

# MAPAS DE RUÍDO DA ASSOCIAÇÃO DE MUNICÍPIOS DO NORTE ALENTEJANO

## - Município de Monforte - DESCRIÇÃO DO MODELO E RESULTADOS

**ABRIL 2005**

**Local:** Município de Monforte  
**Referência do Relatório:** 04-585 –MPRD 11  
**Data do Relatório:** 19-04-2005  
**N.º total de páginas:** 40  
**(excluindo anexos)**

## ÍNDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO E OBJECTIVO .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>CONTEXTO LEGISLATIVO .....</b>	<b>5</b>
2.1	DEFINIÇÕES .....	5
2.2	ENQUADRAMENTO LEGAL DOS MAPAS DE RUÍDO .....	6
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>8</b>
3.1	LIMITAÇÕES DA AVALIAÇÃO DE AMBIENTE SONORO “TRADICIONAL” .....	8
3.2	MAPAS DE RUÍDO – DESCRIÇÃO BREVE .....	8
3.3	MAPA DE RUÍDO DO MUNICÍPIO DE MONFORTE .....	9
<b>4</b>	<b>DESCRIÇÃO DO PROJECTO .....</b>	<b>11</b>
4.1	SOFTWARE UTILIZADO .....	11
4.2	INSTRUMENTAÇÃO UTILIZADA .....	12
4.3	NORMAS E PARÂMETROS UTILIZADOS .....	12
4.3.1	<i>Tráfego Rodoviário</i> .....	12
4.3.2	<i>Tráfego Ferroviário</i> .....	15
4.3.3	<i>Indústrias</i> .....	18
4.4	CARACTERIZAÇÃO DO MODELO .....	19
4.4.1	<i>Identificação do local em estudo</i> .....	19
4.4.2	<i>Área do mapa</i> .....	21
4.4.3	<i>Caracterização climática</i> .....	22
4.4.4	<i>Topografia</i> .....	22
4.4.5	<i>Edifícios</i> .....	23
4.4.6	<i>Fontes de Ruído</i> .....	25
4.4.6.1	<i>Tráfego Rodoviário</i> .....	25
4.4.6.2	<i>Tráfego Ferroviário</i> .....	29
4.4.6.3	<i>Indústrias</i> .....	30
4.5	VALIDAÇÃO DO MODELO .....	30
4.5.1	<i>Validação junto às fontes sonoras</i> .....	31
4.5.2	<i>Validação de longa duração</i> .....	33
4.6	RESULTADOS DO MODELO – MAPAS DE RUÍDO .....	36
4.6.1	<i>Análise dos mapas de ruído</i> .....	36
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>38</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>40</b>
	• <b>ANEXO 1 – MAPAS DE RUÍDO E MAPAS DE CONFLITO</b>	
	• <b>ANEXO 2 – CD COM RELATÓRIO E MAPAS DE RUÍDO E CONFLITO EM FORMATO DIGITAL</b>	

# MAPAS DE RUÍDO DA ASSOCIAÇÃO DE MUNICÍPIOS DO NORTE ALENTEJANO

- Município de Monforte -

## DESCRIÇÃO DO MODELO E RESULTADOS

### *Ficha Técnica*

Designação do Projecto	Mapa de ruído do Município de Monforte
Cliente	Associação de Municípios do Norte Alentejano (AMNA)
Morada	Largo Professor Jaime Belém, nº21, 7300-026 Portalegre
Local de realização dos ensaios	Município de Monforte
Fonte(s) do Ruído Particular	Tráfego rodoviário, Tráfego ferroviário, Indústrias
Data(s) dos ensaios	Meses de Outubro, Novembro, Dezembro de 2004, Março e Abril de 2005
Data de Emissão	19-04-2005

## ***Equipa Técnica***

O presente trabalho foi elaborado pela seguinte equipa técnica:

- Luís Conde Santos, Eng. Electrotécnico (IST), MSc. Sound and Vibration Studies (Un. Southampton) – Director Técnico do Laboratório.
- Fátima Valado, Eng. Ambiente (UA), MSc in Urban Environment Management (Un. Delft)  
– Gestora de Projecto
- Maria João Palma, Eng. Ambiente (FCT/UNL), MSc.em Poluição Atmosférica (UA)  
–Técnica Especialista
- Cláudia Santos, Eng. Ambiente (UAIG/FCMA)  
– Técnica Estagiária do Laboratório
- Marta Rocha, Ordenamento do Território (UA)  
– Técnica Estagiária do Laboratório
- Rafael Bernardino, Eng. Ambiente (UA)  
– Técnico de Laboratório
- Christine Amaro Matias, Eng. Ambiente (ESTG/IPL)  
– Técnica Estagiária do Laboratório

## 1 INTRODUÇÃO E OBJECTIVO

“O Decreto-Lei n.º 292/2000, de 14 de Novembro, determina que na execução da política de ordenamento do território e urbanismo deve ser assegurada a qualidade do ambiente sonoro, na habitação, trabalho e lazer”.

O objectivo deste trabalho consiste na elaboração do Mapa de Ruído do Concelho de Monforte, de forma a dispor-se de uma ferramenta evoluída para a gestão e controlo da poluição sonora existente nessa área.

Um mapa de ruído constitui, essencialmente, uma ferramenta de apoio à decisão sobre planeamento e ordenamento do território devendo, portanto, ser adoptado na preparação dos instrumentos de ordenamento do território e na sua aplicação.

Assim, um mapa de ruído fornecerá informação para atingir os seguintes objectivos:

- preservar zonas com níveis sonoros regulamentares;
- corrigir zonas com níveis sonoros não regulamentares;
- criar novas zonas sensíveis ou mistas com níveis sonoros compatíveis.

Neste trabalho foi desenvolvido um modelo acústico tridimensional de toda a área em estudo e analisados os respectivos resultados, nas seguintes perspectivas:

- níveis de ruído previstos pelo modelo num dado conjunto de pontos receptores, em particular junto das zonas mais críticas devido à sua sensibilidade ao ruído;
- mapas de ruído diurno e nocturno, considerando as principais fontes de ruído (vias rodoviárias, ferroviárias e indústrias).

O modelo criado apresenta um potencial que não se esgota nos resultados apresentados e a escala a que foi realizado adapta-se melhor à tomada de decisões sobre estratégias de zonamento e de identificação de áreas prioritárias para redução de ruído. Constitui, assim, uma ferramenta que deverá 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 viaturas, mudança de piso, etc.).

A escala utilizada em todo o trabalho foi a escala do PDM do concelho – 1:10.000. 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 pelo Instituto do Ambiente para articulação com PDM). A visualização ou impressão a escalas superiores a 1:10.000 não deverá ser utilizada.

No presente relatório é descrito o modelo computacional, utilizado e desenvolvido, e são apresentados os seus resultados, quer em forma de quadros, quer em forma de mapas de ruído. Com os dados apresentados é possível obter resultados claros do ruído proveniente das diversas fontes sonoras.

Em anexo a este relatório, inclui-se um CD em que para além do presente relatório se inclui os referidos Mapas de Ruído.

## 2 CONTEXTO LEGISLATIVO

A legislação portuguesa em que se baseiam as disposições legais elaboradas e apresentadas neste trabalho é descrita no “Regime Legal sobre a Poluição Sonora” – Decreto-Lei n.º 292/2000 de 14 de Novembro, na Directiva Comunitária 2002/49/CE, sobre Avaliação e Gestão de Ruído Ambiente, e nas Notas Técnicas elaboradas pela DGA/DGOTDU – “Princípios orientadores para a Elaboração de Mapas de Ruído” e “Recomendações para Seleção 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 292/2000 – São tomados como períodos de referência os seguintes: nocturno (22h00 às 7h00) e diurno (7h00 às 22h00);
- 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);
- Mapa de Conflitos – Mapas diferenciais em que os níveis de ruído são comparados com determinados limites 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), que, caso seja excedido, é ou poderá ser objecto de medidas de redução por parte das autoridades competentes;
- Zonas Sensíveis – áreas definidas em instrumentos de planeamento territorial como vocacionadas para usos habitacionais, existentes ou previstos, bem como para escolas, hospitais, espaços de recreio e lazer e outros equipamentos colectivos prioritariamente utilizados pelas populações como locais de recolhimento, existentes ou a instalar;

- Zonas Mistas – as zonas existentes ou previstas em instrumentos de planeamento territorial eficazes, cuja ocupação seja afectada a outras utilizações, para além das referidas na definição de zonas sensíveis, nomeadamente a comércio e serviços;
- Planeamento Acústico – O controlo de ruído futuro 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.

## 2.2 ENQUADRAMENTO LEGAL DOS MAPAS DE RUÍDO

O Decreto-Lei 292/00 de 14 de Novembro – Regime Legal Sobre Poluição Sonora, veio introduzir na Legislação Portuguesa uma série de obrigações para as Autarquias, numa perspectiva de melhorar a qualidade de vida das populações.

De acordo com o artigo 4º – Instrumentos de Planeamento Territorial do Capítulo II: “ As Câmaras Municipais devem promover a elaboração de mapas de ruído, de forma a enquadrar a preparação dos respectivos instrumentos de ordenamento do território”.

O mesmo artigo também refere que a classificação das zonas sensíveis e mistas é também da competência das Câmaras Municipais, devendo estas zonas estar delimitadas e disciplinadas no respectivo plano de ordenamento do território.

Os níveis sonoros limite nestas zonas são caracterizados pelo valor do parâmetro  $L_{Aeq}$  do ruído ambiente exterior, de acordo com as disposições do Decreto-Lei. Os valores limite para os dois tipos de zona são apresentados no Quadro 2-1.

**Quadro 2-1 – Níveis máximos de exposição ao ruído ambiente exterior,  $L_{Aeq}$ , dB(A)**

Zona	Período Diurno (07h00-22h00)	Período Nocturno (22h00-07h00)
Sensível	55 dB(A)	45 dB(A)
Mista	65 dB(A)	55 dB(A)

A Directiva Comunitária 2002/49/CE de 25.06.2002, que entrou em vigor em 18.07.2002 faz várias referências à elaboração de Mapas de Ruído. Entre estas referências constam a definição de Mapa Estratégico de Ruído, e o estabelecimento de datas para a elaboração destes mapas preconizando no seu Art.º 7º que: “até 30 de Junho de 2007, os Estados – Membros assegurarão a elaboração e

aprovação pelas autoridades competentes de mapas de ruído para todas os aglomerados populacionais com mais de 250.000 habitantes e a todos os grandes eixos rodoviários, ferroviários e aeroportos situados no seu território”.

Em Outubro de 2001, a DGA (Direcção Geral do Ambiente) em conjunto com a DGOTDU (Direcção Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano) emitiram um documento com princípios orientadores para a Elaboração de Mapas de Ruído, sendo referido que estes instrumentos de Gestão Ambiental deverão ser integrados nos Planos Municipais de Ordenamento do Território (PMOT), a saber:

- Planos Directores Municipais (PDM);
- Planos de Urbanização(PU);
- Planos de Pormenor (PP).

Neste documento refere-se que, os estudos de ordenamento se devem apoiar na informação disponível nos Mapas de Ruído, sendo este um elemento fundamental para a informação acústica das zonas, objecto de estudo de âmbito municipal.

Nestes princípios referem-se aspectos técnicos no que diz respeito à elaboração de Mapas de Ruído, dos quais alguns se descrevem a seguir:

- O indicador de ruído ambiente a utilizar é o nível sonoro médio de longa duração, LAeq, 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 para cada um dos períodos de referência descritos na legislação;
- 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 e as actividades ruidosas abrangidas pela avaliação de impacte ambiental.

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

- A representação gráfica e medições de ruído ambiente deverão ser realizadas de acordo com a NP 1730;
- A escala não deve ser inferior a:
  - 1/25000, para articulação com PDM;
  - 1/5000, para articulação com PU e PP.
- Da informação mínima a incluir deve constar a denominação da área abrangida, o período de referência, a identificação das fontes consideradas, os métodos de cálculo utilizados, a legenda com escala de cores, escala e a data de avaliação.



### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 LIMITAÇÕES DA AVALIAÇÃO DE AMBIENTE SONORO “TRADICIONAL”

A avaliação de ambiente sonoro "tradicional" recorre a amostragens de ruído de curta duração, num número limitado de pontos no espaço. A utilização generalizada deste tipo de avaliação em áreas urbanas tem, sem dúvida, contribuído para o conhecimento global dos níveis de ruído existentes, em determinados locais de medição.

No entanto, a experiência tem demonstrado que, frequentemente, esta abordagem não permite obter resultados muito fiáveis nem uma visão clara do real ambiente sonoro da área em estudo. Além disso não fornece geralmente informação suficiente para a tomada de decisão quanto às medidas minimizadoras a implementar – pois não permite identificar e classificar fontes de ruído – nem possibilita uma previsão dos resultados expectáveis de uma determinada intervenção correctiva.

Outro aspecto a ter em conta consiste na dificuldade que a avaliação "tradicional" tem em apresentar resultados de fácil leitura por não especialistas. Tal facto dificulta a comunicação efectiva dos resultados de medidas minimizadoras do ruído aos potenciais interessados, como a comunidade envolvente, organismos oficiais, indústrias, organizações ambientalistas, entre outros, não potenciando devidamente os efeitos dessas medidas na imagem da autarquia.

#### 3.2 MAPAS DE RUÍDO – DESCRIÇÃO BREVE

O desenvolvimento de técnicas de modelação da emissão e propagação sonora, a par do aumento enorme das capacidades de memória e cálculo dos sistemas informáticos, permitiram o aparecimento nos últimos anos de programas informáticos capazes de modelar, com boa precisão e relativa rapidez, as mais complexas situações de geração e propagação de ruído. Os resultados são normalmente apresentados sob a forma de linhas isofónicas e/ou manchas coloridas, representando as áreas cujo nível de ruído se situa numa dada gama de valores, ou seja: Mapas de Ruído.

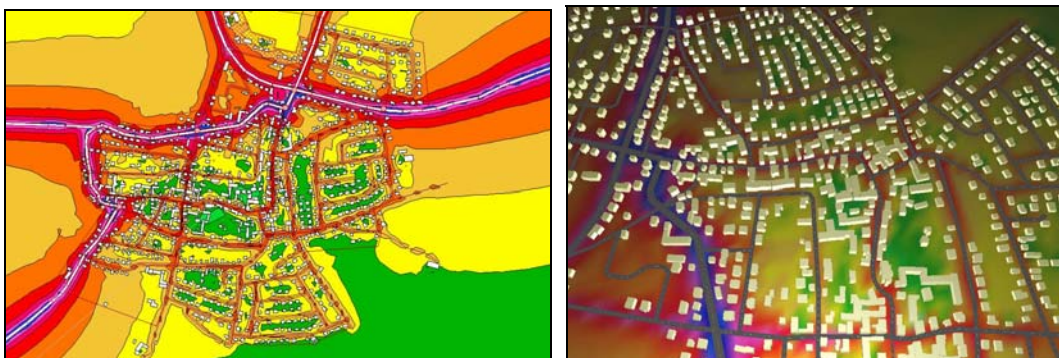
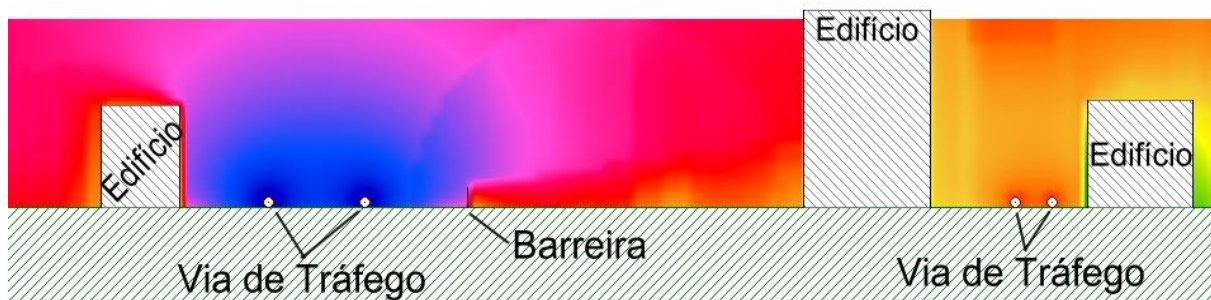


Figura 3-1 – Mapa de Ruído em planta. Figura 3-2 – Mapa de Ruído em 3D.



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

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

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.

### 3.3 MAPA DE RUÍDO DO MUNICÍPIO DE MONFORTE

A metodologia utilizada neste trabalho englobou as seguintes fases:

- Definição da “área do mapa” e da “área de estudo”;
- Recolha de dados climáticos e geográficos;
- Recolha de cartografia digital base, com a altimetria do terreno (curvas de nível e pontos cotados), as fontes de ruído (infra-estruturas de transporte e fontes fixas), os edifícios e outros obstáculos permanentes à propagação de ruído (muros, barreiras acústicas);
- Identificação e levantamento das principais fontes de ruído existentes no Concelho – tráfego rodoviário, ferroviário e indústrias;
- Importação da altimetria para o Software CadnaA e criação do modelo digital do terreno (tridimensional);
- Importação para o Software CadnaA dos edifícios e outros obstáculos permanentes à propagação do ruído e definição da sua altura de forma a criar-se elementos 3D, a partir da informação fornecida pela Câmara local;
- Caracterização das fontes de ruído com base nas Normas francesas NMPB96 e XPS 31-133 (tráfego rodoviário), da Norma ISO 8297:1994 (indústrias) e no procedimento interno do dBLab 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 Concelho de Monforte em computador através do software CadnaA e com base nas Normas francesas NMPB96, XP S 31-133, na Norma NP 4361-2, para realizar o referido mapa de ruído;
- validação do modelo: selecção de pontos de medição em locais determinados para validação do modelo na sua globalidade. Medição de níveis de pressão sonora em conformidade com a Norma NP-1730 nesses pontos e respectiva comparação com os valores calculados através do modelo introduzido no software nas mesmas condições de funcionamento e condições climatéricas;
- impressão final do mapa de ruído e análise final por inspecção visual, para eventuais detecções de erros de processamento.

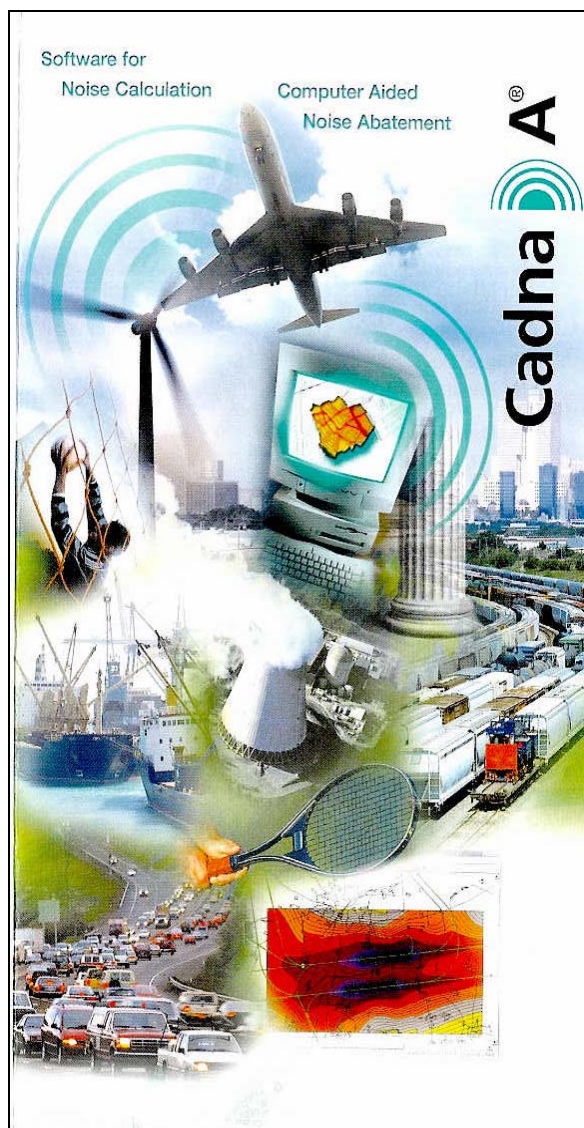
Em relação ao mapa de ruído (MR) elaborado para a referida área, relembram-se as seguintes observações:

- o MR deve ser considerado uma ferramenta para preparar e monitorizar o plano de redução de ruído e não como um fim em si;
- o MR deve ser usado não apenas para avaliar/analisar mas também para influenciar programas de desenvolvimento;
- o MR é parte de um programa de redução de ruído, para identificar áreas para acção e avaliar alternativas;
- são necessárias a manutenção e actualização do MR de modo a visualizar-se a evolução do “panorama acústico”, provocada pela alteração das variáveis utilizadas como base do modelo;
- embora o MR possa ser útil como uma "fotografia", o maior benefício obtém-se se for actualizado periodicamente ou continuamente; MR deve ser um processo e não um evento, é um passo na caminhada do plano de redução de ruído;
- é possível realizar mapas a diferentes cotas – no presente estudo a pedido da autarquia foram calculados mapas de ruído a 4 metros acima do solo;
- medições de ruído só para locais específicos; o essencial é a previsão com base em informação das fontes de ruído e topografia do local, incluindo edifícios.

## 4 DESCRIÇÃO DO PROJECTO

### 4.1 SOFTWARE UTILIZADO

O programa utilizado para a elaboração dos Mapas de Ruído foi o CadnaA.



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 de Lisboa, e que se generalizou entretanto na elaboração de Mapas de Ruído de outros municípios para grandes indústrias cimenteiras, fundições e centrais termoeléctricas.

É, manifestamente, um título de referência na área da modelação acústica.

O CadnaA 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.

Deste modo, o CadnaA permite elaborar um mapa de ruído que inclui a contribuição de todos os tipos de fontes relevantes, sendo cada uma modelada de acordo com esses métodos.



## 4.2 INSTRUMENTAÇÃO UTILIZADA

Os equipamentos utilizados na realização do presente estudo, encontram-se homologados pelo IPQ, e as suas características técnicas e n.º de certificados de calibração, podem ser visualizadas no quadro seguinte.

**Quadro 4-1 – Instrumentação utilizada.**

Tipo	Características				Rastreabilidade		
	Ref.	Marca	Modelo	Nº Série	Entidade Calibradora	N.º Certificado	Data de Calibração
Sonómetro	LAB-04	RION	NA-27	10342176	I.S.Q.	17107/04	15/06/2004
Analizador Symphonie	LAB-13	01dB	Symphonie	572	I.S.Q.	19829/04	09/07/2004
Calibrador	LAB-11	RION	NC-74	50441106	I.S.Q.	17107/04	15/06/2004

## 4.3 NORMAS E PARÂMETROS UTILIZADOS

Todos os mapas aqui apresentados foram gerados a partir de uma malha de 10 por 10 metros a 4 metros acima do solo, correspondendo à altura recomendada pela Directiva Comunitária para áreas urbanas, na perspectiva de indicar aproximadamente os níveis incidentes em fachadas de edifícios sensíveis, tipicamente à altura de primeiro andar. Foi utilizado um valor de 1 reflexão para cada raio sonoro, no caso das fontes rodoviárias e industriais, e um valor de 2 reflexões para cada raio sonoro, em relação às fontes ferroviárias.

### 4.3.1 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 respectiva modelação em cada via de trânsito, e em seguida, na caracterização da associada 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).

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

De acordo com aquela 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.

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

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

A introdução no modelo de uma via de tráfego rodoviário envolve os seguintes passos:

- Separação de um troço rodoviário em secções acusticamente homogéneas, querendo-se com isto dizer que o ruído emitido pelo tráfego em cada secção não varia ou varia pouco, e o perfil da via é aproximadamente constante ao longo dessa secção;

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

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

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

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

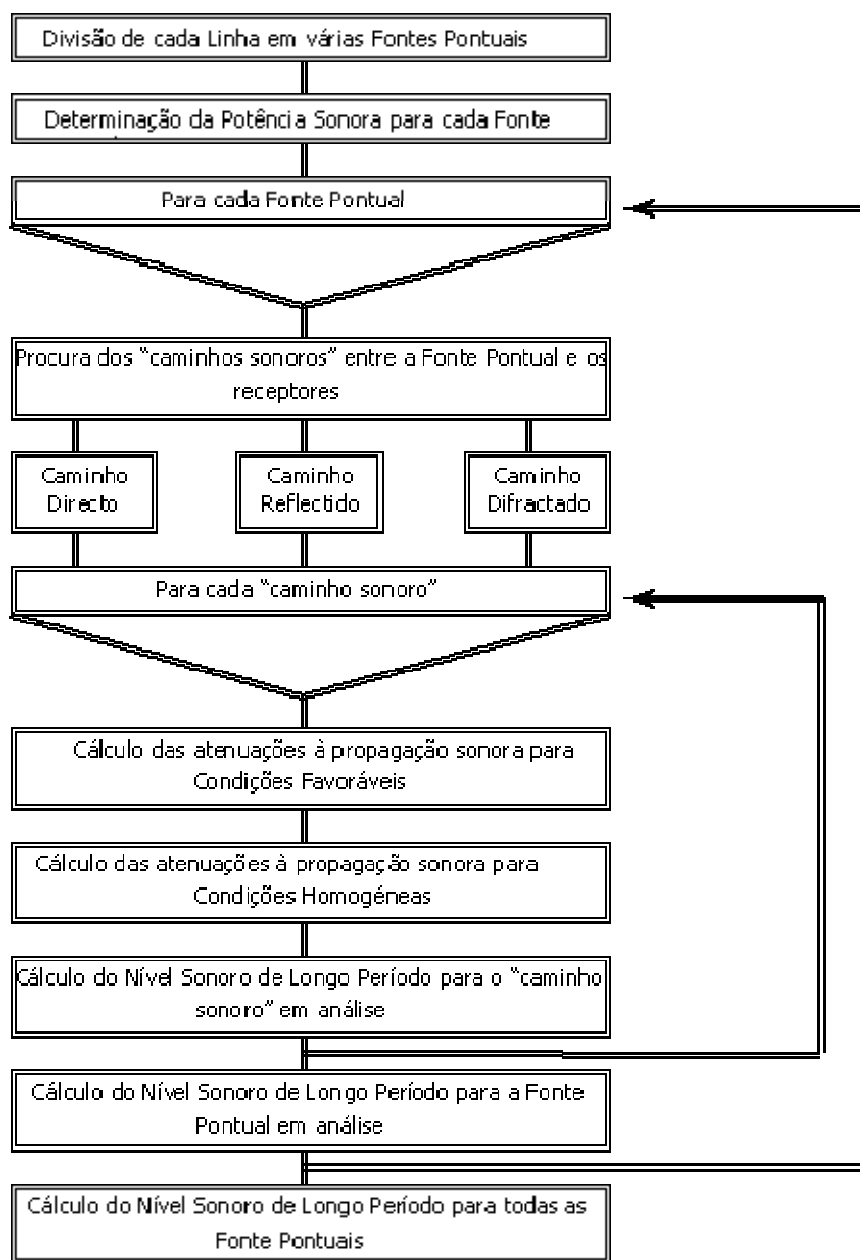
$$L_{Wi} = [(E_{VL} + 10 \log Q_{VL}) \oplus (E_{PL} + 10 \log Q_{PL})] + 20 + 10 \log(l_i) + R(j)$$

em que,

- $\oplus$  é a soma logarítmica das duas parcelas adjacentes
- $E_{VL}$  e  $E_{PL}$  são os níveis sonoros retirados dos ábacos acima referidos para veículos ligeiros e pesados respectivamente;
- $Q_{VL}$  e  $Q_{PL}$  são os fluxos horários de veículos ligeiros e pesados respectivamente, representativos do período considerado para análise
- $l_i$  é o comprimento em metros do segmento da fonte linear modelada por fontes pontuais
- $R(j)$  é o espectro referência para tráfego rodoviário calculado pela Norma Europeia EN 1793-3 conforme o Quadro seguinte:

J	Banda de oitava	R(j) em dB(A)
1	125 Hz	-14
2	250 Hz	-10
3	500 Hz	-7
4	1 kHz	-4
5	2 kHz	-7
6	4 kHz	-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 4-1 – Fluxograma do método NMPB'96**

### 4.3.2 TRÁFEGO FERROVIÁRIO

No que diz respeito à modelação de tráfego ferroviário, importa referir que o método recomendado pela Directiva Comunitária 2002-49-CE é o "Standaard-Rekenmethode II" dos Países Baixos, publicado na "Reken - Meetvoorschrift Railverkeerslawaaï' 96, Ministerie Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer". Porém, de acordo com o Instituto do Ambiente, em alternativa ao método recomendado na Directiva, pode ser adoptado um método que verifique os seguintes critérios:



- possibilidade de gerar previsões ao longo de um corredor associado à via ferroviária;
- possibilidade de gerar mapas de ruído associados às previsões;
- possibilidade de gerar previsões detalhadas à escala local por 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 conseqüentemente nos níveis sonoros de emissão;
- correcção meteorológica no cálculo de  $L_{Aeq,LT}$ , para condições favoráveis e desfavoráveis à propagação do som, adaptada às condições nacionais;
- consideração de vários tipos de solo na vizinhança acústica da via;
- consideração de vários tipos de vegetação (por exemplo, vegetação rasteira, floresta, áreas cultivadas) na vizinhança acústica da via;
- consideração de efeitos topográficos na propagação do ruído;
- consideração de efeitos de atenuação devido a obstáculos;
- consideração de efeitos de reflexão entre fachadas e outros obstáculos (pelo menos, reflexões de 1ª ordem).

Verificados os critérios estipulados pelo Instituto do Ambiente, utilizou-se para a modelação do ruído de tráfego ferroviário a norma alemã Schall 03 que considera os seguintes parâmetros:

- traçado de cada via, devidamente cotado na cartografia;
- tipo de comboio (passageiros, mercadorias);
- número de circulações diárias em ambos os sentidos;
- percentagem do comprimento de cada tipo de comboio servido por travões de disco;
- comprimento médio das composições;
- velocidade máxima a que cada tipo de comboio circula;
- limite de velocidade da via;
- localização de pontes e viadutos;

- localização de cruzamentos com rodovias;
- raios de curvatura da ferrovia;
- tipo de assentamento do carril.

A norma em questão calcula o ruído recebido com base no ruído emitido por cada segmento supondo que todas as fontes estão concentradas no ponto central do segmento. A atenuação com a distância é calculada para cada ponto de fonte considerando que só emite ruído acima do nível do solo. Adicionalmente, a norma caracteriza cada tipo de composição com um valor para o nível de ruído recebido a uma determinada distância, altura e velocidade. Caso se pretenda obter resultados para outras velocidades é multiplicado o nível de ruído emitido por cada ponto de fonte de cada composição por um factor que relaciona a velocidade de referência com a pretendida. Os cálculos são feitos para cada segmento e “adicionados” no final.

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

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

em que,

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

considerando:

$$L_{m,E} = 10 \log \sum_j 10^{\frac{L_{comboio}}{10}} + C_{linha}$$

para  $j$  tipos de comboios.

em que,

- $L_{comboio} = L_0 + C_{FZ} + C_D + C_l + C_{vel}$
- $C_{linha} = C_{Fb} + C_{Br} + C_{cruz} + C_{Ra}$

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

em que,

- $C_{FZ}$  é a correcção devido ao tipo de veículo;
- $C_D$  a correcção devida ao tipo de travões;
- $C_l$  a correcção do comprimento do comboio;
- $C_{Fb}$  correcção devida aos materiais usados na linha;
- $C_{Br}$  correcção devida ao ruído em pontes;
- $C_{cruz}$  correcção para o aumento de emissão devido ao cruzamento de vias;
- $C_{Ra}$  correcção para percursos em curva.

#### 4.3.3 INDÚSTRIAS

A avaliação do impacte 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 as um a dada distância proveniente de diversas fontes.

O método permite prever o nível sonoro equivalente, ponderado A em condições meteorológicas favoráveis à propagação a partir de fontes de emissão conhecidas e, neste caso, calculado pela ISO 8297:1994(E).

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

- Divergência geométrica;
- Atenuação através do solo;
- Atenuação por barreiras acústicas;

- Atenuação por zonas industriais ou verdes;
- Reflexões em superfícies.

A equação básica definida na Norma NP 4361-2 para o cálculo do nível de pressão sonora ( $L_p$ ), para um dado receptor, é:

$$L_p = L_w + D_c - A$$

em que,

- $L_w$  é o nível de potência sonora produzida por uma fonte sonora, dB;
- $D_c$  é a correcção de directividade, dB;
- $A$  é o termo de atenuação do nível de potência sonora que ocorre durante a propagação do som desde a fonte emissora até ao receptor, dB.

em que,

$$A = A_{atm} + A_{solo} + A_{div} + A_{bar} + A_{var}$$

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

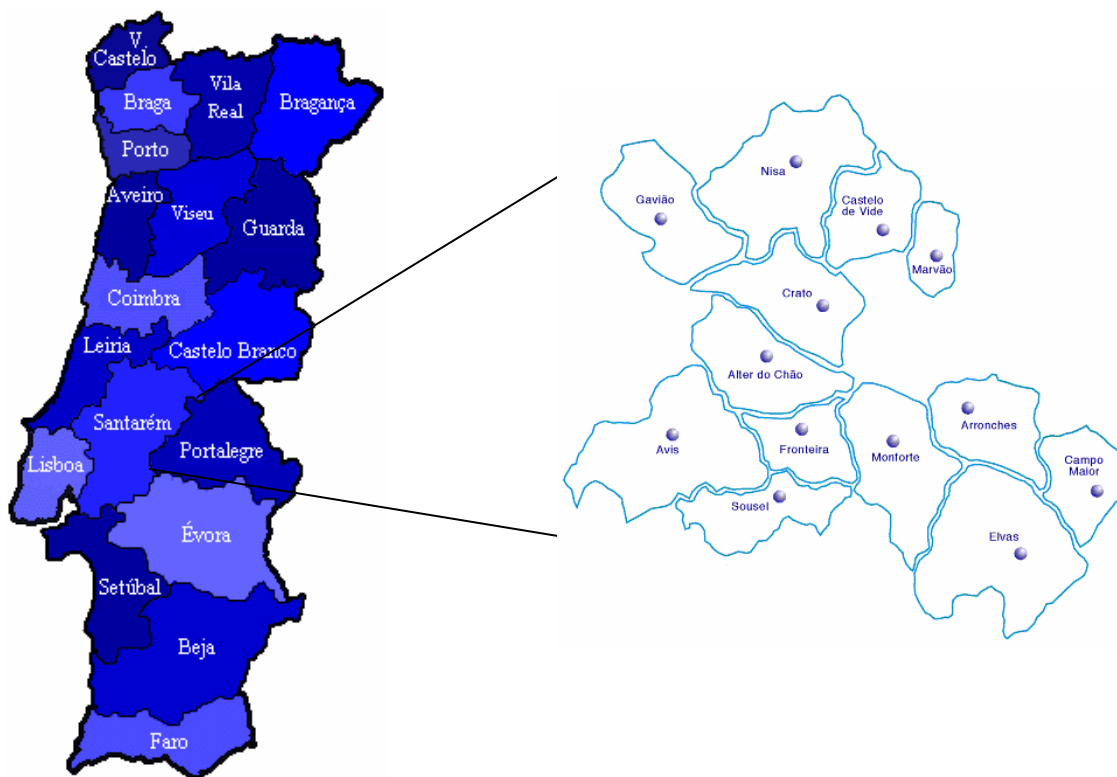
## 4.4 CARACTERIZAÇÃO DO MODELO

Para a realização de um mapa de ruído é necessário modelar todas as variáveis intervenientes na complexa problemática ambiental que é o ruído, para que a aplicação computacional de previsão do modelo físico de propagação sonora possa fazer o seu papel com o maior rigor possível.

Nos pontos seguintes é descrita com maior detalhe a informação introduzida no modelo, dividida em três classes fundamentais: caracterização da área em estudo, fontes de ruído e pontos receptores de ruído.

### 4.4.1 IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL EM ESTUDO

O Município de Monforte encontra-se integrado na Região do Alentejo, distrito de Portalegre (Figura 4-2), compreendendo um total de quatro freguesias (Assumar, Monforte, Santo Aleixo e Vaiamonte). Ocupa uma área de 416 Km<sup>2</sup> (Figura 4-3), com cerca de 3 393 habitantes.



**Figura 4-2 – Localização da área em estudo: localização do Distrito de Portalegre à escala nacional**



**Figura 4-3 – Localização da área em estudo: Concelho de Monforte.**

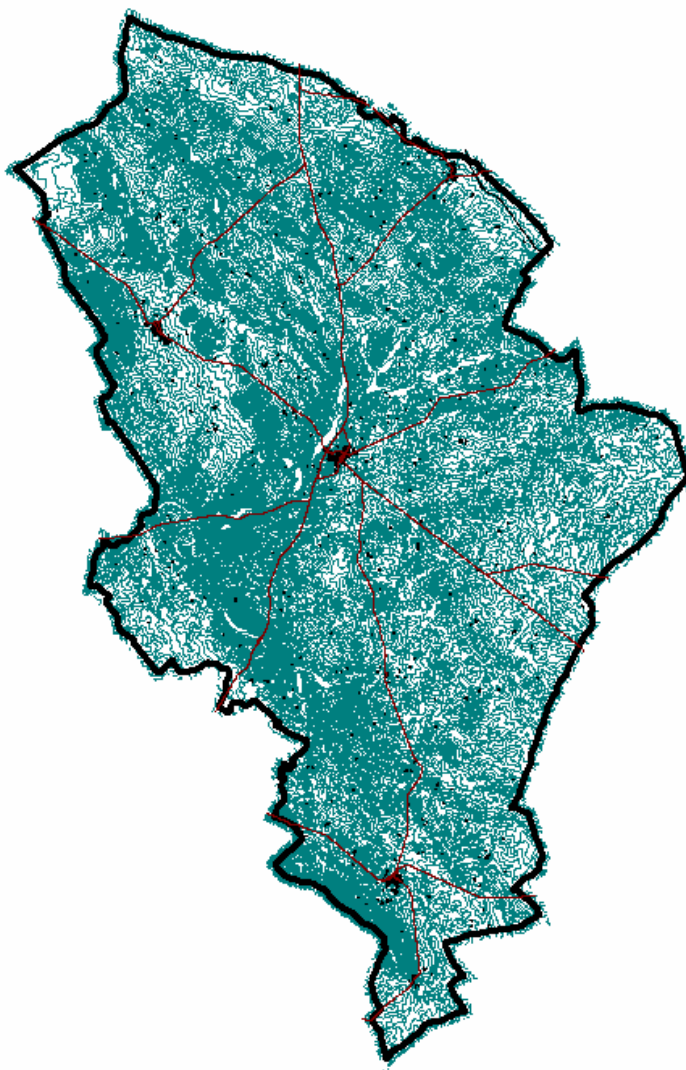
#### 4.4.2 ÁREA DO MAPA

A área objecto de modelação corresponde à área definida pelo limite do concelho. No entanto, há que ter em conta que os limites físicos de um concelho não constituem um obstáculo à propagação das ondas sonoras geradas pelas fontes localizadas em zonas adjacentes.

Assim, e para aumentar o rigor da modelação, considerou-se uma área de estudo superior à do concelho, tendo-se assim em conta os troços de rodovia e/ou as ferrovia localizados fora dos seus limites.

O comprimento de cada um dos troços, fora dos limites do concelho, teve em conta o tipo e intensidade das fontes em causa, bem como as características de ocupação do solo no limite da área do mapa.

Na figura seguinte apresenta-se a área de estudo considerada para o município de Monforte.



**Figura 4-4– Representação da área de mapa.**

#### 4.4.3 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA

Os principais parâmetros que caracterizam o clima desta região e que se revelam essenciais para o cálculo da atenuação atmosférica na propagação do som ao ar livre são a temperatura, a humidade relativa e o regime de ventos.

Os dados utilizados para estabelecer a média de valores para os municípios, reportam-se às estações meteorológicas de Monforte, Portalegre e Benavila ([agricultura.isa.tl.pt/agricultura/agribase/estações.asp](http://agricultura.isa.tl.pt/agricultura/agribase/estações.asp)).

A temperatura média anual considerada é de 15.7 °C. A média anual de humidade relativa do ar foi 73.7%. Os ventos tiveram uma velocidade média de 2.96 m/s.

Relativamente às direcções predominantes dos ventos, pelo facto de as velocidades não ultrapassarem o valor de 5.0 m/s, segundo as especificações na Norma NP 4361-2, não haverá necessidade de se introduzirem os dados relativos a direcção dos ventos, já que obedecem os requisitos das condições de propagação favoráveis (“downwind conditions”).

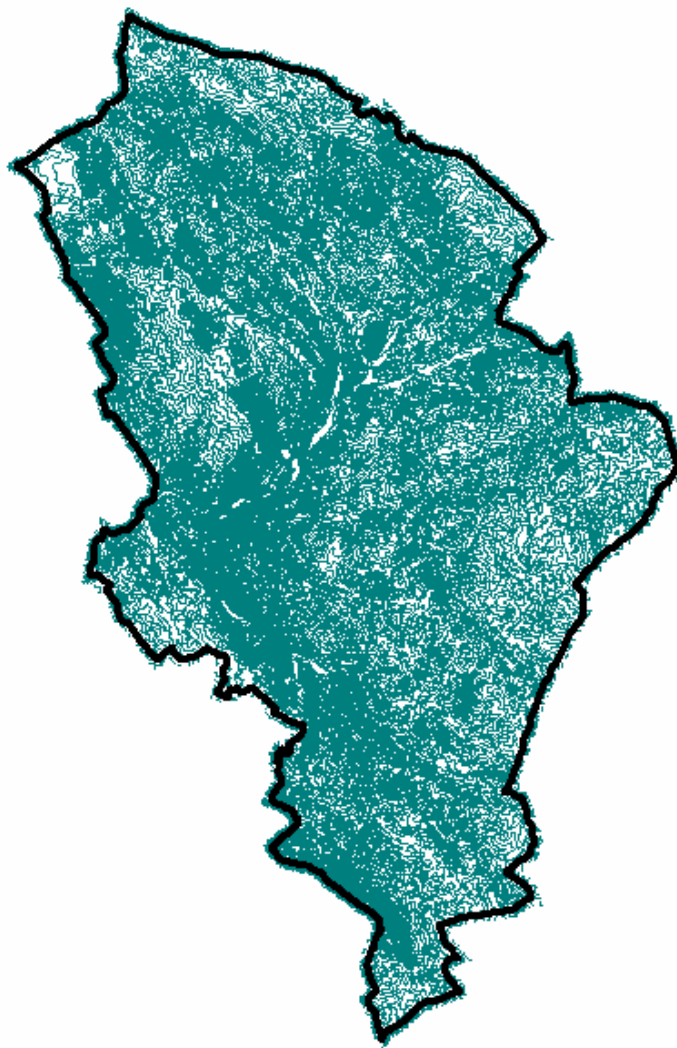
#### 4.4.4 TOPOGRAFIA

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 na simulação.

Os dados altimétricos do concelho foram fornecidos pela Associação de Municípios do Norte Alentejano.

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 (Figura 4-5).





**Figura 4-5 – Curvas de nível em planta.**

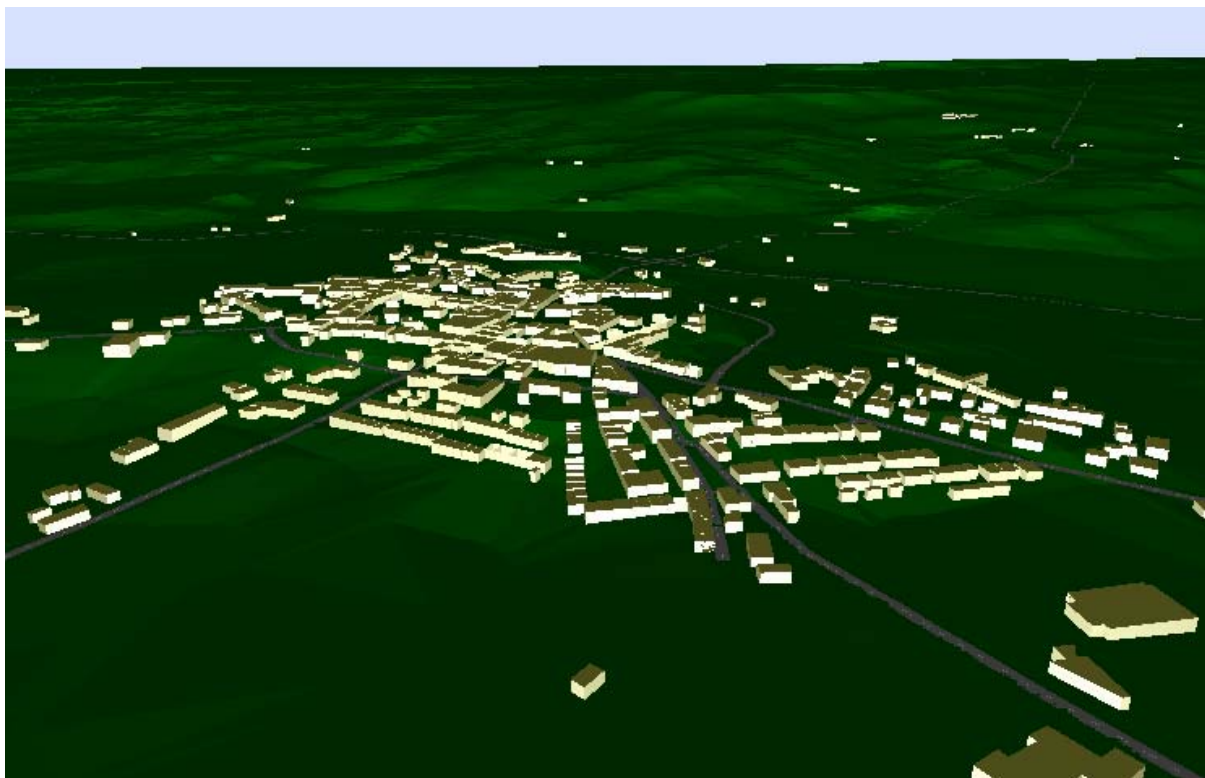
#### **4.4.5 EDIFÍCIOS**

A informação referente a edifícios e outros elementos de construção (planimetria) foi fornecida pela Associação de Municípios do Norte Alentejano.

A cartografia utilizada na construção do modelo tridimensional não possuía qualquer informação sobre a cêrcea dos edifícios existentes nos diferentes concelhos. Assim, atribuiu-se uma altura média correspondente a dois pisos (6 metros) aos edifícios do concelho. Aos edifícios foi também atribuído um valor médio de absorção sonora.

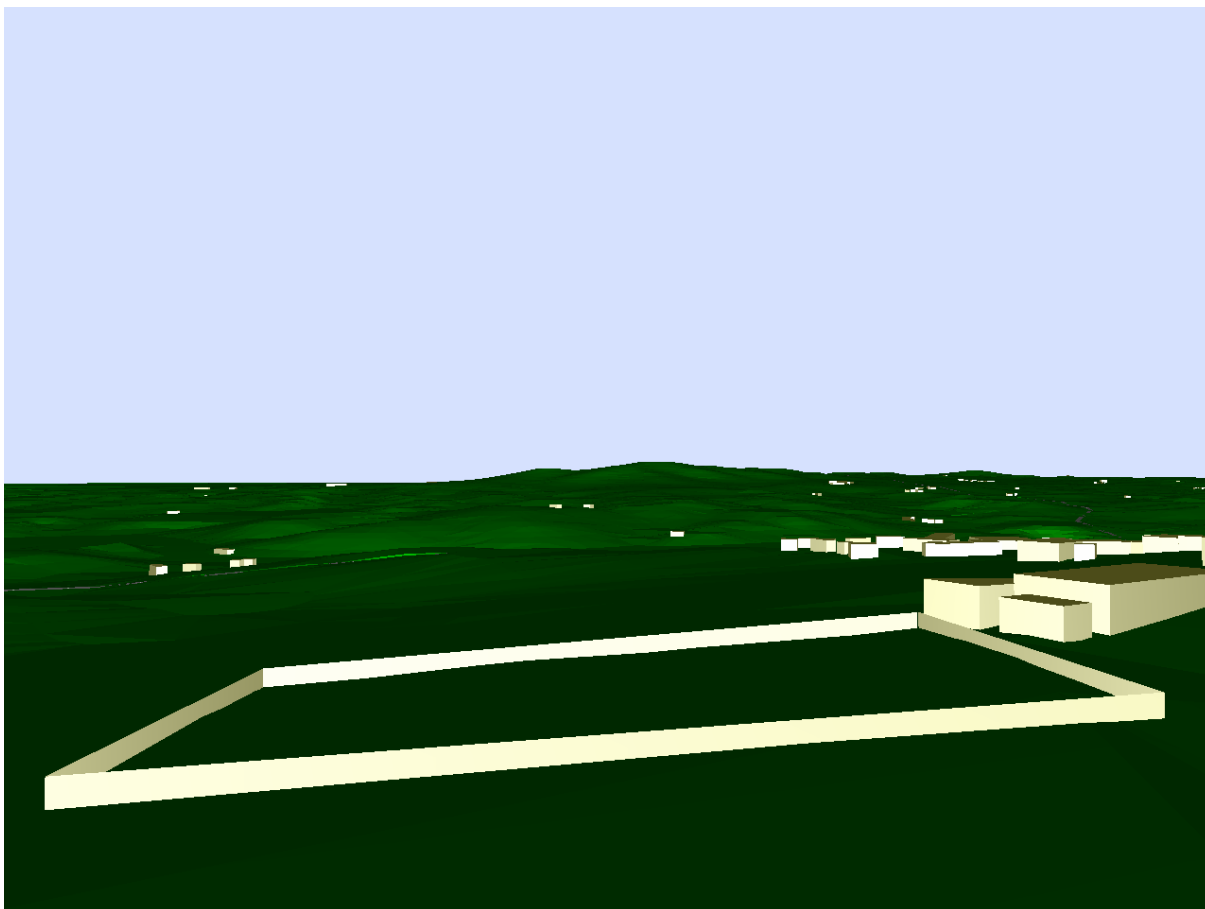
Na figura seguinte apresenta-se, como exemplo, um excerto do modelo tridimensional efectuado para o município.





**Figura 4-6 – Vista tridimensional de Monforte.**

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 em campo livre. A Figura 4 - 7 ilustra uma dessas situações.



**Figura 4-7 – Vista tridimensional de um muro como barreira acústica.**

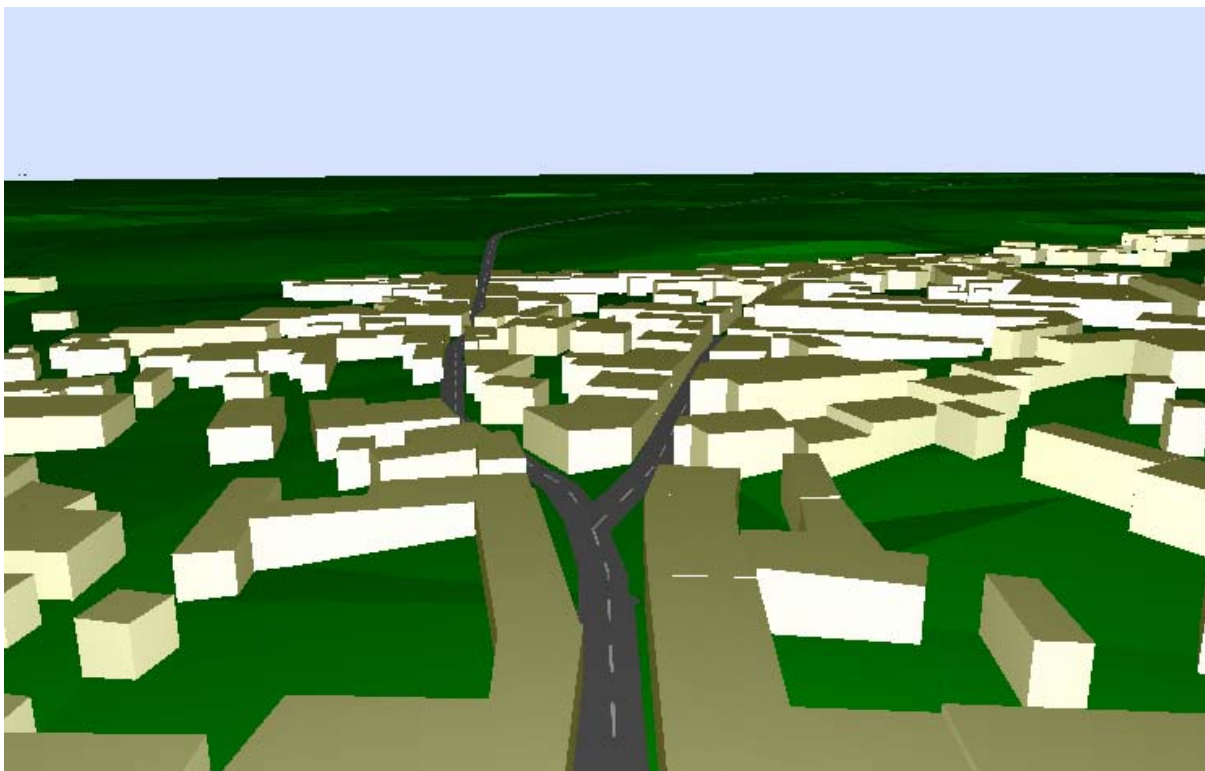
#### **4.4.6 FONTES DE RUÍDO**

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

##### **4.4.6.1 Tráfego Rodoviário**

A localização das principais rodovias do concelho foi obtida através da cartografia fornecida pela Associação de Municípios do Norte Alentejano.

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 apresenta-se um exemplo de um cruzamento no centro de Santo Aleixo.



**Figura 4-8 – Visualização tridimensional de um cruzamento no centro de Santo Aleixo.**

Em termos de tráfego rodoviário foi efectuado, em primeiro lugar através da realização de trabalho de campo, um levantamento cartográfico das principais rodovias que atravessam o concelho. Posteriormente, de acordo com indicações fornecidas pelo município, de entre estas últimas foram seleccionadas as vias rodoviárias que iriam ser consideradas no mapa de ruído.

As rodovias consideradas neste estudo são apresentadas no quadro seguinte.

**Quadro 4-2 – Listagem das vias rodoviárias consideradas.**

Concelho	Principais vias rodoviárias consideradas
<b>Monforte</b>	Avenida 5 de Outubro
	CM 1099
	CM 1136
	EM 506
	EM 515
	EN 18
	EN 243
	EN 369
	EN 372
	IP 2
	Rua 25 de Abril
	Rua 28 de Maio
	Rua Arsénio Joaquim Teixeira Jardim
	Rua Cláudio José de Moura
Rua de Elva	

	Rua de Monforte
	Rua de Portalegre
	Rua Francisco Velez do Peso
	Rua José Mário Romão Nobre Cartaxo
	Rua Visconde da Luz

Atendendo aos principais cruzamentos existentes nas vias rodoviárias em estudo, estas foram divididas em diferentes troços distintos, de forma a caracterizar os diferentes fluxos de tráfego. Os segmentos considerados são apresentados nas Cartas 4.1 e 4.1.1. 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. Neste contexto há a referir que foi atribuída uma velocidade média de 90/80 km/h aos veículos ligeiros e pesados, respectivamente, que circulam em estradas nacionais. Dentro das localidades e na proximidade cruzamentos foram consideradas velocidades de 50/40 km/h.

Para cada rodovia foram efectuadas contagens de tráfego, com períodos de amostragem que se pensa serem representativos do tráfego em circulação, em um ou mais pontos de acordo com as variações de tráfego ao longo da rodovia. Os resultados das contagens de tráfego são apresentados nos Quadros 4-3 e 4-4.

**Quadro 4-3 – Listagem das características das vias rodoviárias consideradas e contagens de tráfego para o período diurno.**

Rodovia	Lw db(A)	TMH (veículos/h)	% pesados	Tipo de piso
Avenida 5 de Outubro	74.7	44	9	Asfalto
CM 1099	75.4	52	23	Asfalto
CM 1136	67.8	50	0	Asfalto
EM 506	71	29	7	Asfalto
EM 515	73.6	34	12	Asfalto
EN 18 - A	72.5	74	5	Asfalto
EN 18 - B	74.4	78	10	Asfalto
EN 243 - A	72.9	36	6	Asfalto
EN 243 - B	77.5	112	4	Asfalto
EN 243 - C	75.3	60	7	Asfalto
EN 369 - A	74.9	70	7	Asfalto
EN 369 - B	75.6	86	6	Asfalto
EN 369 - C	78.1	72	25	Asfalto
EN 372 - A	75.4	66	5	Asfalto
EN372 - B	74.3	52	5	Asfalto
IP 2 - A	83.5	314	14	Asfalto
IP 2 - B	80.4	200	14	Asfalto
IP 2 - C	80.8	205	16	Asfalto
IP 2 - D	81.1	239	13	Asfalto
IP 2 - E	80	200	11	Asfalto
Nó1 IP2	73.3	24	25	Asfalto
Nó2 IP2	70.3	12	25	Asfalto
Nó3 IP2	73.3	24	25	Asfalto
Nó4 IP2	70.3	12	25	Asfalto
Rotunda 1	76.1	45	25	Asfalto
Rotunda 2	75.6	49	20	Asfalto
Rua 25 de Abril	73.5	86	6	Asfalto
Rua 28 de Maio	69	48	2	Asfalto
Rua Arsénio Joaquim Teixeira Jardim	71.4	34	12	Asfalto
Rua Cláudio José de Moura - A	71	28	14	Asfalto
Rua Cláudio José de Moura - B	71.4	32	13	Asfalto
Rua de Elvas - A	70.7	45	6	Asfalto
Rua de Elvas - B	75.5	136	6	Asfalto

Rodovia	Lw db(A)	TMH (veículos/h)	% pesados	Tipo de piso
Rua de Monforte	75.4	52	23	Asfalto
Rua de Portalegre	71.7	44	9	Asfalto
Rua Francisco Velez do Peso	75.3	46	26	Asfalto
Rua José Mário Romão Nobre Cartaxo	75.7	74	16	Asfalto
Rua Visconde da Luz	74.4	78	10	Asfalto

**Quadro 4-4 – Listagem das características das vias rodoviárias consideradas e contagens de tráfego para o período nocturno.**

Rodovia	Lw db(A)	TMH (veículos/h)	% pesados	Tipo de piso
Avenida 5 de Outubro	62.8	8	0	Asfalto
CM 1099	59.8	8	0	Asfalto
CM 1136	63.8	20	0	Asfalto
EM 506	65.1	10	0	Asfalto
EM 515	71.1	20	11	Asfalto
EN 18 - A	0	0	0	Asfalto
EN 18 - B	67.1	24	4	Asfalto
EN 243 - A	65.2	8	0	Asfalto
EN 243 - B	70.8	24	4	Asfalto
EN 243 - C	68.8	14	6	Asfalto
EN 369 - A	68.3	16	6	Asfalto
EN 369 - B	69.1	20	5	Asfalto
EN 369 - C	60.3	12	0	Asfalto
EN 372 - A	67.9	15	0	Asfalto
EN372 - B	68.2	16	0	Asfalto
IP 2 - A	74.8	52	8	Asfalto
IP 2 - B	75.5	88	5	Asfalto
IP 2 - C	75.2	86	4	Asfalto
IP 2 - D	73.5	48	9	Asfalto
IP 2 - E	74	53	9	Asfalto
Nó1 IP2	55.5	4	0	Asfalto
Nó2 IP2	0	0	0	Asfalto
Nó3 IP2	55.5	4	0	Asfalto
Nó4 IP2	0	0	0	Asfalto
Rotunda 1	58	7	0	Asfalto
Rotunda 2	60.4	9	1	Asfalto
Rua 25 de Abril	66.8	20	5	Asfalto
Rua 28 de Maio	59.8	8	0	Asfalto
Rua Arsénio Joaquim Teixeira Jardim	68.8	20	11	Asfalto
Rua Cláudio José de Moura - A	66.2	16	6	Asfalto
Rua Cláudio José de Moura - B	65.7	12	8	Asfalto
Rua de Elvas - A	60.8	10	0	Asfalto
Rua de Elvas - B	67.8	32	3	Asfalto
Rua de Monforte	59.8	8	0	Asfalto
Rua de Portalegre	59.8	8	0	Asfalto
Rua Francisco Velez do Peso	61.6	12	0	Asfalto
Rua José Mário Romão Nobre Cartaxo	0	0	0	Asfalto
Rua Visconde da Luz	65.9	18	4	Asfalto

#### 4.4.6.2 Tráfego Ferroviário

Relativamente ao tráfego ferroviário, há a referir que o concelho é atravessado pela Linha de Leste.

A implantação do traçado das linhas foi obtida pela cartografia fornecida pela Associação de Municípios do Norte Alentejano. Esta cartografia continha o traçado da ferrovia projectada, no interior do concelho. Relativamente às cotas das ferrovias, estas foram obtidas através da modelação do terreno gerada pelas curvas de nível, tendo sido feitos alguns ajustes.

A localização e respectiva identificação da linha ferroviária que passa no concelho, encontra-se representada na Carta 4.2.

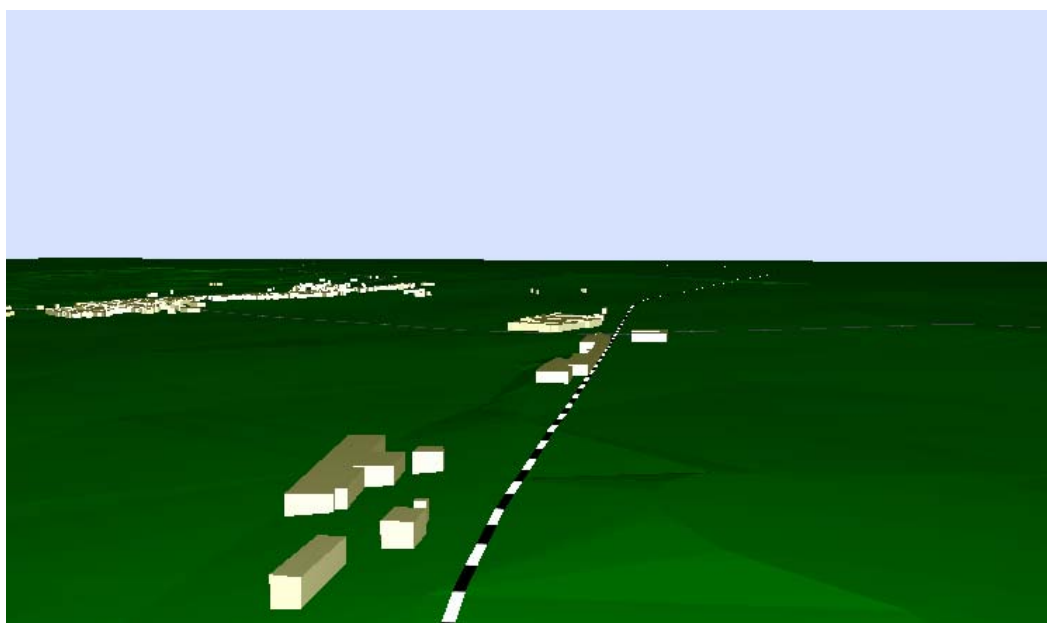


Figura 4-9 – Visualização tridimensional da Linha de Leste

A listagem das características das composições que circulam na Linha do Leste, para o período diurno e nocturno, é apresentada nos Quadros 4-6 e 4-7, respectivamente.

Quadro 4-6 – Características das composições em circulação na Linha do Leste, período diurno

TIPO DE VEÍCULO CIRCULANTE	TRACÇÃO	Nº PASSAGENS DIÁRIAS (MÉDIA SEMANAL)	VEL. MÉDIA (KM/H)	L (M)
<b>Mercadorias</b>	Diesel	2	74	300
<b>Internacionais/Inter-regionais</b>	-	0	-	-
<b>Regionais/Suburbanos</b>	Diesel	3	74.81	70

**Quadro 4-7 – Características das composições em circulação na Linha do Leste, período nocturno**

TIPO DE VEÍCULO CIRCULANTE	TRACÇÃO	Nº PASSAGENS DIÁRIAS (MÉDIA SEMANAL)	VEL. MÉDIA (KM/H)	L (M)
<b>Mercadorias</b>	Diesel	0	74	300
<b>Internacionais/Inter-regionais</b>	-	0	-	-
<b>Regionais/Suburbanos</b>	Diesel	1	74.81	70

#### 4.4.6.3 Indústrias

Para a identificação das áreas industriais existentes no concelho, foi efectuado um levantamento junto da Associação de Municípios do Norte Alentejano, bem como da Câmara Municipal de Monforte.

A localização das áreas indústrias modeladas, bem como dos pontos de medição das mesmas, encontra-se representada na Carta 4.3.

A modelação destes tipos de fontes sonoras foi feita de acordo com o 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.

Assim, atribuíram-se diferentes potências sonoras às indústrias, de acordo com o respectivo período de funcionamento, tal como se evidencia no seguinte quadro.

**Quadro 4-5 - Descrição das fontes em área do concelho de Monforte.**

Fonte em área	Potência Sonora (dB(A)/m <sup>2</sup> )		Horas de laboração	
	Diurno	Nocturno	Diurno	Nocturno
Z.I. Monforte II	65	-	8	-
Z.I. Monforte I	58	-	8	-

## 4.5 VALIDAÇÃO DO MODELO

Após o cálculo do mapa de ruído e dado que os valores obtidos são em função dos dados de entrada, é necessário recorrer a uma validação do mesmo. A validação do modelo acústico foi efectuado por comparação dos valores de  $L_{Aeq}$  medidos com os valores simulados pelo modelo, com este parametrizado de modo a reproduzir as condições observadas no local durante as medições realizadas.

Os locais de medição são previamente definidos, de acordo com alguns critérios: influência predominante de uma só fonte de ruído, proximidade de habitações (sempre que possível), ausência de obstáculos entre a fonte e o receptor, locais onde o efeito de superfícies reflectoras seja mínimo.



#### 4.5.1 VALIDAÇÃO JUNTO ÀS FONTES SONORAS

A fim de proceder à validação junto a cada fonte sonora introduzida no modelo, foram realizadas medições de ruído em 12 pontos de validação (pontos receptores), nos períodos diurno e nocturno. Estas amostragens tiveram uma duração representativa tendo em conta a variabilidade dos níveis de ruído existentes.

As medições foram realizadas de acordo com a metodologia descrita no Procedimento Técnico interno PT11 do dBLab, baseado na Norma Portuguesa 1730 (1996). Durante as amostragens de ruído realizadas, foram efectuadas contagens de tráfego com discriminação de veículos ligeiros e pesados e da sua velocidade média de circulação, a fim de poder simular no modelo a realidade medida.

Nas Cartas 4.3 e 4.4, encontram-se identificados os pontos de validação introduzidos no modelo que representam os locais onde foram realizadas medições. Estes pontos foram cotados a 1,5 metros acima do solo, de modo idêntico à posição do microfone do sonómetro.

Na figura seguinte pode-se visualizar em 3D um ponto de validação introduzido no modelo.

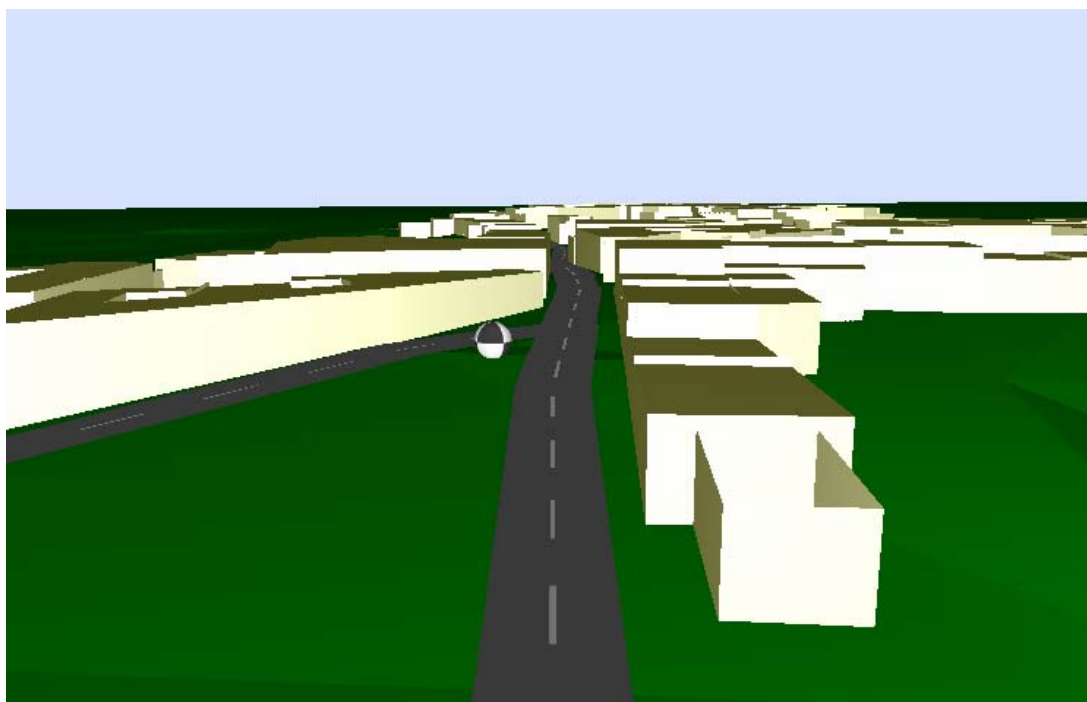


Figura 4-10 – Visualização em 3D de um ponto receptor de ruído.

Os valores obtidos pelo modelo nos pontos de validação são apresentados na Quadro 4-8.

Nos quadros utilizaram-se as seguintes designações:

$L_{Aeq\ calc}$  nível sonoro contínuo equivalente calculado pelo modelo para o período de referência em questão;



$L_{Aeq\ med\ médio}$

nível sonoro contínuo equivalente medido pelo dBLab para o período de referência em questão, ou média logaritmo de várias amostragens no mesmo ponto quando aplicável;

$L_{Aeq\ calc} - L_{Aeq\ med\ médio}$

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

**Quadro 4-8 – Resultados das campanhas de medições e correspondentes valores calculados pelo modelo**

Pontos Receptores	Coordenadas Absolutas		L <sub>Aeq</sub> Calculado		Níveis Medidos	
	X	Y	Diurno dB( A)	Nocturno dB( A)	Diurno dB( A)	Nocturno dB( A)
P1	62050.63	-82382.8	48.8	45.5	47.8	42.5
P2	60849.75	-68925.2	58.7	51.6	56.6	49.7
P3	59025.68	-69600.9	62.5	55.2	62.9	55.5
P4	59311.08	-68803.1	58.9	50.6	58.1	47.5
P5	59645.82	-67812.4	56.8	45.5	55.5	44.4
P6	60190.17	-67137.4	62.2	52.6	60.8	49.7
P7	63991.77	-58332.2	57.3	46.5	54.9	47.7
P8	53813.18	-63430.5	53.7	49.7	53.5	48.5
P9	53581.61	-63415.6	57	43.8	55.3	41.2
P10	61276.58	-67637.7	52.1	52.6	49.7	49.8

Apresenta-se em seguida os quadros comparativos entre os valores calculados pelo modelo e os valores obtidos através das medições acústicas.

**Quadro 4-9 – Comparação entre valores medidos e calculados para o Período Diurno**

Pontos Receptores	L <sub>Aeq Calc</sub>	L <sub>Aeq med médio</sub>	L <sub>Aeq calc</sub> - L <sub>Aeq med</sub>	Comentário
P1	48.8	47.8	1	≤ 5 dB (A)
P2	58.7	56.6	2.1	≤ 5 dB (A)
P3	62.5	62.9	-0.4	≤ 5 dB (A)
P4	58.9	58.1	0.8	≤ 5 dB (A)
P5	56.8	55.5	1.3	≤ 5 dB (A)
P6	62.2	60.8	1.4	≤ 5 dB (A)
P7	57.3	54.9	2.4	≤ 5 dB (A)
P8	53.7	53.5	0.2	≤ 5 dB (A)
P9	57	55.3	1.7	≤ 5 dB (A)
P10	52.1	49.7	2.4	≤ 5 dB (A)

**Quadro 4-10 – Comparação entre valores medidos e calculados para o Período Nocturno**

Pontos Receptores	L <sub>Aeq Calc</sub>	L <sub>Aeq med médio</sub>	L <sub>Aeq calc</sub> - L <sub>Aeq med</sub>	Comentário
P1	45.5	42.5	3	≤ 5 dB (A)
P2	51.6	49.7	1.9	≤ 5 dB (A)
P3	55.2	55.5	-0.3	≤ 5 dB (A)
P4	50.6	47.5	3.1	≤ 5 dB (A)
P5	45.5	44.4	1.1	≤ 5 dB (A)
P6	52.6	49.7	2.9	≤ 5 dB (A)
P7	46.5	47.7	-1.2	≤ 5 dB (A)

Pontos Receptores	L <sub>Aeq Calc</sub>	L <sub>Aeqmed médio</sub>	L <sub>Aeq calc</sub> – L <sub>Aeq med</sub>	Comentário
P8	49.7	48.5	1.2	≤ 5 dB (A)
P9	43.8	41.2	2.6	≤ 5 dB (A)
P10	52.6	49.8	2.8	≤ 5 dB (A)

Após análise dos quadros anteriores, verifica-se que os níveis sonoros calculados do ruído ambiente se apresentam, em geral, muito próximos dos valores experimentais. Todos os valores apresentam um desvio inferior a 5 dB(A).

Na globalidade, consideramos estes valores aceitáveis e previsíveis, tendo em conta a complexidade da modelação de vias rodoviárias.

Tendo em conta os resultados do processo de validação, considera-se o modelo apresentado para a elaboração do mapa de ruído como validado, dado verificar-se o cumprimento da condição estipulada no procedimento interno do dBLab para mapas de ruído (PT60 – Elaboração de Mapas de Ruído):

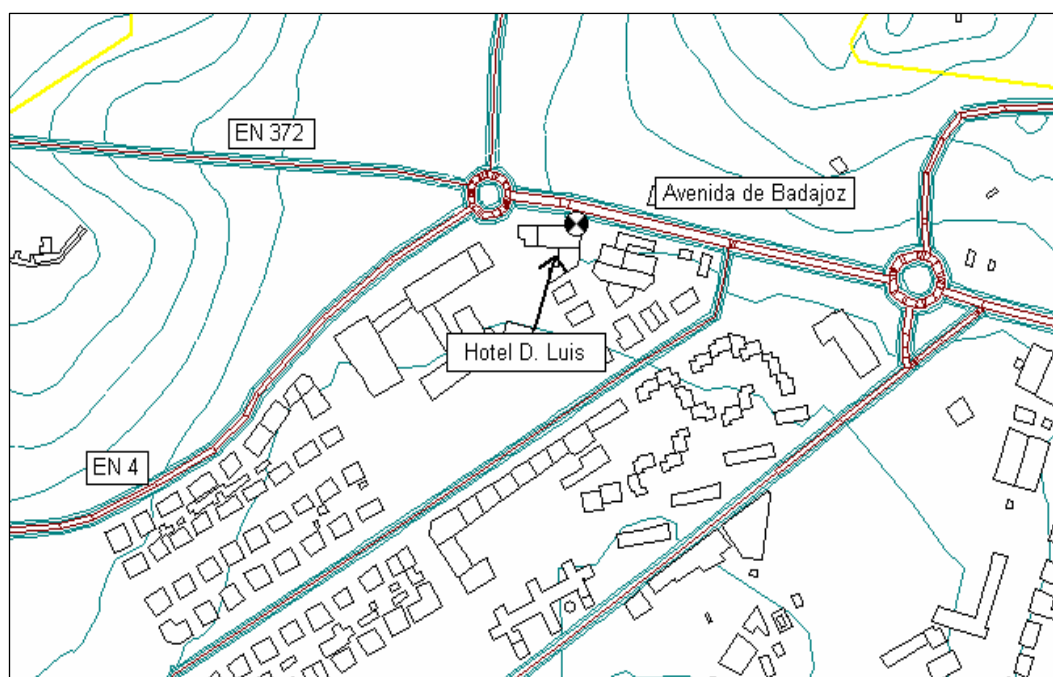
$$| L_{Aeq \text{ calc.}} - L_{Aeq \text{ médio}} | \leq 5 \text{ dB(A)}$$

#### 4.5.2 VALIDAÇÃO DE LONGA DURAÇÃO

Os mapas de ruído, apresentados no próximo capítulo, correspondem a níveis sonoros contínuos equivalentes de longa duração, tipicamente para condições médias anuais, no respectivo período de referência, no que respeita quer a tráfego rodoviário, quer a condições meteorológicas, sendo aqui de realçar o facto de termos considerado sempre condições de propagação favoráveis (“downwind conditions”).

A validação junto às fontes sonoras, embora muito útil para aferir localmente o rigor do modelo, não permite uma comparação directa com os valores de longa duração obtidos pelo modelo.

Por este motivo, neste estudo foi realizada uma amostragem de longa duração, baseada na Norma Portuguesa NP1730 (1996). O local escolhido foi o Hotel D. Luís que se localiza na Avenida de Badajoz em Elvas, constituindo assim um ponto receptor de ruído que possui a contribuição de uma das principais rodovias do concelho, a EN4. A sua localização exacta pode ser vista na Figura 4-11.



**Figura 4-11 – Localização do ponto de medição de longa duração.**

A medição foi efectuada durante um período de amostragem considerado adequado (24 horas), num ponto fixo e de forma contínua, nos dias 5 e 6 de Abril de 2005. O microfone foi ligado ao analisador de tempo real “Symphonie” e este a um computador, que controla o analisador e no qual foram sendo armazenados os dados da monitorização.

Em seguida, são apresentados, sob a forma de quadros, os valores obtidos durante a medição de longa duração, apresentados por intervalos de 30 minutos, tendo em conta os períodos diurno e nocturno.

**Quadro 4-11 – Resultado da medição de longa duração, para o período diurno.**

Horas	Leq	Lmin	Lmax
17:35:58	68.9	53	93.8
18:05:58	68.4	56.1	86.7
18:35:58	68.9	54	88.7
19:05:58	68.4	57.1	90.7
19:35:58	68.6	52.9	93.2
20:05:58	66	52.4	81.8
20:35:58	72.3	48.4	101.6
21:05:58	68.7	48.6	95.3
21:35:58	64.8	51	80
07:05:58	65.6	46	88.4
07:35:58	68.5	52.8	95.5
08:05:58	70.7	53.4	97.8
08:35:58	69.8	57.9	92.6
09:05:58	68.2	54.5	82.9
09:35:58	69.7	55.3	98.5
10:05:58	68.5	55.1	88.1
10:35:58	67.6	53.3	91.6
11:05:58	67.7	54.1	82.8

Horas	Leq	Lmin	Lmax
11:35:58	68.4	53.2	90.1
12:05:58	69.7	53.2	91.4
12:35:58	68.2	55.3	87.7
13:05:58	68.9	55.4	89.1
13:35:58	69.8	54.3	96.1
14:05:58	69.4	55.1	89.6
14:35:58	67.8	54.1	88.2
15:05:58	69.2	54.7	92
15:35:58	67.2	53.5	88
16:05:58	69.8	54.5	101.5
16:35:58	68.3	54.8	89.4
17:05:58	70.7	56.4	99.4
17:35:58	66	60.8	71.9

**Quadro 4-12 – Resultado da medição de longa duração, para o período nocturno.**

Horas	Leq	Lmin	Lmax
22:05:58	63.7	49.4	86.9
22:35:58	63.8	46.3	84.9
23:05:58	63.3	40.9	90
23:35:58	62.5	40.9	84.6
00:05:58	59.1	35.1	77.6
00:35:58	57.5	31.3	76.8
01:05:58	58.2	30.7	76.5
01:35:58	56	47.3	77.2
02:05:58	54	30.9	70.6
02:35:58	56.6	37.3	77.1
03:05:58	53.8	29.5	73.5
03:35:58	53.3	29.7	77.3
04:05:58	55	34.8	75.1
04:35:58	56.8	32.3	74.3
05:05:58	58.1	47.6	76.6
05:35:58	62.6	45.2	81.2
06:05:58	64.3	44.3	95.4
06:35:58	67.1	47.5	96.2

Apresentam-se de seguida quadros em que se comparam os valores calculados pelo modelo com o valor medido, para o período diurno e nocturno, verificando-se que os desvios são inferiores a 5 dB(A).

**Quadro 4-13 – Comparação entre valores calculados e medidos, para a medição de longa duração, no período diurno.**

Pontos Receptores	L <sub>Aeq Calc</sub>	L <sub>Aeqmed médio</sub>	L <sub>Aeq calc</sub> – L <sub>Aeq med</sub>	Comentário
P24h	68.3	68.8	-0,5	≤ 5 dB (A)

**Quadro 4-14 – Comparação entre valores calculados e medidos, para a medição de longa duração, no período nocturno.**

Pontos Receptores	L <sub>Aeq Calc</sub>	L <sub>Aeqmed médio</sub>	L <sub>Aeq calc</sub> – L <sub>Aeq med</sub>	Comentário
P24h	60,1	61.1	1	≤ 5 dB (A)

Tendo em conta os resultados do processo de validação, considera-se o modelo apresentado para a elaboração do mapa de ruído como validado, dado verificar-se o cumprimento da condição estipulada no procedimento interno do dBLab para mapas de ruído (PT60 – Elaboração de Mapas de Ruído):

$$| L_{Aeq \text{ calc.}} - L_{Aeq \text{ médio}} | \leq 5 \text{ dB(A)}$$

## 4.6 RESULTADOS DO MODELO – MAPAS DE RUÍDO

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.

Os Mapas de Ruído do Concelho de Monforte, podem ser visualizados nas Cartas 4.5 e 4.6 à escala 1:130000 e no Anexo 1, nas Cartas 4.5 e 4.6 à escala 1:25000 para o período diurno e nocturno, respectivamente.

Foram igualmente elaborados os Mapas de Conflitos para ambos os períodos com base na legislação em vigor. A elaboração de Mapas de Conflitos implica a delimitação por parte da respectiva autarquia das zonas mistas e sensíveis em todo o território municipal. Esta delimitação não é conhecida pelo que se optou por elaborar dois Mapas de Conflitos contemplando cada um dos tipos de classificação de zona, em toda a área de cálculo do município. Os Mapas de Conflito do Concelho de Monforte, podem ser visualizados nas Cartas 4.7 a 4.10, do Anexo 1, à escala 1:25000 para o período diurno e nocturno, respectivamente.

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, no caso das fontes rodoviárias e industriais, e um valor de 2 reflexões para cada raio sonoro, em relação às fontes ferroviárias.

### 4.6.1 ANÁLISE DOS MAPAS DE RUÍDO

Os mapas de ruído de concelho permitem identificar situações prioritárias a integrar em planos de redução de ruído. Esta identificação resulta da análise de conformidade com o RLPS realizada a partir dos mapas de ruído.

Como seria de esperar, verifica-se um decréscimo dos valores do período diurno para o nocturno, com valores de uma forma geral inferiores a 10 dB(A). No entanto, os valores de  $L_{Aeq}$  são ainda suficientemente elevados para se prever que, quando houver classificação de zonas, o período nocturno seja o mais problemático em termos de situações não regulamentares.

As principais fontes de ruído em termos de extensão da área sob a sua influência sonora são o tráfego rodoviário gerado pelos principais acessos, nomeadamente o Itinerário Principal 2, a Estrada Nacional 243 e a Estrada Nacional 369.

Em relação à fonte ferroviária, a Linha de Leste não se apresenta como uma importante fonte sonora, uma vez que não tem um impacte acústico significativo nos períodos de referência.

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 isofónicas às fontes industriais consideradas. A actividade das áreas industriais modeladas limita-se ao período diurno, possuindo como valores de potência sonora 65 e 58 dB (A), para a Zona Industrial I e Zona Industrial II, respectivamente.

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

Da análise do mapa de conflito proposto para a classificação de zona mista mista, é notável uma diferença de valores entre os períodos diurno e nocturno. No período diurno, apenas as principais rodovias (IP2, EN 243 e EN 369) apresentam valores acima dos valores limite. De entre estas fontes rodoviárias, a que se apresenta mais gravosa é o IP2, excedendo os limites fixados pela legislação até 10 dB (A). Nas restantes vias identificadas, os valores limites não excedem os 5 dB (A).

No período nocturno, verifica-se que, apesar de apenas as principais vias apresentarem valores acima dos permitidos por lei para a classificação de zona mista, o conflito gerado apresenta-se mais significativo uma vez que chegam a ser ultrapassados os limites até 10 dB (A).

Considerando toda a área do concelho como zona sensível, conclui-se que, no período diurno, todas as fontes sonoras se apresentam como sendo gravosas, ultrapassando, no caso dos IP2, EN 269 e EN 243 em cerca de 15 dB(A) os valores máximos regulamentados. Na mesma análise, mas desta feita para o período nocturno, a conclusão é a mesma, agravando-se no entanto a distância máxima a que se verifica o conflito.

## 5 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 Monforte.

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, a Norma alemã Schall03 e as Normas ISO 8297:1994 e NP 4361-2.

Os cálculos realizados com o modelo permitiram obter a distribuição espacial dos valores de  $L_{Aeq}$  - Mapas de Ruído - assim como o valor deste indicador em pontos receptores discretos que espelham a situação acústica média do local em estudo.

A análise dos mapas de conflito permite visualizar as zonas em que os níveis de ruído adequados à classificação proposta pela Câmara Municipal para uma dada zona, sensível ou mista, são excedidos em mais de 5 dB(A). Esta informação deve ser tida em conta 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 locais de culto nas áreas mais ruidosas. Deste modo poder-se-à 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.

Neste contexto, apresenta-se em seguida a transcrição do artigo 6º do R.L.P.S.:

### **Artigo 6º - Planos Municipais de Redução de Ruído**

“1- As zonas sensíveis ou mistas já existentes em que a exposição ao ruído no exterior contraria o disposto no presente diploma devem ser objecto de planos de redução de ruído da responsabilidade das câmaras municipais.

2 – Os planos de redução de ruído podem ser executados de forma faseada, sendo prioritários os referentes a zonas sensíveis ou mistas expostas a níveis sonoros contínuos equivalentes de ruído ambiente exterior que excedam em 5 dB(A) os valores referidos no nº3 do artigo 4<sup>a</sup>.

3 – Os Planos de Redução de Ruído têm carácter misto, regulamentar e programático, sendo aprovados pela assembleia municipal, sob proposta da câmara municipal.



Elaborado por:

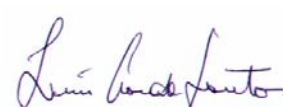
Verificado e aprovado  
por:

Fátima Valado

Maria João Palma

Cláudia Santos

Luís Conde Santos



Gestora de Projecto

Técnica especialista

Técnica Estagiária do Director do Laboratório  
Laboratório

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Regime Legal sobre a Poluição Sonora – Decreto-Lei n.º 292/2000 de 14 de Novembro.
2. Norma Portuguesa - 1730/1 (1996) – Acústica – Parte 1:” Grandezas fundamentais e procedimentos”.
3. Norma Portuguesa - 1730/2 (1996) – Acústica – Parte 2:” Recolha de dados relevantes para o uso do solo”.
4. Norma Portuguesa – 1730/3 (1996) – Acústica – Parte 3Aplicação aos limites do Ruído”.
5. 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.
6. Princípios orientadores para a Elaboração de Mapas de Ruído, DGA/DGOTDU, 2001.
7. Recomendações para Selecção de Métodos de Cálculo a Utilizar na Previsão de Níveis Sonoros, DGA / DGOTDU, 2001.
8. Procedimentos específicos de medição de ruído ambiente, Instituto do Ambiente, Abril 2003.
9. Directrizes para a Elaboração de Planos de Monitorização de Ruído de Infra-Estruturas Rodoviárias e Ferroviárias, DGA / DGOTDU, 2001.
10. 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”.

11. 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.
12. Guide du Bruit des Transports Terrestres - Prévission des niveaux sonores”, CETUR, 1980.
13. 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.
14. Wolfgang Probst, Implementation of the EU-directive on environmental noise Requirements for calculation software and handling with CadnaA, 2003.
15. Wolfgang Probst, Bernd Huber, A Comparison of Different Techniques for the Calculation of Noise Maps of Cities, International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering, 2001.
16. Wolfgang Probst, Bernd Huber, Integration of area noise control into programmes into a citywide noise control strategy, Institute of Acoustics – Proceedings Volume 23 Pt 5, 2001.
17. ISO 8297:1994 – Determination of sound power levels of multisource industrial plants for evaluation of sound pressure levels in the environment – engineering method.