



dB Lab



TAGUSPARK
Edifício Tecnologia 1,11
2780-920 Oeiras
Portugal

Laboratório de Acústica e Vibrações, Lda.

T.+351214228950
F.+351214228959

www.taguspark.pt/dblab
dblab@taguspark.pt

Contribuinte n.º
504.745.310
capital social
5.000 €
matriculada na
conservatória do reg.
comercial de Oeiras
com o n.º 12863

MAPAS DE RUÍDO DO CONCELHO DO ALANDROAL

DESCRIÇÃO DO MODELO E RESULTADOS

Setembro 2005

Local: Concelho do Alandroal

Referência do Relatório: 03_500_MPRD01

Data do Relatório: 23-09-2005

**N.º total de páginas:
(excluindo anexos)** 31



ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO E OBJECTIVO	2
2	CONTEXTO LEGISLATIVO	3
2.1	DEFINIÇÕES	3
2.2	ENQUADRAMENTO LEGAL DOS MAPAS DE RUÍDO	4
3	METODOLOGIA	6
3.1	LIMITAÇÕES DA AVALIAÇÃO DE AMBIENTE SONORO “TRADICIONAL”	6
3.2	MAPAS DE RUÍDO – DESCRIÇÃO BREVE	6
3.3	MAPAS DE RUÍDO DO CONCELHO DO ALANDROAL	7
4	DESCRIÇÃO DO PROJECTO	9
4.1	SOFTWARE UTILIZADO	9
4.2	INSTRUMENTAÇÃO UTILIZADA	10
4.3	NORMAS E PARÂMETROS UTILIZADOS	10
4.3.1	<i>Tráfego Rodoviário</i>	10
4.3.2	<i>Indústrias</i>	14
4.4	CARACTERIZAÇÃO DO MODELO	15
4.4.1	<i>Identificação do local em estudo</i>	15
4.4.2	<i>Área do mapa e área de estudo</i>	16
4.4.3	<i>Caracterização climática</i>	17
4.4.4	<i>Topografia</i>	17
4.4.5	<i>Edifícios</i>	18
4.4.6	<i>Fontes de Ruído</i>	20
4.4.6.1	<i>Tráfego Rodoviário</i>	20
4.4.6.2	<i>Indústrias</i>	21
4.4.7	<i>Validação junto às fontes sonoras</i>	22
4.4.8	<i>Validação de longa duração</i>	25
4.5	RESULTADOS DO MODELO – MAPAS DE RUÍDO	26
4.5.1	<i>Análise dos mapas de ruído</i>	27
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	28
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

ANEXOS

ANEXO 1 – DADOS DE TRÁFEGO RODOVIÁRIO INSERIDOS NO MODELO

ANEXO 2 – LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS INDUSTRIAIS MODELADAS

ANEXO 3 – LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE MEDIÇÃO ACÚSTICA

ANEXO 4 – MAPAS DE RUÍDO

O CD INCLUI AINDA O PRESENTE RELATÓRIO E RESPECTIVAS CARTAS EM FORMATO PDF.



MAPAS DE RUÍDO DO CONCELHO DO ALANDROAL

DESCRIÇÃO DO MODELO E RESULTADOS

Ficha Técnica

Designação do Projecto	Mapas de Ruído do Concelho do Alandroal
Cliente	Associação de Municípios do Distrito de Évora
Morada	R. 24 de Julho, n.º 1, 700-673 Évora
Local de realização dos ensaios	Concelho do Alandroal
Fonte(s) do Ruído Particular	Tráfego rodoviário Actividades industriais
Data(s) dos ensaios	Medições rodoviárias pontuais 19/07/2004 a 23/07/2004 Medições rodoviárias – monitorização de longa duração – 02-03-2005 a 04-03-2005 e de 06-04-2005 a 07-04-2005 Medições industriais – 08-04-2005
Data de Emissão	23-09-2005

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;
- Jorge Preto, Eng. do Território (IST) – Técnico do Laboratório;
- Frederico Vieira, Eng. Ambiente (Univ. do Algarve) – Técnico Estagiário do Laboratório;
- Bruno Vilaça, Técnico de AutoCAD (AESBUC, FCP) – Técnico de Desenho.

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 dos Mapas de Ruído do Concelho do Alandroal, 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 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.ex. alteração do fluxo de viaturas, mudança de piso, etc.).

No presente relatório é descrito o modelo computacional, utilizado e desenvolvido, e são apresentados os seus resultados, quer em forma de tabelas, 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 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 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 na Tabela 2-1.

Tabela 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.

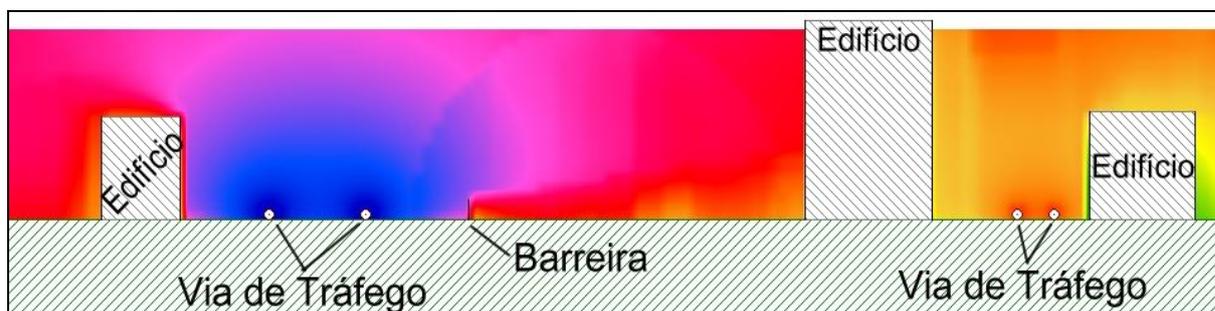


Figura 3-3 – Mapa de Ruído em corte transversal às vias rodoviárias.

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 MAPAS DE RUÍDO DO CONCELHO DO ALANDROAL

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), 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 na área em análise – tráfego rodoviário 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), nas Normas NP 4361-2 (ISO 9613-2) e 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 do Alandroal em computador através do software CadnaA e com base nas Normas referidas anteriormente, 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 (Figura 4-1).

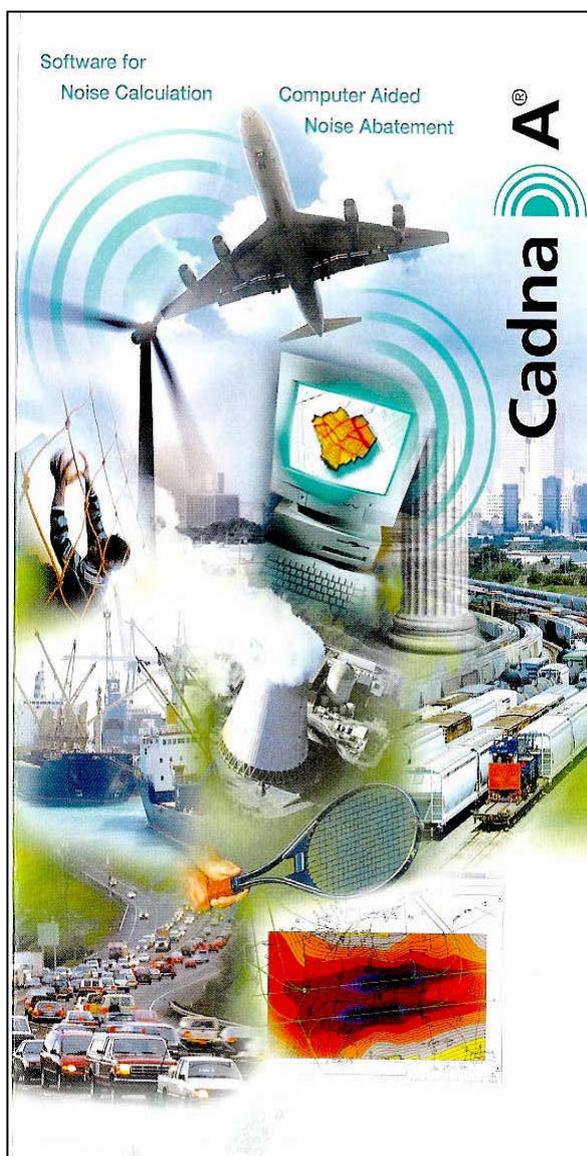


Figura 4-1 – Software CadnaA.

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), 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 na tabela seguinte.

Tabela 4-1 – Instrumentação utilizada.

Tipo	Características		Rastreabilidade		
	Ref. Marca Modelo	Nº de Série	Entidade Calibradora	Nº Certificado	Data de Calibração
Sonómetro	LAB-02 – RION NA-27	790997	I.S.Q.	245.70/05.017	10-02-2005
Calibrador	LAB-19 – RION NC-74	130558			
Sonómetro	LAB-23 – RION NA-27	10342176	I.S.Q.	17107/04	15-06-2004
Calibrador	LAB-24 – RION NC-74	50441102			
Sonómetro	LAB-27 – RION NL-31	341521	I.S.Q.	22046/04	26-07-2004
Calibrador	LAB-28 – Rion NC-74	50441107			

4.3 NORMAS E PARÂMETROS UTILIZADOS

Os mapas apresentados neste relatório foram gerados a partir de uma malha de cálculo de 10 por 10 metros no caso do concelho, 5 por 5 metros no caso da sede de concelho e 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. Há ainda a salientar que foi utilizado um valor de 1 reflexão para cada raio sonoro, no caso das fontes rodoviárias, e um valor de 2 reflexões para cada raio sonoro, em relação às fontes industriais.

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),

Esta 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 a Norma referida, 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 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 a tabela 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.

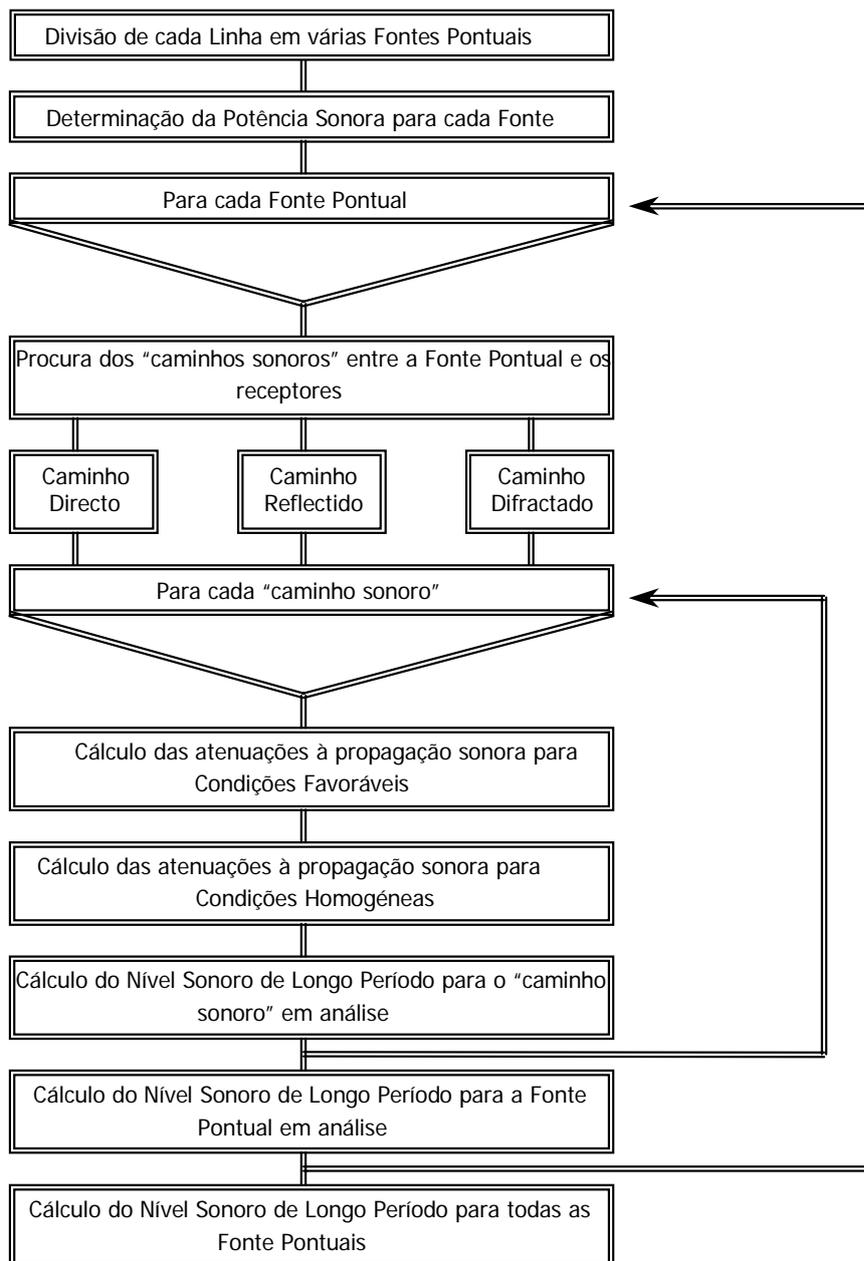


Figura 4-2 – Fluxograma do método NMPB'96.

4.3.2 INDÚSTRIAS

A avaliação do impacto sonoro das fontes industriais, foi efectuada através de modelação de fontes em pontuais e em áreas verticais. Esta consiste na modelação das principais máquinas localizadas no exterior e aberturas para o exterior das naves industriais, determinando-se genericamente a potência sonora das máquinas e potência, por metro quadrado, de cada uma das áreas verticais.

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

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

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

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

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

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

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 próximos pontos é descrito com maior detalhe a informação introduzida no modelo, distinguida 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 Concelho do Alandroal integra o Distrito de Évora e é vizinho dos seguintes Municípios: Vila Viçosa, Redondo, Reguengos de Monsaraz e Mourão (Figura 4-2).



Figura 4-3 – Localização da área em estudo.

O Concelho do Alandroal tem uma área com cerca de 542 km² e cerca de 6 339 habitantes distribuídos por 6 freguesias (Alandroal, Capelins, Juromenha, Santiago Maior, SãoBrás dos Matos e Terena).

4.4.2 ÁREA DO MAPA E ÁREA DE ESTUDO

A área do mapa corresponde à área contida no limite do Município. Embora a propagação de ruído seja um problema eminentemente de âmbito local, muitas das infraestruturas que produzem ruído atravessam vários municípios, por isso para aquelas que extravasam o limite concelhio, foram modeladas até 1 km para além do limite do concelho, conforme se ilustra na figura seguinte, para que fosse tida em conta essa emissão sonora. Neste último caso, a área considerada diz respeito à área de estudo. A distância considerada teve em conta o tipo e intensidade das fontes em causa, bem como das características de ocupação do solo no limite da área do mapa. Note-se ainda que do lado Este não foi possível alargar a área de estudo por falta de dados. Contudo, dada a inexistência de fontes de ruído significativas nessa zona não se considera problemático.

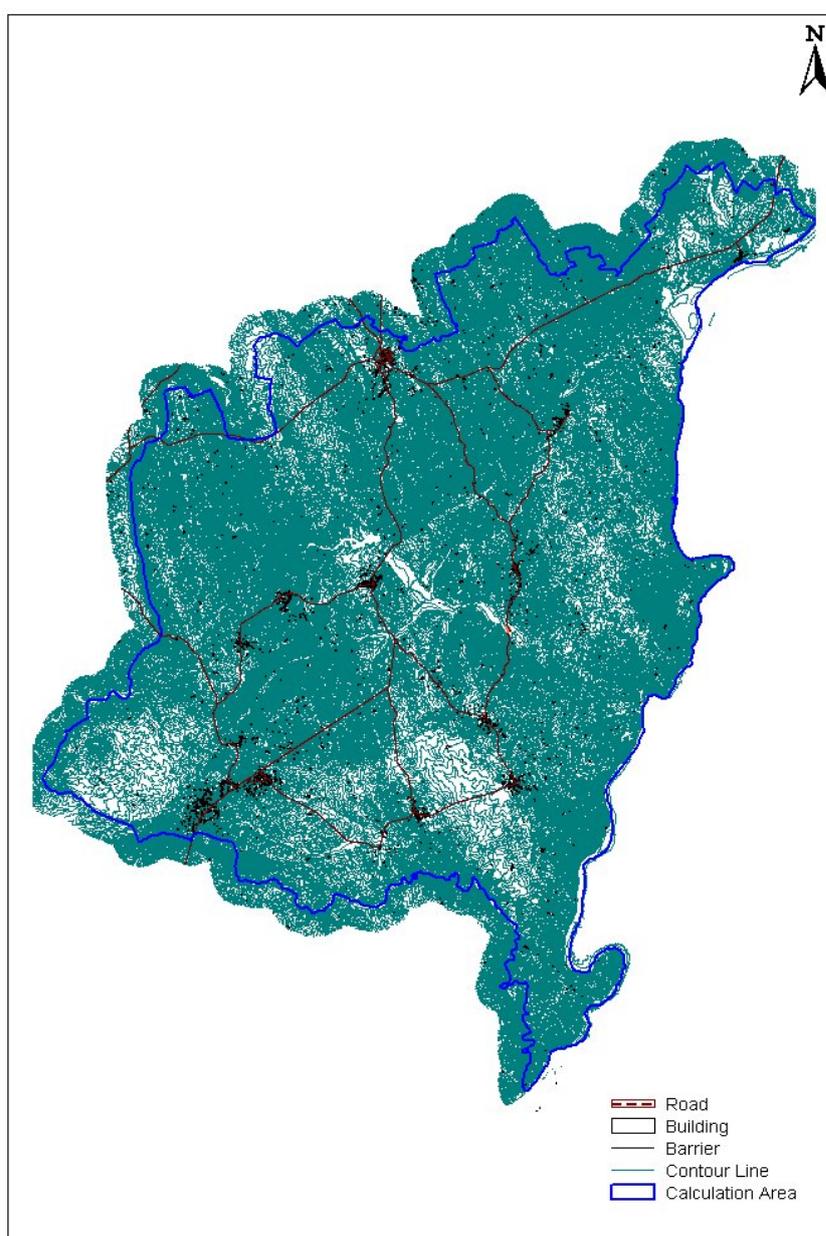


Figura 4-4 – Representação da área de estudo.

4.4.3 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA

A caracterização climática da região em estudo foi efectuada com base nos dados da Secção de Agricultura do Departamento de Produção Agrícola e Animal do Instituto Superior de Agronomia referentes aos anos 1958 a 1988.

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

A temperatura média anual foi de 15,6 °C. A humidade relativa do ar média anual foi 81 %. A velocidade média do vento foi de 4,4 m/s, no entanto, é de referir que a altura do anemómetro situava-se a 22,9 m do solo (Fonte: <http://agricultura.isa.utl.pt/agricultura/agribase/estacoes.asp>).

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

4.4.4 TOPOGRAFIA

Para a elaboração do mapa de ruído é necessária informação relativa à altimetria do terreno, nomeadamente curvas de nível e pontos cotados. A partir desta informação, que deu entrada no modelo em formato .shp, é construído o modelo digital do terreno usado como base na simulação.

Os dados altimétricos de Arraiolos foram fornecidos pelo cliente. Para representar o terreno na área do mapa e na sua envolvente, foram utilizados neste modelo curvas de nível cotadas de 5 em 5 metros à escala 1:10 000 (Figura 4-5).

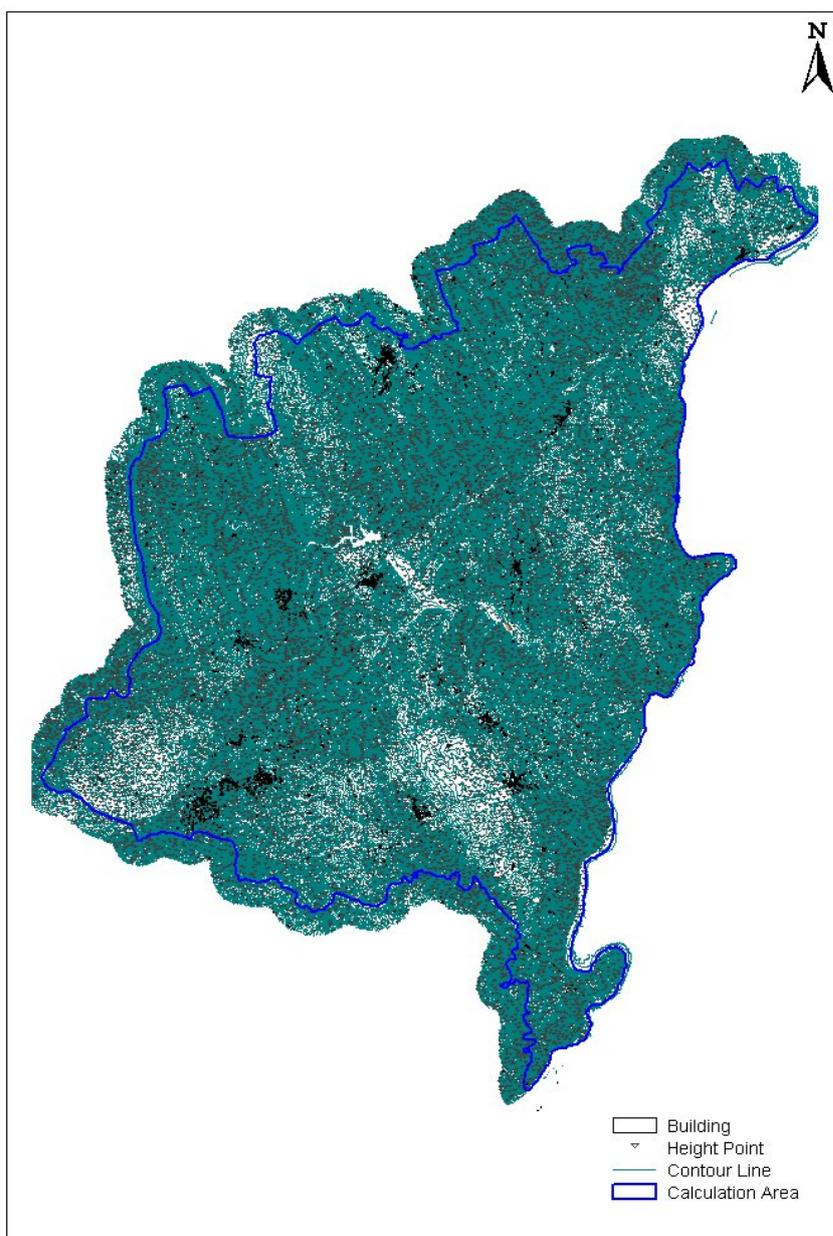


Figura 4-5 – Curvas de nível e Pontos cotados em planta.

4.4.5 EDIFÍCIOS

A informação referente aos edifícios e outros elementos de construção (planimetria), foi fornecida pela Associação de Municípios do Distrito de Évora.

Os edifícios, residenciais ou não, foram introduzidos no programa e uma vez que a cartografia de origem é de boa qualidade os polígonos correspondentes ficaram devidamente fechados, não havendo à partida necessidade de realizar trabalho adicional na geometria dos edifícios. Relativamente à cartografia dos edifícios à escala 1:10 000, dado que não existia informação das cercas dos edifícios, utilizou-se uma altura média 6 metros

Na Figura 4-6, pode-se observar o aspecto do modelo tridimensional criado. Aos edifícios foi também atribuído um valor médio de absorção sonora.

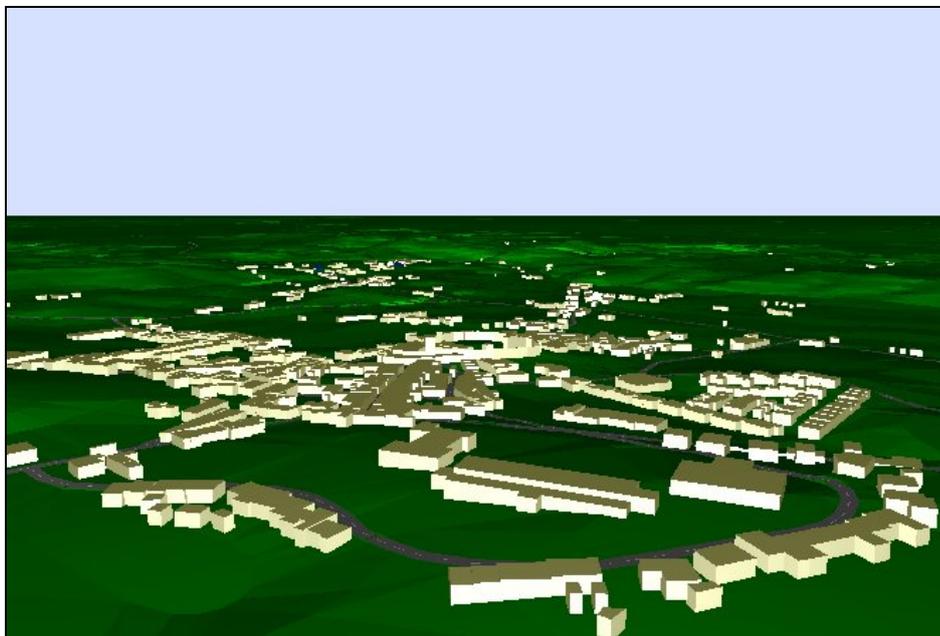


Figura 4-6 – Vista tridimensional da Sede do Concelho.

Será também de realçar que, foram também identificadas e introduzidas no modelo muros e barreiras, que funcionam como “barreiras acústicas” na propagação do som ao ar livre. A Figura 4-6 ilustra uma dessas situações.

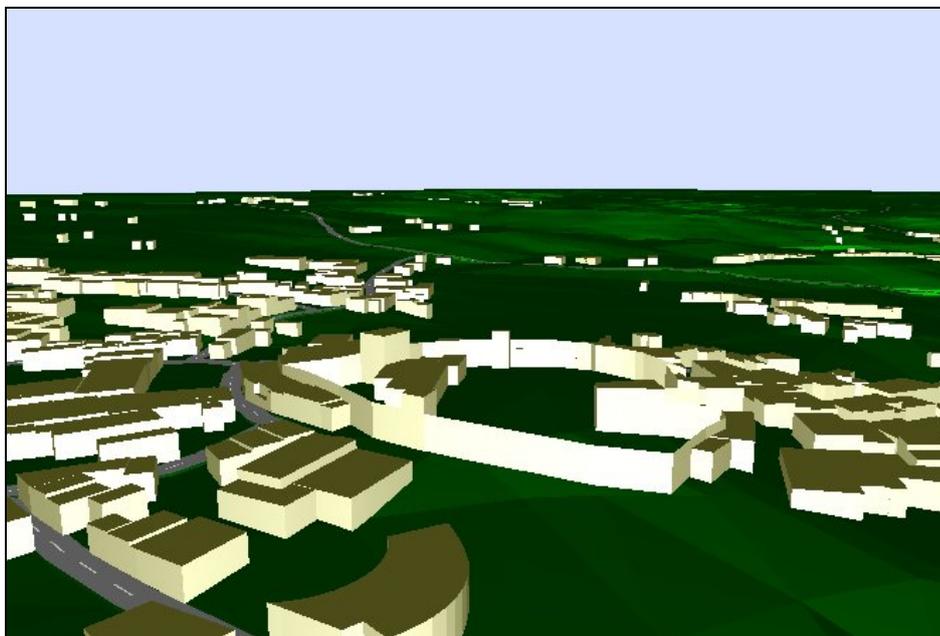


Figura 4-7 – Vista do Castelo do Alandroal com a muralha funcionando como barreira acústica.

4.4.6 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.

4.4.6.1 Tráfego Rodoviário

A localização desta informação foi obtida através da cartografia e documentação fornecida pela Associação de Municípios do Distrito de Évora.

Relativamente às cotas das estradas, estas foram colocadas em cima do terreno gerado pelas curvas de nível e pontos cotados, tendo sido feitos alguns ajustes de modo a obter uma melhor correspondência com a realidade.

Na Figura 4.8 pode ser visualizado o resultado final dos ajustes realizados a vias rodoviárias e a toda a envolvente.



Figura 4-8 – Visualização tridimensional do ajuste das vias rodoviárias ao terreno, junto à Vila do Alandroal.

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

Assim, as fontes de ruído consideradas neste estudo foram a EN 255, EN 373, EN 254, bem como outras vias rodoviárias com tráfego considerável, nomeadamente na sede do concelho. Atendendo

aos principais cruzamentos existentes nas vias rodoviárias em estudo, estas foram divididas em diferentes troços, como pode ser visualizado nas Cartas A1.1 e A1.2 do Anexo 1, de forma a caracterizar os diferentes volumes de tráfego. Dentro destes troços houve ainda uma subdivisão por velocidades de circulação permitidas e por tipo de piso.

Na Tabela A1-1 do Anexo 1 apresentam-se algumas características das vias rodoviárias incluídas no modelo para elaboração dos mapas de ruído, resultantes da consulta dos documentos “Tráfego 2001-Rede Nacional do Continente” do IEP, e mediante campanhas de contagens *in situ* do dBLab e da Autarquia.

É de referir que, as velocidades máximas, para os veículos ligeiros e pesados, consideradas nos troços rodoviários foram de, respectivamente 90 km/h e 80 km/h. No entanto, no interior da localidade essas velocidades foram limitadas para 50 km/h, em ambos os casos.

4.4.6.2 Indústrias

A fim de identificar as principais indústrias existentes no Concelho do Alandroal foi realizada uma pesquisa das indústrias com avaliação de impacte ambiental (AIA) e sujeitas a licenciamento de prevenção e controlo integrados da poluição (PCIP) e outras indústrias que se consideraram provocar algum impacte sonoro significativo.

Do trabalho de campo realizado identificaram-se três indústrias transformadoras de mármore, as quais se encontram representadas na Carta A2.1.

Assim sendo, para estes casos em que o ruído por parte das indústrias era mensurável (ou seja, em que o restante ruído da natureza ou do tráfego rodoviário não era mais elevado que o das indústrias), esse mesmo ruído foi medido para estimar a potência sonora das referidas indústrias, utilizando o procedimento baseado na Norma ISO 8297:1994(E)).

Tendo por base os procedimentos descritos anteriormente, foram obtidos os valores de potência sonora apresentados na Tabela 4-2 e Tabela 4-3, que foram utilizados na modelação das fontes industriais do Município.

Tabela 4-2 – Indústrias e respectiva potência sonora de áreas verticais.

Indústria	Período Diurno	
	Potência Sonora (dBA)	Tempo de laboração (horas)
Indústria 1 - Porta 1	85	8
Indústria 1 - Porta 2	90	8
Indústria 2 - Porta 1	85	8
Indústria 2 - Porta 2	97.5	8
Indústria 3 - Porta 1	100	8

Tabela 4-3 – Áreas industriais e respectiva potência sonora de equipamentos.



Indústria	Período Diurno	
	Potência Sonora (dBA)	Tempo de laboração (horas)
Indústria 2 - Máquina 1	110	8
Indústria 2 - Máquina 2	110	8
Indústria 3 - Máquina 1	110	8
Indústria 3 - Máquina 2	110	8

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 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.

Os locais de medição foram previamente definidos, de acordo com alguns critérios: influência predominante de uma só fonte de ruído, na proximidade de habitações (sempre que possível), ausência de obstáculos entre a fonte e o receptor, locais onde o efeito de superfícies reflectoras seja mínimo Carta A2.1 do Anexo 2.

4.4.7 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 30 pontos receptores (Pontos de Validação), 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 dB Lab, baseado na Norma Portuguesa 1730 (1996). Durante as amostragens de ruído realizadas, foram efectuadas contagens de tráfego com discriminação de veículos pesados e da sua velocidade média de circulação, a fim de poder simular no modelo a realidade medida.

Na Carta A3.1 do Anexo 3, encontram-se identificados os pontos receptores introduzidos no modelo que representam os locais onde foram realizadas medições. Estes pontos receptores foram cotados de modo idêntico à posição do microfone do sonómetro.

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



Figura 4-9 – Visualização em 3D de um ponto receptor de ruído.

Os valores obtidos pelo modelo nos pontos receptores de ruído são apresentados na Tabela 4-4.

Tabela 4-4 – Resultados do modelo nos pontos receptores.

Nome	ID	Níveis Calculados (dBA)		Coordenadas (m)		
		Diurno	Nocturno	X	Y	Z
Estrada Nacional 373 - C	1.01	61.6	50.1	63763.43	-107363	343.34
Estrada Nacional 255 - D	1.02	63.7	54.6	63278.76	-107582	316.86
Estrada Nacional 255 - C	1.03	64.3	53.6	62994.34	-106947	336.29
Estrada Nacional 255 - B	1.04	62.5	57.3	63211.14	-106499	365.01
Pr. da República - R. Dr. António José de Almeida	1.05	61.2	56.3	63497.67	-107014	347.37
Estrada Nacional 255 - H	1.06	55.3	50.9	63771.49	-118514	172.77
Estrada Nacional 373 - D	1.07	60.9	52.6	77500.25	-102252	183.96
Indústria 1 - Porta 1 - Local 1	1.10	80.1	-	63286.39	-108280	302.9
Indústria 1 - Porta 1 - Local 2	1.11	81.5	-	63287.69	-108282	303.06
Indústria 1 - Porta 1 - Local 3	1.12	82.3	-	63288.85	-108283	303.21
Indústria 1 - Porta 2 - Local 1	1.13	84.1	-	63290.95	-108285	303.46
Indústria 1 - Porta 2 - Local 2	1.14	85.0	-	63292.52	-108287	303.65
Indústria 1 - Porta 2 - Local 3	1.15	84.3	-	63293.95	-108288	303.81
Indústria 2 - Máquina 1 - Local 1	1.16	82.7	-	63229.38	-108360	302.22
Indústria 2 - Máquina 1 - Local 2	1.17	84.8	-	63233.93	-108362	302.61
Indústria 2 - Máquina 2 - Local 1	1.18	83.0	-	63240.4	-108379	303.69
Indústria 2 - Máquina 2 - Local 2	1.19	83.7	-	63238.66	-108383	303.71



Nome	ID	Níveis Calculados (dBA)		Coordenadas (m)		
		Diurno	Nocturno	X	Y	Z
Indústria 2 - Máquina 2 - Local 3	1.20	82.4	-	63236.96	-108386	303.73
Indústria 2 - Porta 1 - Local 1	1.21	83.9	-	63202.79	-108404	301.50
Indústria 2 - Porta 1 - Local 2	1.22	85.6	-	63204.17	-108405	301.50
Indústria 2 - Porta 1 - Local 3	1.23	87.5	-	63205.63	-108405	301.45
Indústria 2 - Porta 2 - Local 1	1.24	91.1	-	63207.91	-108407	301.31
Indústria 2 - Porta 2 - Local 2	1.25	92.0	-	63209.47	-108408	301.34
Indústria 2 - Porta 2 - Local 3	1.26	91.5	-	63210.97	-108409	301.44
Indústria 3 - Máquina 1 - Local 1	1.27	84.8	-	63442.62	-108265	311.03
Indústria 3 - Máquina 1 - Local 2	1.28	85.6	-	63444.71	-108268	311.17
Indústria 3 - Máquina 1 - Local 3	1.29	83.7	-	63447.02	-108270	311.32
Indústria 3 - Porta 1 - Local 1	1.30	90.6	-	63416.33	-108276	311.09
Indústria 3 - Porta 1 - Local 2	1.31	91.4	-	63417.72	-108277	311.23
Indústria 3 - Porta 1 - Local 3	1.32	90.9	-	63418.72	-108278	311.35

Nas tabelas seguintes, em que se comparam os valores calculados pelo modelo com os valores das amostragens obtidas nos trabalhos de campo, utilizaram-se as seguintes designações:

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

$LA_{eq\ med\ médio}$ 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;

$LA_{eq\ calc} - LA_{eq\ med\ médio}$ diferença linear entre o $LA_{eq\ calc}$ e o $LA_{eq\ med\ médio}$

Tabela 4-5 – Comparação entre valores medidos e calculados para o Período Diurno.

Ponto	ID	$LA_{eq\ calc}$	$LA_{eq\ med\ médio}$	$LA_{eq\ calc} - LA_{eq\ med}$	Comentário
Estrada Nacional 373 - C	1.01	61.6	62.5	-0.9	\cong 5 dB (em módulo)
Estrada Nacional 255 - D	1.02	63.7	61.5	2.2	\cong 5 dB (em módulo)
Estrada Nacional 255 - C	1.03	64.3	62.0	2.3	\cong 5 dB (em módulo)
Estrada Nacional 255 - B	1.04	62.5	60.4	2.1	\cong 5 dB (em módulo)
Pr. da República - R. Dr. António José de Almeida	1.05	61.2	58.4	2.8	\cong 5 dB (em módulo)
Estrada Nacional 255 - H	1.06	55.3	55.7	-0.4	\cong 5 dB (em módulo)
Estrada Nacional 373 - D	1.07	60.9	58.0	2.9	\cong 5 dB (em módulo)
Indústria 1 - Porta 1 - Local 1	1.10	80.1	81.3	-1.2	\cong 5 dB (em módulo)
Indústria 1 - Porta 1 - Local 2	1.11	81.5	82.0	-0.5	\cong 5 dB (em módulo)
Indústria 1 - Porta 1 - Local 3	1.12	82.3	80.2	2.1	\cong 5 dB (em módulo)
Indústria 1 - Porta 2 - Local 1	1.13	84.1	84.5	-0.4	\cong 5 dB (em módulo)
Indústria 1 - Porta 2 - Local 2	1.14	85.0	86.4	-1.4	\cong 5 dB (em módulo)
Indústria 1 - Porta 2 - Local 3	1.15	84.3	86.2	-1.9	\cong 5 dB (em módulo)
Indústria 2 - Máquina 1 - Local 1	1.16	82.7	81.7	1.0	\cong 5 dB (em módulo)
Indústria 2 - Máquina 1 - Local 2	1.17	84.8	82.3	2.5	\cong 5 dB (em módulo)
Indústria 2 - Máquina 2 - Local 1	1.18	83.0	84.0	-1.0	\cong 5 dB (em módulo)
Indústria 2 - Máquina 2 - Local 2	1.19	83.7	83.3	0.4	\cong 5 dB (em módulo)



Ponto	ID	LAeq calc	LAeqmed médio	LAeqcalc - LAeqmed	Comentário
Indústria 2 - Máquina 2 - Local 3	1.20	82.4	82.8	-0.4	≅ 5 dB (em módulo)
Indústria 2 - Porta 1 - Local 1	1.21	83.9	85.4	-1.5	≅ 5 dB (em módulo)
Indústria 2 - Porta 1 - Local 2	1.22	85.6	85.8	-0.2	≅ 5 dB (em módulo)
Indústria 2 - Porta 1 - Local 3	1.23	87.5	86.1	1.4	≅ 5 dB (em módulo)
Indústria 2 - Porta 2 - Local 1	1.24	91.1	90.3	0.8	≅ 5 dB (em módulo)
Indústria 2 - Porta 2 - Local 2	1.25	92.0	93.0	-1.0	≅ 5 dB (em módulo)
Indústria 2 - Porta 2 - Local 3	1.26	91.5	93.1	-1.6	≅ 5 dB (em módulo)
Indústria 3 - Máquina 1 - Local 1	1.27	84.8	84.3	0.5	≅ 5 dB (em módulo)
Indústria 3 - Máquina 1 - Local 2	1.28	85.6	84.7	0.9	≅ 5 dB (em módulo)
Indústria 3 - Máquina 1 - Local 3	1.29	83.7	84.1	-0.4	≅ 5 dB (em módulo)
Indústria 3 - Porta 1 - Local 1	1.30	90.6	92.0	-1.4	≅ 5 dB (em módulo)
Indústria 3 - Porta 1 - Local 2	1.31	91.4	89.9	1.5	≅ 5 dB (em módulo)
Indústria 3 - Porta 1 - Local 3	1.32	90.9	91.5	-0.6	≅ 5 dB (em módulo)

Tabela 4-6 – Comparação entre valores medidos e calculados para o Período Nocturno.

Ponto	ID	LAeq calc	LAeqmed médio	LAeqcalc - LAeqmed	Comentário
Estrada Nacional 373 - C	1.01	50.1	47.4	2.7	≅ 5 dB (em módulo)
Estrada Nacional 255 - D	1.02	54.6	51.9	2.7	≅ 5 dB (em módulo)
Estrada Nacional 255 - C	1.03	53.6	52.8	0.8	≅ 5 dB (em módulo)
Estrada Nacional 255 - B	1.04	57.3	59.3	-2.0	≅ 5 dB (em módulo)
Pr. da República - R. Dr. António José de Almeida	1.05	56.3	54.0	2.3	≅ 5 dB (em módulo)
Estrada Nacional 255 - H	1.06	50.9	48.0	2.9	≅ 5 dB (em módulo)
Estrada Nacional 373 - D	1.07	52.6	49.8	2.8	≅ 5 dB (em módulo)

Após análise das tabelas 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 3 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 dB Lab para mapas de ruído (PT60 – Elaboração de Mapas de Ruído):

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

4.4.8 VALIDAÇÃO DE LONGA DURAÇÃO

Os mapas de ruído apresentados neste trabalho 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 e ferroviário, 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 foram realizadas apenas duas amostragens de longa duração, baseadas na Norma Portuguesa NP1730 (1996).

Em relação a esta validação, a medição foi efectuada em pontos receptores de ruído cujas principais contribuições de ruído foram provenientes de vias rodoviárias. Na Carta A3.1 do Anexo 3,, pode ser visualizada a sua localização geográfica.

De seguida, são apresentados, sob a forma de Tabela, os valores obtidos durante a medição de longa duração, tendo em conta os períodos diurno e nocturno.

Tabela 4-7 – Resultados do modelo nos pontos receptores.

Nome	ID	Níveis Calculados (dBA)		Coordenadas (m)		
		Diurno	Nocturno	X	Y	Z
Pr. da República - R. Dr. António José de Almeida	1.08	65.5	56.9	63449.30	-107005	353.18
R. Dr. António José de Almeida - B	1.09	61.1	51.6	63355.93	-106718	362.40

Na tabelas seguintes é apresentada a comparação entre os valores calculados pelo modelo e os os valores medidos, para o período diurno e nocturno, verificando-se que os desvios são inferiores a 3 dB(A).

Tabela 4-8 – Comparação entre valores medidos e calculados para o Período Diurno.

Nome	ID	LAeq calc	LAeqmed médio	LAeqcalc - LAeqmed	Comentário
Pr. da República - R. Dr. António José de Almeida	1.08	65.5	62.7	2.8	≤ 5 dB (em módulo)
R. Dr. António José de Almeida - B	1.09	61.1	61.6	-0.5	≤ 5 dB (em módulo)

Tabela 4-9 – Comparação entre valores medidos e calculados para o Período Nocturno.

Nome	ID	LAeq calc	LAeqmed médio	LAeqcalc - LAeqmed	Comentário
Pr. da República - R. Dr. António José de Almeida	1.08	56.9	54.2	2.7	≤ 5 dB (em módulo)
R. Dr. António José de Almeida - B	1.09	51.6	50.8	0.8	≤ 5 dB (em módulo)

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):

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

4.5 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 nas Normas francesas XPS 31-133, e “NMPB Routes 1996” (tráfego rodoviário) e nas Normas ISO 8297:1994 e NP 4361-2 (ruído industrial).

Os Mapas de Ruído da situação actual do Concelho do Alandroal, podem ser visualizados nos Mapas A4.1.1 e A4.1.2 do Anexo 4, período diurno e nocturno, respectivamente e os mapas de conflito nos mapas seguintes. Os Mapas de Ruído da sede de concelho, podem ser visualizados nos Mapas A4.4.1 e A4.4.2 do Anexo 4, período diurno e nocturno, respectivamente e os mapas de conflito nos mapas seguintes.

Como o município ainda não efectuou a classificação do território em zonas sensíveis ou zonas mistas exigida pelo Decreto-Lei n.º 292/2000, as análises que a seguir se apresentam são de âmbito geral.

Os mapas apresentados foram gerados a partir de uma malha regular de pontos receptores, com 10 por 10 metros no caso do concelho, 5 por 5 metros no caso da sede de concelho, 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 um valor de 2 reflexões para cada raio sonoro, em relação às fontes industriais.

4.5.1 ANÁLISE DOS MAPAS DE RUÍDO

Os Mapas de Ruído de Município 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.

A análise dos Mapas de Ruído produzidos a partir do modelo mostra que o Concelho do Alandroal não apresenta, de um modo geral, níveis de ruído elevados. Os casos onde os níveis são mais elevados situam-se em toda a extensão da EN 255, nomeadamente em Terena, no centro da sede de concelho, nomeadamente na zona da Praça. da República e junto às indústrias identificadas.

É de referir que, mesmo nas proximidades destas fontes, a faixa de ruído $L_{Aeq,LT\ dia} > 65$ dB(A), não ascende aos 15 metros para cada lado da via e quanto ao período nocturno, a faixa de ruído $L_{Aeq,LT\ noite} > 55$ dB(A) não ascende aos 30 metros, para ambos os lados da via. Como seria de esperar, verifica-se um decréscimo dos valores do período diurno para o nocturno, com valores de uma forma geral inferiores 5 dB. Dadas as circunstâncias, prevê-se que, quando houver classificação de zonas de ruído, o período nocturno seja o mais problemático em termos de situações não regulamentares.

O Mapa de Ruído do Concelho é um mapa à escala do PDM, como tal apresenta 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 aí existente, uma vez que estarão provavelmente sob influência de outras fontes de ruído locais, como por exemplo estradas ou caminhos municipais com pouco tráfego, mas sem relevância à escala municipal. Estes tipos de fontes de ruído serão de incluir em mapas de ruído de Planos de Pormenor e Planos de Urbanização que são efectuados a um escalas maiores.

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 do Alandroal.

O modelo inclui o modelo digital do terreno, a implantação geográfica de edifícios e fontes sonoras, as características de emissão acústica destas fontes, bem como os algoritmos de cálculo de propagação sonora em conformidade com a Norma Francesa NMPB 96 e XP S 31-133, a ISO 8297:1994 e a Norma NP 4361-2. O modelo foi validado através de um vasto número de medições de ruído realizadas “*in situ*” para as quais foram contabilizadas várias amostragens, de duração adequada à variabilidade dos níveis de ruído existente ao longo de períodos curtos.

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

A análise dos mapas de ruído permite visualizar algumas zonas em que os níveis de ruído são excedidos em mais de 5 dB(A) relativamente ao limites legais definidos quer para zonas mistas quer para zonas sensíveis. 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 edificações estritamente residenciais, escolas e hospitais 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 ao território.

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 4ª.

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:

Frederico Vieira



Técnico Estagiário

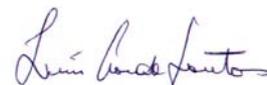
Jorge Preto



Técnico do Laboratório

Verificado e aprovado por:

Luís Conde Santos



Director Técnico do Laboratório

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANMP – Associação Nacional de Municípios de Portugueses. Página da Internet «<http://www.anmp.pt/munp/mun/mun101w2.php?dis=07>», acedido a 05/09/205.
2. Bundesbahn, I.D. (1990) Akustik 03 : Richtlinie zur Berechnung der Schallimmissionen von Schienenwegen (Schall 03). Bundesbahn Zentralamt München, München.
3. 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.
4. Directrizes para a Elaboração de Planos de Monitorização de Ruído de Infra-Estruturas Rodoviárias e Ferroviárias, DGA / DGOTDU, 2001.
5. Guide du Bruit des Transports Terrestres - "Prévision des niveaux sonores", CETUR, 1980.
6. ISO 8297:1994 – Determination of sound power levels of multisource industrial plants for evaluation of sound pressure levels in the environment – engineering method.
7. 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".
8. Norma Portuguesa NP – 1730,"Acústica. Descrição e Medição de Ruído Ambiente. Parte 1: Grandezas fundamentais e procedimentos", Instituto Português da Qualidade, 1996.
9. Norma Portuguesa NP – 1730,"Acústica. Descrição e Medição de Ruído Ambiente. Parte 2: Recolha de dados relevantes para o uso do solo", Instituto Português da Qualidade, 1996.
10. Norma Portuguesa NP – 1730,"Acústica. Descrição e Medição de Ruído Ambiente. Parte 3: Aplicação aos limites do Ruído", Instituto Português da Qualidade, 1996.
11. Norme XP S31-133(2001) – Bruit des infrastructures de transports terrestre. Calcul de l'atténuation du son lors de as propagation en milieu extérieur incluant les effets météorologiques.
12. Princípios orientadores para a Elaboração de Mapas de Ruído, DGA/DGOTDU, 2001.
13. Procedimentos específicos de medição de ruído ambiente, Instituto do Ambiente, Abril 2003.
14. 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.
15. Recomendações para Selecção de Métodos de Cálculo a Utilizar na Previsão de Níveis Sonoros, DGA / DGOTDU, 2001.
16. Regime Legal sobre a Poluição Sonora – Decreto-Lei n.º 292/2000 de 14 de Novembro.
17. 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.
18. Wolfgang Probst, Implementation of the EU-directive on environmental noise Requirements for calculation software and handling with CadnaA, 2003.



dB Lab

Laboratório de Acústica e Vibrações, Lda.



ANEXOS



dB Lab

Laboratório de Acústica e Vibrações, Lda.



ANEXO 1

Tabela A1-1 – Listagem de algumas características das vias rodoviárias inseridos no modelo.

Nome	ID	Tráfego médio horário		Percentagem de Pesados (%)		Velocidade Máxima (km/h)		SCS Dist. (m)	Fluxo de Tráfego
		Diurno	Nocturno	Diurno	Nocturno	Ligeiros	Pesados		
Alandroal - A	4	60	6	5	5	50	50	2.5	Ritmado Contínuo
Alandroal - B	12	18	2	0	0	40	40	2.5	Ritmado Contínuo
Alandroal - C	16	32	3	0	0	40	40	2.5	Ritmado Contínuo
Alandroal - D	5	108	11	0	0	40	40	2.5	Ritmado Contínuo
Aldeia de Ferreira	18	8	1	0	0	40	40	2.5	Ritmado Contínuo
Bencatel	19	56	8	21.4	10	90	80	3.5	Fluído Contínuo
Cabeça de Carneiro - A	60	40	6	0	0	90	80	2.5	Fluído Contínuo
Cabeça de Carneiro - B	61	40	4	0	0	50	40	2.5	Ritmado Contínuo
CM 1109 - A	37	10	2	0	0	90	80	3	Fluído Contínuo
CM 1109 - B	38	20	3	10	3.7	90	80	3	Fluído Contínuo
CM 1109-1	40	10	2	10	5.5	90	80	3	Fluído Contínuo
CM 1110 - A	32	44	7	10	1.6	90	80	3	Fluído Contínuo
CM 1110 - B	33	40	4	0	0	60	50	3	Ritmado Contínuo
EM 511 - A	17	25	4	10	2.8	90	80	2.5	Fluído Contínuo
EM 511 - A	17	25	4	10	2.8	90	80	2.5	Fluído Contínuo
EM 511 - B	64	38	6	10	1.8	90	80	2.5	Fluído Contínuo
EM 511 - C	65	38	4	10	2.8	50	40	2.5	Ritmado Contínuo
EM 512	21	32	5	10	0	90	80	2.5	Fluído Contínuo
EM 541	22	20	3	10	3.7	90	80	2.5	Fluído Contínuo
EM 546 - A	62	44	4	10	10	50	50	2.5	Ritmado Contínuo
EM 546 - B	63	44	7	10	1.6	90	80	2.5	Fluído Contínuo
EM 546 - C	20	44	4	10	2.8	40	40	2.5	Ritmado Contínuo
EM 546 - D	55	32	5	10	2.2	90	80	2.5	Fluído Contínuo
EM 546 - E	54	48	5	10	2.2	40	30	2.5	Ritmado Contínuo
Estrada Nacional 254 - D1	52	135	34	15.2	15.2	90	90	3.5	Fluído Contínuo
Estrada Nacional 254 - D2	53	135	34	15.2	15.2	90	90	3.5	Fluído Contínuo
Estrada Nacional 254 - E	23	74	19	13.5	13.5	90	90	3.5	Fluído Contínuo
Estrada Nacional 255 - A	46	183	46	9.3	8.5	90	90	3.5	Fluído Contínuo
Estrada Nacional 255 - B	47	216	54	9.3	9.3	70	60	3.5	Fluído Contínuo
Estrada Nacional 255 - C	24	179	45	10	10	70	60	3.5	Fluído Contínuo
Estrada Nacional 255 - D	25	153	38	16	16	70	60	3.5	Fluído Contínuo
Estrada Nacional 255 - E	56	140	35	17.5	17.5	90	90	3.5	Fluído Contínuo
Estrada Nacional 255 - F	57	140	35	17.5	17.5	50	50	2.5	Ritmado Contínuo
Estrada Nacional 255 - G	58	154	39	17	17	50	50	2.5	Ritmado Contínuo
Estrada Nacional 255 - H	59	154	39	17	17	90	90	3.5	Fluído Contínuo
Estrada Nacional 255 - I	26	130	33	16.7	16.7	90	90	3.5	Fluído Contínuo
Estrada Nacional 255 - J	27	106	28	17.9	14.9	70	60	3.5	Fluído Contínuo
Estrada Nacional 373 - A	28	65	17	8.3	7.9	90	90	3.5	Fluído Contínuo
Estrada Nacional 373 - B	29	144	36	15	15	70	60	3.5	Fluído Contínuo



Nome	ID	Tráfego médio horário		Percentagem de Pesados (%)		Velocidade Máxima (km/h)		SCS Dist. (m)	Fluxo de Tráfego
		Diurno	Nocturno	Diurno	Nocturno	Ligeiros	Pesados		
Estrada Nacional 373 - C	48	118	30	20	20	90	90	3.5	Fluído Contínuo
Estrada Nacional 373 - D	49	118	30	20	20	90	90	3.5	Fluído Contínuo
Estrada Nacional 373 - E	30	84	21	20	20	90	90	3.5	Fluído Contínuo
Juromenha	31	24	2	16.7	16.7	50	50	3.5	Ritmado Contínuo
Largo Major - R. de S. António	15	48	5	0	0	40	40	2.5	Ritmado Contínuo
Mina do Mugalho - Rosário	34	28	4	10	2.8	90	80	3	Fluído Contínuo
Montes Juntos - A	35	21	2	0	0	40	40	2.5	Ritmado Contínuo
Montes Juntos - B	36	5	1	0	0	40	30	2.5	Ritmado Contínuo
Pr. da República - R. Dr. António José de Almeida	1	100	20	10	5	40	40	2.5	Ritmado Contínuo
R. D. Nuno Álvares	8	68	7	0	0	30	30	2.5	Ritmado Contínuo
R. de Olivença - Lg. de S. Bento	44	40	4	0	0	40	40	2.5	Ritmado Contínuo
R. de S. Bento	13	24	2	0	0	40	40	2.5	Ritmado Contínuo
R. do Pinheiro - R. 5 de Outubro	7	56	6	0	0	30	30	2.5	Ritmado Contínuo
R. do Rodó	9	40	6	10	10	40	40	2.5	Ritmado Contínuo
R. dos Combatentes da Grande Guerra	10	68	10	0	0	30	30	2.5	Fluído Contínuo
R. Dr. António José de Almeida - A	45	120	18	10	5.5	40	40	3.5	Ritmado Contínuo
R. Dr. António José de Almeida - B	67	140	21	10	4.7	50	50	2.5	Fluído Contínuo
R. Dr. António José de Almeida - C	68	90	20	10	5	40	30	2.5	Ritmado Contínuo
R. Dr. António José de Almeida - D	66	60	12	15	15	30	30	2.5	Ritmado Contínuo
R. Dr. Manuel Vieira Xavier	3	94	14	10	10	50	50	2.5	Ritmado Contínuo
R. Dr. Teófilo Braga	11	16	2	0	0	30	30	2.5	Ritmado Contínuo
R. João de Deus	2	120	18	0	0	40	40	2.5	Ritmado Contínuo
R. Luís de Camões	6	8	1	0	0	30	30	2.5	Ritmado Contínuo
Rosário	39	4	1	0	0	40	40	2.5	Ritmado Contínuo
Santiago Maior - Pias	41	12	2	10	5.5	90	80	2.5	Fluído Contínuo
Terena - A	42	48	5	10	2.2	50	40	2.5	Ritmado Contínuo
Terena - B	43	4	1	0	0	40	30	2.5	Ritmado Contínuo
Travessa da Fonte	14	76	11	0	0	40	40	2.5	Ritmado Contínuo
Venda - A	50	24	2	10	5.5	50	50	2.5	Ritmado Contínuo
Venda - B	51	20	2	0	0	50	50	2.5	Ritmado Contínuo

Nota: SCS Dist.: Distância da berma ao eixo da via.



dB Lab

Laboratório de Acústica e Vibrações, Lda.



ANEXO 2



dB Lab

Laboratório de Acústica e Vibrações, Lda.



ANEXO 3



dB Lab

Laboratório de Acústica e Vibrações, Lda.



ANEXO 4



ÍNDICE DOS MAPAS

A4.1.1	Mapa de Ruído Diurno do Concelho do Alandroal
A4.1.2	Mapa de Ruído Nocturno do Concelho do Alandroal
A4.2.1	Mapa de conflitos Diurno do Concelho do Alandroal – Território classificado como Zona Mista
A4.2.2	Mapa de conflitos Nocturno do Concelho do Alandroal – Território classificado como Zona Mista
A4.3.1	Mapa de conflitos Diurno do Concelho do Alandroal – Território classificado como Zona Sensível
A4.3.2	Mapa de conflitos Nocturno do Concelho do Alandroal – Território classificado como Zona Sensível
A4.4.1	Mapa de Ruído Diurno da Sede do Concelho do Alandroal
A4.4.2	Mapa de Ruído Nocturno da Sede do Concelho do Alandroal
A4.5.1	Mapa de conflitos Diurno da Sede do Concelho do Alandroal – Território classificado como Zona Mista
A4.5.2	Mapa de conflitos Nocturno da Sede do Concelho do Alandroal – Território classificado como Zona Mista
A4.6.1	Mapa de conflitos Diurno da Sede do Concelho do Alandroal – Território classificado como Zona Sensível
A4.6.2	Mapa de conflitos Nocturno da Sede do Concelho do Alandroal – Território classificado como Zona Sensível