



MEMÓRIA DESCRITIVA
Elaboração dos Mapas Previsionais de Ruído

Versão: 1.0

PARA: Câmara Municipal de Oeiras
AUTOR: Nelson Mileu, Cláudia Martins, Rui Ferreira

INFORMAÇÃO DO DOCUMENTO E REVISÕES

Autor	Nelson Mileu, Cláudia Martins, Rui Ferreira
Data de criação	30 de Abril de 2013

Versão	Data	Autor	Notas
1.0	31-05-2013	Nelson Mileu, Cláudia Martins, Rui Ferreira	Versão inicial

APROVAÇÃO DO DOCUMENTO

Responsável	Data	Assinatura
Nelson Mileu	31-05-2013	

INDICE

1.	INTRODUÇÃO	5
1.1.	ENQUADRAMENTO	5
1.2.	ÂMBITO DO PROJETO	6
1.3.	ÁREA DE ESTUDO	7
2.	ENQUADRAMENTO LEGAL.....	8
2.1.	LEGISLAÇÃO APLICÁVEL	8
2.2.	TERMOS DE REFERÊNCIA	9
3.	METODOLOGIA, NORMAS E PARÂMETROS GLOBAIS DO MODELO DE CÁLCULO	11
3.1.	METODOLOGIA	11
3.2.	NORMAS TÉCNICAS E PARÂMETROS GLOBAIS DO MODELO DE CÁLCULO.....	12
4.1.1.	Tráfego Rodoviário.....	12
4.1.2.	Tráfego Ferroviário	13
4.1.3.	Fontes Industriais.....	13
4.1.4.	Parâmetros Globais do Modelo de Cálculo.....	14
5.	INFORMAÇÃO DE BASE, FONTES DE RUÍDO E VALIDAÇÃO	15
5.1.	INFORMAÇÃO DE BASE	15
5.1.1.	Altimetria	15
5.1.2.	Edifícios e Barreiras Acústicas.....	15
5.2.	FONTES DE RUÍDO.....	15
5.2.1.	Tráfego Rodoviário.....	16
5.2.2.	Tráfego Ferroviário	18
5.2.3.	Estabelecimentos Industriais	20
5.2.4.	Áreas especiais de absorção	20
6.	RESULTADOS E ANÁLISE	21
1.	BIBLIOGRAFIA	24
7.	ANEXOS.....	26

Índice de Quadros

Quadro 1 - Valores limite de exposição (conforme Artigo 11.º do RGR).....	8
Quadro 2 – Intervalos de valores a considerar nos parâmetros representados nos mapas de ruído	10
Quadro 3 - Frequência e direção do vento	14
Quadro 4 – Tráfego previsto para as futuras vias	17
Quadro 5 –Tráfego Médio Diário Anual para a linha de Sintra entre Cacém e Monte Abraão	18
Quadro 6 – Tráfego Médio Diário Anual para a linha de Lisboa-Cascais entre Belém e Oeiras	18
Quadro 7 – Tráfego Médio Diário Anual para a linha de Lisboa-Cascais entre Oeiras e Carcavelos	18
Quadro 8 - Nível estimado de potência sonora das fontes industriais.....	20
Quadro 9 – Nº de habitantes expostos ao ruído, no cenário otimista	21
Quadro 10 – Nº de habitantes expostos ao ruído, no cenário pessimista.....	21
Quadro 11 – % de área contaminada com ruído por escalões e para o parâmetro L_{den} , cenário otimista	22
Quadro 12 – % de área contaminada com ruído por escalões e para o parâmetro L_{n} , cenário otimista	22
Quadro 13 – % de área contaminada com ruído por escalões e para o parâmetro L_{den} , cenário pessimista	22
Quadro 14 – % de área contaminada com ruído por escalões e para o parâmetro L_{n} , cenário pessimista	22

Índice de Figuras

Figura 1 – Fontes rodoviárias	17
Figura 2 - Localização da ferrovia a requalificar.....	19
Figura 3 – Desenvolvimento previsto do SATU.....	19

1. INTRODUÇÃO

A poluição sonora é um fator que pode degradar de forma decisiva a qualidade de vida das pessoas que estão sujeitas a este tipo de poluição.

O ruído provoca uma série de efeitos nefastos no ser humano, tais como perturbações do sono, ansiedade, alterações na pressão sanguínea e dificuldades de comunicação. O efeito mais imediato é o da incomodidade provocada por um som quando este não é desejado, podendo gerar irritabilidade, perda de capacidade de concentração e, no caso mais grave, dificuldades na audição, permanentes ou temporárias.

Com o aumento do ruído associado aos transportes o problema de poluição sonora nas zonas habitadas tem vindo a agravar-se. Embora tenha havido esforços bem-sucedidos no controlo do ruído gerado pelos motores dos veículos, turbinas de aviões e equipamento ferroviário, os problemas gerados pelos transportes está longe de estar resolvido.

Uma gestão correta e eficaz do ambiente acústico em zonas habitadas torna-se assim numa prioridade caso se pretenda garantir o sossego e o direito ao descanso das populações. O ambiente deve ser controlado de forma a garantir níveis aceitáveis alterando o menos possível o quotidiano das pessoas.

A primeira fase desta gestão consiste na caracterização do ambiente sonoro na área em estudo e fornecer informações essenciais para qualquer análise subsequente.

A análise do ambiente sonoro possibilita assim efetuar e projetar as medidas futuras necessárias que evitem reclamações por parte das populações afetadas e, por outro lado, reduzir os custos de futuras medidas corretivas.

Este documento consiste na memória descritiva referente à elaboração dos mapas previsionais de ruído do concelho de Oeiras para o ano de 2023. Nele são discriminados o processo de recolha, tratamento e preparação dos dados de base necessários para uma detalhada e rigorosa descrição do ambiente sonoro neste concelho para o ano em estudo.

1.1. ENQUADRAMENTO

O município de Oeiras elaborou os mapas previsionais de ruído no município, por força da aplicação do Decreto-Lei nº 146/2006 de 31 de Julho, uma vez que se enquadra na definição de “aglomeração” da alínea a) do nº 3 do referido diploma.

O Gabinete de Desenvolvimento Municipal dispõe do *software* especializado IMMI, da Wölfel Meßsysteme GmbH, que permitiu desenvolver e aplicar o modelo de cálculo compatível com a legislação e com as normas técnicas aplicáveis às fontes existentes no concelho – rodoviárias, ferroviárias e industriais.

Para o efeito foram consultados e seguidos todos os diplomas legais relevantes para o estudo, normas técnicas e notas técnicas publicadas pela APA (Agência Portuguesa do Ambiente) nomeadamente:

- Recomendações para a Organização dos Mapas Digitais de Ruído (versão 3 - Dezembro 2011);
- Diretrizes para elaboração de Mapas de Ruído (versão 3 - Dezembro 2011);
- Nota Técnica - Ruído e Planos Diretores Municipais - Dezembro 2010;
- Manual técnico para elaboração de Planos Municipais de Redução de Ruído - Abril 2008;
- Projeto-piloto de demonstração de mapas de ruído - Maio 2004;
- Planos de Redução de Ruído / Planos de Ação;
- Mapas estratégicos e população exposta a ruído de Grandes Infraestruturas de Transporte – Tráfego rodoviário;
- Mapas estratégicos de ruído e população exposta a ruído de Grandes Infraestruturas de Transporte – Tráfego ferroviário;
- Mapas estratégicos e população exposta a ruído de Grandes Infraestruturas de Transporte – Tráfego aéreo;
- Mapas estratégicos de ruído e população exposta em aglomerações;
- Decreto-lei n.º 9/2007, de 17 de Janeiro;
- Decreto-lei n.º 146/2006, de 31 de Julho;
- Declaração de Retificação n.º 18/2007, de 16 de Março;
- Decreto-lei n.º 278/2007, de 1 de Agosto;
- Declaração de Retificação n.º 57/2006, de 31 de Agosto.

1.2. ÂMBITO DO PROJETO

Os mapas previsionais de ruído relativos às aglomerações do concelho de Oeiras incidem particularmente no ruído emitido por tráfego rodoviário, tráfego ferroviário e instalações industriais pertinentes. Estes mapas visam estimar o ambiente sonoro futuro, para o ano de 2023, de acordo com os objetivos estabelecidos pelo PDM deste Município.

Dadas as circunstâncias socio económicas existentes à altura da elaboração destes mapas, que mostram alguma inversão no crescimento económico e redução dos volumes de tráfego rodoviário, e pelo facto de até à data não terem sido disponibilizados quaisquer dados previsionais por parte da BRISA, ou EP optou-se por estabelecer dois cenários possíveis para 2023 com base nos dados estatísticos existentes sobre este concelho:

- Cenário otimista - assume que as áreas definidas para o desenvolvimento de novas zonas habitacionais, comerciais e industriais, vão ser totalmente construídas e albergar o número de pessoas estimado no PDM. Prevê a construção de novas vias de circulação rodoviária, o desenvolvimento do SATU até o limite norte do concelho, e a reativação de uma linha e elétrico. Além disto supõe ainda que a população do concelho cresça cerca de 6% em 10 anos. Estes pressupostos preveem a geração de um volume de tráfego rodoviário de 16% face ao verificado em 2011 e distribuído de forma uniforme por todas as vias analisadas.
- Cenário pessimista – assume que a população do concelho aumenta 6% nos próximos 10 anos e uma geração de um volume de tráfego rodoviário adicional de 6% relativamente ao verificado em 2011, distribuído de forma uniforme por todas as vias analisadas. Neste cenário, não haverá

desenvolvimento de novas áreas de investimento, nem qualquer infraestrutura rodoviária ou ferroviária nova.

Foi também efetuado o cálculo da população exposta ao ruído ambiente exterior, por escalões, relativo aos indicadores L_{den} e L_n .

Os objetivos para os Mapas de Ruído previsionais do Concelho de Oeiras podem-se definir como sendo:

- Identificar, qualificar e quantificar o ruído ambiente;
- Avaliar a exposição ao ruído das populações;
- Fornecer informação ao público e aos decisores;
- Identificar situações de conflito do ruído com o tipo de zona;
- Apoiar à decisão na correção de situações existentes;
- Influenciar o planeamento urbanístico do local;
- Fornecer elementos para a definição de objetivos e planos para o controlo e a redução do ruído;
- Influenciar as decisões de financiamento de programas de redução de ruído.

1.3. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo corresponde aos limites definidos para o Concelho de Oeiras, tendo sido, no entanto, incluídas fontes exteriores a esta área para contabilizar a importação de ruído dos Concelhos vizinhos e desta forma aprimorar a análise da acústica da sua envolvente.

2. ENQUADRAMENTO LEGAL

2.1. LEGISLAÇÃO APLICÁVEL

O Decreto-Lei nº 146/2006 de 31 de Julho, enquadra a elaboração dos mapas estratégicos de ruído e dos planos de ação para as aglomerações (que compete aos municípios). As respetivas aprovação e/ou alteração competem à Assembleia Municipal, sob proposta da Câmara Municipal. A Agência Portuguesa do Ambiente é a entidade responsável pela aprovação e comunicação à Comissão Europeia.

O Regulamento Geral do Ruído (RGR), instituído pelo Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de Janeiro (retificado pela Declaração de Retificação n.º 18/2007, de 16 de Março, e alterado pelo Decreto-Lei n.º 278/2007, de 1 de Agosto), estabelece o regime de prevenção e controlo da poluição sonora, visando a salvaguarda da saúde humana e o bem-estar das populações. A avaliação dos problemas de ruído ambiental faz-se em função dos critérios estabelecidos para o território nacional RGR - artigo 11.º, constantes do quadro seguinte:

Quadro 1 - Valores limite de exposição (conforme Artigo 11.º do RGR)

Tipo de zona	L_{den} [dB(A)]	L_n [dB(A)]	Especificidades
Não classificada*	63	53	Observação: A delimitação e a disciplina das zonas sensíveis e das zonas mistas são de acordo com o n.º 2, do Artigo 6.º, do RGR, responsabilidade dos municípios, mas na sua ausência a zona é considerada Não Classificada
Mista	65	55	-
Sensível	55	45	-
Sensível com especificidades	65	55	Proximidade de uma grande infraestrutura de transporte em exploração a 01-02-2007
	65	55	Proximidade de uma grande infraestrutura de transporte aéreo projetada à data de elaboração ou revisão do plano municipal de ordenamento do território
	60	50	Proximidade de uma grande infraestrutura de transporte não aéreo projetada à data de elaboração ou revisão do plano municipal de ordenamento do território

O RGR define orientações, baseadas no uso dos solos, para a classificação dos locais em zonas sensíveis, zonas mistas e zonas urbanas consolidadas, cabendo às autarquias a sua distribuição no território nacional, com base nas definições constantes das alíneas v), x) e z), do Artigo 3.º, que se transcrevem:

- v) «Zona mista» – a área definida em plano municipal de ordenamento do território, cuja ocupação seja afeta a outros usos, existentes ou previstos, para além dos referidos na definição de zona sensível.
- x) «Zona sensível» – a área definida em plano municipal de ordenamento do território como vocacionada para uso habitacional, ou para escolas, hospitais ou similares, ou espaços de lazer, existentes ou previstos, podendo conter pequenas unidades de comércio e de serviços destinadas a servir a população local, tais como cafés e outros estabelecimentos de restauração, papelarias e outros estabelecimentos de comércio tradicional, sem funcionamento no período noturno.
- z) «Zona urbana consolidada» – a zona sensível ou mista com ocupação estável em termos de edificação.

Os mapas estratégicos de ruído e os planos de ação aprovados são disponibilizados e divulgados junto do público, acompanhados de uma síntese que destaque os elementos essenciais, designadamente através das tecnologias de informação eletrónica, devendo igualmente estar disponíveis para consulta nas respetivas câmaras municipais. A aprovação dos planos de ação deve ser alvo de consulta pública.

Os mapas estratégicos de ruído e os planos de ação são reavaliados e alterados de cinco em cinco anos a contar da data da sua elaboração, e também sempre que se verifique uma alteração significativa relativamente a fontes sonoras ou à expansão urbana com efeitos no ruído ambiente.

2.2. TERMOS DE REFERÊNCIA

A elaboração dos mapas estratégicos de ruído é feita com base nos indicadores de ruído L_{den} e L_n .

L_{den} (indicador de ruído diurno-entardecer-noturno) é o indicador de ruído associado ao incómodo global, definido de acordo com a seguinte expressão:

$$L_{den} = 10 \log \frac{1}{24} \left[13 \times 10^{\frac{L_d}{10}} + 3 \times 10^{\frac{L_e+5}{10}} + 8 \times 10^{\frac{L_n+10}{10}} \right]$$

em que:

- L_d é o nível sonoro médio de longa duração, determinado durante uma série de períodos diurnos (das 7:00h às 20:00h), representativos de um ano;
- L_e é o nível sonoro médio de longa duração, determinado durante uma série de períodos do entardecer (das 20:00h às 23:00h), representativos de um ano;
- L_n é o nível sonoro médio de longa duração, determinado durante uma série de períodos noturnos (das 23:00h às 7:00h), representativos de um ano.

Estes parâmetros podem ser determinados quer por metodologia de cálculo quer por medição (no ponto de avaliação).

No caso de previsões, e para a elaboração de mapas estratégicos de ruído à escala concelhia, tendo em conta a extensão territorial a abarcar, terá que se utilizar a metodologia de cálculo, sendo que os métodos de cálculo são os adotados até esta data à escala europeia e, conseqüentemente, pela legislação nacional¹.

¹ Recomendação da Comissão nº 2003/613/CE, de 6 de Agosto e Anexo II do Decreto-Lei nº 146/2006

Os resultados de medição obtidos diante de uma fachada ou de outro elemento refletor são corrigidos de modo a excluir a contribuição da reflexão dessa fachada ou elemento [regra geral, isso implica uma correção de -3 dB(A) em caso de medição a menos de 3,5 m da referida fachada ou elemento].

Os mapas estratégicos de ruído são elaborados para uma altura de avaliação de 4 m e gamas de valores de L_{den} e de L_n de 5 dB(A), conforme os seguintes intervalos²:

Quadro 2 – Intervalos de valores a considerar nos parâmetros representados nos mapas de ruído

Intervalos de valores a considerar para o L_{den} dB(A)	Intervalos de valores a considerar para o L_n dB(A)
$55 < L_{den} \leq 60$;	$45 < L_n \leq 50$;
$60 < L_{den} \leq 65$;	$50 < L_n \leq 55$;
$65 < L_{den} \leq 70$;	$55 < L_n \leq 60$;
$70 < L_{den} \leq 75$;	$60 < L_n \leq 65$;
$L_{den} > 75$	$65 < L_n \leq 70$;
	$L_n > 70$

Os mapas são acompanhados da avaliação do número estimado de pessoas (em centenas) que vivem em habitações expostas a cada uma destas gamas de valores, na fachada mais exposta, separadamente para o ruído proveniente do tráfego rodoviário, do tráfego ferroviário, do tráfego aéreo e de instalações industriais. Os valores são arredondados para a centena mais próxima (exemplo: 5200=entre 5150 e 5249; 100=entre 50 e 149; 0=menos de 50). Também é realizada a avaliação da área total (em quilómetros quadrados) exposta a valores de L_{den} superiores a 55 dB(A), 65 dB(A), e 75 dB(A), respetivamente.

A elaboração dos mapas de ruído, em termos das especificações técnicas do conteúdo e formato dos ficheiros a fornecer à Agência Portuguesa do Ambiente, nos termos da legislação, leva em conta as recomendações constantes dos seguintes documentos:

- Diretrizes para Elaboração de Mapas de Ruído - Versão 3 - APA, Dezembro 2011.
- Recomendações para a Organização dos Mapas Digitais de Ruído - Versão 3 – APA, Dezembro de 2011.

Para a identificação e tratamento dos dados de base para os mapas de ruído são seguidas as orientações do guia de boas práticas publicado pelo grupo de trabalho junto da Comissão Europeia para a avaliação da exposição ao ruído (WG-AEN, 2007).

² Os mapas estratégicos devem representar, no mínimo, os contornos de 45 dB(A), 55 dB(A), 60 dB(A), 65 dB(A), 70 dB(A) e 75 dB(A).

3. METODOLOGIA, NORMAS E PARÂMETROS GLOBAIS DO MODELO DE CÁLCULO

3.1. METODOLOGIA

A elaboração dos mapas de ruído inclui uma série de procedimentos que visam a construção de uma estimativa fiável e detalhada sobre os níveis de ruído dentro da área em estudo. Resumidamente as diferentes tarefas podem ser agregadas da seguinte forma (não necessariamente pela ordem referida).

1. Recolha e tratamento de cartografia. Nesta fase é recolhida e tratada toda a informação cartográfica digital existente e relevante para a modelação nomeadamente:
 - a. Topografia, que neste caso consistiu na altimetria com curvas de nível definidas de 2 em 2 metros.
 - b. Edificado, todas as edificações existentes no concelho definidas em planta e com a cêrcea definida.
 - c. Viadutos e túneis, dadas particularidades em termos acústicos destas estruturas, estas têm de ser importadas por forma a garantir uma correta localização da plataforma de cada infraestrutura de transporte.
 - d. Muros e barreiras, estes elementos são importantes na mitigação da propagação de ruído e foram tratados de forma a representar as atuais condições.
 - e. Espaços verdes, dadas as características absorventes sonoras deste tipo de espaço foram definidos todos estes passos dentro do Concelho.
 - f. Infraestruturas de transporte, são as estruturas que mais contribuem para o ambiente sonoro sentido pelas populações. Foram identificadas e importadas fazendo a separação de faixas e inclusão de todas as cotas de terreno correspondentes por forma a descrever fielmente a sua localização
 - g. Fontes de ruído industriais – nesta caso foram identificadas e importadas todas as indústrias que contribuem de forma significativa para o ambiente sonoro.

2. Caracterização acústica das fontes de ruído, estruturas fixas e zonas de absorção. Esta caracterização consiste na recolha e tratamento de dados que permitam estimar de potência sonora a cada tipo de fonte. Note-se que foram consideradas todas as fontes relevantes para avaliação de um mapa previsional tal como definido pela APA. Em termos genéricos esta caracterização corresponde a:
 - a. Vias rodoviárias, para cada uma foi definido o tráfego médio horário (TMH) separado por período (diurno, entardecer e noturno), por tipo de veículo (ligeiro e pesado) e a velocidade média estimada para cada uma. Foi ainda caracterizado o tipo de piso de cada via.
 - b. Vias ferroviárias, para cada uma foi definido o tráfego médio horário (TMH) separado por período (diurno, entardecer e noturno), por tipo de composição (classe associada a cada tipo de comboio e carruagens) e a velocidade média estimada. Foi ainda caracterizado o tipo de estrutura de suporte ao equipamento circulante.
 - c. Fontes industriais, para cada uma foi definida a potência acústica e direccionalidade.
 - d. Todo o edificado, estruturas construídas e solo foi caracterizado em termos de isolamento e absorção acústica. Nos casos em que se justifica é feita a atribuição de

- habitantes no edificado considerado, para permitir uma aferição, o mais rigorosa possível, da população exposta.
- e. Recolha da carta de zonamento acústico do concelho com identificação da classificação de cada zona em termos de níveis máximos de exposição ao ruído.
3. Introdução no modelo de cálculo de toda a informação referida nos anteriores pontos, tratada e verificada por forma a refletir, de forma o mais rigorosa possível, a realidade da geração, propagação e decaimento sonoro verificados em toda a área deste Concelho.
 4. Calibração/verificação da modelação, com base em medições reais. É efetuada uma análise qualitativa e quantitativa entre os valores previstos pelo modelo e os valores medidos sendo investigada, caso suceda, qualquer tipo de discrepância entre valores.
 5. Cálculo do mapa de ruído. Nesta fase é efetuado o cálculo do mapa de ruído do concelho para os parâmetros L_{den} e L_n , para toda a área em análise e para uma cota de 4 m.
 6. Cálculo dos níveis de fachada. É efetuado o cálculo dos níveis da fachada mais exposta para uma cota de 4 m de altura e para todos os edifícios tendo em consideração o tipo de uso que de cada um.
 7. Elaboração da carta de conflitos, com base na carta de zonamento acústico e no mapa de ruído, que mostra as zonas de incumprimentos dos valores máximos legais existentes no Concelho.
 8. Elaboração do relatório técnico, que consiste numa memória descritiva que inclui todos os dados e procedimentos efetuados para a elaboração do mapa e da carta de conflitos.
 9. Elaboração do relatório não técnico, que consiste numa informação sumária do que foi efetuado para elaboração dos mapas e carta de conflitos e uma explicação que permita uma leitura dos mesmos, mas sem necessidade de conhecimentos técnicos.

3.2. NORMAS TÉCNICAS E PARÂMETROS GLOBAIS DO MODELO DE CÁLCULO

4. Nesta secção são descritos os pormenores relacionados com a forma como foi efetuado o cálculo, nomeadamente as normas usadas para cada tipo de fonte e as opções tomadas para cada uma. A nível do cálculo global do modelo são também explicitadas todas as opções tomadas. Refira-se, uma vez mais, que todos os procedimentos visam cumprir pelo menos o mínimo estabelecido no documento “Diretrizes para Elaboração de Mapas de Ruído - Versão 3 - APA, Dezembro 2011” emitido pela APA.

4.1.1. Tráfego Rodoviário

Para a modelação do ruído do tráfego rodoviário o método de cálculo usado foi o francês NMPB-Routes-96 (SETRA-CERTU-LCPC-CSTB), publicado no «Arrêté, du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routiéres, Journal Officiel, du 10 mai 1995, article 6», e na norma francesa XPS 31-133. No que se refere

aos dados de entrada relativos à emissão, estes documentos remetem para o «Guide du bruit des transports terrestres, fascicule prevision des niveaux sonores, CETUR, 1980».

As opções de cálculo foram:

- a. Separação de faixas de rodagem, com cálculo independente para cada uma.
- b. Atribuição do tipo de piso a cada uma consoante a sua distribuição ao longo da via.
- c. Valores médios de velocidade consoante o tipo de via e o seu enquadramento no Concelho, tendo sido feita uma análise via a via.
- d. Segmentação de vias com diferentes valores de tráfego para cada secção.
- e. Gradiente de inclinação automático calculado pelo modelo.
- f. Largura de cada via de acordo com os dados cartográficos.
- g. Vias refletoras e acusticamente opacas mesmo para os viadutos.
- h. Definido o nº de sentidos que cada via tem.
- i. Foi ainda considerada a abordagem sugerida nos estudos das Grandes Infraestruturas de Transportes (GITs) já existentes para este Concelho.

4.1.2. Tráfego Ferroviário

Para o ruído do tráfego ferroviário o método de cálculo usado foi o Standaard-Rekenmethode II (SRMII) dos Países Baixos, publicado na «Reken—Meetvoorschrift Railverkeerslawaal’ 96, Ministerie Volkshulvesting, Ruimtellijke Ordening en Milleubeheer, 20 de Novembro de 1996».

As opções de cálculo foram:

- a. Atribuição do tipo de via uma consoante a sua distribuição nas duas vias analisadas, no presente caso optou-se pelo tipo bb1 (definido na norma) para todas as vias.
- b. Valores médios de velocidade consoante o tipo de via e o seu enquadramento no Concelho, com base nos valores fornecidos pela REFER.
- c. Vias refletoras e acusticamente opacas ou transparentes consoante o tipo de viaduto.
- d. Caracterização do tráfego através das classes referidas na norma usada, tendo-se usado as classes 2, 4 e 6.
- e. Foi ainda considerada a abordagem sugerida nos estudos das GITs já existentes para este Concelho nomeadamente na caracterização das composições fazendo uma correspondência entre os valores de tráfego reais e a sua melhor adaptação para os casos em estudo.

4.1.3. Fontes Industriais

Para o ruído industrial usou-se a norma NP 4361-2:2001, «Acústica - Atenuação do som na sua propagação ao ar livre. Parte 2: Método geral de cálculo».

Os dados de emissão de ruído (dados de entrada) apropriados para este método podem ser obtidos a partir de medições, efetuadas de acordo com cada uma das seguintes normas:

- ISO 8297:1994, «Acoustics — Determination of sound power levels of multisource industrial plants for evaluation of sound pressure levels in the environment — Engineering method»;

- NP EN ISO 3744:1999, «Acústica — Determinação dos níveis de potência acústica emitidos pelas fontes de ruído a partir da pressão sonora — Método de perícia em condições que se aproximam do campo livre sobre um plano refletor»;
- EN ISO 3746:1995, «Acoustics — Determination of sound power levels of noise sources using an enveloping measurement surface over a reflecting plane»

Apenas foi considerada uma indústria no modelo, uma vez que foi a única abrangida pelo Procedimento de Prevenção e Controlo Integrados de Poluição (PCIP) conforme definido nas diretrizes para elaboração de mapas de ruído da APA. Dada a sua localização (ao lado de uma GIT), a sua complexidade e dimensão do seu edificado optou-se por efetuar a sua modelação de acordo com uma área radiante, pois mostrou ser o a que representava um melhor ajuste com as medições efetuadas no terreno.

4.1.4. Parâmetros Globais do Modelo de Cálculo

Os parâmetros de cálculo globais descrevem as opções do modelo para as previsões efetuadas e refletem a preocupação de rigor na elaboração deste mapa. Seguidamente estão descritas estas opções:

- Malha de cálculo equidistante com dimensões de 10mx10m.
- Altura do cálculo efetuado relativamente ao solo: 4 m.
- Definição das curvas de nível de 2m em 2m.
- Número de reflexões: 1 reflexão.
- Reflexão no solo dependente do tipo de solo, incluindo floresta e solo medianamente refletivo.
- Característica geral do solo em espaço aberto (valor 0 corresponde a um pavimento rígido refletor e 1 corresponde a um solo fofo absorvente): $G=0,50$.
- Edifícios refletores difusos (fachada complexa).
- Temperatura média do ar: 15°C.
- Humidade relativa média: 70%.
- Área de habitação por habitante: 40,0 m²/hab.
- Altura média por piso: 2,8m
- Meteorologia simplificada: dia 3,0; entardecer 1,5; e, noite 1,5.
- Frequência do vento em cada direção de acordo com o quadro seguinte.

Quadro 3 - Frequência e direção do vento

	20°	40°	60°	80°	100°	120°	140°	160°	180°	200°	220°	240°	260°	280°	300°	320°	340°	360°
Dia	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Noite	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Entardecer	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75

5. INFORMAÇÃO DE BASE, FONTES DE RUÍDO E VALIDAÇÃO

5.1. INFORMAÇÃO DE BASE

Para proceder ao cálculo dos mapas de ruído de acordo com os métodos de cálculo recomendados e utilizando o *software* disponível, é necessário dispor de informação relativa à caracterização física e geográfica do território e à identificação e caracterização das fontes de ruído consideradas. Toda a caracterização física foi efetuada com base na Cartografia digital do Município de Oeiras (proveniente do levantamento aerofotogramétrico, à escala 1:2000 – voo de Abril de 2010), homologada pela DGT (Direção Geral do Território) em Julho de 2012.

À exceção do tráfego rodoviário nas vias existentes, a construção de novas vias, desenvolvimento do SATU até ao limite norte do concelho e reativação de uma linha de elétrico, toda a informação base usada na elaboração do mapa estratégico para 2011 mantém-se inalterada.

5.1.1. Altimetria

A altimetria usada é proveniente da Cartografia digital do Município de Oeiras, que como já foi referido foi Homologada pela DGT, em Julho de 2012 e tem uma equidistância entre isolinhas de 2m. Trata-se de um conjunto de 73664 curvas de nível, com 331 606 pontos ao todo. Toda a altimetria foi tratada e integrada no modelo que efetuou posteriormente uma triangulação para os seus cálculos. O modelo usa todas as curvas de nível como definidoras de obstáculos acústicos, bem como todas as linhas de triangulação. Relativamente ao cenário previsional considerou-se que a altimetria usada atualmente não iria sofrer alterações significativas para o ano de 2023.

5.1.2. Edifícios e Barreiras Acústicas

O edificado também foi extraído da Cartografia digital, homologada, do Município de Oeiras e contabiliza no total 63875 polígonos. Foram ainda integrados 34 muros/barreiras e 21 pontes/viadutos. A reflexão considerada para cada edifício implica uma absorção de 1 dB nas fachadas, sendo portanto uma generalização conservativa. Todos os edifícios foram considerados opacos acusticamente e todas as barreiras foram caracterizadas acusticamente de acordo com o seu projeto (absorventes ou refletoras). Não se consideraram previsíveis alterações aos muros e barreiras acústicas relativamente ao ano 2023, face aos elementos atuais.

5.2. FONTES DE RUÍDO

Como já foi referido os mapas previsionais de ruído relativos às aglomerações do concelho de Oeiras incidem particularmente no ruído emitido por tráfego rodoviário, tráfego ferroviário e instalações industriais.

5.2.1. Tráfego Rodoviário

Tal como descrito anteriormente, relativamente ao tráfego neste concelho os dois cenários previstos são os seguintes:

- Cenário otimista - prevê a geração de um volume de tráfego rodoviário 16% superior ao verificado em 2011 e distribuído de forma uniforme por todas as vias analisadas. Prevê ainda a construção de novas vias de circulação. Os valores de tráfego das vias existentes podem ser consultados no anexo 5 da memória descritiva do mapa de ruído estratégico de 2011. Para as vias futuras considerou-se um tráfego correspondente ao tráfego médio das vias existentes que são ligadas pelas futuras ou a vias com funções de distribuição semelhantes dentro do concelho.
- Cenário pessimista – assume que a população do Concelho aumenta apenas 6% nos próximos 10 anos e que isso gera um aumento uniforme de 6 % de tráfego em todas as vias existentes. Assume também que não haverá qualquer infraestrutura rodoviária ou ferroviária nova. Os valores de tráfego das vias existentes podem ser consultados no anexo 5 da memória descritiva dos mapas estratégicos de ruído de 2011.

Os dados de tráfego rodoviário utilizados no modelo encontram-se em anexo.

A figura seguinte mostra as novas vias consideradas indicadas a preto e as existentes indicadas a vermelho.

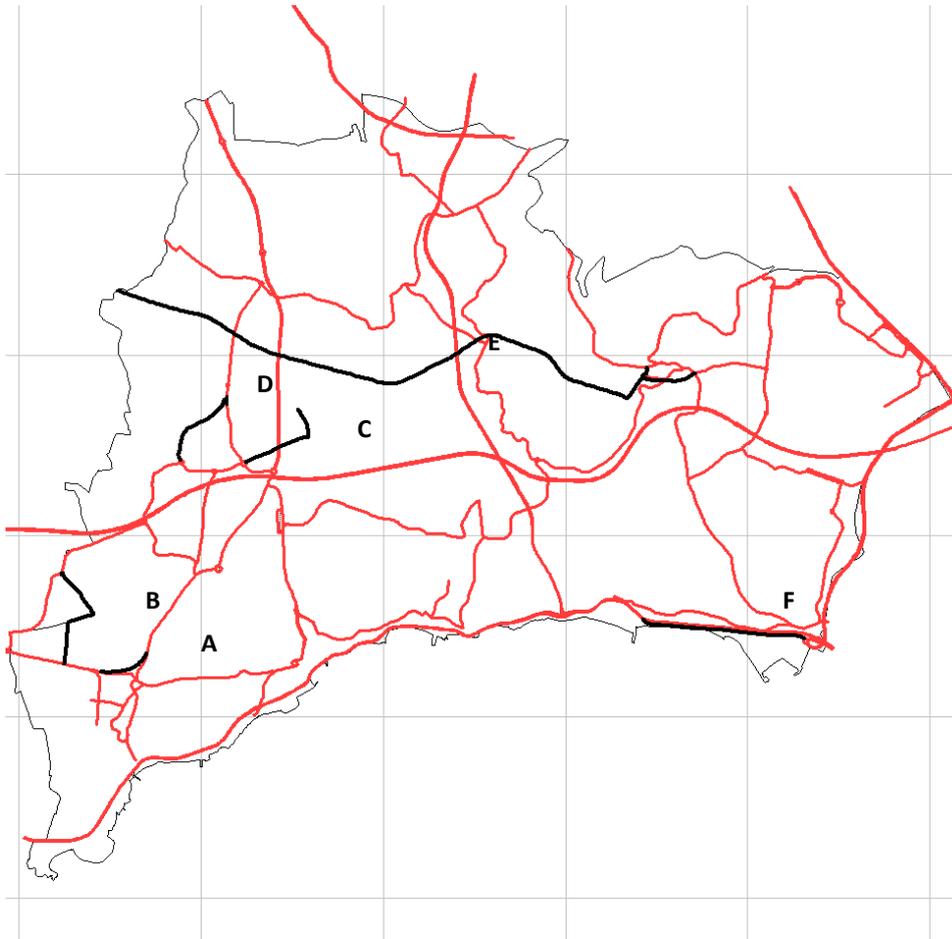


Figura 1 – Fontes rodoviárias

O quadro seguinte apresenta o tráfego previsto para as futuras vias, para o cenário otimista.

Quadro 4 – Tráfego previsto para as futuras vias

Rodovia	Tráfego médio horário (veículos/hora)						Velocidade média de circulação (km/h)					
	Ligeiros			Pesados			Ligeiros			Pesados		
	Diurno	Noturno	Entardecer	Diurno	Noturno	Entardecer	Diurno	Noturno	Entardecer	Diurno	Noturno	Entardecer
A	800	100	500	10	1	5	50	50	50	50	50	50
B	600	150	500	50	10	30	70	70	70	70	70	70
C	700	100	500	10	1	5	50	50	50	50	50	50
D	250	60	200	13	1	1,5	50	50	50	50	50	50
E	1000	200	500	25	5	15	50	50	50	50	50	50
F	1260	300	750	39,6	9	21,6	70	70	70	70	70	70

5.2.2. Tráfego Ferroviário

De acordo com os dados fornecidos pela REFER, não se prevê qualquer alteração de tráfego ferroviário para o ano de 2023, face ao tráfego atual, assim as fontes ferroviárias da REFER previstas no concelho de Oeiras são as seguintes:

- CP – Comboios de Portugal - Linha de Cascais;
- CP – Comboios de Portugal - Linha de Sintra;

Os dados fornecidos para estas infraestruturas foram disponibilizados por correio eletrónico pela REFER (a 5 de Abril). Com base nestes dados estimaram-se os volumes de tráfego médio e velocidades médias de circulação para ambas as vias tendo-se assumido:

- Velocidade média para linha de Cascais – 80 km/h;
- Velocidade média para a linha de Sintra – 50 km/h.

Seguidamente apresentam-se os resumos dos valores de tráfego ferroviário para as linhas consideradas, com referência ao total de passagens nos dois sentidos e por categoria (Norma SRMII).

Quadro 5 – Tráfego Médio Diário Anual para a linha de Sintra entre Cacém e Monte Abraão

Categoria	Diurno	Entardecer	Noturno
2	188,2	34,2	37,9
4	0,6	0,3	0,0
6	11,3	0,6	2,0

Quadro 6 – Tráfego Médio Diário Anual para a linha de Lisboa-Cascais entre Belém e Oeiras

Categoria	Diurno	Entardecer	Noturno
2	182	25	21

Quadro 7 – Tráfego Médio Diário Anual para a linha de Lisboa-Cascais entre Oeiras e Carcavelos

Categoria	Diurno	Entardecer	Noturno
2	116	19	22

Os dados apresentados foram convertidos de forma que o tráfego por categoria de comboio de acordo com a SRMII se ajustasse ao ruído previsto para estas linhas em particular, permitindo assim um maior rigor nas previsões. Para o efeito foi seguida a metodologia sugerida no estudo do Mapa de ruído Estratégico destas GIT: “Mapa Estratégico de Ruído das Grandes Infraestruturas de Transporte Ferroviário Linha de Sintra, REFER, Junho 2008” e “Mapa Estratégico de Ruído das Grandes Infraestruturas de Transporte Ferroviário, Linha de Cascais (Revisão 1), Julho 2008”.

O Cenário otimista prevê a reativação da linha de elétrico entre Algés e a Cruz Quebrada com o seguinte tráfego:

- Período diurno – 9 passagens/hora;
- Período do entardecer – 2 passagens/hora;
- Período noturno – 2 passagens/hora.

Velocidade de circulação: 15 km/h

A categoria das composições considerada está de acordo com a norma SRMII.

A figura seguinte mostra a localização da futura ferrovia a preto e das existentes a vermelho.

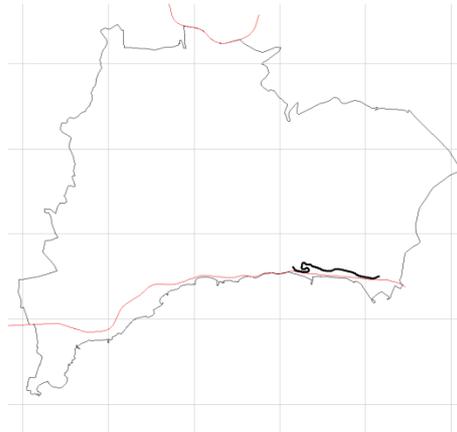


Figura 2 - Localização da ferrovia a requalificar

No desenvolvimento do SATU, e apenas para o cenário otimista, considerou-se uma média de 10 passagens hora no período diurno e 6 passagens hora nos restantes períodos, nos dois sentidos. Dado tratar-se de uma infraestrutura de transportes de carácter único, após várias abordagens concluiu-se que a forma mais eficaz de a simular seria através de uma fonte linear com as seguintes características de radiação:

- Período diurno – potência linear $L_w = 69,5$ dB(A)
- Período do entardecer – potência linear $L_w = 66,5$ dB(A)
- Período noturno - potência linear $L_w = 66,5$ dB(A)

Estes dados tiveram por base um estudo de ruído elaborado pelo LNEC em 2008: "Sistema automático de transporte urbano de Oeiras (SATUO) – Avaliação de impacte na Componente Acústica do Ambiente – Teixeira Duarte, Engenharia e construções S.A."

A figura seguinte mostra o desenvolvimento previsto do SATU a vermelho.

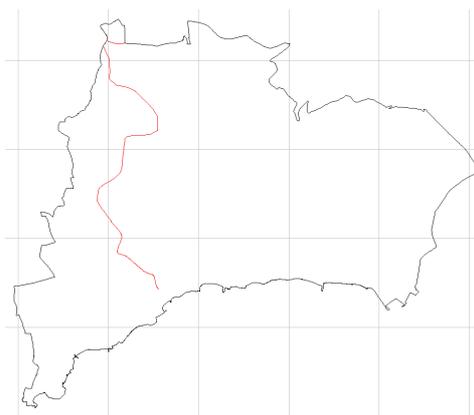


Figura 3 – Desenvolvimento previsto do SATU

5.2.3. Estabelecimentos Industriais

A indústria Lisgráfica que foi única considerada no mapa estratégico de 2011 e não se prevê qualquer alteração significativa no seu funcionamento mantendo-se assim os seus níveis de emissão sonora de acordo com o descrito no quadro abaixo.

Quadro 8 - Nível estimado de potência sonora das fontes industriais

Instalação	Nível estimado de potência sonora por unidade de área (m ²) em dB(A)		
	L _w Diurno	L _w entardecer	L _w Noturno
Lisgráfica, S.A.	65,8	71,5	68,6

5.2.4. Áreas especiais de absorção

Foram definidas 249 áreas florestais/jardins que constituem zonas muito absorventes ($\alpha=1$) acusticamente e que estão apresentadas no anexo 4 da memória descritiva do mapa estratégico de 2011.

6. RESULTADOS E ANÁLISE

Como resultados das simulações efetuadas obteve-se para cada um dos cenários:

- Mapas de ruído para o ano de 2023, para os parâmetros L_{den} e L_n .
- Mapas de conflitos para o ano de 2023.
- Valores estatísticos de fachadas mais expostas / relação com o nº de habitantes expostos.

Os mapas dos parâmetros L_{den} e L_n encontram-se em anexo. A avaliação estatística de fachadas expostas encontra-se apresentada nos quadros seguintes.

Por forma a avaliar o impacto efetivo dos níveis acústicos estimados pelos mapas de ruído, procedeu-se à determinação dos valores de fachada, estando estimado o número de habitantes por pela estimativa de população residente ao nível da subsecção estatística dos Censos da População de 2011, através da proporção de alojamentos residenciais em cada edifício relativamente ao número total de alojamentos residenciais no conjunto da subsecção. Deste modo, foi utilizada uma informação muito mais detalhada do que uma média de densidade habitacional do Concelho. Foram previstos os valores nas fachadas dos edifícios de habitação ou com uso sensível, e nestes foi incluído o número de habitantes relativo a cada edifício. Deste modo foi utilizada uma informação muito mais detalhada do que uma média de densidade habitacional do concelho.

Quadro 9 – Nº de habitantes expostos ao ruído, no cenário otimista

Gama de valores de ruído em dB(A)	>35-40	>40-45	>45-50	>50-55	>55-60	>60-65	>65-70	>70-75	>75-80	>80-...
L_d	0	16721	39499	29269	11727	12280	5731	732	0	0
L_e	0	15635	40853	31405	12286	12053	3684	43	0	0
L_n	145	16982	39123	31667	13169	11412	3371	90	0	0
L_{den}	0	1722	31562	38847	20808	11217	9449	2350	4	0

Quadro 10 – Nº de habitantes expostos ao ruído, no cenário pessimista

Gama de valores de ruído em dB(A)	>35-40	>40-45	>45-50	>50-55	>55-60	>60-65	>65-70	>70-75	>75-80	>80-...
L_d	438	20787	39330	26209	11184	12306	4973	732	0	0
L_e	318	19199	40967	28830	11600	11704	3322	19	0	0
L_n	20869	40090	28257	12789	10512	3022	65	0	0	0
L_{den}	0	3391	34205	37757	18690	11470	8362	2080	4	0

Os resultados mostram que para o critério de exposição máxima há um total previsto de 28042 habitantes expostos a níveis de ruído $L_n > 55$ dB(A) para o cenário otimista e para o cenário pessimista esse número é de 13599. Estes dados mostram que o cenário otimista implica um aumento significativo do número de habitantes expostos a níveis de ruído superiores ao estabelecido no RGR.

Da mesma forma tem-se para o parâmetro L_{den} , 11803 habitantes na condição de $L_{den} > 65$ dB(A) no cenário otimista e 10446 no cenário pessimista.

Tendo sido opção deste Município a não definição de qualquer zona sensível, estes valores mostram o número estimado de habitantes em situação de excesso de ruído de acordo com RGR. Mostram igualmente que o critério de exposição do parâmetro L_n é mais exigente do que L_{den} , ou seja é mais difícil cumprir o RGR durante o período noturno.

A análise estatística da área afetada pelos níveis de ruído mostra a mesma tendência que o quadro anterior, relativo ao número de habitantes expostos ao ruído.

Quadro 11 – % de área contaminada com ruído por escalões e para o parâmetro L_{den} , cenário otimista

Gama de valores de ruído em dB(A)	>...55.0	>55.0-60.0	>60.0-65.0	>65.0-70.0	>70.0....
% de área do Concelho	25,5	28,1	20,3	13,3	12,8

O quadro 11 mostra que 26,1% da área do concelho ficará acima dos limites máximo para zonas mistas e para o parâmetro L_{den} (> 65 dB(A)), caso se verifique o cenário otimista.

Quadro 12 – % de área contaminada com ruído por escalões e para o parâmetro L_n , cenário otimista

Gama de valores de ruído em dB(A)	>...55.0	>55.0-60.0	>60.0-65.0	>65.0-70.0	>70.0....
% de área do Concelho	14,6	29	24,1	16,1	16,2

O quadro 12 mostra que 32,3% da área do concelho está acima dos limites máximo para zonas mistas e para o parâmetro L_n (> 55 dB(A)), caso se verifique o cenário otimista.

Quadro 13 – % de área contaminada com ruído por escalões e para o parâmetro L_{den} , cenário pessimista

Gama de valores de ruído em dB(A)	>...55.0	>55.0-60.0	>60.0-65.0	>65.0-70.0	>70.0....
% de área do Concelho	32,5	27,1	17,5	11,7	11,2

O quadro anterior mostra que 22,8% da área do concelho ficará acima dos limites máximo para zonas mistas e para o parâmetro L_{den} (> 65 dB(A)), caso se verifique o cenário pessimista.

Quadro 14 – % de área contaminada com ruído por escalões e para o parâmetro L_n , cenário pessimista

Gama de valores de ruído em dB(A)	>...55.0	>55.0-60.0	>60.0-65.0	>65.0-70.0	>70.0....
% de área do Concelho	20,4	30,4	21	14,2	14,1

O quadro anterior mostra que 28,3% da área do Concelho está acima dos limites máximo para zonas mistas e para o parâmetro L_n (> 55 dB(A)), caso se verifique o cenário pessimista.

Esta análise confirma que no cenário otimista a área contaminada com valores de ruído acima do desejável é maior do que no cenário pessimista.

As fontes de ruído que mais contribuem para a perturbação do ambiente sonoro no Concelho são, em ambos os cenários, claramente as GITs, nomeadamente:

- A5;
- A9;
- EN249;
- Linha Lisboa – Cascais;
- EN6 (Marginal).

Estas vias, pela potência sonora radiada e pela sua extensão (cerca de 10 km no caso da A5) dentro do Município, influenciam a sua envolvente criando uma zona de excesso de ruído ($L_n > 55$ dBA) que em alguns casos (A5) atinge os 400m medidos relativamente ao centro da via.

O IC19 e a Linha de Sintra também têm potências acústicas muito elevadas mas o seu efeito acaba por ser limitado pelo facto de terem uma extensão relativamente reduzida dentro do Concelho (1700 m).

No cenário otimista surge uma nova fonte com significado a nível acústico, indicada na figura 1 (do tráfego rodoviário) com a letra E. Contudo existe uma incerteza relativamente à sua construção e ao volume que lhe estará associado, caso seja concretizada.

Estes resultados indicam que este concelho terá valores de ruído e de área acusticamente contaminada típicos de uma zona com grande densidade habitacional e elevado número de fontes de ruído, sendo que essa área será maior no cenário otimista.

1. BIBLIOGRAFIA

Decreto-Lei nº 146/2006 de 31 de Julho (Transpõe para a ordem jurídica interna a Diretiva nº 2002/49/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de Junho, relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente).

Diretiva nº 2002/49/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de Junho, relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente.

Decreto-Lei nº 9/2007 de 17 de Janeiro (Aprova o Regulamento Geral do Ruído e revoga o regime legal da poluição sonora, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 292/2000, de 14 de Novembro).

APA (2011) Diretrizes para Elaboração de Mapas de Ruído - Versão 3 - Dezembro 2011. Amadora; http://www.apambiente.pt/_zdata/DAR/Ruido/NotasTecnicas_EstudiosReferencia/DirectrizesMapasDez2011_todo_2.pdf (Cons. Dez. 2012).

APA (2011a) Recomendações para a Organização dos Mapas Digitais de Ruído - Versão 3 – Dezembro de 2011. Amadora.

http://www.apambiente.pt/_zdata/DAR/Ruido/NotasTecnicas_EstudiosReferencia/Recomendaes_MapasDigitaisRudo_Dezembro2011.pdf (Cons. Dez. 2012).

Brisa (2009) Mapas Estratégicos de Ruído da A5: Lisboa – Cascais e da A9: Estádio Nacional – Alverca. Relatório Final. Rio de Mouro, 27/3/2009. http://www.brisa.pt/ResourcesUser/Sustentabilidade/Mapas_Ruido/A5_A9/RELATORIO_FINAL/Relatorio_Tecnico/08_175_MRIT01.pdf (Cons. Dez. 2012).

INIR (2012) Relatório de Tráfego na Rede Nacional de Auto-Estradas - 4º Trimestre de 2011, INIR, I.P., Março de 2012. <http://www.inir.pt/portal/RedeRodovi%C3%A1ria/Relat%C3%B3rios/tabid/142/language/pt-PT/Default.aspx> (Cons. Dez. 2012).

WG-AEN (2007) Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure - Position Paper. Version 2 - 13th August 2007. European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN). <http://ec.europa.eu/environment/noise/pdf/gpg2.pdf> (Cons. Dez. 2012).

CMO (2012) Proposta de Revisão do Plano Diretor Municipal de Oeiras – Elementos de Acompanhamento – Mapa de Ruído. <http://pdm.cm-oeiras.pt/default.aspx?pg=b41c77b7-f9ca-4513-9be7-bc540d45c3ab> (Cons. Dez. 2012).

REFER (2008) Mapa Estratégico de Ruído das Grandes Infraestruturas de Transporte Ferroviário Linha de Cascais (Revisão 1) – Volume I. Direção de Ambiente da REFER, Julho de 2008. http://www.apambiente.pt/_zdata/DAR/Ruido/SituacaoNacional/Mapas_GITs_Ferroviano/RNT_cascais.pdf (Cons. Dez. 2012).

REFER (2008a) Mapa Estratégico de Ruído das Grandes Infraestruturas de Transporte Ferroviário Linha de Sintra – Volume I. Direção de Ambiente da REFER, Junho de 2008. http://www.apambiente.pt/_zdata/DAR/Ruido/SituacaoNacional/Mapas_GITs_Ferroviano/Mapas-GITs-Ferroviano.pdf.

CMO/GDM (2009) Relatório de Caracterização das Atividades Industriais no concelho de Oeiras. n/p, GDM/CMO, Março de 2009.

RDT (2011) Contagens de Tráfego para a elaboração dos Mapas Estratégicos de Ruído do Concelho de Oeiras – RESULTADOS. n/p, Dez. 2011.

7. ANEXOS