

# Mapa de Ruído Previsional do Plano de Urbanização do Vale de Sto. António, incluindo Medidas de Minimização de Ruído

Descrição do Modelo e Resultados

Referência do Relatório: 10\_038MRPM01

Data do Relatório: 23-07-2010

Nº. Total de Páginas (excluindo anexos):27

Mod. 60-05.03

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUÇÃO E OBJECTIVO .....</b>	<b>3</b>
<b>2. CONTEXTO LEGISLATIVO.....</b>	<b>4</b>
2.1 DEFINIÇÕES .....	4
2.2 ENQUADRAMENTO LEGAL DOS MAPAS DE RUÍDO .....	6
<b>3. METODOLOGIA .....</b>	<b>8</b>
3.1 MAPAS DE RUÍDO – DESCRIÇÃO BREVE.....	8
3.2 MAPA DE RUÍDO PREVISIONAL DO PLANO DE URBANIZAÇÃO DO VALE DE STO. ANTÓNIO, INCLUINDO MEDIDAS DE MINIMIZAÇÃO DE RUÍDO .....	9
3.3 SOFTWARE UTILIZADO.....	10
3.4 NORMAS E PARÂMETROS UTILIZADOS .....	10
3.4.1 <i>Tráfego Rodoviário</i> .....	10
<b>4. DESCRIÇÃO DO PROJECTO .....</b>	<b>13</b>
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO MODELO .....	13
4.1.1 <i>Identificação da área de estudo e área do mapa</i> .....	13
4.1.2 <i>Altimetria</i> .....	15
4.1.3 <i>Planimetria</i> .....	15
4.1.4 <i>Fontes de ruído</i> .....	17
4.1.4.1 <i>Tráfego Rodoviário</i> .....	17
4.2 CONFIGURAÇÃO DE CÁLCULO.....	19
4.3 ESTUDO DE MEDIDAS DE MINIMIZAÇÃO .....	21
4.3.1 <i>Medidas Propostas</i> .....	21
<b>5. RESULTADOS DO MODELO – MAPAS DE RUÍDO .....</b>	<b>23</b>
5.1 ANÁLISE DOS MAPAS DE RUÍDO .....	23
<b>6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>24</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>25</b>

- ANEXO I – Identificação das Fontes Sonoras Modeladas (rodovias);
- ANEXO II - Mapas de Ruído à escala 1:5 000;
- ANEXO III – Mapas de Conflito à escala 1:5 000;
- ANEXO IV— Cd com Relatório, Mapas de Ruído e Mapas de Conflito em formato Raster e Vectorial.

# Mapa de Ruído Previsional do Plano de Urbanização do Vale de Sto. António, incluindo Medidas de Minimização de Ruído

## DESCRIÇÃO DO MODELO E RESULTADOS

### *Ficha Técnica*

Designação do Projecto	Mapa de Ruído Previsional do Plano de Urbanização do Vale de Sto. António, incluindo Medidas de Minimização de Ruído
Cliente	Manuel ██████████ Sá, Lda
Morada	Rua da Constituição, 344, 1º Dto 4200 – 192 Porto
Localização do projecto	Vale de Sto. António (Lisboa)
Fonte(s) do Ruído Particular	Tráfego Rodoviário
Data de Emissão	23-07-2010

### *Equipa Técnica*

O presente trabalho foi elaborado pela seguinte equipa técnica:

- Luís ██████████ Santos, Eng. Electrotécnico (IST), MSc. Sound and Vibration Studies (Un. Southampton) – Director Técnico do Laboratório;
- Christine Matias, Eng. Ambiente (ESTGIPL) – Técnica Superior.

## 1. INTRODUÇÃO E OBJECTIVO

O Regulamento Geral do Ruído (RGR), aprovado pelo Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de Janeiro revoga o anterior regulamento (Decreto – Lei n.º 292/2000) defendendo a articulação com outros regimes jurídicos, designadamente o da urbanização e da edificação e o de autorização e licenciamento de actividades. O RGR visa, por outro lado, a salvaguarda da saúde humana e bem-estar das populações em matéria de ambiente sonoro e a harmonização com o Decreto-Lei n.º 146/2006, de 31 de Julho, que transpõe a Directiva Comunitária 2002/49/CE relativa à Avaliação e Gestão do Ruído Ambiente.

De acordo com a legislação citada, a elaboração ou alteração dos Planos Municipais de Ordenamento do território (PMOT) devem recorrer em informação acústica adequada, devendo as Câmaras Municipais promover, para esse efeito, a elaboração de mapas de ruído.

É de destacar que passam a existir 3 períodos de referência – diurno, do entardecer e nocturno – e que os indicadores relevantes para elaboração de mapas de ruído passam a ser o nível diurno-entardecer-nocturno,  $L_{den}$ , e o nível nocturno,  $L_n$ . O período diurno tem início às 07h00 e fim às 20h00, o do entardecer vai das 20h00 às 23h00 e o nocturno das 23h00 às 07h00.

Elaborado no âmbito do Plano de Urbanização do Vale Sto. António, este Mapa de Ruído pretende constituir uma ferramenta de apoio às tomadas de decisões sobre o ordenamento do território, fornecendo informação acústica para atingir os seguintes objectivos:

- Preservar zonas com níveis sonoros regulamentares;
- Corrigir zonas com níveis sonoros não regulamentares;
- Criar novas zonas, sensíveis, mistas ou outras, com níveis sonoros compatíveis.

Nesse intuito, este estudo desenvolve um modelo acústico tridimensional de toda a área em estudo, analisando os resultados, nas seguintes perspectivas:

- Níveis de ruído previstos pelo modelo, afim de aferir as zonas de conflito que o Plano trará em termos de ruído gerado pelo tráfego rodoviário resultante das alterações previstas na circulação e de novos usos do solo;
- Mapas de ruído para os indicadores  $L_{den}$  e  $L_n$ , considerando as principais fontes de ruído (grandes eixos rodoviários bem como as restantes vias, já existentes e de projecto)
- Estudo de medidas de minimização de forma a garantir o cumprimento dos limites legais, de acordo com o DL 9/2007.

O modelo criado é elaborado de forma a dispor de uma ferramenta evoluída e evolutiva para a gestão e controlo da poluição sonora existente nessa área, apresentando um potencial que não se esgota nos resultados apresentados. Foi utilizada a escala 1:5000.

## 2. CONTEXTO LEGISLATIVO

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

### 2.1 DEFINIÇÕES

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

- Intervalos de Tempo de Referência – segundo o Decreto-Lei n.º 9/2007 são tomados como períodos de referência os seguintes: diurno (7h às 20h), entardecer (20h às 23h) e nocturno (23h às 7h);
- Ruído Ambiente – Ruído global observado numa dada circunstância num determinado instante, devido ao conjunto das fontes sonoras que fazem parte da vizinhança próxima ou longínqua do local considerado;
- Ruído Residual (ou Ruído de Fundo) – Ruído ambiente a que se suprimem um ou mais ruídos particulares, para uma determinada situação;
- Ruído Particular (ou Ruído Perturbador) – Componente do ruído ambiente que pode ser especificamente identificada por meios acústicos e atribuída a uma determinada fonte sonora;
- Área do Mapa – Área onde se pretende conhecer os níveis sonoros;
- Área de Estudo – A área de estudo, é uma área que geralmente é superior à área do mapa, onde poderão existir fontes de ruído que, apesar de se localizarem fora da área do mapa, poderão ter influência nos níveis sonoros aí existentes;
- Mapa de Ruído – Apresentação de dados sobre uma situação de ruído existente ou prevista em termos de um indicador de ruído, onde se representam as áreas e os contornos das zonas de ruído às quais corresponde uma determinada classe de valores expressos em dB(A), valores esses calculados numa malha quadrada de pontos e a uma dada altura relativamente ao solo (tipicamente 1,5 ou 4 metros);
- Mapas de Conflito – Mapas em que se representa as diferenças entre os níveis de ruído e os valores limite definidos para uma dada zona;
- Valor Limite – Valor que, conforme determinado pelo Estado-membro (em Portugal correspondente aos valores impostos para zonas sensíveis ou mistas), caso seja excedido, será ou poderá ser objecto de medidas de redução por parte das autoridades competentes;

- **Zona Sensível** a área definida em plano municipal de ordenamento do território como vocacionada para uso habitacional, ou para escolas, hospitais ou similares, ou espaços de lazer, existentes ou previstos, podendo conter pequenas unidades de comércio e de serviços destinadas a servir a população local, tais como cafés e outros estabelecimentos de restauração, papelarias e outros estabelecimentos de comércio tradicional, sem funcionamento no período nocturno;
- **Zona Mista** a área definida em plano municipal de ordenamento do território, cuja ocupação seja afectada a outros usos, existentes ou previstos, para além dos referidos na definição de zona sensível;
- **Zona Urbana Consolidada** a zona sensível ou mista com ocupação estável em termos de edificação;
- **Planeamento Acústico** – O futuro controlo de ruído através de medidas programadas; inclui o ordenamento de território, engenharia de sistemas para o tráfego, planeamento do tráfego, redução por medidas adequadas de isolamento sonoro e de controlo de ruído na fonte;
- **Nível Sonoro Contínuo Equivalente, Ponderado A,  $L_{Aeq}$ , de um Ruído e num Intervalo de Tempo** – Nível sonoro, em dB (A), de um ruído uniforme que contém a mesma energia acústica que o ruído referido naquele intervalo de tempo,

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

sendo:

$L(t)$  o valor instantâneo do nível sonoro em dB (A);

$T$  o período de tempo considerado.

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

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

sendo:

- $L_d$  o indicador de ruído diurno ( $L_{Aeq}$  de longa duração do ruído ambiente diurno)
- $L_e$  o indicador de ruído do entardecer ( $L_{Aeq}$  de longa duração do ruído ambiente do entardecer)
- $L_n$  o indicador de ruído nocturno ( $L_{Aeq}$  de longa duração do ruído ambiente nocturno)

## 2.2 ENQUADRAMENTO LEGAL DOS MAPAS DE RUÍDO

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

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

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

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

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

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

Refere ainda no ponto 3 do mesmo artigo que:

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

De acordo com o RGR, compete à Agência Portuguesa do Ambiente (APA) estabelecer as directrizes para a elaboração de mapas de ruído.

Ainda no que respeita ao enquadramento legal dos mapas de ruído, é de destacar o documento, emitido em Outubro de 2001, pelas então Direcção Geral do Ambiente (DGA) e Direcção Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano (DGOTDU), designado como **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), em concreto:

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

As directrizes que se estabelecem aplicam-se aos vários tipos de mapas de ruído previstos no quadro legal de ruído ambiente: mapas estratégicos de aglomerações e de grandes infra-estruturas de transporte (GIT), e mapas municipais (para articulação com Planos Municipais de Ordenamento do Território). Os mapas municipais de ruído para articulação com o PDM dos municípios que

constituam aglomerações são o resultado da sobreposição dos seus mapas estratégicos elaborados para os quatro tipos de fontes sonoras (tráfego rodoviário, ferroviário e aéreo, e indústrias).

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

Nestes princípios referem-se aspectos técnicos relativos à elaboração de Mapas de Ruído, dos quais alguns se descrevem:

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

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

- A representação gráfica e medições de ruído ambiente deverão ser realizadas de acordo com a NP 1730;
- A escala não deve ser inferior a:
  - 1:25 000, para articulação com PDM, salvo nos municípios definidos como aglomerações;
  - 1:5 000, ou outras que a regulamentação própria sobre cartografia venha a definir, para articulação com PU/PP;
  - 1:10 000, para mapas estratégicos de aglomerações e de GIT.
- 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, a escala e a data de avaliação.



### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 MAPAS DE RUÍDO – DESCRIÇÃO BREVE

Desde a publicação do Livro Verde (1996) da "Future Noise Policy for EU" que ficou claramente definido que, a nível comunitário, toda a política do ruído ambiental se passará a basear na cartografia do ruído, inserida em sistemas de informação geográfica e considerada como ferramenta essencial de planeamento urbano, municipal e regional.

O desenvolvimento de técnicas de modelação da emissão e propagação sonora, a par do enorme aumento das capacidades de memória e cálculo dos sistemas informáticos, permitiram o aparecimento, nos últimos anos, de programas informáticos capazes de modelar, com boa precisão e relativa rapidez, as mais complexas situações de geração e propagação de ruído.

Os resultados são normalmente apresentados sob a forma de linhas isofónicas e/ou manchas coloridas, representando as áreas cujo nível de ruído se situa numa dada gama de valores, ou seja, Mapas de Ruído.

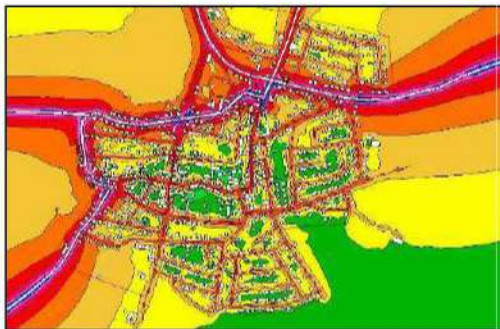


Figura 3.1 – Mapa de Ruído em planta.



Figura 3.2 – Mapa de Ruído em 3D.

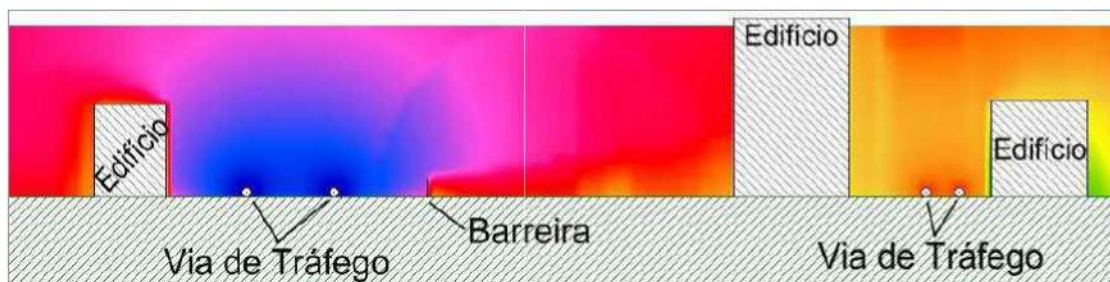


Figura 3.3 – Mapa de Ruído em corte transversal às vias rodoviárias.

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

### **3.2 Mapa de Ruído Previsional do Plano de Urbanização do Vale de Sto. António, incluindo Medidas de Minimização de Ruído**

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), os edifícios e outros obstáculos permanentes à propagação de ruído (muros);
- Identificação e levantamento das principais fontes de ruído existentes na área do plano – tráfego rodoviário;
- Importação da altimetria para o Software CadnaA e criação do modelo digital do terreno (tridimensional);
- Importação para o Software CadnaA das linhas que definem os eixos de via das rodovias;
- Importação dos edifícios e das barreiras acústicas e definição da sua altura de forma a criar-se elementos 3D, a partir da informação fornecida pelo cliente;
- Caracterização das fontes de ruído com base nas Normas francesas NMPB96 e XPS 31-133 (tráfego rodoviário), e no procedimento interno do dBLab PT60 – Elaboração de Mapas de Ruído;
- Introdução dos dados de tráfego de acordo com o estudo realizado para o efeito, para a situação previewal;
- 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 a área do plano em computador através do software CadnaA e com base nas Normas francesas NMPB96, XP S 31-133, para realizar o referido Mapa de Ruído;
- Estudo de medidas de minimização de ruído onde se verifique conflito junto a receptores sensíveis, de modo a garantir o melhor cenário acústico possível;
- Impressão final do Mapa de Ruído e análise final por inspeção visual, para eventuais detecções de erros de processamento.

### 3.3 SOFTWARE UTILIZADO

O programa utilizado para a elaboração dos Mapas de Ruído é o **CadnaA** que cumpre integralmente com os requisitos apresentados na Directiva Comunitária (2002/49/CE), no que toca aos métodos de cálculo a utilizar para elaboração do Mapa de Ruído e permite elaborar Mapas de ruído que incluem a contribuição de todos os tipos de fontes relevantes, sendo cada uma modelada de acordo com o método respectivo.

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

### 3.4 NORMAS E PARÂMETROS UTILIZADOS

#### 3.4.1 TRÁFEGO RODOVIÁRIO

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

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

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

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

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

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

Como nos interessa a integração dos níveis sonoros ao longo do tempo, ou seja, o Nível Sonoro Contínuo Equivalente, Ponderado A, num determinado Receptor, uma via de tráfego pode ser modelada como uma fonte linear que, na prática, é dividida em vários segmentos elementares, que

se comportam como fontes pontuais estáticas, com uma determinada potência sonora  $L_{AW}$ , função de diversos parâmetros como a velocidade, tipo de veículo, perfil longitudinal, fluxo de tráfego e comprimento do segmento.

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

- Separação de um troço rodoviário em secções acusticamente homogêneas, 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:

**Quadro 3-1 - Espectro de referência para tráfego rodoviário**

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

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.

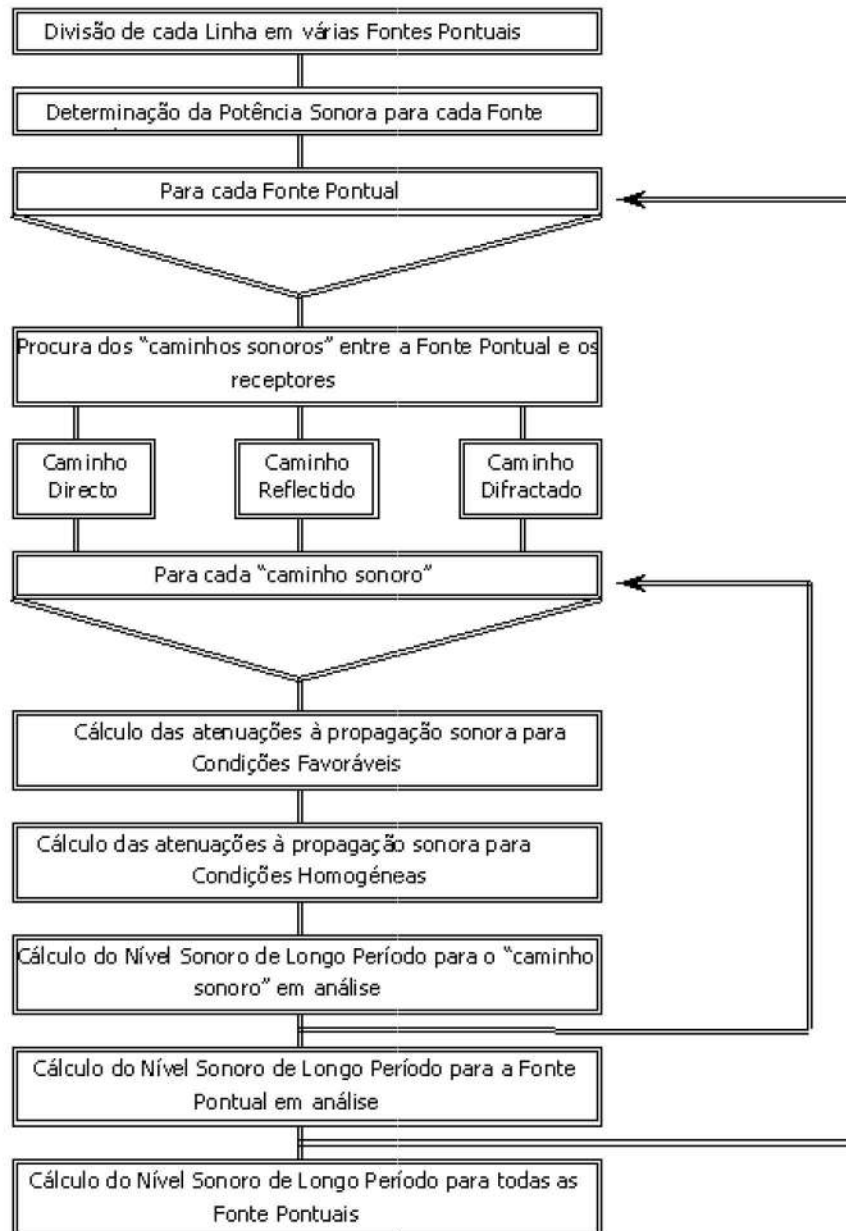


Figura 3-1 Fluxograma do método NMPB'96

## 4. DESCRIÇÃO DO PROJECTO

### 4.1 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.

#### 4.1.1 IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E ÁREA DO MAPA

O Plano de Urbanização do Vale de Sto. António abrange uma área de aproximadamente 48 ha na cidade de Lisboa em Portugal. O plano implica alterações nas vias rodoviárias assim como nos usos do solo, sendo que as principais alterações são ao nível do desnivelamento da Avenida Mouzinho de Albuquerque, com a criação de túneis para ligação à Avenida General Roçadas. As fontes de ruído a considerar são apenas as rodovias inseridas na área e envolvente do plano.

Foram elaborados mapas de ruído para os dois indicadores ( $L_n$  e  $L_{den}$ ), portanto com informação relativa aos três períodos a considerar (dia, entardecer e noite), para a situação previewal.

Uma vez que já se encontra realizado o Mapa de Ruído da situação actual, não foram realizadas medições acústicas para avaliar a realidade acústica do local caracterizando os níveis de ruído actuais nem em termos de validação do modelo. Dado que na análise da situação previewal não é possível a realização de medições para aferição da validade do modelo, este procedimento não foi efectuado, sendo os resultados obtidos provenientes de estimativas de tráfego rodoviário tendo em conta o seu acréscimo no horizonte de projecto e os respectivos desvios devidos aos desnivelamentos propostos e novas ligações entre vias importantes (Avenida Mouzinho de Albuquerque e Avenida General Roçadas), dados estes fornecidos pelo cliente.

Assim sendo, o mapa de ruído previewal foi elaborado de acordo com a proposta de plano que contempla diversos itens, destacando-se os seguintes:

- 1 – ruído gerado pelo tráfego rodoviário das vias consideradas no plano, nomeadamente pelos desvios de trânsito e pelas passagens desniveladas previstas;
- 2 – ruído gerado pelo acréscimo de tráfego rodoviário que os novos usos do solo implicarão, nomeadamente o Centro Cívico e os novos edifícios de habitação.

O enquadramento do Plano na região de Lisboa é apresentado na figura seguinte.



**Figura 4-1** Localização do Plano na região de Lisboa (adaptado de: [www.clix.pt](http://www.clix.pt), todos os direitos reservados)

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

A definição da área fora dos limites do Plano (área de estudo), tem em conta o tipo e importância das fontes em causa, bem como as características de ocupação do solo no limite da área do mapa. Na figura seguinte apresenta-se a área de estudo considerada para o Plano de Urbanização do Vale de Sto. António onde se visualiza o limite da área do mapa a azul.

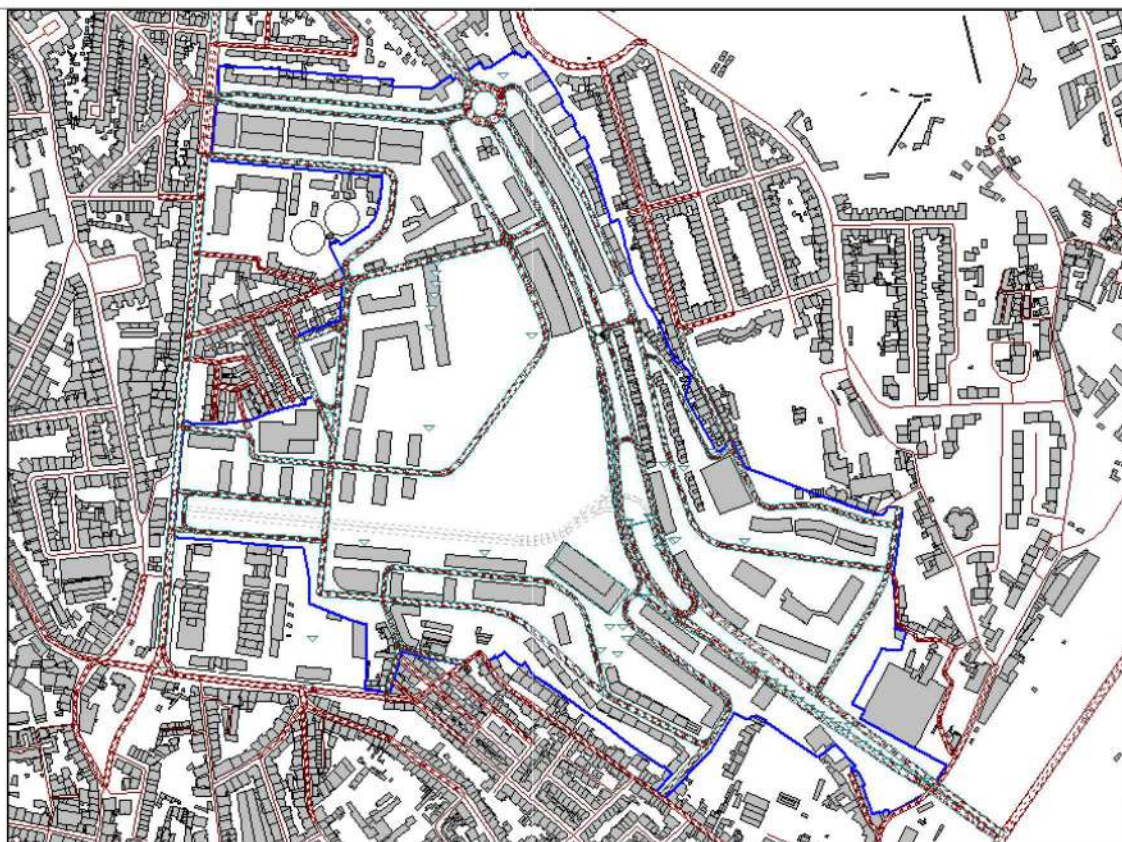


Figura 4-2 – Extracto do Modelo altimétrico criado (limite do plano a azul).

#### 4.1.2 ALTIMETRIA

Para a elaboração do Mapa de Ruído é necessária informação relativa à altimetria do terreno, nomeadamente curvas de nível e pontos cotados. A partir desta informação, o programa de simulação constrói o modelo digital do terreno (MDT) usado como base no cálculo dos valores de  $L_{Aeq}$  e restantes indicadores.

Da informação contida nos elementos altimétricos recebidos, seleccionou-se o seguinte tema para tratamento em CadnaA: curvas de nível com indicação de cotas de metro em metro;

O modelo resultante encontra-se apresentado na Figura 4-2.

#### 4.1.3 PLANIMETRIA

Para se proceder à correcta importação de layers para o Cadna\_A, procedeu-se ao tratamento e selecção de layers correspondentes aos seguintes temas:

- I. Edificado;
- II. Barreiras Acústicas (muros);

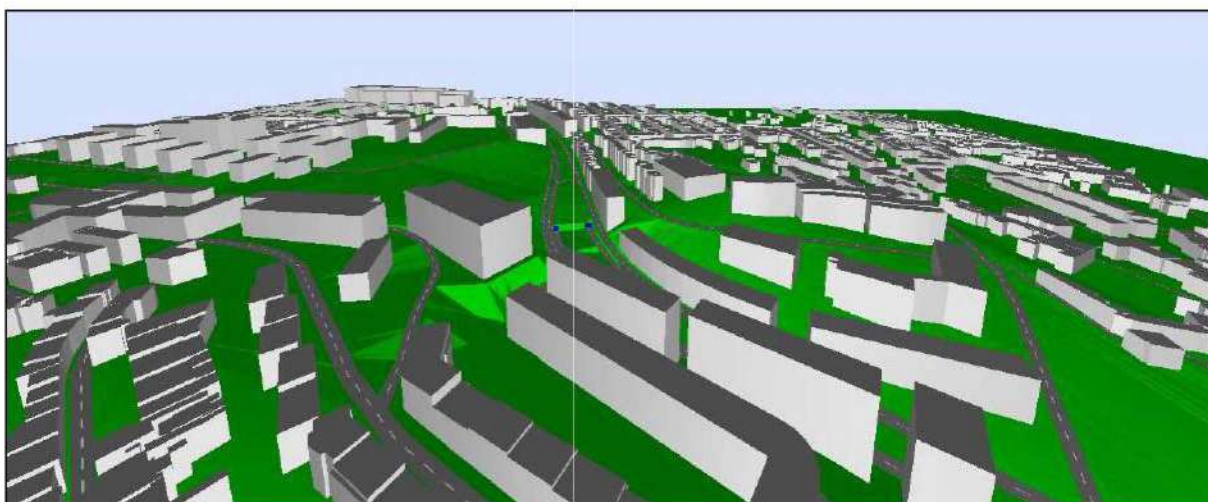


III. Limite do plano;

IV. Eixos e bermas de vias rodoviárias;

Foi atribuída altura aos edifícios com base em informação fornecida pelo cliente e em observações no local em estudo.

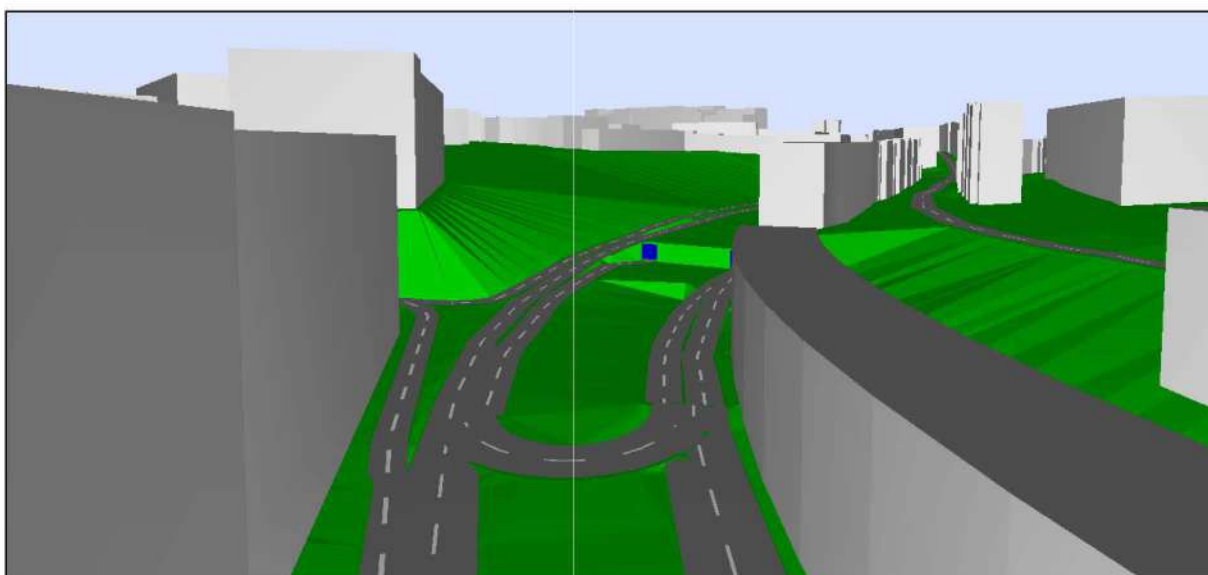
Na figura seguinte encontra-se representado um exemplo do modelo tridimensional obtido.



**Figura 4-3 – Exemplo do modelo tridimensional**

Para o cálculo do MR, foi ainda considerado um valor médio de absorção sonora (0,21) para as fachadas dos edifícios.

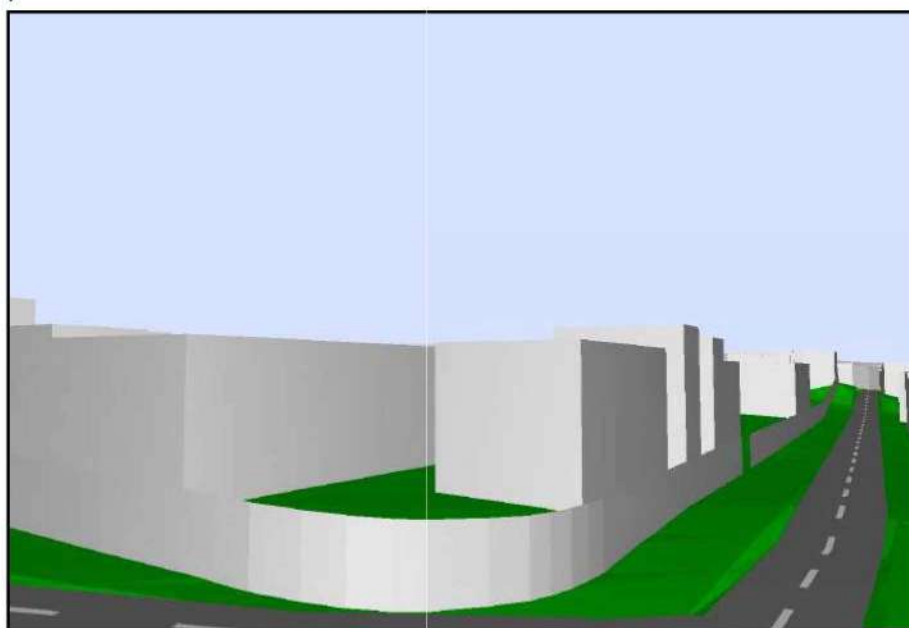
Para além dos edifícios foram também considerados outros obstáculos à propagação do som ao ar livre, nomeadamente os taludes naturais e os muros. A Figura 4-4 e Figura 4-5 ilustram cada uma dessas situações.



**Figura 4-4 – Vista de um Talude Natural (Av. Mouzinho de Albuquerque).**

Relativamente aos muros, foram considerados unicamente os muros com cota acima do solo de pelo menos 3 metros, num qualquer ponto da sua configuração.

À semelhança do procedimento efectuado no edificado foi considerado um valor médio de absorção sonora (0,21) nos muros.



**Figura 4-5– Vista de um muro na Rua de Sapadores**

#### **4.1.4 FONTES DE RUÍDO**

Este estudo tem definido como fontes de ruído, os principais eixos de tráfego rodoviário, assim como as vias secundárias que servem toda a área do plano.

As fontes de ruído foram modeladas de acordo com a sua geometria real de forma a reproduzir no modelo a realidade acústica que irá existir.

##### **4.1.4.1 Tráfego Rodoviário**

A avaliação dos fluxos de tráfego dentro do Plano, fornecida pelo cliente, permitiu definir quais as vias rodoviárias com maior contribuição para os níveis sonoros dentro do espaço concelhio e assim aquelas que deveriam ser consideradas na modelação.

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

- (i) os dados fornecidos pelo cliente relativos ao TMD, para todas as vias consideradas, e baseado em estudos parcelares efectuados aos diversos loteamentos, por categorias das rodovias consideradas, tendo portanto em conta as dimensões e importância de cada via.

Após recepção e tratamento dos dados obtidos, introduziram-se os valores de tráfego no modelo.

Foram ainda recolhidas informações junto do cliente e inseridas no modelo, sobre o tipo de piso de cada eixo viário, tendo sido considerado Betão Betuminoso em todas as vias, e da sinalética vertical de velocidades de circulação máxima.

Os segmentos finais considerados para cada um dos eixos de via são apresentados na Carta 1 do Anexo I, e correspondem às variações de características listadas no quadro seguinte, que lhe serve de legenda:

**Quadro 4-1 – Listagem das características das vias rodoviárias para os períodos diurno, entardecer e nocturno.**

Classe de rodovia	Período Diurno (7-20h)			Período do Entardecer(20-23h)			Período Nocturno (23-7h)			V. máx. (km/h)
	L <sub>w</sub> dB(A)	TMH (veic/h)	% Pesados	L <sub>w</sub> dB(A)	TMH (veic/h)	% Pesados	L <sub>w</sub> dB(A)	TMH (veic/h)	% Pesados	
Categoria 1	71.2	75	3	70.6	65	3	64.5	16	3	50
Categoria 2	75.7	213	3	75.1	185	3	69.1	46	3	50
Categoria 3	77.6	329	3	77.0	285	3	71.0	71	3	50
Categoria 4	78.8	433	3	78.2	375	3	72.2	94	3	50
Categoria 5	79.7	531	3	79.1	460	3	73.0	115	3	50
Categoria 6	80.6	635	3	79.8	550	3	73.8	138	3	50

Relativamente às cotas dos eixos de via, estas foram fornecidas pelo cliente para a maior parte das vias, tendo as restantes sido obtidas por modelação com o software CadnaA. Este software gera um modelo digital do terreno (MDT) a partir das curvas de nível, colocando em seguida os diferentes objectos necessários à modelação sobre o MDT.

Em algumas rodovias foram ainda necessários ajustes altimétricos, essencialmente em nós rodoviários e desnivelamentos de modo a obter uma melhor correspondência do modelo com a realidade prevista. Nas figuras seguintes mostram-se exemplos dos ajustes efectuados.

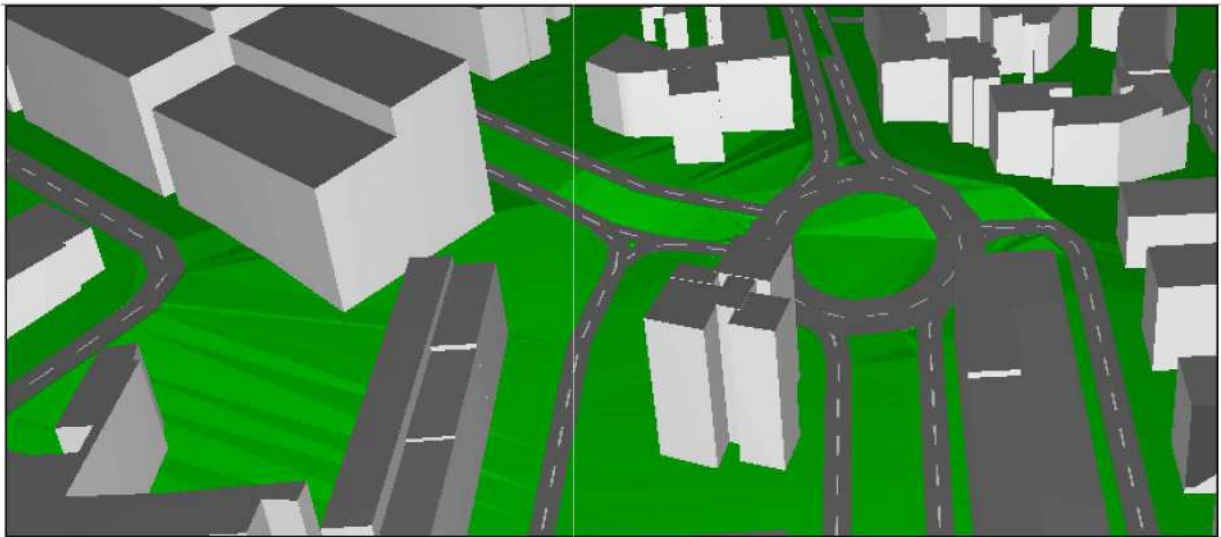


Figura 4-6 – Vista da Rotunda de ligação da Av. Mouzinho de Albuquerque à Avenida Coronel Eduardo Galhardo.

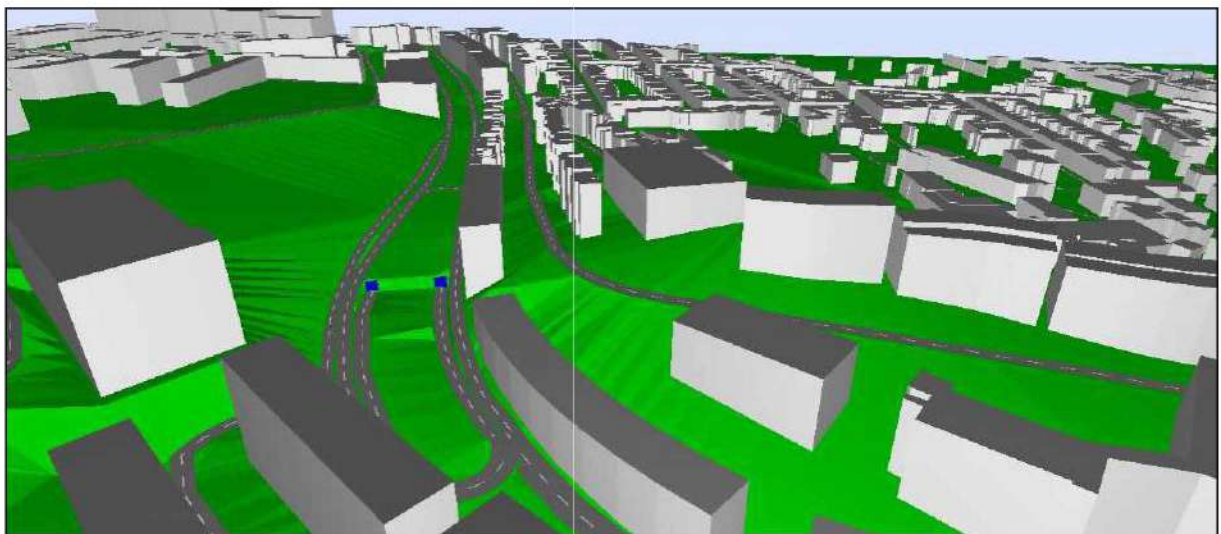


Figura 4-7 – Vista da entrada e saída dos túneis de ligação da Av. Mouzinho de Albuquerque à Av. General Roçadas.

## 4.2 CONFIGURAÇÃO DE CÁLCULO

O cálculo dos mapas de ruído foi realizado a partir da criação de uma malha equidistante de pontos de cálculo. Para cada um dos pontos da malha, o modelo calcula os níveis de ruído adicionando as contribuições de todas as fontes de ruído consideradas, tendo também em consideração os trajectos de propagação e as atenuações, de acordo com o estipulado na Norma XPS 31-133 e no Método de Cálculo Francês “NMPB Routes 1996” (tráfego rodoviário).

Para o cálculo dos mapas de ruído foi definida uma malha de cálculo regular de pontos receptores, com 5 m por 5 m, e, de acordo com a directiva 2002/49/CE, a 4 m de altura do solo.

Foi ainda considerada a primeira reflexão para cada raio sonoro para as rodovias.

Dada a sua influência no cálculo da atenuação do som na sua propagação ao ar livre, entre os parâmetros que caracterizam o clima desta região, salientam-se a temperatura, a humidade relativa e o regime de ventos. A caracterização climática da região em estudo foi efectuada com base nos dados referentes à Estação Meteorológica de Lisboa, que é das estações pertencentes à rede do INMG com registo de décadas, a que se situa geograficamente mais próxima. Os valores destas variáveis são resultados de tratamento estatístico de dados referentes a 30 anos (de 1958 a 1988) (fonte: <http://agricultura.isa.utl.pt/agricultura/agribase/estacoes.asp>).

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

- temperatura média anual – 16,7 ° C;
- humidade relativa média do ar - 75% hr;
- velocidade média do vento - 3,78 ms<sup>-1</sup>.

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

Relativamente aos dados meteorológicos para o ruído de tráfego rodoviário consideram-se condições médias no período diurno, isto é 50% de ocorrência de situações favoráveis à propagação para todos os quadrantes de ventos 75% no período do entardecer e 100% de ocorrência para as mesmas no período nocturno, que se pensa ser o mais crítico em termos de incomodidade, conforme recomendado pela APA nas suas directrizes publicadas em Junho de 2008.

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

### 4.3 ESTUDO DE MEDIDAS DE MINIMIZAÇÃO

Após o cálculo do Mapa de Ruído Previsional, foram identificados os níveis de ruído no interior da área definida para o PUVSA e calculados os Mapas de Conflito. Tendo em conta que os níveis se apresentavam elevados, e impossibilitavam a viabilidade de implementação do Plano de Urbanização previsto devido a incumprimentos legais dos níveis regulamentares, procedeu-se à implementação de algumas medidas de redução de ruído, criando um ambiente acusticamente melhorado, e permitindo assim a viabilidade do Plano. Tendo em conta que o local se apresenta densamente urbanizado, e que se tornam inviáveis determinadas medidas de minimização, como sendo barreiras acústicas, estudaram-se quais as alternativas viáveis a um centro urbano, como o plano em causa.

Tendo em conta que não existe ainda uma classificação atribuída por parte da Câmara Municipal de Lisboa (CML), determinou-se como mais adequada a classificação de zona mista, tendo em conta a existência de níveis de ruído já muito elevados e tendo também em conta que o Plano abrange alguma vias de transporte importantes à mobilidade numa zona histórica de Lisboa e portanto com volumes de tráfego bastante elevados, e consequentemente geradores de ruído.

Após a implementação das medidas de minimização viáveis para o local, determinou-se novamente qual será o conflito que permanecerá na área do PUVSA, tendo por base os limites máximos para as zonas mistas 65 dB(A) para o indicador  $L_{den}$  e 55 dB(A) para o indicador  $L_n$ .

A verificação do cumprimento dos limites legais foi efectuada à cota de 4 metros, de acordo com as directrizes da APA.

De acordo com o estudo efectuado verificou-se que as principais vias rodoviárias susceptíveis de causar incomodidade dentro dos limites do plano, são as Avenidas Mouzinho de Albuquerque e Coronel Eduardo Galhardo, no entanto, as restantes vias interiores do plano também se apresentam como fontes de ruído importantes como se pode visualizar nas Cartas 2.1 do Anexo II (Mapas de Ruído sem medidas de minimização). Assim, estudaram-se medidas para aplicar a todas as fontes de ruído, e que garantem a melhoria possível do cenário acústico local, aproximando-se dos limites legais, como se pode verificar nas Cartas 2.2 do Anexo II (Mapas de Ruído com medidas de minimização), tendo em conta que se mantêm os dados de entrada no que respeita ao tráfego.

#### 4.3.1 MEDIDAS PROPOSTAS

Apresentam-se de seguida as medidas propostas para que se verifique uma melhoria significativa dos níveis de ruído com vista ao cumprimento dos limites de 65 dB(A) para o  $L_{den}$  e 55 dB(A) para  $L_n$ :

- 1 - Proibição do tráfego de pesados entre as 20h e as 07h em todas as vias rodoviárias;
- 2 - Redução da velocidade de circulação de 50 km/h para 40 km/h em todas as vias rodoviárias.

Verifica-se, pelas Cartas 3.1 e 3.2 do Anexo III (Mapas de Conflito sem e com medidas de minimização, respectivamente), que com as medidas referidas é possível reduzir significativamente os níveis de ruído na área do Plano de Urbanização do Vale de Sto. António. A extensão do conflito é assim reduzida, permanecendo apenas algumas zonas onde os níveis de ruído previstos ultrapassam o critério de exposição máxima para zona mista ( $L_{den} \leq 65$  dB(A) e  $L_n \leq 55$  dB(A)), embora sem o exceder em mais de 5 dB(A) nas fachadas dos edifícios, de uma maneira geral, exceptuando alguns casos pontuais na Av. Mouzinho de Albuquerque.

Tendo em conta as características do local e o enquadramento do plano numa zona fortemente urbanizada e numa zona central de Lisboa, não se torna viável a implementação de outras medidas, como sejam a implantação de barreiras acústicas, devido à proximidade do edificado às vias rodoviárias.

Uma vez que a velocidade de circulação é já muito reduzida (40 km/h), também não se afigura vantajosa a substituição do tipo de pavimento de Betão Betuminoso para Betão Modificado com Borracha, uma vez que o ruído provocado pela interacção pneu-estrada passa a ser sobreposto pelo ruído gerado pelo motor e não há reduções de ruído inerentes.

Assim, tendo em conta as razões explicitadas, para os locais onde permanece uma zona de conflito, o que se sugere é que seja efectuada uma gestão no âmbito da arquitectura interior dos edifícios, com vista à localização das zonas de descanso (quartos e salas) voltadas para as fachadas calmas dos edifícios, em detrimento das zonas de WC's, cozinhas, arrecadações e zonas de passagem voltadas para a fachada conflituosa, sugestão esta que já se verificou ser viável visto que nos edifícios propostos pelo plano existe sempre pelo menos uma fachada calma, isto é, não abrangida pela zona de conflito gerada pelas vias de circulação rodoviária.

Além disso, quando do projecto dos edifícios mais expostos acima referidos, as respectivas fachadas viradas para a Av. Mouzinho de Albuquerque, deverão ser previstas com índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, normalizado,  $D_{2m,n,w}$ , superiores em 3 dB aos valores considerados no item i) da alínea a) do artigo 5.º do Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (DL 96/2008), de acordo com o previsto na alínea b) do ponto 7. do artigo 12.º do DL 9/2007.

## 5. RESULTADOS DO MODELO – MAPAS DE RUÍDO

### 5.1 ANÁLISE DOS MAPAS DE RUÍDO

Os Mapas de Ruído Previsionais do Plano de Urbanização do Vale de Sto. António podem ser visualizados nas Cartas 2.1 e 2.2, do Anexo II à escala 1:5 000, para os indicadores dos períodos diurno-entardecer-nocturno ( $L_{den}$ ) e nocturno ( $L_n$ ), sem e com medidas de minimização, respectivamente.

Foram igualmente elaborados os Mapas de Conflitos para ambos os indicadores com e sem medidas de minimização de ruído, com base na legislação em vigor. A elaboração de Mapas de Conflito implica a delimitação por parte da respectiva autarquia das zonas mistas e sensíveis em todo o território municipal. De acordo com as informações fornecidas pelo cliente, a área abrangida pelo PUVSA não foi ainda classificada, pelo que se propõe uma classificação de Zona Mista tendo sido elaborados os Mapas de Conflito para esta classificação, de acordo com os limites impostos nesta situação. Os Mapas de Conflito do Plano de Urbanização do Vale de Sto. António podem ser visualizados no Anexo III nas Cartas 3.1 e 3.2, para os indicadores dos períodos diurno-entardecer-nocturno ( $L_{den}$ ) e nocturno ( $L_n$ ), sem e com medidas de minimização, respectivamente.

Reforça-se o facto dos resultados acústicos obtidos na simulação efectuada, corresponderem a situações médias previstas para o cenário prospectivo, pelo que a variação dos parâmetros que influenciam a propagação dos níveis de ruído (variações na intensidade e composição do tráfego, de tipos de pavimento e condições meteorológicas etc.) poderá, eventualmente, fazer variar os níveis de ruído simulados.

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

Os Mapas de Ruído elaborados permitem identificar situações prioritárias para aplicar medidas de minimização de ruído. Esta identificação resulta da análise de conformidade com o RGR realizada a partir dos mapas de conflito.

As principais fontes de ruído, em termos de extensão da área sob a sua influência sonora, são o tráfego rodoviário gerado pelas principais rodovias, nomeadamente a Avenida Mouzinho de Albuquerque e a Avenida Coronel Eduardo Galhardo. Verifica-se ainda que algumas vias interiores do plano também apresentam níveis de ruído significativos, embora menos elevados que as referidas anteriormente.

A análise dos Mapas de Ruído produzidos a partir do modelo mostra ainda que, sendo implementadas as medidas de minimização de ruído propostas para a Área do Plano de Pormenor, os conflitos serão significativamente reduzidos, no que se refere ao critério da exposição máxima para a classificação de zonas mistas (65 dB(A) para o indicador  $L_{den}$  e 55 dB(A) para o indicador  $L_n$ ), verificando-se ainda a existência de pelo menos uma fachada calma nos novos edifícios propostos pelo plano, e onde se poderão localizar, em termos de arquitectura interna dos edifícios, as zonas de descanso. Para as fachadas mais expostas, deverá ser tido em conta um isolamento de fachada reforçado, como previsto na legislação para estas situações.



## 6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Foi desenvolvido um modelo computacional, utilizando o programa CadnaA, para calcular a emissão e propagação sonora dos principais eixos rodoviários.

O modelo inclui o modelo digital do terreno, a implantação geográfica de edifícios, muros e barreiras e fontes sonoras, as características de emissão acústica destas fontes, bem como os algoritmos de cálculo de propagação sonora, de acordo com normas que cumprem os requisitos da Agência Portuguesa de Ambiente.

Os cálculos realizados com o modelo permitiram obter a distribuição espacial dos níveis sonoros, expressa através dos indicadores  $L_{den}$  e  $L_n$ , assim como o valor deste indicador para pontos receptores discretos que espelham a situação acústica média do local em estudo.

A análise dos Mapas de Ruído produzidos a partir do modelo permite concluir que as principais fontes de ruído, em termos de extensão da área sob a sua influência sonora na área do Plano de Urbanização do Vale de Sto. António, em Lisboa, e na sua envolvente, são o tráfego rodoviário.

Tendo em conta que não existe ainda classificação de zonas atribuída pela CML, propõe-se a classificação de *zona mista* para toda a área do Plano, sendo portanto os limites legais avaliados os relativos a esta classificação ( $L_{den} \leq 65$  dB(A) e  $L_n \leq 55$  dB(A)).

A referida análise permite ainda concluir que, mesmo após a implementação das medidas de minimização de ruído, o PUVSA apresentará zonas de conflito, tendo em conta toda a área classificada como zona mista, para a simulação considerada. No entanto, verifica-se uma redução significativa da extensão da área de conflito após a implementação das medidas, possibilitando assim que exista, para os novos edifícios propostos pelo Plano, uma fachada calma, livre de conflito, e para onde poderão ser orientadas as zonas de descanso (quartos e salas), trabalhando sobre a arquitectura interna dos edifícios, que deverá ainda prever um reforço de 3 dB no isolamento das fachadas mais expostas, como previsto na legislação.

Elaborado por:



Christine Matias

Técnica Superior

Verificado e aprovado por:



Luis Santos

Director Técnico

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. A Comparison of Different Techniques for the Calculation of Noise Maps of Cities, International Congress and Exhibition in Noise Control Engineering, Wolfgang Probst, Bernd Huber, 2001.
2. Directiva Comunitária 2002/49/CE do Parlamento Europeu e do Conselho relativa à Avaliação e Gestão do Ruído Ambiente, de 25 de Junho de 2002.
3. Directrizes para a Elaboração de Planos de Monitorização de Ruído de Infra-Estruturas Rodoviárias e Ferroviárias, DGA / DGOTDU, 2001.
4. Guide du Bruit des Transports Terrestres - Prévission des niveaux sonores", CETUR, 1980.
5. Implementation of the EU-directive on Environmental Noise Requirements for Calculation Software and Handling with CadnaA, Wolfgang Probst, 2003.
6. Integration of Area Noise Control into Programs into a Citywide Noise Control Strategy, Institute of Acoustics – Proceedings, Vol. 23, Pt 5, Wolfgang Probst, Bernd Huber, 2001.
7. Norma Portuguesa - 1730 (1996) – “Acústica, Descrição e Medição de Ruído Ambiente – Parte 1: Grandezas fundamentais e procedimentos”.
8. Norma Portuguesa - 1730 (1996) – “Acústica, Descrição e Medição de Ruído Ambiente – Parte 2: Recolha de dados relevantes para o uso do solo”.
9. Norma Portuguesa – 1730 (1996) – “Acústica, Descrição e Medição de Ruído Ambiente – Parte 3: “Aplicação aos limites do Ruído”.
10. Norma Portuguesa – 4361 (2001) – “Acústica, Atenuação do Som na sua Propagação ao Ar Livre – Parte 2: “Método Geral de Cálculo”.
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. NMPB-Routes-96 (SETRA-CERTU-LCPC-CSTB), publicado no "Arrêté du 5 Mai. 1995 relatif au bruit des infrastructures routières, Journal Officiel du 10 MAI 1995, article 6".
13. Princípios Orientadores para a Elaboração de Mapas de Ruído, DGA/DGOTDU, 2001.
14. Procedimentos específicos de medição de ruído ambiente, Instituto do Ambiente, Abril 2003.
15. Projecto-Piloto de Demonstração de Mapas de Ruído – Escalas Municipal e Urbana, Instituto do Ambiente, Ramos Pinto, F., Guedes, M. & Leite, M. J., 2004.

16. Recomendações para Selecção de Métodos de Cálculo a Utilizar na Previsão de Níveis Sonoros, DGA / DGOTDU, 2001.
17. 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.
18. Recomendações para a Organização dos Mapas Digitais de Ruído, Instituto do Ambiente, 2006.
19. Directrizes para elaboração de Mapas de Ruído, APA, Junho 2008.
20. Regulamento Geral do Ruído – DL 9/2007.
21. Secção de Agricultura do Departamento de Produção Agrícola e Animal do Instituto Superior de Agronomia ([agricultura.isa.tl.pt/agricultura/agribase/estações.asp](http://agricultura.isa.tl.pt/agricultura/agribase/estações.asp)).