

METODOLOGIAS PARA A MONITORIZAÇÃO DE RUÍDO. COMBINAÇÃO DE MEDIÇÕES E MODELAÇÃO DE RUÍDO NA MELHORIA DA EFICIÊNCIA NA AMOSTRAGEM DE RUÍDO

Sónia Antunes¹, Luís Santos Lopes², Odete Domingues¹

¹Laboratório Nacional de Engenharia Civil
{santunes@lnec.pt, odomingues@lnec.pt}

² Acustiprojecto, lda
acusti@mail.telepac.pt

Resumo

A legislação portuguesa no âmbito da Acústica Ambiental define os indicadores de ruído diurno-entardecer-noturno (L_{den}) e o indicador de ruído noturno (L_n), determinados durante o período de um ano, como os descritores de ruído a serem utilizados na verificação da conformidade com os valores limite.

Para a obtenção destes indicadores podem ser utilizadas várias estratégias de amostragem dos pontos de medição, assim como estratégias que combinem simultaneamente a estratificação dos pontos de medição e o recurso a modelos de cálculo de ruído. Nesta comunicação apresenta-se uma súmula das principais estratégias que podem ser utilizadas, assim como dois casos práticos da respetiva aplicação.

Palavras-chave: monitorização de ruído, ruído ambiente

Abstract

The Environmental Acoustics Portuguese legislation established the day-evening-night (L_{den}) and night (L_n) noise indicators, determined during the year, as the noise descriptors to be used for verification of compliance with limit values.

When making noise measurements several sampling strategies can be used, as well as strategies that combined both the stratification of the measurement points and the use of noise models calculation. This article presents a summary of the main strategies that can be used, as well as two case studies.

Keywords: Noise monitoring, environmental noise.

PACS no. 43.50.Sr

1 Enquadramento do tema

Para o descritor ruído, o acompanhamento da resposta do sistema ambiental, devido aos efeitos produzidos pela presença de uma infraestrutura de tráfego, é efetuado por meio de campanhas de monitorização, cujo objetivo é a caracterização do nível sonoro médio de longa duração, para os três períodos de referência (diurno, entardecer e noturno), determinados durante uma série de períodos representativos de um ano. Posteriormente são calculados os indicadores de ruído associados ao incómodo global, designadamente, o indicador de ruído “diurno-entardecer-noturno”, L_{den} , e o indicador de ruído “noturno” L_n . As campanhas de monitorização devem ser realizadas nas proximidades dos recetores sensíveis identificados no Plano Geral de Monitorização, apresentado no Estudo de Impacte Ambiental, e em recetores sensíveis que tenham apresentado reclamações devido ao ruído originado pela infraestrutura em avaliação, mesmo que estes últimos não estejam contemplados no Plano Geral de Monitorização. A monitorização pode ser realizada recorrendo a medições acústicas, as quais devem ser efetuadas de acordo com os procedimentos descritos na série de normas Portuguesas NP ISO 1996. Em alternativa à realização de uma campanha de monitorização baseada em medições, poder-se-á recorrer a modelos de previsão do ruído de tráfego rodoviário, reportados a um período temporal de previsão de um ano.

2 Caraterização através de métodos de previsão do ruído

Para as infraestruturas de tráfego rodoviário, a norma francesa XP S31-131 [AFNOR XP S31-133, 2001] descreve o mesmo procedimento de cálculo para a emissão sonora que o método francês NMPB-Routes 96 (*Nouvelle Méthode de Prevision du Bruit des Routes*), sendo estes dois documentos referenciados na Diretiva de gestão e avaliação do ruído ambiente [Portugal. Leis, Decretos-Lei, 2006], como métodos de computação interinos.

A grandeza básica utilizada na avaliação do ambiente sonoro nas proximidades de uma infraestrutura rodoviária é o nível sonoro contínuo equivalente, de longa duração, ponderado A. Na determinação deste descritor de ruído deve tomar-se em consideração o fluxo anual de tráfego (subdividido em fluxo contínuo, pulsado contínuo, pulsado acelerado e pulsado desacelerado) e respetiva composição (veículos ligeiros ou veículos pesados), velocidades de circulação médias anuais, perfis longitudinais da via (horizontal, subida e descida) e as condições meteorológicas (gradientes verticais da velocidade do vento e da temperatura) que prevalecem durante o período de um ano. Para a determinação do nível sonoro de longa duração, são considerados dois tipos de propagação sonora: a propagação sonora com condições favoráveis da fonte para o recetor e a propagação sonora com condições homogéneas, às quais são associadas as respetivas probabilidades de ocorrência durante um ano.

3 Caraterização através de medições de ruído: Planeamento e amostragem

Antes de iniciar qualquer medição de ruído ambiente e depois de se definir o parâmetro que se pretende caracterizar (por exemplo, o L_{den} representativo de um ano, ou de um período específico de

emissão sonora da fonte) é importante efetuar um estudo prévio da situação a caracterizar e que inclua os seguintes aspetos:

- ❖ Identificação das principais fontes de ruído e respetiva ordenação da sua contribuição para o ambiente sonoro no local a caracterizar, assim como a identificação das suas características de emissão sonora. Por exemplo no caso de ruído de tráfego rodoviário existem usualmente em determinados períodos, picos de volume de tráfego, sendo importante a distinção entre os dias de semana e fins-de-semana, ou então de variações dos níveis sonoros devido a períodos de férias.
- ❖ Caracterização das condições meteorológicas do local de medição, representativas do período em avaliação (quando os pontos recetores se encontram a mais de 100 metros de qualquer fonte). Para este efeito poder-se-á recorrer a dados estatísticos (normais climatológicas) de estações meteorológicas próximas, desde que o local de medição e o local onde se encontre a estação sejam comparáveis do ponto de vista topográfico, de ocupação e natureza do solo, e não existam nas suas proximidades grandes massas de água.
- ❖ Identificação dos recetores sensíveis existentes ou previstos e distâncias entre a fonte predominante e cada recetor.
- ❖ Adequar a medição a realizar tendo em conta a respetiva representatividade, ou seja, caso se pretenda que os valores obtidos sejam representativos de uma média anual, então poderá ser necessário o planeamento do período de medição, ou então o recurso a uma técnica/modelo para a conversão dos resultados. Neste caso, e para o ruído de tráfego rodoviário, poder-se-ão utilizar os requisitos constantes na norma francesa NF S 31-085 (versão de 2002) para a conversão dos resultados.
- ❖ Finalmente há que ter em conta o grau de exatidão com o qual se pretende realizar a medição. Por exemplo, no caso de proximidade de uma via de tráfego, o grau de exatidão está relacionado com o número de passagens individuais de veículos que ocorrem durante a medição.

Com base nestas informações será possível a seleção dos pontos de medição e da respetiva estratificação temporal a utilizar de modo a que a relação custo-eficácia seja a mais favorável, tendo em conta o grau de exatidão pretendido para o resultado.

3.1 Estratificação temporal

Quando a emissão das fontes existentes na área a caracterizar (e principalmente das fontes predominantes) variar ao longo do ano, devem ser utilizadas técnicas de estratificação para as medições de modo a viabilizar uma combinação adequada das variações das emissões da fonte e das condições de propagação (incluindo as características do solo), nas diferentes janelas meteorológicas. No domínio do tempo, podem ser caracterizadas 3 tipos de amostragens de ruído [1]:

3.1.1 Amostragem de “curta duração” – corresponde a medições durante um intervalo de tempo para o qual se pode considerar que as características das condições meteorológicas são estáveis. Experimentalmente, pode-se aceder a este tipo de condições efetuando medições simultâneas das condições meteorológicas e dos níveis sonoros, num intervalo de tempo que se estende entre os 10 minutos, até algumas horas. Embora durante algumas frações de tempo curtas (segundos) possam existir flutuações das condições atmosféricas, em consequência de fenómenos de turbulência, considera-se que o resultado da medição é representativo das situações meteorológicas estáveis,

tendo em conta o alargamento do tempo de medição e o escamoteamento dos fenómenos de turbulência. Refira-se que um intervalo de observação com uma duração inferior a 10 minutos, não permite tornar a medição independente de fenómenos de turbulência, e uma duração mais longa do tempo de observação (maior que algumas horas) não permite estimar o fenómeno como localmente estacionário, uma vez que começa a ser influenciada pelas flutuações associadas ao ciclo diário [1].

Durante o período da amostragem deve ser efetuado o cálculo da média das variáveis meteorológicas medidas, sendo desejável que, durante este intervalo, se consiga obter um valor representativo das emissões sonoras.

3.1.2. Amostragem de “média duração” – A este tipo de amostragem temporal corresponde um intervalo de tempo com a duração de todo o período de referência. Os níveis sonoros podem ser calculados por uma composição de situações de “curta duração” ponderadas pela repartição das condições de propagação observadas, ou definidas como hipótese. Pode-se comparar os resultados obtidos com recurso a métodos de previsão – assumindo a existência de determinadas condições meteorológicas – com os resultados da medição realizada em condições particulares (neste caso condições favoráveis à propagação sonora entre a fonte e o recetor).

Uma alternativa à medição durante todo o período de referência é a realização de medições durante intervalos mais curtos, enquanto se contabilizam o número de veículos separadamente em cada categoria (fazendo-se a distinção entre veículos ligeiros e pesados) e as correspondentes velocidades médias de circulação. Os níveis sonoros medidos podem ser convertidos para os valores de tráfego para um período de referência (diurno, entardecer ou noturno). Para este efeito, será necessária a utilização de um método de previsão para o ruído de tráfego rodoviário (no caso português, o método de cálculo francês NMPB-Routes-96), para o cálculo do nível sonoro relativamente ao período de referência, tomando-se por exemplo o valor de tráfego médio diário, de modo que:

$$LA_{eq, conv, diário} = LA_{eq, int-med} + (L_{cal, diário} - L_{cal, int-med}) \quad (1)$$

em que:

$LA_{eq, conv diário}$ – Corresponde à conversão do nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A, que ocorreu durante o intervalo de tempo de medição, para as condições médias de tráfego diário no período em avaliação.

$LA_{eq, int-med}$ - É o nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A, que ocorreu durante o intervalo de tempo de medição;

$L_{cal, diário}$ – É o nível sonoro contínuo equivalente ponderado A, calculado pelo modelo de previsão tendo em conta as condições médias de tráfego diárias no período em avaliação;

$L_{cal, int-med}$ - É o nível sonoro contínuo equivalente ponderado A, calculado pelo modelo de previsão, com base nas condições de tráfego que ocorreram durante o período de medição.

Naturalmente, que a expressão (1) também poderá ser aplicada à conversão para níveis sonoros de longa duração, e não apenas para períodos de referência do ciclo diário, sendo necessário para este efeito, dispor dos dados de tráfego médios do período de longa duração em causa (geralmente um ano).

Um caso particular de aplicação desta conversão é o que se refere à chamada ‘validação’ de níveis de ruído calculados, p. ex. no quadro de elaboração de cartas de ruído. Neste caso, pretende-se comparar o

resultado do nível sonoro calculado, com o nível sonoro medido, devendo a diferença entre ambos, satisfazer os valores adotados. Nesta situação, deve-se também ter em atenção de que usualmente a medição é efetuada em condições favoráveis a propagação sonora entre o emissor e o recetor, pelo que os níveis calculados também devem ser representativos de situação análoga. A expressão a utilizar será então:

$$\Delta = LA_{eq, int-med} - L_{cal, int-med} \quad (2)$$

Nas situações anteriormente descritas, os níveis sonoros medidos, $LA_{eq, int-med}$, também devem ser validados, de modo a permitir a correspondente conversão para outros tipos de fluxo de tráfego (para um período de referência, ou então até mesmo para um período de longa duração). Nesta situação, deve-se verificar o seguinte:

- ⤴ Que os níveis sonoros medidos são exclusivamente devidos ao ruído de tráfego e originados somente pela infraestrutura em avaliação;
- ⤴ A não existência de singularidades (por exemplo congestionamento de tráfego, passagens de ambulâncias com sirenes em funcionamento, ou existência de acidentes), que não são representativas do período de referência que se pretende caracterizar.

A título informativo refira-se que a norma francesa NF S 31-085 (versão de 2002), estabelece condições para o número de passagens mínimo de veículos, de modo a permitir a extrapolar para outras condições de tráfego. A mesma norma, também apresenta uma metodologia para a realização de testes estatísticos (teste estatístico de análise temporal; teste de Gauss; teste de coerência e obtenção da correlação entre os níveis sonoros obtidos em 2 pontos distintos) que permitem validar os resultados obtidos tendo em atenção as necessidades identificadas.

3.1.3- Amostragem de “longa duração” – Esta abordagem é bastante diferente das anteriores, correspondendo a uma repartição dos dados de curta duração ou de média duração durante um período representativo da duração do intervalo que se pretende caracterizar (usualmente um ano). Enquanto que para medições de curta duração, as variações devido às propriedades do solo são pequenas, nas medições de longa duração tal pode não suceder. Deste modo torna-se importante complementar os resultados das medições com uma descrição da superfície do solo entre a fonte e a posição de medição, anotando as características que podem influenciar a respetiva impedância acústica (segundo a NP 4361-2 as superfícies refletoras podem-se classificar em 3 categorias, com distintas propriedades acústicas: solo duro, que inclui pavimentos, água, betão e qualquer superfície possuindo uma baixa porosidade; solo poroso, que inclui os solos cobertos de erva, árvores ou outra vegetação; e solo misto, se a superfície é constituída simultaneamente por solo misto e poroso).

3.2 Estratificação espacial

No que respeita à amostragem espacial, esta abordagem inclui:

- Aproximação do ponto de medição da fonte sonora (entre 5 a 25 metros da fonte) com a finalidade de reduzir a influência das condições meteorológicas nos resultados obtidos;
- Agrupamento de áreas com ambientes acústicos análogos (áreas residenciais, comerciais, áreas sossegadas, zonas industriais, etc.). Neste último caso são retiradas amostras distribuídas dentro de cada uma dessas áreas de modo a garantir uma boa representatividade espacial de cada zona;
- Seleção adequada dos pontos de medição, pode-se minimizar a influência do ruído residual;

- A utilização de técnicas de deteção de eventos, no caso de fontes intermitentes (tráfego ferroviário ou aéreo).

A utilização de técnicas de amostragem espacial e temporal, pode ser facilitada a partir da utilização de um ponto de referência para uma área com características acústicas homogéneas, e no qual se realiza uma medição num período suficientemente longo, de modo a caracterizarem-se as estatísticas relativas ao período de longa duração. Estes resultados também poderão ser comparados com os valores obtidos durante medições simultâneas de curta duração (no mínimo de 1 hora) realizadas em pontos próximos.

Ex: os níveis sonoros do ruído de tráfego rodoviário, em diferentes pontos de medição, podem ser eficazmente determinados se for efetuada uma medição simultânea do nível sonoro para uma posição de referência, durante todo o período de medição, e em diversas posições (com uma distância inferior a 30 m da posição de referência) durante intervalos de tempo mais curtos. No entanto, é necessário que para cada combinação de posições de microfones, inclua pelo menos a passagem de 10 veículos. Neste caso, o nível sonoro para a posição i do microfone, é obtido a partir da seguinte expressão:

$$L_i = L_{ref} - \Delta L_i \quad (3)$$

Em que L_{ref} é o nível sonoro na posição de referência, medido durante todo o período de medição e ΔL_i é a diferença entre os níveis sonoros medidos simultaneamente na posição de referência e na posição i . O nível de ruído de fundo na posição do microfone deve ser pelo menos 10 dB inferior ao ruído de tráfego rodoviário a ser medido.

4 – A integração de medições nas previsões de ruído e a 'validação' de cartas de ruído

As medições de ruído podem ser utilizadas como forma de aferir os modelos de cálculo de ruído. Um caso típico é o da 'validação' de cartas de ruído de rodovias já em exploração, a que atrás se fez referência, no ponto 3.1.2 “amostragem de média duração”.

A chamada “validação” de uma carta de ruído é frequentemente entendida como a comparação dos valores calculados do nível de ruído particular de longa duração, com os valores medidos do nível de ruído ambiente de média duração.

Todavia, para que essa validação seja efetiva, importa assegurar, antes de mais, que os valores em causa sejam comparáveis, valendo a pena evidenciar as seguintes realidades:

4.1 Validação do modelo *versus* validação da carta

O sentido da “validação” de uma carta de ruído depende do objetivo pretendido, podendo distinguir-se as seguintes duas situações:

- i) O objetivo é a aferição dos dados de entrada (fixos) do modelo: topografia e natureza do terreno; edifícios e obstáculos artificiais; inserção e características das fontes de ruído. Trata-se, neste caso, da validação do modelo de cálculo.
- ii) O objetivo é a confirmação do modelo fixo e também dos dados de entrada variável: janelas de emissão sonora e janelas meteorológicas. Trata-se, neste caso, da **validação do resultado** final da carta de ruído.

A **validação do modelo** com recurso a medições *in situ* revela-se útil e adequada, em virtude da sua exatidão (equivalente à incerteza da medição) e da sua reprodutibilidade, i.e. independente das variações da fonte, pois estas alteram o resultado final sempre na mesma proporção, desde que o recetor se situe na zona de emissão sonora (na zona de imissão, poderão ocorrer variações devidas às janelas meteorológicas em presença, devendo as medições privilegiar as janelas estáveis, favoráveis à propagação sonora entre a fonte e o recetor). Nestas condições, a aferição do modelo pode ser efetuada por comparação entre resultados calculados e medidos.

Já a **validação de um resultado final** da carta de ruído carece de aferir também as variações das janelas de emissão sonora, meteorológicas e estado do solo. Neste caso, as medições *in situ* não são adequadas, pois apenas captam intervalos do ambiente sonoro e não o seu valor médio de longa duração, a menos que se opte por monitorização contínua, à qual, todavia, estão associados diversos inconvenientes, designadamente a dificuldade em despistar eventos sonoros espúrios, i. e., fora do contexto do ruído particular em causa, para além do elevado custo financeiro e tempo necessário.

De uma forma geral, será preferível validar o modelo com recurso a medições acústicas, validando de seguida o resultado final de forma indireta, i.e. validando os dados de entrada, sendo de referir a este propósito, as seguintes duas notas:

- ▲ As rodovias mais importantes disponibilizam os dados de entrada. Nos restantes casos será necessário proceder à sua recolha: contagens de tráfego em períodos característicos da exploração viária, ou avaliação da potência sonora de equipamentos e respetivos regimes de emissão.
- ▲ Afigura-se razoável dispensar a validação das variações entre janelas meteorológicas, uma vez que os modelos consideram dados probabilísticos de ocorrência anual dessas janelas.

Em decorrência e em síntese, é possível evidenciar as seguintes conclusões:

- A validação de uma carta de ruído, contém duas parcelas: a validação do modelo (dados de entrada fixos) e a validação do resultado final (que inclui os dados relativos às variações de emissão sonora).
- Enquanto a validação do modelo pode ser efetuada com recurso a medições de ruído *in situ* (para uma qualquer janela de emissão sonora conhecida), a validação do resultado final deve, preferencialmente, resultar da combinação da validação do modelo com a verificação dos dados de emissão das fontes. Esta verificação poderá assentar na confirmação dos dados intrínsecos das fontes, como é o caso das contagens automáticas de tráfego, podendo em alguns casos incluir medições junto às mesmas, para a caracterização das suas potências sonoras e regimes de funcionamento (caso das fontes de ruído industriais).

5- Caso de estudo: autoestrada regional portuguesa

Face ao requisito de se proceder a medições de ruído ambiente *in situ* que visam 'validar' o cálculo do ruído particular da rodovia, foram selecionados 17 (dezasete) pontos de medição, distribuídos ao longo do seu percurso.

Estas medições foram efetuadas por um laboratório de ensaios acreditado pelo IPAC, tendo decorrido no período compreendido entre de 14 e 19 de maio de 2012.

Os 17 pontos de medição repartiram-se por 2 grupos, a que corresponderam duas durações diferentes de amostragem – amostragem de 48 horas e amostragem de 90 minutos – conforme se indica:

➤ Amostragem de 48 horas:

Este grupo é constituído por 10 pontos, situados nas estações de monitorização de tráfego da Concessionária, a curta distância da berma da autoestrada, situando-se assim claramente na sua zona de emissão sonora, no interior do espaço delimitado pela isofónica de referência.

➤ Amostragem de 90 minutos:

Este grupo é constituído por 7 pontos, situados na zona da imissão sonora, portanto afetados da influência dos fatores associados à propagação sonora em meio exterior, sendo de referir que nalguns destes pontos, foi evidente a contribuição de outras fontes sonoras que não a da autoestrada, na formação do ruído ambiente.

De referir a existência de registos contínuos de tráfego recolhidos pela Concessionária, com valores apresentados em intervalos horários, separando ligeiros e pesados.

Deste modo, procedeu-se ao cálculo dos níveis de ruído nos pontos com as mesmas coordenadas das medições *in situ* e utilizando os valores de tráfego registados pela Concessionária durante os períodos em que decorreram as medições.

O relatório das medições efetuadas contém os elementos descritivos dos ensaios, designadamente localização dos pontos, duração das amostras e respetivos níveis sonoros medidos. De referir que, tendo estes níveis sido apresentados por amostra, procedeu-se posteriormente à sua média energética, ponderada em função das diferentes durações dessas amostras.

De seguida, apresenta-se o resumo dos resultados de níveis calculados do ruído particular de longa duração *versus* níveis medidos de ruído ambiente:

Tabela 1 – Diferença entre os valores calculados e medidos, para 10 pontos, e para as medições de 48 horas.

$\Delta(\text{calculado-medido})$			
Ld	Le	Ln	Lden
0,4	-0,4	-0,4	0,0
0,3	-0,4	-0,3	0,0
-1,9	-3,0	-2,6	-2,5
-2,3	-2,7	-2,4	-2,4
-0,4	-0,6	-0,3	-0,7
-1,4	-2,0	-1,4	-1,5
3,1	2,6	2,4	2,7
-0,1	-0,7	-0,9	-0,5
0,3	0,0	-0,7	-0,2
0,9	0,5	0,0	0,5

Os resultados indicados na Tabela 1, permitem constatar que a dispersão de valores das diferenças 'calculado – medido' situa-se dentro do intervalo esperado. Estas diferenças são em geral inferiores a 2 dB(A), exceto em 3 pontos, cujo valor se situa entre 2 e 3 dB(A). A dispersão não apresenta

'tendência', i. e. diferenças sistemáticas para mais ou para menos. De referir que estes 10 pontos de medição se situam a distância da autoestrada inferior à da isofónica de referência (para aproveitar as estações de monitorização da Concessionária), com o conseqüente acréscimo de incerteza de avaliação, devida à variabilidade da contribuição das diversas vias, em função da distância ao microfone.

Tabela 2 – Diferença entre os valores calculados e medidos, para 7 pontos, e para as medições de 90 minutos

$\Delta(\text{calculado-medido})$			
Ld	Le	Ln	Lden
1,2	1,5	0,9	1,1
1,1	-2,6	-3,8	-1,9
0,1	-1,4	-0,3	-0,3
-2,6	-3,6	-4,8	-3,4(*)
1,1	0,5	1,1	0,8
1,4	-3,6	-0,6	-0,5 (*)
0,7	1,9	3,6	2,3

4 Conclusões

- Relativamente ao estudo de caso apresentado:

Embora superior à obtida nos pontos de medição de 48 h, a dispersão de valores das diferenças 'calculado – medido' situa-se dentro do intervalo esperado, se tivermos em conta a elevada distância à autoestrada (da ordem dos 100 m) e a conseqüente 'concorrência' de outros ruídos na formação do ruído ambiente medido.

O relatório das medições efetuadas, dá conta dos casos em que foi patente a 'contaminação' das amostras de ruído medido, os quais estão assinalados na tabela 2 com o símbolo (*). De referir que face à elevada distância à fonte, estes recetores estão sujeitos a uma maior incerteza de cálculo, devido à maior quantidade de fatores intervenientes no processamento dos resultados, designadamente o tipo de absorção sonora do solo e a influência das condições meteorológicas, que são variáveis ao longo do ano. Por esta razão, os resultados medidos nestes pontos necessitarão de maior tolerância na comparação com os valores calculados no modelo (i.é, um critério de aceitação mais alargado), pois estes assumem um valor médio de absorção sonora do solo e uma probabilidade estatística de ocorrência anual de condições meteorológicas favoráveis à propagação.

- Relativamente à generalidade das vias de tráfego:

A 'validação' da cartografia de ruído, deverá resultar, preferencialmente, da combinação dos dados intrínsecos das fontes com a validação do modelo de cálculo. Para este efeito, deverão comparar-se os resultados das medições *in situ* com os resultados calculados no modelo, carregado este com os valores de tráfego registados durante as medições (equação (2)).

A validação do resultado final – nível sonoro de longa duração – equivalerá à validação do modelo, desde que os dados de tráfego de longa duração sejam fiáveis (número de veículos pesados e ligeiros e

respetivas velocidades médias de circulação).

No caso de pontos recetores localizados a distâncias a partir de 50 a 100 metros da via, será também necessário atender à influência das condições atmosféricas e do estado do solo.

Referências:

- [1] Zouboff, V.; Laporte, J.; Brunet, Y., 1998 – Effects des conditions météorologiques sur la propagation du bruit. Prise en compte pratique, Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, Paris, 1998.
- [2] Antunes, S.; Patrício, J., Linhas orientativas para o estabelecimento de programas de monitorização de infraestruturas rodoviárias, Congresso Acústica 2008, Coimbra, 20-22 de outubro, 2008.
- [3] Antunes, S.; Rosão, V.; Falção, A., Representatividade das medições em Acústica Ambiental Congresso Acústica 2008, Coimbra, 20-22 de outubro, 2008
- [4] Lopes, S.; Validação em cartografia do ruído: em que consiste e quais as metodologias possíveis, Nota Técnica – Acustiprojecto, maio 2012
- [5] Association Française de Normalisation, NF S 31-085: Caractérisation et mesurage du bruit dû Trafic routier, AFNOR, 2002
- [6] International Organization for Standardization, ISO 1996-2: Acoustics - Description, measurement and assessment of environmental noise — Part 2: Determination of environmental noise levels, ISO, 2007
- [7] PORTUGAL. Leis, decretos-lei, etc. – Regulamento Geral do Ruído. Decreto-Lei nº 9/2007 de 17 de Janeiro.
- [8] PORTUGAL. Leis, decretos-lei, etc. – Transposição da Directiva n.º 2002/49/CE, relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente. Decreto-Lei nº 146/06 de 31 de Julho.