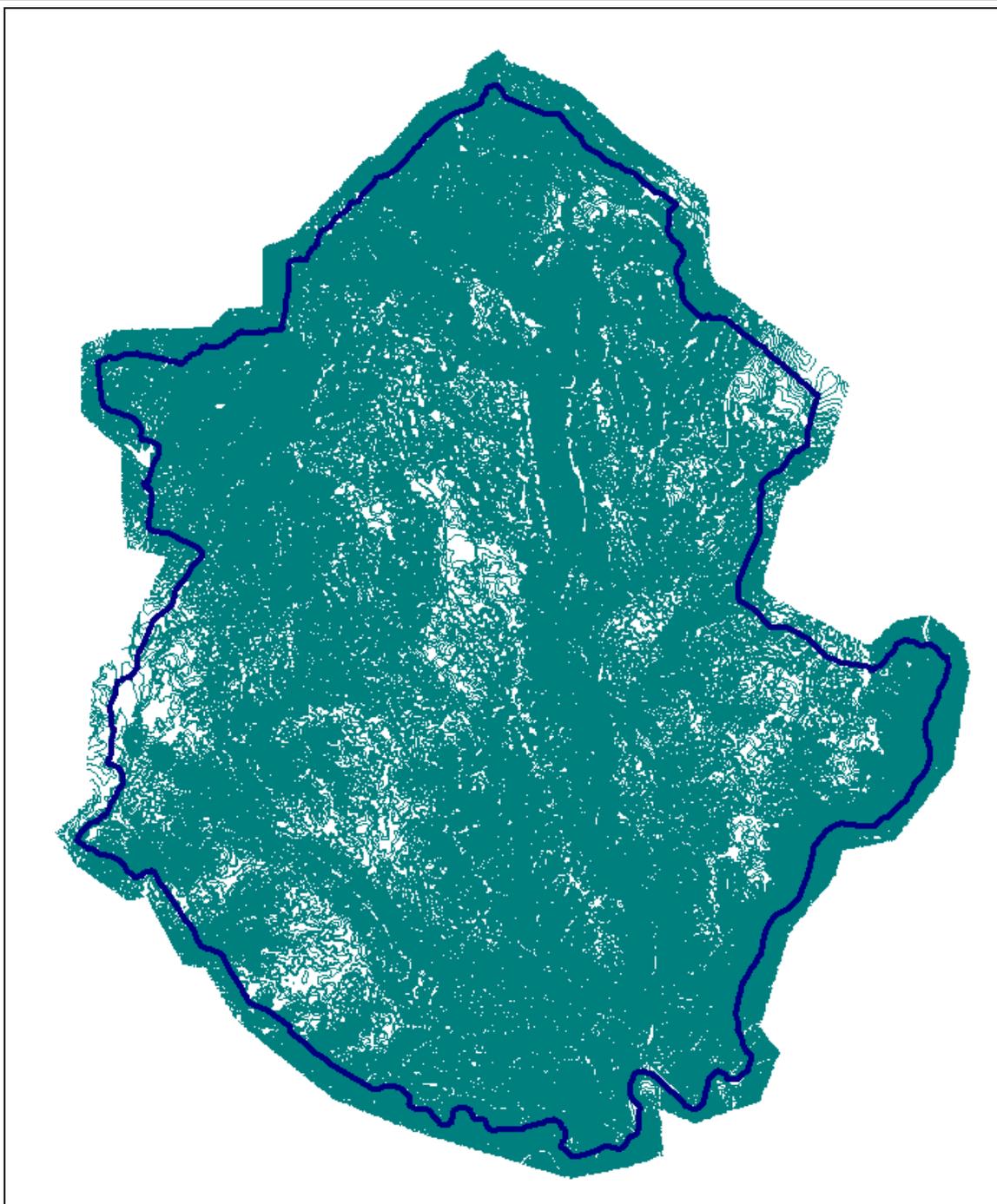


Figura 7 – Curvas de nível em planta.

#### 4.1.3.2. Edifícios e barreiras acústicas

A informação relativa aos edifícios refere-se à generalização cartográfica do tema edificado, extraído da cartografia digital fornecida à escala 1:10 000 e também da cartografia 1:2000 fornecida para os centros do Concelho de Alfândega da Fé. No entanto, esta cartografia base, não se encontrava actualizada, como tal, e tendo por base os ortofotomapas que datam de 2005, foi necessário colmatar as falhas no edificado, quer de construção, quer de demolição. Contudo, este tratamento foi apenas realizado ao longo de uma extensão de aproximadamente 300 metros além das fontes de ruído, portanto, apenas ao edificado passível de se tornar barreira à propagação sonora da fonte de ruído.

### Mapa de Ruído do Concelho de Alfândega da Fé

A maioria do tema edificado não tinha associado uma cota altimétrica. Ao edificado que não continha essa informação, atribuiu-se uma cota genérica de 6 metros, correspondendo a uma altura média de 2 pisos. Pontualmente, foram ainda inseridas outras alturas no edificado, correspondendo a informação retirada em trabalho de campo. Esta informação cartográfica permitiu a modelação dos edifícios a 3D.

Na Figura 8, pode-se observar o aspecto do modelo tridimensional criado. Aos edifícios foi também atribuído um valor médio de absorção sonora.

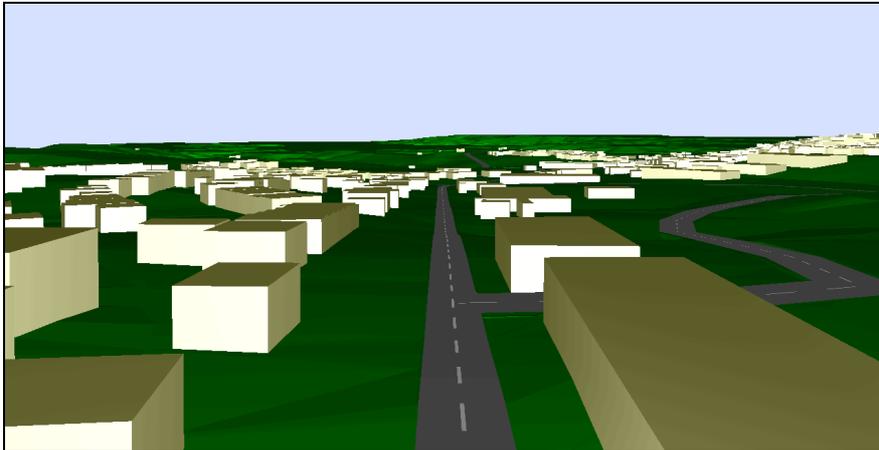


Figura 8 – Vista do Centro de Alfândega da Fé.

Será também de realçar que, durante o trabalho de campo realizado foram também identificados e introduzidos no modelo alguns objectos de interesse, como por exemplo muros e taludes, que funcionam como “barreiras acústicas” na propagação do som ao ar livre. A Figura 9 ilustra uma dessas situações.

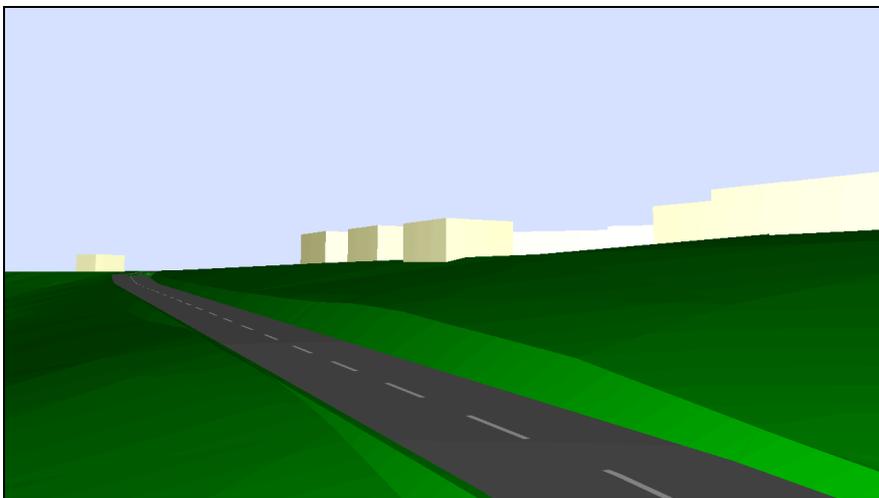


Figura 9 – Vista de um talude da ER315 em Alfândega da Fé.

#### 4.1.4. Fontes de ruído

O presente estudo tem definido como fontes de ruído, as principais vias de tráfego rodoviárias e o ruído industrial existentes na área em estudo.

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

#### 4.1.4.1. Tráfego Rodoviário

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

Atendendo aos principais cruzamentos existentes nas vias rodoviárias em estudo, estas foram divididas em diferentes troços, como pode ser visualizado na Carta 1 do Anexo I, de forma a caracterizar os diferentes fluxos de tráfego. Dentro destes troços houve ainda uma subdivisão por velocidade máxima de circulação e por tipo de piso, originando um troço por cada valor diferente de uma destas variáveis.

As cotas das estradas foram obtidas através da modelação do terreno gerada pelas curvas de nível tendo sido necessários alguns ajustes de modo a obter uma melhor correspondência com a realidade.

Na figura seguinte pode ser visualizados os resultados finais dos ajustes realizados, essencialmente em pontes de modo a obter uma melhor correspondência do modelo com a realidade.

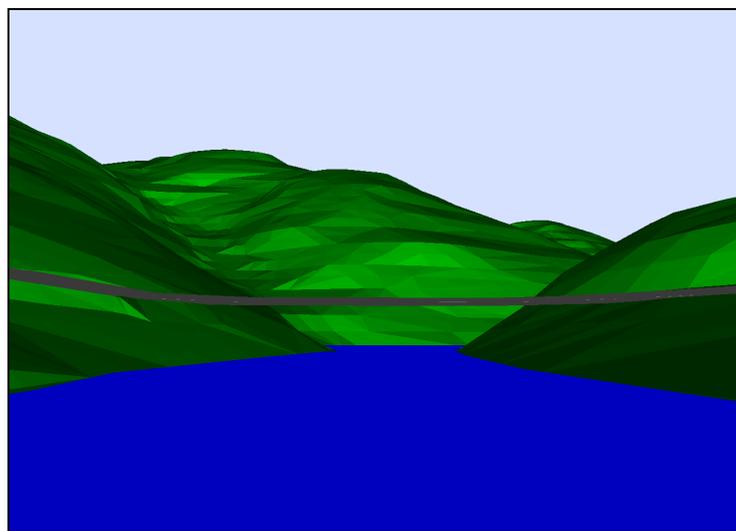


Figura 10 – Vista de uma ponte da EN 215 sobre a Ribeira de Canelhos.

A determinação do tráfego médio horário a considerar em cada uma das vias, para os dois períodos em análise, diurno e nocturno, teve como informação base:

- (i) as publicações do Instituto de Estradas de Portugal (IEP) para o ano de 2001 e 2003 (períodos diurno e nocturno) para as vias EN 215 e EN 102;
- (ii) as contagens de tráfego efectuadas pelo dBLab no período 2004 e 2006 (períodos diurno e nocturno).

Sempre que os dados disponíveis não se encontravam no formato adequado ou não se referiam ao ano de estudo (2004/2006), efectuou-se um tratamento prévio da informação antes da sua introdução no modelo de simulação.

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

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

No quadro seguinte apresentam-se os resultados síntese, assim como algumas das características das vias rodoviárias consideradas.

**Quadro 3 – Tráfego médio horário por período de referência.**

ID	Toponímia	Período Diurno		Período Entardecer		Período Nocturno		V. Máx. Lig. (Km/h)	V. Máx. Pes. (Km/h)	Tipo de Piso
		TMH (V/H)	% Pesados	TMH (V/H)	% Pesados	TMH (V/H)	% Pesados			
1	Avenida Doutor Ricardo de Almeida	90	2	62	2	7,2	2	50	50	Calçada
2	Avenida Dr. Francisco Pereira de Lemos - Troço 1	200	5	139	5	16	5	50	50	Calçada
3	Avenida Dr. Francisco Pereira de Lemos - Troço 2	200	5	139	5	16	5	50	50	Asfalto
4	Avenida Engenheiro Camilo Mendonça - Troço 1	120	3	83	3	9,6	2	60	50	Calçada
5	Avenida Engenheiro Camilo Mendonça - Troço 2	88	3	61	3	7	2	60	50	Asfalto
6	Circular centro1	28	1	19	1	2,2	1	50	50	Asfalto
7	Circular centro2	60	1	42	1	4,8	1	50	50	Asfalto
8	EN 102 - Ligação a Vila Flor	130	15	102	15	45	14	90	80	Asfalto
9	EN 215 - Troço 1	20	20	14	19	3	4	90	80	Asfalto
10	EN 215 - Troço 2	8	20	6	19	1,2	4	90	80	Asfalto
11	EN 215 - Troço 3	30	20	22	19	4,5	4	90	80	Asfalto
12	EN 215 - Troço 4	148	19	116	19	52	16	50	50	Asfalto
13	EN 215 - Troço 5	148	19	116	19	52	16	90	80	Asfalto
14	ER 216	84	19	60	18	12,6	4	90	80	Asfalto
15	ER 315 - Troço 1	104	15,6	73	15	10,4	1	90	80	Asfalto
16	ER 315 - Troço 2	114,4	17,2	80	16	11,4	1	50	50	Asfalto
17	ER 315 - Troço 3	104	15,6	73	15	10,4	1	90	80	Asfalto
18	ER 315 - Troço 4	24	7	17	7	2,4	4	90	80	Asfalto
19	ER 315 - Troço 5	24	7	17	7	2,4	4	90	80	Asfalto
20	Ligação Av.Dr.Francisco António Pereira de Lemos-EN215	60	20	42	20	4,8	10	50	50	Asfalto
21	Ligação Circular centro à Avenida Engenheiro Camilo Mendonça	42	1	29	1	3,4	0	50	50	Asfalto
22	Rotunda 1	62,5	2	43	2	5	1	40	30	Asfalto
23	Rotunda 2	32,5	1	23	1	2,6	1	40	30	Asfalto
24	Rua 1º de Maio	80	6	55	6	6,4	1	50	50	Asfalto
25	Rua Alvaro da Ponte	90	2	62	2	7,2	1	50	50	Asfalto
26	Rua Camilo de Mendonça	90	2	62	2	7,2	1	50	50	Asfalto
27	Rua dos Combatentes	90	2	62	2	7,2	1	50	50	Asfalto
28	Rua Eng. Duarte Carrilho - Troço 1	240	8	166	8	19,2	1	50	50	Calçada
29	Rua Eng. Duarte Carrilho - Troço 2	40	16	28	16	3,2	5	50	50	Asfalto

#### 4.1.4.2. Indústrias

No âmbito do Mapa de Ruído do Concelho de Alfândega da Fé, dado não existirem indústrias com Avaliação de Impacte Ambiental (AIA) ou indústrias sujeitas a licenciamento de prevenção e controlo integrado de poluição (PCIP), foram objecto de análise as indústrias integradas em zonas industriais e outras que, pelo tipo de actividade (ex.: exploração/transformação de inertes) e extensão, de acordo com a AMTQT, constituem fontes de ruído com potencial impacte sonoro.

Cada uma destas áreas foi analisada em pormenor através de trabalho de campo de forma a avaliar quais as indústrias que, pela sua localização ou pelas suas características acústicas, apresentavam factores relevantes para serem incluídas no Mapa de Ruído do Concelho de Alfândega da Fé.

Em virtude de o Plano Director Municipal se encontrar em fase de revisão, não foi possível à AMTQT fornecer os limites das áreas industriais, pelo que, os limites necessários para o cálculo do ruído industrial foram definidos pelo dBLab com a aprovação da Associação de Municípios da Terra Quente Transmontana. As localizações e limites das áreas industriais modeladas encontram-se representados na Carta 1 do Anexo I.

A avaliação do impacte sonoro das fontes industriais, foi efectuada através de modelação de fontes em área. Esta consiste na modelação de cada unidade industrial como uma ou várias fontes em área horizontais, determinando-se genericamente a potência sonora, por metro quadrado, de cada uma das áreas.

Após um aprofundado trabalho de campo, realizado nas indústrias visitadas, cada área industrial acusticamente representativa para inserção no Mapa de Ruído do Concelho de Alfândega da Fé foi dividida em diversas fontes de potência em área segundo as diferentes características sonoras que apresentavam, sendo que essa potência foi posteriormente ajustada por medições acústicas efectuadas no local para melhor aferição dos reais níveis sonoros. Como não existem limitações legais nos níveis de ruído no interior de qualquer área industrial (por não pertencerem nem à classificação de Zonas Mistadas nem de Zonas sensíveis) não foi efectuado o cálculo de ruído no seu interior.

Os dados necessários para efectuar o cálculo da potência sonora destas áreas industriais foram obtidos por medições, efectuadas de acordo com a Norma ISO 8297:1994(E).

As diferentes fontes em área consideradas, encontram-se enumeradas na Quadro 4.

**Quadro 4 – Áreas industriais e respectiva potência sonora calculada**

Área Industrial	ID	Potência Sonora dB(A)/m <sup>2</sup>						Tempo de Laboração (horas)					
		Diurno		Entardecer		Nocturno		Diurno		Entardecer		Nocturno	
		de	a	de	a	de	a	de	a	de	a	de	a
Zona Industrial AFE	I1-1	55	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-

Os resultados de ensaio referem-se exclusivamente aos itens ensaiados.

Mod. 60-05.03

Este Relatório só pode ser reproduzido na íntegra, excepto quando haja autorização expressa do dBLab.

## 4.2. VALIDAÇÃO DO MODELO

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

Recorda-se que no trabalho anterior a validação do modelo acústico foi efectuada por comparação dos níveis de pressão sonora medidos no terreno com os valores simulados pelo modelo, com este parametrizado de modo a reproduzir as condições observadas no local durante as medições realizadas.

As campanhas de medições realizadas dividiram-se em medições de curta duração para aferir a validação junto às principais fontes de ruído e uma medição de longa duração para aferir o modelo no seu todo. Em todos os casos foram obtidos desvios inferiores a 2 dB(A).

## 4.3. CONFIGURAÇÃO DE CÁLCULO

O cálculo dos mapas de ruído foi realizado a partir da criação de uma malha equidistante de pontos de cálculo. Para cada um dos pontos da malha o modelo calcula os níveis de ruído adicionando as contribuições de todas as fontes de ruído, tendo também em consideração os trajectos de propagação e as atenuações, de acordo com o estipulado na Norma XPS 31-133, no Método de Cálculo Francês "NMPB Routes 1996 e nas Normas ISO 8297:1994 e NP 4361-2.

Todos os mapas aqui apresentados foram gerados a partir de uma malha regular de pontos receptores, com 10 m por 10 m, e a 4 m de altura do solo. Foi utilizado um valor de 1 reflexão para cada raio sonoro.

Dada a sua influência no cálculo da atenuação do som na sua propagação ao ar livre, entre os parâmetros que caracterizam o clima deste Município salientam-se a temperatura, a humidade relativa e o regime de ventos. Os dados utilizados para estabelecer a média de valores para o Concelho de Alfândega da Fé, reportam-se à Estação Agrária de Mogadouro, correspondendo a médias obtidas no período 1980-1990.

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

- - temperatura média anual – 12.5 ° C;
- - humidade relativa média do ar – 75 %;
- - velocidade média do vento – 4.74 m/s.

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

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

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

## 5. ANÁLISE DOS MAPAS DE RUÍDO

Os Mapas de Ruído do Concelho de Alfândega da Fé para os indicadores  $L_{den}$  e  $L_n$ , podem ser visualizados nas Cartas 1 e 2 no Anexo II, respectivamente. Foi ainda realizado o exercício de elaboração de Mapas de Ruído (disponível apenas em formato digital), considerando todo o território como Zona Mista (indicador  $L_{den}$  - Carta 1 do Anexo III e indicador  $L_n$  - Carta 2 do Anexo III) e considerando todo o território como Zona Sensível (indicador  $L_{den}$  - Carta 1 do Anexo IV e indicador  $L_n$  - Carta 2 do Anexo IV).

Reforça-se o facto dos resultados acústicos obtidos na simulação efectuada corresponderem a situações médias ocorridas num ano, pelo que a variação dos parâmetros que influenciam a propagação dos níveis de ruído (variações na intensidade e composição do tráfego, de tipos de pavimento e condições meteorológicas

### Mapa de Ruído do Concelho de Alfândega da Fé

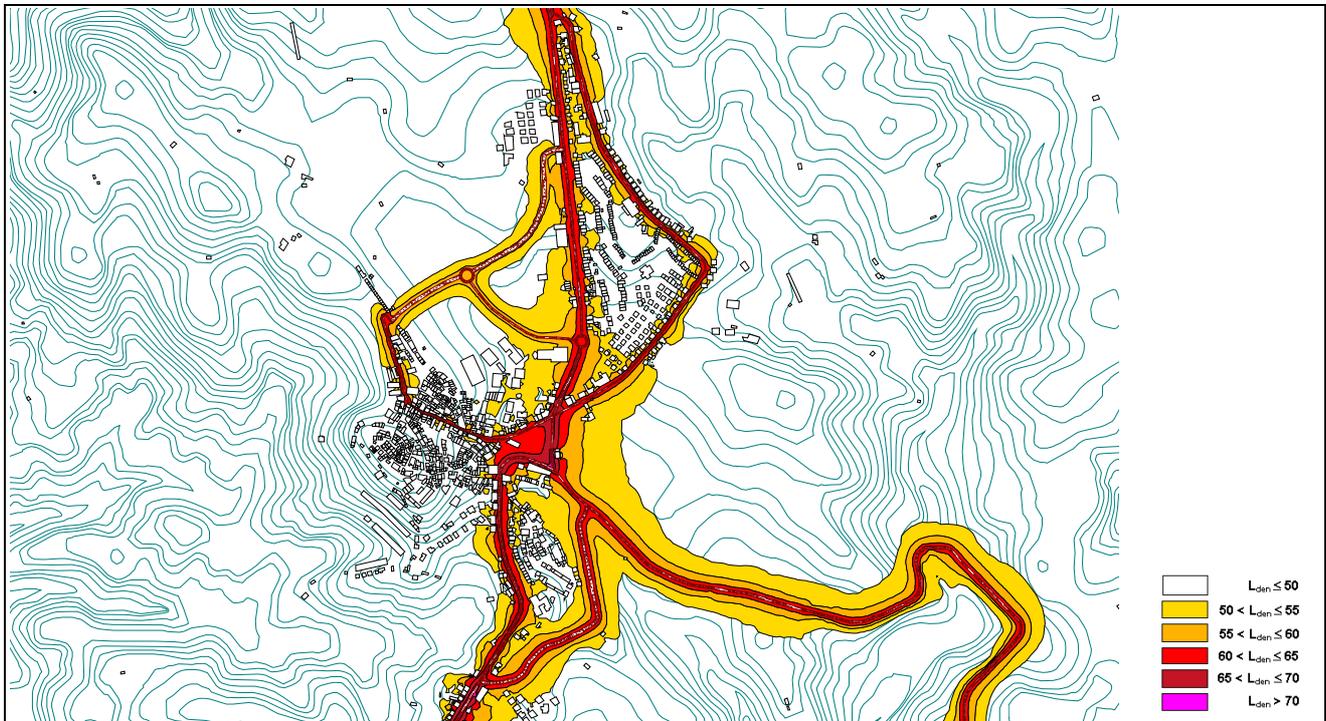
etc.) poderá fazer variar os níveis de ruído observados num dado intervalo de tempo particular em relação aos valores obtidos na simulação.

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

Actualmente, as principais fontes de ruído em termos de extensão da área sob a sua influência sonora são a EN 215 e a ER 315, bem como algumas vias interiores do centro de Alfândega da Fé, nomeadamente a Rua Eng. Duarte Carrilho, a Avenida Dr. Francisco Pereira de Lemos, a Avenida Engenheiro Camilo Mendonça e a Avenida Doutor Ricardo de Almeida. Em termos de extensão em área sob influência sonora da EN 215, a faixa do indicador de ruído  $L_{den} > 65$  dB(A) ascende aos 30 m, para cada lado da via e a faixa do indicador de ruído  $L_n > 55$  dB(A), atinge os 45 m. A largura das faixas de ruído é bastante variável devido à altimetria do terreno e à presença de obstáculos à propagação do som.

Salienta-se que, de uma forma geral, não se verifica incumprimento significativo dos níveis de ruído permitidos por Lei ao longo de todo o Município, a não ser pontualmente junto habitações mais próximas das vias rodoviárias. Neste contexto refira-se ainda, que dada a predominante ocupação territorial ao longo das vias, verifica-se, de uma forma generalizada, um maior impacte sonoro nos receptores localizados ao longo das principais vias de tráfego rodoviário do Concelho de Alfândega da Fé. Porém, é o próprio edificado existente que serve de barreira à propagação de ruído, situação distinta da que existiria em campo livre, ao mesmo tempo que expõe a níveis mais elevados as populações residentes nos edifícios directamente expostos ao ruído das referidas vias.

Os casos mais evidentes desta situação são os centros urbanos, em que a área de extensão de uma fonte modelada é relativamente reduzida mas os níveis de ruído resultantes bastante elevados. Por isso, os centros urbanos, e mais especificamente na sede de concelho, representam os cenários acústicos mais significativos, devido aos níveis de ruído produzidos pelas suas vias de tráfego rodoviário (Figura 11).



**Figura 11 – Mapa de Ruído para o indicador  $L_{den}$  da Sede do Concelho de Alfândega da Fé.**

Com respeito às áreas industriais modeladas, o impacte sonoro para o exterior é diversificado nas suas envolventes, resultante da diferente potência sonora de cada área considerada. O relevo e a ocupação florestal do terreno têm também um efeito importante na variabilidade da distância das linhas isofónicas às

## Mapa de Ruído do Concelho de Alfândega da Fé

fontes industriais consideradas. A inexistência de habitações na proximidade das áreas industriais mais ruidosas, contribui para que estas fontes de ruído (durante grande parte do seu período de actividade) não constituam significativos problemas no Concelho de Alfândega da Fé.

O Mapa de Ruído do Concelho de Alfândega da Fé é um mapa à escala municipal, e como tal comporta todas as fontes que têm interesse a essa escala. Ao analisar áreas 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. Este tipo de fontes de ruído será de incluir em mapas de ruído de Planos de Pormenor e Planos de Urbanização que são efectuados a uma escala local e não concelhia.

## 6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

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

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 Normas Francesas NMPB 96, XP S 31-133 e as Normas ISO 8297:1994 e NP 4361-2. Aquando da realização do Mapa de Ruído, o modelo foi validado através de um vasto número de medições de ruído realizadas “*in situ*” com várias amostragens de duração adequada à variabilidade dos níveis de ruído existente ao longo de intervalos curtos, bem como medições acústicas de longa duração.

A actualização do Mapa de Ruído do Concelho de Alfândega da Fé, baseou-se no primeiro modelo realizado em 2006, tendo os novos cálculos sido realizados a partir desse modelo e das actualizações induzidas por modificações na estrutura do município, bem como na alteração de legislação que se fez sentir no ano de 2007, passando a vigorar o Regulamento Geral de Ruído – D.L. 9/2007.

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

Os Mapas de ruído permitem visualizar as áreas em que os níveis de ruído são mais significativos. Estas zonas localizam-se ao longo da EN 215 e a ER 315, bem como algumas vias interiores do centro de Alfândega da Fé, nomeadamente a Rua Eng. Duarte Carrilho, a Avenida Dr. Francisco Pereira de Lemos, a Avenida Engenheiro Camilo Mendonça e a Avenida Doutor Ricardo de Almeida, sendo que no indicador  $L_n$ , a possibilidade de conflito com uma futura Classificação de Zona de Ruído é maior.

Esta informação deve ser tida em consideração em termos da ocupação do solo prevista para uma dada zona, evitando-se a implantação de utilizações de tipo sensível, isto é habitações, escolas e hospitais e espaços de lazer nas áreas mais ruidosas. Deste modo poder-se-á compatibilizar o uso do solo com os níveis de ruído existentes ou previstos. Para estas zonas deverão, além disso, ser equacionados Planos de Redução de Ruído, que terão maior ou menor amplitude dependendo da classificação acústica que a Câmara Municipal atribuir às zonas.

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

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



---

*Mapa de Ruído do Concelho de Alfândega da Fé*

---

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

Elaborado por:

Frederico Vieira  
Gestor de Projectos

Verificado e aprovado por:

Luís Conde Santos  
Director Técnico

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Regulamento Geral do Ruído – Decreto-Lei n.º 9/2007 de 17 de Janeiro.
2. Directrizes para a Elaboração de Mapas de Ruído, APA, Março 2007.
3. Ramos Pinto, F., Guedes, M. & Leite, M. J., Projecto-Piloto de Demonstração de Mapas de Ruído – Escalas Municipal e Urbana, Instituto do Ambiente, 2004
4. Directrizes para a Elaboração de Planos de Monitorização de Ruído de Infra-Estruturas Rodoviárias e Ferroviárias, DGA / DGOTDU, 2001.
5. Recomendações para Selecção de Métodos de Cálculo a Utilizar na Previsão de Níveis Sonoros, DGA / DGOTDU, 2001.
6. Norma Portuguesa – 1730 (1996) – “Acústica, Descrição e Medição de Ruído Ambiente – Parte 1: Grandezas fundamentais e procedimentos”.
7. Norma Portuguesa – 1730 (1996) – “Acústica, Descrição e Medição de Ruído Ambiente – Parte 2: Recolha de dados relevantes para o uso do solo”.
8. Norma Portuguesa – 1730 (1996) – “Acústica, Descrição e Medição de Ruído Ambiente – Parte 3: “Aplicação aos limites do Ruído”.
9. Norma Portuguesa – 4361 (2001) – “Acústica, Atenuação do Som na sua Propagação ao Ar Livre – Parte 2: “Método Geral de Cálculo”.
10. 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.
11. Procedimentos específicos de medição de ruído ambiente, Instituto do Ambiente, Abril 2003.
12. NMPB-Routes-96 (SETRA-CERTU-LCPC-CSTB), publicado no "Arrêté du 5 Mai. 1995 relatif au bruit des infrastructures routières, Journal Officiel du 10 MAI 1995, article 6".
13. 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.
14. Schall03 - Guidelines for the Calculation of Sound Immission from Railways Schall 03, Akustik 03, Ed. 1990, DB (German Railways), Central Administration, Munich
15. Guide du Bruit des Transports Terrestres - Prévission des niveaux sonores”, CETUR, 1980.
16. Recomendação da Comissão Europeia 2003/613/EC, relativa às orientações sobre os métodos de cálculo provisórios revistos para o ruído industrial, o ruído das aeronaves e o ruído do tráfego rodoviário e ferroviário, bem como dados de emissões relacionados, de 6 de Agosto de 2003.
17. Wolfgang Probst, Implementation of the EU-directive on Environmental Noise Requirements for Calculation Software and Handling with CadnaA, 2003.
18. Wolfgang Probst, Bernd Huber, A Comparison of Different Techniques for the Calculation of Noise Maps of Cities, International Congress and Exhibition in Noise Control Engineering, 2001.
19. Wolfgang Probst, Bernd Huber, Integration of Area Noise Control into Programs into a Citywide Noise Control Strategy, Institute of Acoustics – Proceedings, Vol. 23, Pt 5, 2001.
20. Relatório de Contas da BRISA, BRISA, 2006.
21. “Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure”, European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN), 2006.



# ANEXOS