

Patrícia Alexandra Matos da Silva

Procedimento de acreditação de empresas em
ensaios de medição de ruído ambiente.
Desenvolvimento do processo de acreditação
na empresa Ambiformed.



Patrícia Alexandra Matos da Silva

Procedimento de acreditação de empresas em ensaios de medição de ruído ambiente.
Desenvolvimento do processo de acreditação na empresa Ambiformed.

Tese de Mestrado
em Tecnologias Ambientais

Professor Doutor Paulo de Pinho



Setembro de 2013

RESUMO

No âmbito da unidade curricular Dissertação, Projecto ou Estágio do curso de Mestrado em Tecnologias Ambientais da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu foi desenvolvido o presente trabalho. O estágio realizou-se no período entre 26 de Novembro de 2012 a 31 de Maio de 2013 na empresa Ambiformed - Ambiente, Higiene, Segurança e Saúde no Trabalho, Lda.

Atualmente a exigência dos clientes e também da legislação obriga a que os serviços prestados por laboratórios sejam cada vez mais eficientes, objetivos e competentes, tornando necessário a obtenção de uma autenticação das suas competências através de um processo de acreditação dos seus métodos de ensaio e/ou calibração. Em Portugal, de acordo com o Regulamento Geral do Ruído (RGR) aprovado pelo Decreto-Lei nº9/2007, de 17 de Janeiro, os ensaios e medições acústicas necessárias à verificação do cumprimento no RGR tem de ser realizados por entidades acreditadas.

O estágio teve como objetivo o desenvolvimento do procedimento que envolve a implementação do processo de acreditação de ensaios de medição de ruído ambiente, seguindo os requisitos gerais definidos na NP EN ISO/IEC 17025:2005 e os requisitos específicos definidos no Guia da APA, na empresa Ambiformed. No decorrer do estágio foram desenvolvidos procedimentos de medição internos de acordo com o Guia da APA. Foram também realizadas folhas de registo de campo, procedimentos de cálculo de incertezas e folhas de cálculo para a determinação dos indicadores de ruído pretendidos para cada ensaio. Para validação dos métodos de ensaio a Ambiformed participou em ensaios de aptidão, obtendo um resultado satisfatório. A validação também foi feita através do estudo de repetibilidade e reprodutibilidade.

ABSTRACT

This project was developed in the discipline Dissertação, Projecto ou Estágio (internship), Master in Tecnologias Ambientais (Environmental Technologies) at Escola Superior de Tecnologia e Gestão in Viseu. This internship occurred between November, 26th and May, 31st 2013 at Ambiformed - Ambiente, Higiene, Segurança e Saúde no Trabalho, Lda.

Nowadays, the clients demands and the legislation forces the laboratories to offer better services, to be more efficient, objective and qualified. Therefore, it is necessary to achieve an authentication of the laboratories competences through an accreditation process of trial and /or calibration methods.

In Portugal, according to the Regulamento Geral do Ruído (RGR) approved by law Decreto-Lei nº9/2007, January, 17th, the trials and the acoustic measurements needed to verify the RGR have to be made by proper entities.

The internship's goal was to develop and implement the process of accreditation in the measurement trials of environmental noise, according to the general requirements defined in NP EN ISO/IEC 17025:2005 and the specific requirements defined by Ambiformed's APA Guide. Throughout the internship, internal measurement procedures were developed according to the APA Guide. Data field registration sheets, uncertainty calculus procedure and spread sheets were made to determine the noise indicators intended to each trial. To validate the trial methods, Ambiformed participated in proficiency tests with a satisfactory result. The validation was also made through a repeatability and a reproducibility study.

PALAVRAS CHAVE

Acreditação

Laboratório de ensaios

Ruído ambiente

KEY WORDS

Accreditation

Testing laboratory

Environmental Noise

AGRADECIMENTOS

À minha família, nomeadamente aos meus pais e irmãos pelo apoio, compreensão e paciência que me deram durante a realização deste trabalho.

Aos meus amigos, pela força e disponibilidade que sempre tiveram ao longo do estágio.

Ao meu orientador Professor Doutor Paulo de Pinho pela ajuda, orientação, disponibilidade e por todo o empenho ao longo deste trabalho.

À empresa Ambiformed, pela oportunidade de realizar o estágio, por toda a ajuda prestada, paciência e pela simpatia com que sempre fui recebida.

À Eng.^a Andreia Bernardes e ao Eng.^o Nuno Santos pela orientação, ajuda e disponibilidade que tiveram ao longo da realização do estágio.

ÍNDICE GERAL

RESUMO.....	I
ABSTRACT	III
PALAVRAS CHAVE.....	IV
KEY WORDS.....	VI
AGRADECIMENTOS.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
ÍNDICE DE TABELAS.....	XV
ABREVIATURAS	XVII
1. Introdução.....	1
1.1 Caracterização da Ambiformed.....	2
1.2 Caracterização do Estágio.....	3
2 Acreditação.....	4
3 Processo de acreditação	6
3.1 Vantagens e desvantagens da Acreditação	7
4 Acreditação de Laboratórios de ensaio.....	10
4.1 Métodos de ensaio e validação dos métodos	10
4.1.1 Validação de métodos	12
4.1.2 Estimativa da incerteza de medição	14
4.2 Equipamento	16
4.3 Rastreabilidade das medições.....	17
4.4 Amostragem	17
4.4.1 Determinação do valor limite de exposição.....	21
4.4.2 Determinação do critério de incomodidade.....	22
4.5 Apresentação de resultados	25
5 Análise meteorológica.....	27
6 Representatividade das medições	39
7 Caso de estudo.....	41
7.1 Estimativa da incerteza dos ensaios.....	41
7.2 Métodos de ensaio e validação dos métodos	42
7.2.1 Validação dos métodos de ensaio	42
8 Conclusão.....	48
9 Bibliografia.....	49
ANEXO 1 - ENQUADRAMENTO LEGISLATIVO E NORMATIVO.....	53

ANEXO 2 – FÓRMULAS UTILIZADAS PARA O CÁLCULO DE INCERTEZAS 57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Condições favoráveis à propagação sonora (Adaptada de Besnard e Duc, 2009).....	28
Figura 2 – Condições desfavoráveis à propagação sonora (Adaptada de Besnard e Duc, 2009).	28
Figura 3 – Condições homogêneas à propagação sonora (Adaptada de Besnard e Duc, 2009).	29
Figura 4 – Influência da direção do vento na propagação sonora considerando os efeitos aerodinâmicos e para atmosferas isotérmicas.	30
Figura 5 – Atenuação típica com a distância a uma fonte sonora para as três condições (Adaptada de Besnard e Duc, 2009).	31
Figura 6 – Raio de curvatura $R > 0$	32
Figura 7 - Raio de curvatura dos trajetos de propagação sonora, R , e contribuição da incerteza de medição associada, expressa como o desvio-padrão, devido à influência das condições meteorológicas, para várias combinações de alturas de recetor/fonte (A a C) sobre solo poroso.	33

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Cronograma com as tarefas realizadas ao longo do estágio.....	3
Tabela 2 - Legislação e Normalização respeitante aos ensaios do ruído ambiente. ...	11
Tabela 3 – Fontes de incerteza associadas ao ruído ambiente.....	14
Tabela 4 – Resumo da incerteza da medição para L_{Aeq}	16
Tabela 5 – Valores limites de exposição.....	22
Tabela 6 – Valores limites para cada período de referência.....	24
Tabela 7 – Características que influenciam o raio de curvatura (NP ISO 1996-2, 2011).	34
Tabela 8 - Matriz $U_i T_i$	36
Tabela 9 – Valores medidos durante o período diurno.....	44
Tabela 10 - Tabela resumo para o período diurno.	44
Tabela 11 – Valores medidos para o período entardecer.....	45
Tabela 12 – Tabela resumo para o período entardecer.	45
Tabela 13 - Valores medidos durante o período diurno.....	46
Tabela 14 - Tabela resumo para o período diurno.	46
Tabela 15 - Valores medidos durante o período entardecer.....	46
Tabela 16 - Tabela resumo para o período entardecer.	47

ABREVIATURAS

ACT	Autoridade para as Condições do Trabalho
AM	Auditorias de Medição
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
APCER	Associação Portuguesa de Certificação
DGERT	Direção Geral do Emprego e das Relações de Trabalho
DGS	Direção Geral de Saúde
EA	European Cooperation for Accreditation
ILAC	International Laboratory Accreditation Cooperation
IPAC	Instituto Português da Acreditação
IPQ	Instituto Português da Qualidade
MRA	Acordo de Reconhecimento Mutuo
RELACRE	Associação de Laboratórios Acreditados de Portugal
RGR	Regulamento Geral do Ruído
RLPS	Regulamento Legal sobre a Poluição Sonora

1. Introdução

A acreditação de métodos de ensaios e/ou calibração de uma empresa torna-se relevante, pelo facto dos clientes procurarem cada vez mais laboratórios competentes, que demonstrem qualidade e confiança nos seus resultados. Uma empresa que tencione obter acreditação em determinados métodos de ensaios tem que cumprir com certos requisitos explícitos na NP EN ISO/IEC 17025:2005. Após o seguimento do processo definido no normativo referido, a empresa é sujeita a uma avaliação por parte do IPAC, organismo competente para avaliar e reconhecer a competência técnica a fim de executar atividades específicas de avaliação da conformidade. O reconhecimento por parte deste organismo pressupõe que a entidade cumpre com determinados requisitos num produto, processo ou serviço.

O estudo apresentado no presente documento, realizado no âmbito da unidade curricular Dissertação, Projecto ou Estágio do curso Mestrado em Tecnologias Ambientais da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu, teve como principal objetivo o estudo de todo o processo que envolve a acreditação de ensaios de ruído Ambiente e o desenvolvimento do procedimento para a implementação do processo de acreditação de ensaios de medição de ruído ambiente, seguindo os requisitos gerais definidos na NP EN ISO/IEC 17025:2005 e os requisitos específicos definidos no Guia da APA, no laboratório de ensaios da empresa Ambiformed.

O presente documento está dividido em quatro partes fundamentais, sendo que a primeira faz uma abordagem do processo de acreditação, explicitando a sua importância, assim como, as vantagens e desvantagens associadas à acreditação dos métodos de ensaios. Na segunda parte são referidas as fases e os requisitos necessários para a acreditação em ensaios de medição de ruído ambiente na empresa Ambiformed de acordo com a NP EN ISO/IEC 17025:2005. As últimas duas partes deste trabalho abrangem a apresentação de resultados e as conclusões do estudo.

1.1 Caracterização da Ambiformed

A empresa Ambiformed – Ambiente, Higiene, Segurança e Saúde no Trabalho, Lda., foi fundada a 18 de Abril de 2005 com sede em São Pedro do Sul, sendo que em 2008 muda a sua sede para Oliveira de Frades.

Esta empresa começou a sua atividade com a prestação de serviços externos de Higiene, Segurança e Saúde no Trabalho, implementação do Sistema HACCP e serviços na área do ambiente, coordenação de segurança em obra, comercialização de produtos e elaboração de planos de emergência.

Em 2006 a empresa obteve a acreditação para ministrar ações de formação profissional certificada, pela Direção-Geral do Emprego e das Relações de Trabalho (DGERT). Em 2008, a entidade é autorizada pela Autoridade para as Condições do Trabalho (ACT) e pela Direção Geral de Saúde (DGS), para prestar serviços externos de Higiene, Segurança e Saúde no Trabalho. No fim do ano de 2009 concluiu o processo de implementação do seu Sistema de Gestão da Qualidade de acordo com a ISO 9001:2008, pela APCER.

A empresa Ambiformed está dividida em três principais departamentos, nomeadamente, o departamento de formação, contabilidade, medicina e o técnico. No que diz respeito ao às principais funções exercidas na empresa destacam-se as seguintes:

- Médico com especialidade em medicina no trabalho;
- Técnicos de Cardiopneumologia;
- Engenheiros(as) do Ambiente;
- Técnicos(as) Superiores de Higiene e Segurança no Trabalho;
- Engenheiros(as) Civil;
- Especialistas em HACCP;
- Licenciados(as) em Ciências da Educação;
- Psicólogos.;
- Licenciados(as) em saúde Ambiental.

1.2 Caracterização do Estágio

O estágio decorreu num período de seis meses, tendo sido executado segundo um plano de trabalhos previamente definido. As tarefas realizadas ao longo do período definido do estágio encontram-se na Tabela 1, sendo que todas tarefas desenvolvidas na Ambiformed foram orientadas pela Eng.^a Andreia Bernardes.

Tabela 1 - Cronograma com as tarefas realizadas ao longo do estágio.

Tarefa	Nov. 2012	Dez. 2012	Jan. 2013	Fev. 2013	Mar. 2013	Abril 2013	Mai 2013	Junho 2013	Julho 2013
T1									
T2									
T3									
T4									
T5									

O estágio foi dividido em cinco tarefas, iniciando-se com a pesquisa bibliográfica, visando o aprofundamento de conhecimentos relativos aos procedimentos para implementação de um processo de acreditação através de um levantamento da legislação e da normalização respeitante à realização de ensaios do ruído ambiente. As seguintes tarefas (T2, T3 e T4) basearam-se no desenvolvimento de procedimentos de medição internos para a realização de ensaios de medição de ruído ambiente, procedimento de cálculo de incertezas para estimativa de incerteza de medição e procedimentos de folhas de cálculo que permitam que os dados recolhidos no sonómetro sejam transferidos e que de forma automática seja efetuada a determinação dos indicadores de ruído pretendidos para cada ensaio. Na tarefa T5 procedeu-se à validação do procedimento interno de medição e das folhas de cálculo desenvolvidas.

Cada tarefa mencionada é discutida de forma pormenorizada ao longo do presente trabalho.

2 Acreditação

O tema acreditação é um assunto discutido desde os anos 70, sendo em 1978 que surgiu a nível internacional o primeiro guia para laboratórios de ensaio, ISO/IEC Guia 25 (ISO, 1978). Este guia sofreu alterações sendo editada em 1982 e em 1990, uma vez que era um pouco restrito, apenas mencionava os requisitos técnicos para laboratórios de ensaio. Já na Europa, a norma que especificava os requisitos de competência para laboratórios de ensaio era a norma EN 45001 (Hoolihan, 2010).

Após algumas reformulações, surge em 1999 a EN ISO/IEC 17025 substituindo assim, o Guia 25. Em 2005, é publicada uma nova versão da EN ISO/IEC 17025. Esta norma define os requisitos gerais de competência para laboratórios de ensaio e calibração, procedimento que os candidatos deverão seguir para receber a acreditação. A entidade que cumprir com os requisitos da Norma cumprirá também com a norma ISO 9001, uma vez que, o normativo faz referência à ISO 9001:2000 (ISO, 2005). Relativamente à sua estrutura, os requisitos estão divididos em dois grupos: requisitos de gestão e requisitos técnicos. Este normativo de carácter internacional possibilita a existência de uma maior uniformização entre os vários países, uma vez, que existem Acordos de Reconhecimento Mútuo entre os organismos autorizados para a acreditação, facilitando a troca de opiniões entre eles e por sua vez, uma mais-valia para a economia (Branco, 2010).

Uma empresa com métodos de ensaios e/ou calibração acreditados indica que possui um reconhecimento da competência técnica de entidades para efetuar determinadas atividades de acordo com a normalização atual. Cada vez mais, os clientes procuram laboratórios cujos seus métodos de ensaios sejam credíveis e por sua vez, os seus resultados demonstrem confiança. Torna-se fundamental para as entidades a obtenção de uma autenticação das suas competências através de um processo de acreditação dos seus métodos de ensaio e/ou calibração, garantindo o aumento da sua competitividade nos mercados.

Para além das empresas/clientes serem um motivo que conduzem os laboratórios a procederem à acreditação, existe também legislação que obriga a que determinados ensaios sejam realizados por entidades acreditadas. O Regulamento Geral do Ruído (RGR), aprovado pelo Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de Janeiro refere que os ensaios e medições acústicas necessárias à verificação do cumprimento no RGR têm de ser realizados por entidades acreditadas.

3 Processo de acreditação

Em Portugal, o Instituto Português da Qualidade (IPAC) é a organização autorizada para avaliar e reconhecer a competência técnica de uma entidade para executar determinadas atividades. Depois da decisão favorável, o IPAC elabora um Certificado de Acreditação com um Anexo Técnico, expondo os ensaios, calibrações, exames, certificações e inspeções às quais o laboratório está acreditado. E ainda, para facilitar aos clientes a identificação de empresas acreditadas, a IPAC disponibiliza na sua página eletrónica um diretório das entidades acreditadas (IPAC, 2013).

Normalmente, o processo de acreditação está compreendido em três grandes fases: candidatura, avaliação e decisão. Após a conformidade, o processo é posteriormente acompanhado através de auditorias periódicas realizadas pelo IPAC.

A primeira fase começa com a formalização do pedido de acreditação por parte da entidade, através do preenchimento do Formulário Específico de Candidatura (e.g. DIC006 para laboratórios de ensaio), pagamento da candidatura e envio da seguinte documentação:

- Meios de pagamento da candidatura (ver DRC004);
- Documento comprovativo da constituição legal da entidade;
- Manual da Qualidade;
- Matriz com lista dos documentos do sistema de gestão e sua correlação com o referencial normativo aplicável;
- Procedimentos de Gestão da Qualidade caso estes não estejam incluídos no Manual da Qualidade;
- Organigrama nominal e (quando aplicável) organigrama da entidade legal onde o laboratório se insere;
- Lista de pessoal com indicação das funções desempenhadas e tipo de vínculos laborais;
- Currículo do Responsável da Qualidade e do(s) Responsável(eis) Técnico(s);
- Exemplos de relatórios de ensaio emitidos;

- Registos da última revisão pela gestão;
- Relatório de auditoria interna e respetivo plano de correções e ações corretivas;
- Procedimento(s) técnico(s) de ensaio;
- Resultados da validação dos métodos de ensaio;
- Procedimento e cálculos das estimativas de incertezas;
- Resultados de ensaios interlaboratoriais e/ou auditorias de medição;
- Lista de padrões e equipamentos de medição, entidades calibradoras e frequência de calibração;
- Procedimentos de calibração interna, lista de padrões e/ou equipamentos e sua rastreabilidade, cálculos de incerteza e resultados de comparações interlaboratoriais.

Na fase de avaliação uma equipa avaliadora, nomeada pelo IPAC, analisa toda a documentação enviada pela entidade. Ainda nesta fase é realizada uma auditoria ao local onde se realizam as atividades, resultando num relatório (Relatório de Avaliação OIA004), explicitando as conclusões e constatações da equipa avaliadora. Neste relatório são identificadas as Não Conformidades (NC) detetadas pela equipa avaliadora durante a auditoria e a entidade tem um prazo de 1 mês para envio do Plano de Ações Corretivas (PAC) e terá de enviar as Evidências nos prazos definidos nas folhas de registo das (NC) (IPAC, 2013 e Almeida e Pires, 2006).

A última fase correspondendo à decisão por parte do IPAC, consiste na análise dos pareceres das equipas avaliadoras e outras informações. Esta decisão é tomada por pessoas independentes das avaliações. Sendo a decisão favorável a entidade passa a estar acreditada em determinados métodos de ensaios/calibrações (IPAC, 2013 e Almeida e Pires, 2006).

3.1 Vantagens e desvantagens da Acreditação

O facto de uma empresa estar acreditada visa a obtenção de resultados de maior qualidade e com um nível de confiança superior às outras empresas. Contudo, ainda são sentidas algumas dificuldades na implementação dos requisitos da norma.

O IPAC, organismo a quem compete avaliar e reconhecer as competências técnicas, disponibiliza na sua página da internet (<http://www.ipac.pt/ipac/funcao.asp>) as diversas vantagens que advém da acreditação dos métodos de ensaio e/ou calibração de um laboratório, designadamente:

- A acreditação é uma mais-valia, permitindo o seu reconhecimento pela sua diferença;
- Alguma da legislação obriga à acreditação de empresas. Sendo esta implementada segundo normas internacionais, vai permitir uma maior confiança a nível nacional e internacional;
- Sendo uma empresa certificada, os serviços prestados e produtos são de qualidade por cumprirem com todos requisitos de qualidade e segurança, contribuindo deste modo, para uma melhor qualidade de vida da sociedade;
- O reconhecimento a nível internacional das empresas acreditadas pela qualidade dos seus serviços ajudará no desempenho económico do país;
- A acreditação contribui para a racionalização do Estado, uma vez que, permite a descentralização de tarefas do Estado em terceiros.

São ainda vantagens da acreditação (Almeida e Pires, 2006):

Vantagens organizacionais: o sistema de gestão da qualidade sofre uma constante revisão e existe uma maior disciplina no trabalho de gestão, contribuindo para a sustentabilidade da empresa;

Vantagens técnicas: a acreditação exige que um laboratório possua pessoal competente, instalações e equipamento adequado, métodos de ensaio e/ou calibração validados e revisões constantes dos procedimentos. Desta forma, existe uma maior garantia da qualidade dos resultados;

Vantagens éticas: existe uma maior imparcialidade no processo de obtenção dos resultados, uma vez que, o modo de trabalho proporciona critérios de decisão como também existe a garantia de confidencialidade dos resultados;

Vantagens de mercado: relaciona-se com a imagem de qualidade que o laboratório transmite como também a capacidade de resposta que o laboratório possui a um mercado mais exigente.

Contudo, a todo o processo de acreditação está associado algumas dificuldades relativas às exigências mínimas de implementação dos requisitos da NP EN ISO/IEC 17025:2005.

A implementação de um sistema da qualidade envolve custos elevados, sendo este factor o mais evidente na fase inicial do processo. A estes custos estão associados à necessidade de pessoas qualificadas, auditorias, ensaios interlaboratoriais e equipamentos calibrados. Outra das dificuldades que surge é relativa ao excesso de documentação produzido. Devido às exigências da norma o laboratório tende a produzir um volume significativo de documentação, podendo dificultar o bom funcionamento do laboratório (Almeida e Pires, 2006)

Após a implementação da NP EN ISO/IEC 17025:2005 existe uma maior subcarga de trabalho, no sentido de verificar se as operações continuam a satisfazer os requisitos do normativo e se por ventura existir alguma falha é necessário garantir que esta será rapidamente resolvida (Almeida e Pires, 2006)

As dificuldades sentidas pelos laboratórios dependem sobretudo do tipo de atividade que é exercida, isto é, os requisitos técnicos serão diferentes e requerem maior ou menor esforço para as diferentes atividades (Almeida e Pires, 2006).

4 Acreditação de Laboratórios de ensaio

Como referido anteriormente a obtenção da acreditação requer o cumprimento de requisitos mencionados na NP EN ISO/IEC 17025:2005. Em termos técnicos, consideram-se inúmeros factores que influenciam a exatidão e credibilidade dos ensaios, sendo necessário que o laboratório deve ter em atenção a esses factores através da qualificação dos trabalhadores, nos equipamentos usados, mas também aquando no desenvolvimento dos procedimentos de trabalho.

Atendendo que a norma refere que os recursos humanos devem possuir competências necessárias para trabalhar com equipamentos específicos e realizar os ensaios, o laboratório deve definir num documento quais as qualificações mínimas para cada função. Torna-se relevante a formação e qualificação do pessoal para o desempenho de determinadas tarefas de modo a contribuir para um maior grau de confiança nos resultados obtidos.

4.1 Métodos de ensaio e validação dos métodos

No sentido de demonstrar a sua competência, o laboratório deve utilizar métodos e procedimentos apropriados para a realização de ensaios nos quais pretende obter acreditação (IPAC, 2010). No entanto, os métodos a utilizar devem ser sempre que possível os definidos em normas internacionais, regionais ou nacionais. Todos os métodos e procedimentos adotados de acordo com a atividade que se pretende obter acreditação devem incluir a amostragem, manuseamento, transporte, armazenamento e preparação dos itens a ensaiar. Sempre que relevante deve-se proceder a uma estimativa da incerteza de medição.

No caso em estudo, os ensaios a acreditar são da área do ruído ambiente e, de acordo a legislação em vigor, estes ensaios tem que ser realizados por entidades acreditadas. Na Tabela 2 é apresentada a legislação e normalização respeitante à realização de ensaios do ruído ambiente. O enquadramento legislativo e normativo referente ao ruído ambiente está definido no Anexo 1.

Tabela 2 - Legislação e Normalização respeitante aos ensaios do ruído ambiente.

Documento	n.º	Data de publicação	Âmbito
NP ISO	1996-1	04-02-2011	Acústica: Descrição, medição e avaliação do ruído ambiente Parte 1: Grandezas fundamentais e métodos de avaliação
NP ISO	1996-2	04-02-2011	Acústica: Descrição, medição e avaliação do ruído ambiente Parte 2: Determinação dos níveis de pressão sonora do ruído ambiente
Guia APA		01-10-2011	Harmoniza os procedimentos de medição e de tratamento de resultados tendo em vista a boa aplicação da NP ISO 1996 na verificação do cumprimento dos requisitos acústicos estabelecidos no RGR
Decreto-Lei	9/2007	17-01-2007	Estabelece o regime de prevenção e controlo da poluição sonora, visando a salvaguarda da saúde humana e o bem-estar das populações
Decreto-Lei	18/2007	16-03-2003	Retifica o Decreto-Lei n.º 9/2007
Declaração de Retificação	278/2007	01-08-2007	Altera partes do Decreto-Lei n.º 9/2007
Regras e critérios de acreditação	OEC013	22-01-2013	Define os requisitos específicos para a acreditação de laboratórios em ensaios de acústica e vibrações
Regras e critérios de acreditação	OGC001	30-03-2010	Estabelece diretrizes de forma a orientar sobre a implementação dos requisitos da norma NP EN ISO/IEC 17025.

Um dos requisitos estabelecidos pela NP EN ISO/IEC 17025:2005 é a importância da realização de instruções técnicas para determinadas atividades. Estas têm como objetivo o fornecimento de orientações técnicas, dos princípios de funcionamento e a definição de conceitos do âmbito da atividade. Neste contexto, o laboratório deve possuir instruções acerca do funcionamento dos

equipamentos necessários e instruções para o planeamento de um ensaio. O pessoal competente para a realização de ensaios, deve ter sempre presente as instruções técnicas, sendo indispensável a atualização regular das referidas instruções.

Estes documentos tornam-se relevantes uma vez que a partir de um documento é disponibilizada toda a informação desde a preparação em gabinete até à elaboração do relatório (Branco, 2010).

4.1.1 Validação de métodos

A validação dos métodos resume-se na verificação do cumprimento dos requisitos específicos relativos a um determinado método de ensaio através da realização de exames e técnicas disponíveis. A realização de um ensaio de acordo com um método normalizado requer também uma validação no sentido de demonstrar que os métodos são adequados para a utilização pretendida (NP EN ISO/ICE 17025). Existem vários estudos que o laboratório pode utilizar para comprovar a adequada implementação dos métodos de ensaio. Segundo o Guia para a aplicação da norma (IPAC, 2010), os estudos poderão ser realizados por evidência das suas características (avaliação indireta) e por comparação com referências aceites (avaliação direta). Da avaliação indireta fazem parte os estudos da representatividade do método e dos seus princípios teóricos, estudo de interferências e fontes de erro e determinação das condições operatórias do método.

A validação do método de ensaio pode ainda ser comprovada a partir de estudos dos parâmetros característicos do método, isto é, o estudo de repetibilidade ou reprodutibilidade (IPAC, 2010). Estes estudos permitem que o laboratório reconheça a qualidade dos seus resultados, como também identificar as razões que levam a um aumento do desvio de resultados (Azeredo, *et al.*, 2008). Segundo o Vocabulário Internacional de Metrologia (VIM) repetibilidade é definida como uma *“condição de medição num conjunto de condições, as quais incluem o mesmo procedimento de medição, os mesmos operadores, o mesmo sistema de medição, as mesmas condições de operação e o mesmo local, assim como medições repetidas no mesmo objeto ou em objetos similares durante um curto período de tempo”* (IPQ e Inmetro,

2012). No caso do estudo da reprodutibilidade as condições de medição incluem diferentes locais, operadores e sistemas de medição e medições repetidas no mesmo objeto ou em objetos similares (IPQ e Inmetro, 2012).

Relativamente a uma avaliação direta, o laboratório deve comparar os resultados obtidos com métodos normalizados de referência ou através de comparações interlaboratoriais. De acordo com o documento OEC013 do IPAC, os laboratórios candidatos à acreditação são obrigados a participar em ensaios de aptidão ou outros exercícios de comparação interlaboratorial, de modo a demonstrar a sua competência técnica nos ensaios a acreditar, como também assegurar a confiança dos seus resultados. Os ensaios de comparação interlaboratorial são criados por entidades competentes, promovendo uma maior confiança e responsabilidade. Estes ensaios permitem ao laboratório determinar o seu desempenho em ensaios e comparar os seus resultados com outros laboratórios que avaliam o mesmo item ou item similar (Relacre, 2013). Sendo obrigatório a participação em ensaios de aptidão, estes trazem algumas mais-valias para o laboratório, nomeadamente (Relacre, 2013):

- Determinação do desempenho dos laboratórios nos seus ensaios;
- Validação dos métodos;
- Identificação de problemas e possibilidade de implementação de medidas corretivas e preventivas;
- Aumento do nível de confiança dos seus resultados, bem como para outras entidades a nível nacional como internacional;
- Demonstração da sua competência para a entidade acreditadora.

Numa situação em que os resultados da participação em ensaios de aptidão não sejam satisfatórios, o laboratório deverá tomar as devidas medidas corretivas a fim de participar novamente nesses ensaios. Na eventualidade de não existir a nível nacional e internacional a realização de qualquer tipo de ensaio para a atividade em questão, o laboratório deve proceder a uma auditoria de medição (AM). A participação em auditorias estão também incluídas nos ensaios de aptidão e podem ser solicitadas para comprovar a eficácias das medidas corretivas demonstrando a melhoria do seu desempenho

face a outros ensaios de aptidão insatisfatórios. As AM consistem em pedir ao laboratório que efetue o ensaio ou calibração, sendo conhecido o valor convencionalmente verdadeiro (IPAC, 2012).

4.1.2 Estimativa da incerteza de medição

Aos resultados finais das medições estão associadas incertezas que advêm de várias fontes. As condições ambientais, incertezas dos próprios equipamentos, valores de referência, aproximações e hipóteses associadas ao método e procedimento de medição, são factores que contribuem para as incertezas.

Um laboratório de ensaio deve estimar as incertezas de medições, aplicando um procedimento para a estimativa. A NP EN ISO/IEC 17025:2005 menciona que o laboratório deverá identificar todos os componentes da incerteza baseando-se em métodos de análise apropriados. A rigorosidade para estimativa de incerteza depende dos requisitos do método de ensaio e também à existência de limites para uma dada situação. No que diz respeito à estimativa de incerteza relativamente aos métodos ensaio de ruído ambiente, o documento OEC013 (IPAC, 2013) sugere que os laboratórios de ensaio devem seguir o documento da Associação de Laboratórios Acreditados de Portugal (Relacre) intitulado como Cálculo de incertezas – Acústica. Este guia apresenta dois modelos matemáticos de cálculo de incerteza nos ensaios de ruído ambiente para a determinação do critério de exposição máxima e para o critério de incomodidade, sendo estes modelos baseados na NP ISO 1996-2.

Em acústica ambiental as fontes de incerteza estão associadas ao instrumento de medição, às condições ambientais, à influência do ruído residual e à repetibilidade das medições. Na Tabela 3 são apresentadas as fontes de incerteza associadas ao ruído ambiente.

Tabela 3 – Fontes de incerteza associadas ao ruído ambiente.

Fontes de incerteza	Contribuições
Instrumentação	Ponderação em frequência Resposta direcional Linearidade
Repetibilidade	Desvio experimental da média

Tabela 3 (Cont.) – Fontes de incerteza associadas ao ruído ambiente.

Fontes de incerteza	Contribuições
Condições ambientais	Gradientes de vento e temperatura Tipo de terreno Altitude do sonómetro Distância entre a fonte e o sonómetro
Ruído residual	

Na Tabela 3 estão representadas as fontes de incertezas que devem ser consideradas para o cálculo de incertezas. Analisando de uma forma detalhada verifica-se que relativamente ao instrumento de medição, as maiores contribuições estão associadas à tolerância do sonómetro nas diversas frequências, à sua orientação no campo sonoro e ao erro de linearidade do nível sonoro. No caso da repetibilidade das medições, a NP ISO 1996-2 menciona para a determinação da repetibilidade deve-se realizar pelo menos 3 medições. As condições ambientais são outra das componentes também importantes para a estimativa da incerteza de medição. A presença de gradientes de vento e temperatura fazem com que as linhas sonoras sofram refração atmosférica, e como consequência haverá interferência nos resultados finais. Dependendo do tipo de terreno, o som pode sofrer reflexão junto da superfície, sendo maior em solos de baixa porosidade. A altura a que o sonómetro se situa, bem como a sua distância relativamente à fonte são também factores que contribuem para a incerteza.

Na Tabela seguinte estão explícitas algumas orientações acerca da estimativa da incerteza de medição, sendo esta baseada a partir de uma incerteza-padrão combinada multiplicada por um factor de expansão de 2, para um nível de confiança de 95%.

Tabela 4 – Resumo da incerteza da medição para L_{Aeq} .

Incerteza padrão				Incerteza-padrão combinada	Incerteza expandida de medição $\pm 2,0 \sigma_t$ dB
Devida ao sistema de medição ^{a)}	Devida às condições de funcionamento ^{b)}	Devida às condições meteorológicas e do solo ^{c)}	Devida ao solo residual ^{d)}		
1,0 dB	X dB	Y dB	Z dB	σ_t $\sqrt{1,0^2 + X^2 + Y^2 + Z^2}$ dB	
<p>a) Para sistemas de medição da classe 1 de acordo com a IEX 61672-1:2002. Se for usado outro sistema de medição (classe 2 de acordo com a IEC 61672-1:2002 ou sonômetros da classe 1 de acordo com a IEC 60651:2001 / IES 60804:2000) ou microfones direcionais, o valor será maior.</p> <p>b) Valor a determinar a partir de pelo menos três, e preferencialmente cinco, medições em condições de repetibilidade (os mesmos procedimentos de medição, os mesmos sistemas de medição, o mesmo operador, o mesmo local) e numa posição onde as variações das condições meteorológicas tenham pouca influência nos resultados. Para medições de longa duração, é necessário efetuar um maior número de medições para determinar o desvio padrão da repetibilidade. A secção 6.2 fornece algumas indicações sobre o valor de X, para ruído de tráfego rodoviário.</p> <p>c) Este valor varia em função da distância à fonte e das condições meteorológicas predominantes. O anexo A indica um método que utiliza uma janela meteorológica simplificada (neste caso $Y = \sigma_m$). para medições de longa duração, é necessário considerar as diferentes condições meteorológicas separadamente e depois combinadas. Para medições de curta duração. As variações das condições do solo são pequenas. No entanto, para medições de longa duração, estas variações podem aumentar consideravelmente a incerteza de medição.</p> <p>d) Este valor depende da diferença entre os valores medidos do som total e do som residual.</p>					

4.2 Equipamento

Para uma correta realização dos métodos de ensaio, o laboratório deve ter todos os equipamentos necessários disponíveis. Um dos requisitos da NP EN ISO/IEC 17025:2005 obriga a que qualquer equipamento disponível para a realização dos métodos deve ser calibrado ou verificados antes da sua utilização. Neste sentido, este requisito permite demonstrar confiança nos resultados obtidos, uma vez que, os equipamentos ao estarem calibrados ou verificados demonstram que cumprem com as exigências normativas. É de salientar que os equipamentos necessários para a realização dos métodos, devem ser avaliados por entidades competentes. Em Portugal o Instituto Português da Qualidade (IPQ) é entidade competente para a avaliação metrológica dos equipamentos. Contudo, laboratórios que estejam acreditados pelo IPAC para determinada calibração ou por um dos organismos de acreditação signatários do Acordo Multilateral da European Cooperation For Accreditation (EA) ou Acordo de Reconhecimento Mútuo (MRA) do International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) também estão autorizadas a efetuar uma avaliação metrológica (IPQ, 2003)

Os equipamentos necessários para a realização do ensaio de ruído ambiente são o sonómetro, de preferência de classe de exatidão 1, termo higrómetro e anemómetro. Segundo o documento OEC013 (IPAC, 2013) a frequência mínima de avaliação metrológica varia para estes equipamentos, sendo bienal

para o sonómetro, filtros de banda de oitava e terços de oitava, anemómetro e termo higrómetro e anual para o calibrador acústico. O sonómetro está ainda sujeito à verificação metrológica legal anual. Após a avaliação metrológica por entidades competentes, os equipamentos devem ser etiquetados e codificados, onde deve constar a data da última e da próxima calibração.

De acordo com o histórico do equipamento, os fins a que se destinam os mesmos e a utilização dada, o Laboratório poderá optar por alargar/encurtar as periodicidades indicadas pelo IPAC justificando qual a frequência adotada.

Na avaliação do ruído ambiente, antes e depois das medições deve ser verificada a calibração do sistema de medição, com um calibrador portátil aplicado ao microfone. A obtenção de um desvio superior a 0,5 dB resultará na não-aceitação dos resultados previamente obtidos (Matos, *et al.*, 2011).

4.3 Rastreabilidade das medições

Como mencionado anteriormente num laboratório de ensaio, os equipamentos necessários à correta execução dos mesmos, devem ser sujeitos a uma calibração antes da sua utilização. Neste contexto, o laboratório deve elaborar um programa (ou plano) de calibrações dos equipamentos, onde deve constatar o equipamento a calibrar, o responsável pela calibração, periodicidade e data prevista de calibração (IPAC, 2010). A calibração dos equipamentos envolve a participação de entidades competentes, porém, a calibração dos equipamentos de ensaio pode ser feita internamente. Neste caso o laboratório deve possuir as características típicas às de um laboratório de calibração acreditado.

4.4 Amostragem

Nesta fase é mencionada como deverá ser feita a recolha de uma amostra. Começando pela designação de amostragem, esta refere-se à recolha de uma amostra de forma representativa. De acordo com o Guia OGC001 (IPAC, 2010) a amostragem pode abranger as atividades de conceção do plano de amostragem, recolha de amostras e o seu transporte para o laboratório.

Assim, um laboratório tem de elaborar um plano de amostragem e procedimentos para a recolha de amostras. O plano de amostragem deve ser

sempre que possível baseado em métodos estatísticos. Cada vez que se efetua a amostragem de um determinado ensaio, o laboratório deve registar as operações relevantes, o procedimento de amostragem utilizado, a pessoa responsável pela execução, as condições ambientais e identificação do local (ISO, 2005).

Considerando à avaliação do ruído ambiente, os procedimentos de amostragem para estes ensaios estão definidos no “Guia Prático para Medições de Ruído Ambiente – no contexto do Regulamento Geral do Ruído tendo em conta a NP ISO 1996”. De acordo com o documento OEC013 do IPAC, todas as entidades que atuem no âmbito do ruído ambiente, laboratórios acreditados ou candidatos são obrigadas a implementar as disposições relevantes constantes do referido guia. Ainda, relativamente às obrigatoriedades que o laboratório deverá ter que cumprir, o IPAC refere que é necessário a existência de um plano de amostragem que justifique que a amostragem é representativa.

O plano de amostragem consiste em efetuar primariamente um estudo sobre o local a caracterizar, devendo ter em consideração os seguintes factores (e.g. Antunes, *et al.*, 2008):

- Registo das potenciais fontes de ruído previstas e o quanto é importante para o ambiente sonoro a caracterizar;
- Identificação dos recetores sensíveis e seleção dos locais de medição;
- Determinação das distâncias entre as fontes e os recetores sensíveis;
- Estudo das condições meteorológicas no local previsto para realizar a medição, através de dados estatísticos provenientes das estações meteorológicas mais próximas do local;
- Determinação do grau de exatidão pretendido para as medições.

A caracterização dos patamares de ruído através do conhecimento do horário e tipo de funcionamento das fontes relevantes também é um factor que se deve ter em consideração na realização do plano de amostragem.

Com base nestes factores é possível elaborar um plano de amostragem que contenha o número de pontos a medir e a respetiva localização, como também o número de amostragens (Antunes, *et al.*, 2008).

O Guia da APA (Matos, *et al.*, 2011) tem como principal objetivo conciliar os dois documentos fulcrais para avaliação do ruído ambiente, isto é, seguir a metodologia descrita na NP ISO 1996 com vista à verificação do cumprimento dos requisitos acústicos definidos no RGR.

Para a avaliação do ruído ambiente num local específico o sonómetro deve estar em determinada posição. Esta varia consoante a medição seja feita no exterior ou no interior. No Guia da APA são considerados os seguintes aspetos relevantes para a realização de ensaios de ruído ambiente, relativos ao local de medição:

- As **medições no exterior** devem ser efetuadas dentro dos limites da propriedade exposta ao ruído, onde se situam os recetores de ruído. Não sendo possível, deve-se utilizar uma das seguintes posições podendo ser necessário a aplicação de algumas correções:

- Posição em campo livre (condição de referência): Neste caso o nível de pressão sonora do campo sonoro incidente no exterior de um edifício é calculado através de medições junto ao edifício;
- Posição com o microfone colocado na superfície refletora: existe uma interferência construtiva uma vez que o som incidente e o que é refletido estão em fase. Para estes casos, deve-se aplicar uma correção de – 6 dB para obtenção do campo sonoro incidente;
- Posição com o microfone a uma distância compreendida entre 0,5 m e 2 m em frente da superfície refletora: O som incidente e o refletido não devem estar em fase mas devem conter a mesma energia. Nestes casos deve-se aplicar uma correção de – 3 dB para obtenção do campo sonoro incidente.

- As **medições no interior** devem ser efetuadas nos recintos fechados onde se verifica o ruído de interesse. Devem ser efetuadas pelo menos 3 medições, correspondentes a 3 pontos distintos, a uma altura de 1,2 a 1,5 m acima do

piso de interesse. As medições devem ser efetuadas nas salas ou quartos onde se verifica a situação de incomodidade.

- No caso de ruído de baixa frequência, o sonómetro integrador deve ser colocado no recinto obedecendo aos seguintes critérios:

Posição do canto:

- Distância 0,5 m de todas as superfícies adjacentes;
- Distância a aberturas superior a 0,5 m.

Outras posições do microfone:

- Distância de pelo menos 0,5 m das paredes, teto e pavimento;
- Distância de pelo menos 1 m de janelas ou entradas de ar.

O atual RGR estabelece os indicadores de ruído necessários para a caracterização do ruído ambiente. O indicador de ruído é definido *“como um parâmetro físico-matemático para a descrição do ruído ambiente que tenha uma relação com um efeito prejudicial na saúde ou no bem-estar humano”*. Existem três indicadores de ruído distintos, L_d , L_e e L_n , que dependem do período de referência, isto é, ao intervalo de tempo a que o indicador de ruído está associado para a caracterização das atividades humanas. Assim, o indicador de ruído L_d corresponde ao período diurno (7h-20h), o indicador de ruído L_e ao período do entardecer (20h-23h) e o indicador de ruído L_n ao período noturno (23h-7h). Segundo o RGR os indicadores devem ser determinados durante uma série de períodos que sejam representativos de um ano.

De acordo com o Guia da APA (Matos, *et al.*, 2011) os intervalos de tempo de medição devem ser escolhidos de modo a que todas as variações significativas da emissão e propagação sonora sejam abrangidas e que o intervalo de tempo seja representativo do ciclo completo. Os indicadores de longa duração podem ser obtidos em contínuo em todo o período de referência ou por amostragem no período de referência. Relativamente à primeira opção deverão ser caracterizados pelo menos dois períodos de referência, caso as fontes não apresentarem marcados regimes de sazonalidade. Em situações de fontes com

marcados regimes de sazonalidade, deverão ser caracterizados pelo menos quatro períodos de referência, isto é pelo menos dois períodos para cada regime.

O Guia da APA (Matos, *et al.*, 2011) refere ainda que as medições realizadas por amostragem no período de referência devem ser realizadas em pelo menos dois dias, cada um com pelo menos uma amostra, em cada um dos períodos de referência. É de salientar que a amostragem no período de referência requer um estudo prévio do regime de funcionamento da fonte no período de referência e no intervalo de tempo de longa duração a fim de se definir os intervalos de tempo de medição.

Relativamente à duração de cada medição, o Guia da APA (Matos, *et al.*, 2011) refere que, no exterior a duração mínima deverá ser de pelo menos 15 minutos, enquanto que, no interior a duração mínima deverá ser de 10 minutos.

4.4.1 Determinação do valor limite de exposição

Para a determinação do critério de exposição máxima é necessário a recolha de amostras, $L_{Aeq,t}$ para cada um dos três períodos de referência definidos, de modo a que sejam representativos de L_d , L_e e L_n .

O valor limite de exposição máxima é dado pela determinação do valor do Indicador de ruído diurno-entardecer-noturno (L_{den}), sendo este um indicador de ruído expresso em dB(A), associado ao incómodo global e dado pela expressão:

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

Após a recolha dos níveis sonoros $L_{Aeq,t}$ nos diferentes períodos de referência, nas condições anteriormente mencionadas, é necessário efetuar-se o cálculo da média logarítmica das várias medições, pela seguinte equação:

$$L_{Aeq,T} = 10 \times \log \left[\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n t_i \times 10^{\frac{(L_{Aeq,t_i})}{10}} \right] \quad (2)$$

Onde,

T , tempo total de amostragem,

t_i , tempo de amostragem da medição i .

$(L_{Aeq,t})_i$ é o valor do nível sonoro correspondente à medição i .

A determinação do nível sonoro quando existe a ocorrência de patamares no ruído que se pretende analisar, deve ser calculada através da seguinte equação:

$$L_{Aeq,T} = 10 \times \log \left(\frac{1}{T} \sum_{j=1}^n t_j \times 10^{(L_{Aeq,tj})/10} \right) \quad (3)$$

Onde,

t_j é a duração ciclo j ,

$(L_{Aeq,tj})$ é o nível sonoro do ciclo j .

$T = \sum j$ corresponde à duração total de ocorrência de ruído a caracterizar.

Dependendo da classificação da zona onde foram efetuadas as medições, o RGR estabelece valores limites de exposição referentes ao L_{den} e L_n como apresentados na tabela seguinte.

Tabela 5 – Valores limites de exposição.

Zona	L_{den} dB(A)	L_n dB(A)
Zona mista	≤ 65	≤ 55
Zona sensível	≤ 55	≤ 45
Zonas sem classificação	≤ 63	≤ 53

4.4.2 Determinação do critério de incomodidade

Para a determinação do critério de incomodidade é necessário a caracterização do ruído ambiente e do ruído residual.

A caracterização do nível sonoro, L_{Aeq} , do ruído ambiente, é efetuada apenas durante a ocorrência do ruído particular da atividade ou atividades em

avaliação. Nos casos de reclamação prévia, as medições devem ser realizadas para as condições de funcionamento especificadas (Matos, *et al.*, 2011).

A caracterização do nível sonoro, L_{Aeq} , do ruído residual, é efetuada na ausência do ruído particular em análise e a medição deve ser efetuada nos mesmos pontos para a caracterização do ruído ambiente (Matos, *et al.*, 2011).

Deve assegurar-se que a contribuição das fontes sonoras que compõem o ruído residual seja idêntica à verificada nas medições de ruído ambiente.

Os intervalos de tempo de medição escolhidos para as avaliações do ruído residual devem estar contidos no mesmo período de referência onde foi determinado o ruído particular;

O Guia da APA (Matos, *et al.*, 2011) refere que caso seja detetado características tonais e/ou impulsivas durante os ensaios do ruído ambiente, verificar se advém do ruído residual. Se esta situação se verificar, isto é, se no ensaio do ruído residual existir tonalidade nas mesmas bandas de oitava verificadas no ensaio de ruído ambiente, não deverá ser aplicado a correção tonal. A mesma situação se verifica para a impulsividade.

De acordo com o RGR a deteção de características tonais é verificada quando no espectro de bandas de um terço de oitava, o nível sonoro de uma banda excede o das adjacentes em 5 dB(A) ou mais. Em relação às características impulsivas, a sua deteção consiste em determinar a diferença entre o nível sonoro contínuo equivalente, L_{Aeq} , medido em simultâneo com característica impulsiva e *fast*. Deverá ser aplicada a correção caso a diferença seja superior a 6 dB(A).

Depois de realizadas as medições segundo os critérios descritos anteriormente são efetuados os cálculos através das equações (2) ou (3). O valor do nível de avaliação (L_{Ar}) dado pela seguinte expressão:

$$L_{Ar} = L_{Aeq,T} + K1 + K2 \quad (4)$$

Sendo,

K1= 3 dB no caso de existir ruído tonal

K2= 3 dB no caso de existir ruído impulsivo

Na determinação do nível de avaliação quando existe a ocorrência de patamares no ruído em análise, os valores de K1 e K2 apenas devem ser adicionados aos valores de $L_{Aeq,ti}$ correspondente a esse patamar através da seguinte equação:

$$L_{Ar} = 10 \times \log \left(\frac{1}{T} \sum_{j=1}^n t_j \times 10^{(L_{Aeq,tj})+K_{1j}+K_{2j}/10} \right) \quad (5)$$

Sendo,

t_j a duração do ciclo j ,

$(L_{Aeq,tj})$ o nível sonoro contínuo equivalente do ciclo j ,

$T=\sum t_j$ a duração total de ocorrência de ruído particular,

K_{1j} a correção tonal correspondente ao ciclo j ,

K_{2j} a correção impulsiva correspondente ao ciclo j .

Para verificação do critério de incomodidade ao valor obtido de L_{Ar} é subtraído o valor de $L_{Aeq,T}$ correspondente ao ruído residual, e posteriormente é adicionado um valor D ao valor limite, sendo este determinado em função da relação percentual entre a duração acumulada de ocorrência do ruído particular e a duração total do período de referência. O valor final é então comparado com os valores legalmente definidos como apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 – Valores limites para cada período de referência.

Valor da relação percentual (q) entre a duração acumulada de ocorrência do ruído particular e a duração total do período de referência	Período diurno		Período entardecer		Período Noturno	
	D	V.L.	D	V.L.	D	V.L.
$q \leq 12,5\%$	4	5	4	4	3*	2
$12,5\% < q \leq 25\%$	3		3		2	
$25\% < q \leq 50\%$	2		2		2	
$50\% < q \leq 75\%$	1		1		1	
$q > 75\%$	0		0		0	
* Para atividades com horário de funcionamento até às 24h.						

4.5 Apresentação de resultados

Como já referido anteriormente a acreditação de um laboratório leva ao cumprimento de um conjunto de requisitos de forma a garantir a sua competência para determinados ensaios. Assim, outro dos requisitos definidos na NP EN ISO/IEC 17025:2005 é a apresentação dos resultados de cada ensaio deve ser de forma exata, clara, inequívoca e objetiva. Normalmente os resultados são apresentados num relatório de ensaio, estando definidos as informações exigidas pelo método utilizado, bem como as informações requeridas pelo cliente. De uma forma mais pormenorizada, um relatório de ensaio deve abranger a seguinte informação (ISO, 2005):

- Um título (“Relatório de ensaio”);
- O nome e a morada do laboratório, assim como o local onde foram realizados os ensaios;
- A identificação inequívoca do relatório de ensaio, uma identificação em cada página que garanta que essa página seja reconhecida como fazendo parte do relatório de ensaio e uma identificação clara do final do relatório de ensaio;
- O nome e morada do cliente;
- A identificação do método utilizado;
- A descrição, estado e identificação inequívoca dos itens ensaiados;
- A data de receção dos itens para ensaios, sempre que seja essencial para a validade e utilização dos resultados, e as datas de realização dos ensaios;
- Referência ao plano e aos procedimentos de amostragem utilizados pelo laboratório ou por outros organismos, sempre que estes sejam relevantes para a validade ou utilização dos resultados;
- Os resultados de ensaio, incluindo quando apropriado as unidades de medição;
- Os nomes, funções e assinaturas ou identificação equivalente, das pessoas que autorizam o relatório de ensaio;

- Quando relevante, uma declaração em como os resultados se referem apenas aos itens ensaiados ou calibrados.

No que diz respeito ao conteúdo de um relatório de ensaio acústico, o guia da APA (Matos, *et al.*, 2011) menciona quais as informações que deve incluir:

- Nome do cliente e descrição detalhada do local do ensaio acústico;
- Data e período de referência de cada medição;
- Posições das medições;
- Equipamento utilizado, detalhes da sua calibração;
- Condições meteorológicas e análise da propagação sonora (favorável, desfavorável ou homogênea) que ocorreram durante as medições;
- Condições de operação e funcionamento da(s) fonte(s) sonora(s) em questão;
- Resultado de todas as medições acústicas;
- Resultado e respetivo cumprimento face à regulamentação em vigor.

5 Análise meteorológica

A propagação de uma onda sonora, assim como a variabilidade dos níveis sonoros durante as medições podem ser condicionados por factores meteorológicos e pelo tipo de solo envolvente (NP 1996-2,2011 e Besnard e Duc, 2009). Quando uma onda sonora se propaga, esta pode sofrer absorção, refração ou dissipação sob a forma de calor. Destes três últimos processos, a refração é o mais influente na propagação de uma onda sonora, estando associado a factores térmicos e aerodinâmicos (e.g. Heimann, 2003).

Relativamente ao gradiente de temperatura no período diurno, na superfície terrestre a temperatura é mais quente do que na atmosfera, proporcionando deste modo uma troca térmica entre o solo e a camada mais baixa da atmosfera. Este contacto térmico conduz a uma variação da temperatura do ar em função da altura e como consequência uma variação na velocidade de propagação do som. Os factores aerodinâmicos afetam a propagação do som, uma vez que toda a superfície terrestre apresenta rugosidade provocando variações na velocidade do vento, sendo este maior com a altitude. Neste sentido, a velocidade de propagação do som também varia com a altitude (Besnard e Duc, 2009).

Atendendo que os níveis de pressão sonora variam com as condições meteorológicas, as medições devem ser realizadas em condições meteorológicas seleccionadas, isto é, em condições favoráveis. As medições realizadas perante a ocorrência destas condições permitem garantir que os resultados sejam reprodutíveis, caso contrário, haverá grandes incertezas associadas. Em condições favoráveis estamos presentes de um gradiente vertical positivo da velocidade do som à propagação sonora. As condições são desfavoráveis quando o gradiente vertical da velocidade do som é negativo e para um gradiente vertical da velocidade do som nulo as condições são homogéneas (Besnard e Duc, 2009 e Rosão, 2011)

Na Figura 1, Figura 2 e Figura 3 estão representadas as condições favoráveis, desfavoráveis e homogéneas de propagação sonora.

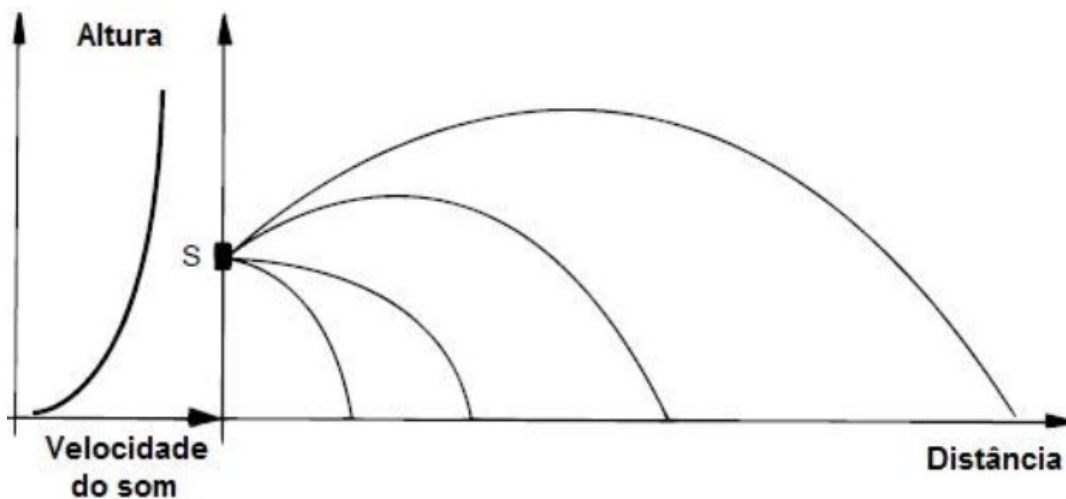


Figura 1 - Condições favoráveis à propagação sonora (Adaptada de Besnard e Duc, 2009).

Considerando apenas o efeito do gradiente térmico na velocidade do som as condições favoráveis à propagação sonora verificam-se à noite pelo facto de ocorrer uma inversão térmica, ou seja, junto à superfície terrestre a temperatura do ar é mais baixa que nas camadas de ar em altitude. Saliendo que a velocidade do som aumenta com a temperatura, verifica-se que quando estamos presente num gradiente vertical positivo da velocidade do som, as ondas sonoras tendem a curvar-se em direção ao solo, pelo facto de a velocidade de propagação ser mais elevada nas camadas mais altas da atmosfera.

Perante uma situação destas, a intensidade sonora é maior junto à superfície terrestre em relação à intensidade sonora para um gradiente nulo (e.g. Rosão, 2011 e Besnard e Duc, 2009).

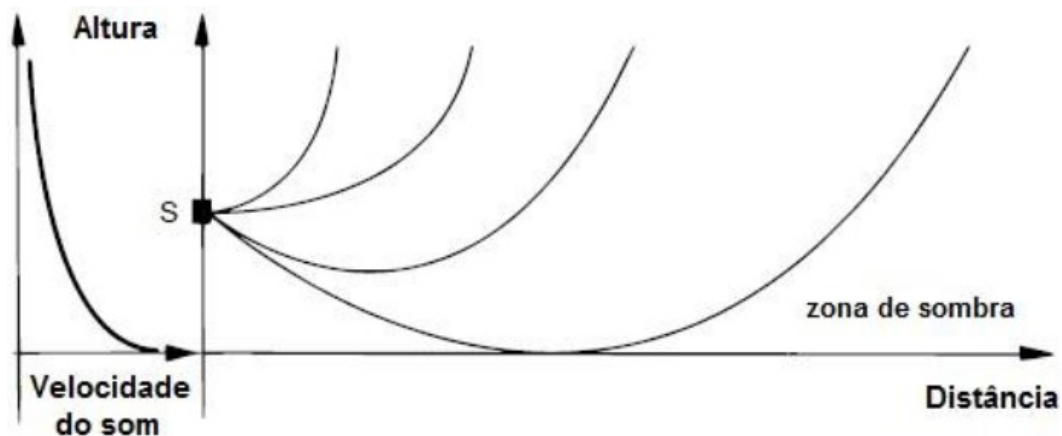


Figura 2 – Condições desfavoráveis à propagação sonora (Adaptada de Besnard e Duc, 2009).

A presença de um gradiente vertical negativo da velocidade do som verifica-se em condições normais, durante o dia, em que a temperatura junto ao solo é superior do que nas camadas superiores da atmosfera. Nesta situação, considerando apenas o efeito do gradiente térmico na velocidade do som, a velocidade do som é maior junto ao solo e as ondas sonoras tendem a curvar-se em direção à atmosfera. Nestas condições a intensidade sonora junto à superfície terrestre é menor podendo mesmo haver formação de zonas de sombras. Estas zonas são caracterizadas pelo facto de não existir a passagem de raios diretos (e.g. Besnard e Duc, 2009 e Rosão, 2011).

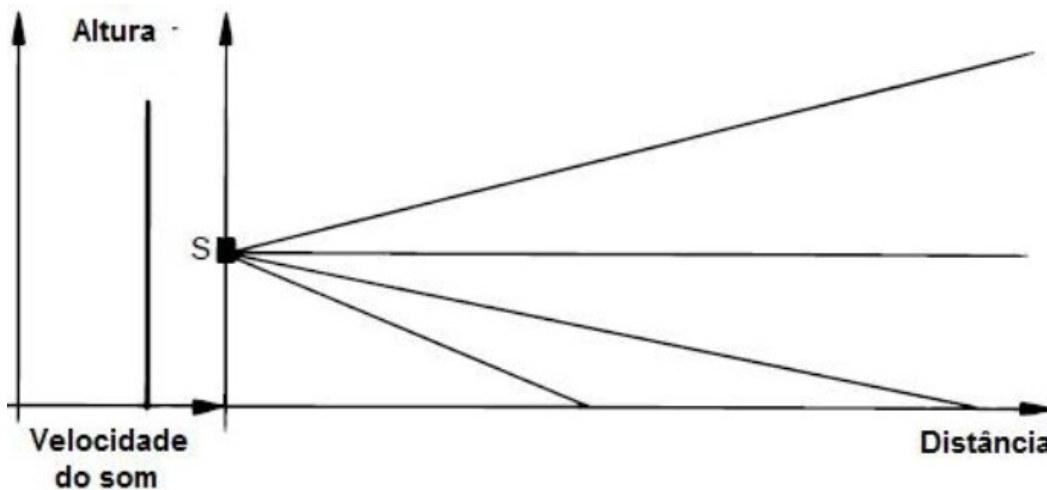


Figura 3 – Condições homogêneas à propagação sonora (Adaptada de Besnard e Duc, 2009).

Em situações muito ocasionais pode ocorrer no nascer do sol, pôr-do-sol ou céu totalmente nublado que a temperatura do ar seja constante em função da altura e em caso de vento nulo observa-se um gradiente vertical nulo da velocidade do som. Também quando os efeitos aerodinâmicos e térmicos se compensam (dias de forte insolação e durante a noite com céu limpo) se pode observar um gradiente vertical nulo da velocidade do som, originando deste modo a condições homogêneas (e.g. Besnard e Duc, 2009).

Outro dos factores condicionantes à propagação das ondas sonoras é a velocidade do vento bem como a sua direção. No caso do gradiente vertical positivo da velocidade do som a velocidade e direção do vento afetam da seguinte forma as condições de propagação sonora:

- na direção do vento ocorre contributo para o aumento do gradiente vertical positivo da velocidade do som. Assim as ondas sonoras serão direcionadas para o solo.
- na direção contrária à direção do vento ocorre contributo para o decréscimo do gradiente vertical da velocidade do som. O gradiente vertical da velocidade do som resultante dependerá contributo relativo de cada uma das componentes: térmica e aerodinâmica.

Na Figura 4 está representada a propagação sonora tendo apenas em consideração os efeitos aerodinâmicos e para atmosferas isotérmicas.

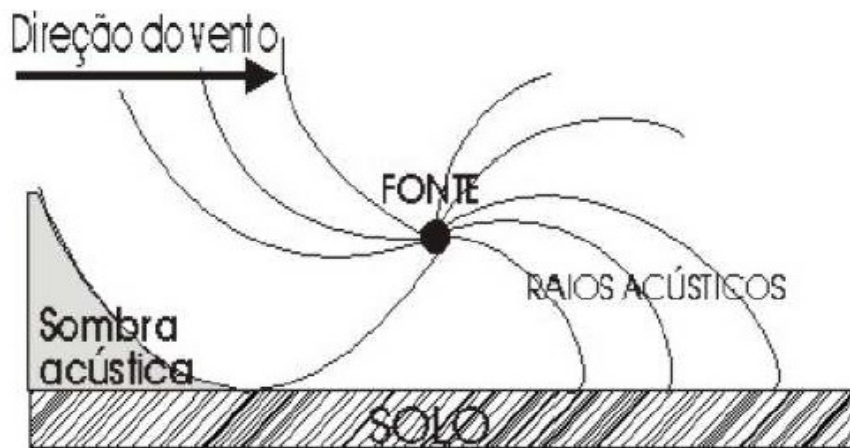


Figura 4 – Influência da direção do vento na propagação sonora considerando os efeitos aerodinâmicos e para atmosferas isotérmicas.

Os valores de pressão sonora obtidos durante as medições não serão os mesmos perante as diversas condições de propagação sonora. A dispersão dos valores é muito maior na presença de condições desfavoráveis que no caso de condições favoráveis. A figura seguinte apresenta os valores da atenuação verificada para as três condições de propagação com base na distância à fonte sonora (Besnard e Duc, 2009 e Rosão, 2011).

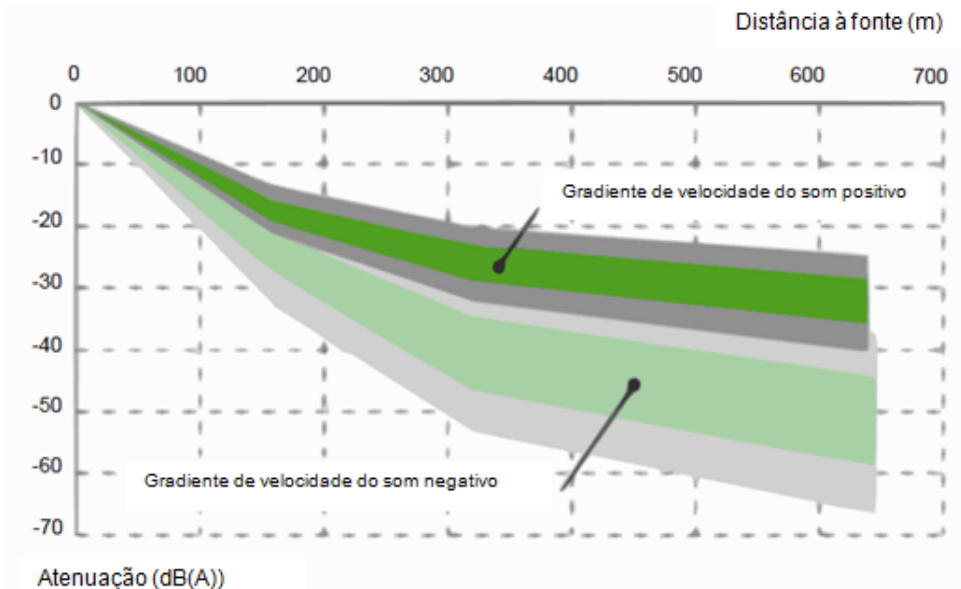


Figura 5 – Atenuação típica com a distância a uma fonte sonora para as três condições (Adaptada de Besnard e Duc, 2009).

Como já mencionado anteriormente, as condições meteorológicas podem afetar significativamente os resultados obtidos se as medições não forem realizadas em condições de propagação favorável, podendo originar erros significativos. Neste contexto, as condições meteorológicas devem ser representativas das condições de exposição ao ruído em avaliação.

A influência das condições meteorológicas é mínima para pequenas distâncias entre a fonte e o recetor. Para solo poroso esta distância pode ser obtida pela equação (6). Esta equação relaciona as alturas do recetor e da fonte e a sua distância (NP ISO 1996-2).

$$\frac{h_s + h_r}{r} \geq 0,1 \quad (6)$$

Em que,

h_s é a altura da fonte,

h_r é a altura do recetor,

r é a distância entre a fonte e o recetor.

Quando esta condição não é verificada, o recetor está sujeito à influência das condições meteorológicas, podendo interferir significativamente nos resultados finais. Nesta situação os procedimentos de medição devem ser sempre que possível realizados quando as condições são favoráveis à propagação sonora, avaliando para estes casos o Raio de Curvatura, R . Os valores de R estão dependentes da velocidade e da direção do vento e do gradiente de temperatura. Assim, quando R é positivo, a propagação sonora é refratada de forma descendente, correspondendo a condições favoráveis à propagação sonora. Para valores negativos de R , os níveis sonoros propagam-se de forma ascendente e as condições são desfavoráveis à propagação sonora.

De acordo com a NP ISO 1996, a condição $R < 10$ km verifica-se quando:

- O vento sopra da fonte sonora dominante para o recetor (no período diurno com um ângulo de $\pm 60^\circ$, no período noturno com um ângulo de $\pm 90^\circ$);
- A velocidade do vento, medida a uma altura de 3,0 m a 11,0 m acima do solo, está entre 2 m/s e 5 m/s durante o período diurno ou superior a 0,5 m/s no período noturno;
- Não ocorre um forte gradiente de temperatura negativo junto ao solo, por exemplo, por não se verificar uma forte insolação em período diurno.

Perante estas condições verifica-se que a propagação sonora da fonte para o recetor é refratada de forma descendente, sendo o seu raio de curvatura, R , positivo (Figura 6). Os valores do raio de curvatura estão dependentes da velocidade do vento e do gradiente de temperatura.

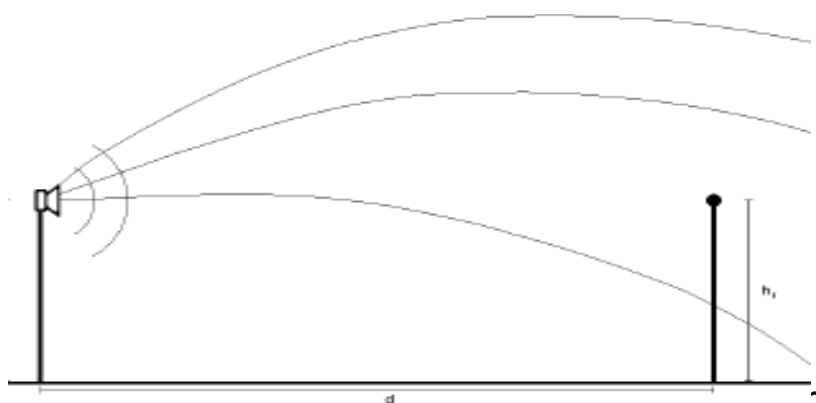


Figura 6 – Raio de curvatura $R > 0$.

No entanto não é necessário que o raio de curvatura seja <10 para garantir condições favoráveis de propagação sonora. A NP ISO 1996 refere orientações sobre raio de curvatura necessário, de modo a que as medições sejam efetuadas em condições favoráveis, em função da altura do recetor, da fonte e da distância entre elas (*vide* Figura 7). A Figura 7 apresenta ainda o contributo das condições meteorológicas para a incerteza de medição, expresso como o desvio-padrão, para várias combinações de alturas de recetor/fonte sobre solo poroso.

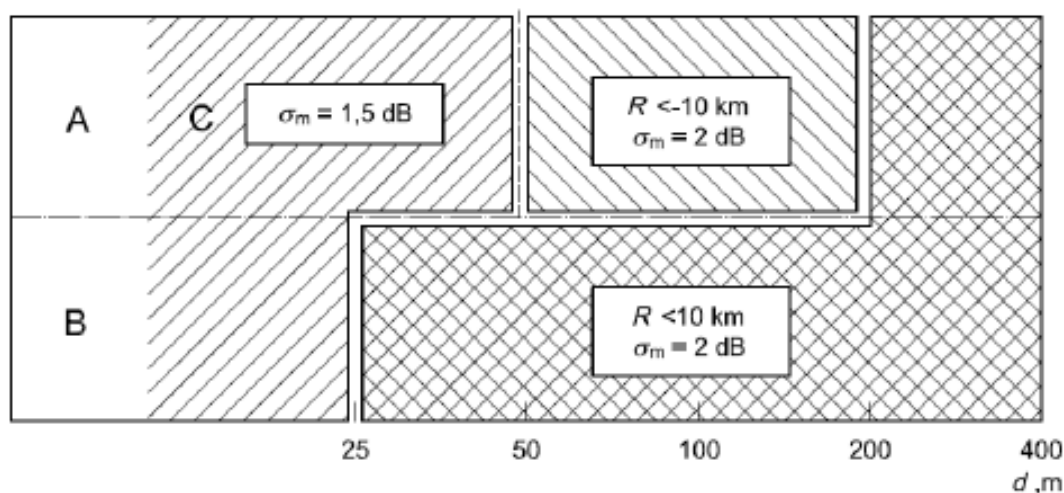


Figura 7 - Raio de curvatura dos trajetos de propagação sonora, R , e contribuição da incerteza de medição associada, expressa como o desvio-padrão, devido à influência das condições meteorológicas, para várias combinações de alturas de recetor/fonte (A a C) sobre solo poroso.

A Figura 7 é válida para terrenos planos, sem obstáculos e solo poroso. O raio de curvatura necessário para que a propagação sonora seja favorável depende da altura do recetor e da fonte e da distância entre elas. Assim, existe três distinções A, B e C, sendo estas designadas por situação alta, baixa e sem restrições, respetivamente. A situação alta é dada quando a altura da fonte e do recetor estão a uma altura acima do solo igual ou superior a 1,5 m ou quando a fonte está a uma altura do solo inferior a 1,5 m e o microfone a uma altura igual ou superior a 4 m. Para uma situação designada como baixa a fonte e o microfone estão a uma altura acima do solo igual ou inferior a 1,5 m.

Para valores negativos do raio de curvatura verificam-se condições favoráveis à propagação sonora para distâncias entre os 50 m e os 200 m e para situações designadas como altas. Contudo para distâncias superiores a 400 m deve-se sempre realizar-se medições com um raio de curvatura inferior a 10

km e o desvio-padrão é calculado de acordo com a distância entre o recetor e a fonte.

Como já referido anteriormente os valores do raio de curvatura dependem dos gradientes de vento e temperatura. Neste sentido para assegurar que os valores de R estejam entre -10 km e 10 km são definidos valores mínimos aceitáveis da velocidade do vento com a mesma direção da propagação sonora. Estes valores dependem também da nebulosidade como representado na Tabela 7.

Tabela 7 – Características que influenciam o raio de curvatura (NP ISO 1996-2, 2011).

Período do dia	Nebulosidade	Menor componente da velocidade do vento a 10 m acima do solo, em m/s, onde	
		R <-10 km (alta, $d > 50$ m)	R <10 km (baixa, $d > 25$ m)
A A meio dia do dia de Verão	8/8 espessa e densa	0,4	1,3
	6/8 a 8/8	1,2	2,0
	<6/8	2,0	2,7
B Manhãs e tardes de Verão e o meio-dia de Primavera e Outono	8/8 espessa e densa	0,2	1,2
	6/8 a 8/8	0,9	1,7
	<6/8	1,6	2,3
C Horas do dias não incluídos no nos períodos A e B	8/8 espessa e densa	0	0,9
	6/8 a 8/8	0,3	1,3
	<4/8	0,8	1,7
Noite	6/8	0,1	> 0,5
	<6/8	Velocidade do vento > 2 m/s; componente $\geq 0,1$	
D Período desde o nascer do sol até 1,5 h depois do nascer do sol e desde 1,5 h antes do pôr-do-sol até ao pôr-do-sol	Medir apenas perto da fonte		
Estes requisitos asseguram que o raio de curvatura, R , é menor do que - 10 km e 10 km, para as situações “altas” e “baixas”, respetivamente, para vários períodos do dia e nebulosidade.			

A tabela está dividida por períodos, em que área A representa “a meio dia do dia de Verão”, a área B corresponde às manhãs e tardes de Verão e o meio-dia de Primavera e Outono, a área C corresponde as horas do dia não incluídos no nos períodos A e B. Relativamente à área D, esta corresponde ao período desde o nascer do sol até 1,5 h depois do nascer do sol e desde 1,5 h antes do pôr-do-sol até ao pôr-do-sol.

Através de uma análise à tabela anterior verifica-se que, relativamente á área A, com grande nebulosidade é necessário uma componente da velocidade do

vento favorável de 1,3 m/s para verificar o critério $R < 10$ km. Em situações de céu limpo a velocidade deverá ser de pelo menos 2,7 m/s para o cumprimento do critério em relação a situações baixas e com uma distancia entre o recetor e fonte superior que 25 m. Na área B, quando a nebulosidade é reduzida ($< 6/8$), o critério $R < 10$ km pode ser verificado para uma velocidade do vento de pelo menos 2,3 m/s. No que diz respeito à área C, o critério $R < 10$ km verifica-se, para céu pouco nublado, quando a componente da velocidade do vento favorável é de 1,7 m/s. No período de tempo em que é classificado a área D, pode ocorrer variações locais de temperatura, sendo deste modo aconselhável a não realização de medições quando sujeitas a condições meteorológicas significativas.

Durante a noite, existe a probabilidade de ocorrer inversões térmicas, principalmente quando a nebulosidade é reduzida. Para evitar estes efeitos na propagação sonora a velocidade do vento deverá ser de pelo menos 2,0 m/s. No caso em que a nebulosidade é maior que $6/8$ será necessário uma pequena componente favorável da velocidade do vento.

A verificação das condições de propagação através da metodologia proposta na NP ISO 1996 não é simples pois implica a medição da velocidade e direção do vento a 10 metros de altura. Além disso a observância de condições favoráveis à propagação sonora, por vezes não é simples, uma vez que nem sempre os condições meteorológicas definidas na NP ISO 1996, como necessárias para se verificarem condições de propagação sonora favoráveis, se verificam com regularidade num dado local.

Contudo, existem outros métodos para determinação das condições favoráveis à propagação sonora. Um dos métodos para a sua determinação designa-se por matriz $U_i T_i$, sendo um método qualitativo francês, baseado em medições meteorológicas efetuadas no local ou na recolha de informações fornecidas por estações meteorológicas mais próximas dos locais de medição em questão (Besnard e Duc, 2009).

A matriz de dupla entrada tem em conta os factores térmicos e aerodinâmicos da atmosfera como também a magnitude dos gradientes verticais do vento e temperatura. As colunas U_1 a U_5 dizem respeito às características

aerodinâmicas da atmosfera e as linhas T1 a T5 às características térmicas (Besnard e Duc, 2009).

Através da análise da matriz e da combinação dos factores térmicos e aerodinâmicos permite-se identificar as condições favoráveis à propagação sonora (Tabela 8).

Tabela 8 - Matriz UiTi.

	U1 Vento forte (3 a 5m/s) contrário	U2 Vento médio (1 a 3 m/s) contrário ou forte pouco contrário 100° a 135°	U3 Vento nulo ou qualquer lateral	U4 Vento fraco ou médio a favor ou forte pouco favorável de 45° a 80°	U5 Vento forte a favor
T1 Dia ensolarado, solo seco e pouco vento	s.i.	--	-	-	s.i.
T2 Mesmas condições de T1 menos uma condição	--	-	-	c.h.	+
T3 Tempo encoberto e ventoso e solo pouco húmido, ou nascer do sol ou pôr-do-sol	-	-	c.h.	+	+
T4 Noite com nuvens ou com vento	-	c.h.	+	+	++
T5 Noite limpa com pouco vento	s.i.	+	+	++	s.i.

Pela análise da tabela anterior verifica-se que as condições muito favoráveis estão representadas por ++, e verificam-se sobretudo à noite com céu pouco nublado ou limpo e vento forte a moderado. As condições favoráveis representam-se por +, sendo que as melhores condições com o tempo encoberto e vento moderado a forte ou durante a noite com vento fraco a moderado. As condições representadas por – e -- são condições desfavoráveis e muito desfavoráveis, respetivamente. As combinações (U1,T1) e (U5,T5) são caracterizadas como situações impossíveis (s.i.), enquanto que c.h. representa condições homogéneas.

Este método é recomendável para situações em que a estação meteorológica mais próxima do local de medição seja inferior a 10 km, caso contrário é

necessário a uma avaliação do local para complementar toda a informação. A utilização deste método requer que a zona envolvente de medição seja em terras planas, de modo a que haja uma boa correlação entre os valores obtidos pela estação meteorológica e os valores de gradiente verticais de vento e temperatura do local (Besnard e Duc, 2009).

Sempre que as medições forem realizadas sob influência das condições meteorológicas e em condições de propagação favorável os níveis sonoros obtidos devem ser corrigidos por aplicação do factor C_{met} de forma a calcular o valor de $L_{aeq,T}$ de longa duração.

A determinação do C_{met} pode ser baseada pelo método explícito na NP 4361-2, no caso de uma fonte sonora pontual e de emissão constante no tempo:

$$C_{met} = 0 \text{ se } \frac{h_s + h_r}{r} \geq 0,1 \quad (7)$$

Ou,

$$C_{met} = C_0 \left[1 - 10 \left(\frac{h_s + h_r}{r} \right) \right] \text{ se } \frac{h_s + h_r}{r} < 0,1 \quad (8)$$

Em que,

h_s é a altura da fonte;

h_r , é a altura do recetor;

r , é a distancia entre a fonte e o recetor;

C_0 é um factor, expresso em decibel dependente das estatísticas meteorológicas relativas à direção e velocidade do vento e a gradientes de temperatura.

A determinação do fator C_0 pode ser baseada em dois métodos de cálculo como apresentados no documento AR-INTERIM-CM (Co, *et al.*, 2003). O método de cálculo simplificado assume por defeito, estimativas globais de

probabilidade de ocorrência de condições favoráveis à propagação sonora, definindo para o período diurno que 50% do tempo ocorrem condições favoráveis, 75% para o período entardecer e 100% para o período noturno. Perante estas estimativas os valores de C_0 são: para o período diurno igual a 1,47, para o período de entardecer 0,7 e para o período noturno igual a 0. O outro método de cálculo é baseado em dados meteorológicos detalhados do local de medição.

Aos valores sonoros obtidos é então subtraído o factor C_{met} :

$$L_{Aeq,LT} = L_{Aeq,T}(DW) - C_{met} \quad (9)$$

Sendo,

$L_{Aeq,LT}$ o valor do nível sonoro para condições favoráveis à propagação.

Contudo, outro método alternativo à aplicação do C_{met} para a determinação do valor de $L_{Aeq,T}$ de longa duração é a recolha de uma série de amostras de condições meteorológicas que serão devidamente ponderadas com base em estatísticas meteorológicas representativas do local:

$$L_{Aeq,LT} = 10 \times \log \left[p \times 10^{L_{Aeq,T}(F)/10} + (1 - p) \times 10^{L_{Aeq,T}(H)/10} \right] \quad (10)$$

Sendo,

$L_{Aeq,T}(F)$ o nível sonoro para condições favoráveis à propagação sonora;

$L_{Aeq,T}(H)$ o nível sonoro para condições homogéneas à propagação sonora;

p é a probabilidade de ocorrência das condições meteorológicas favoráveis à propagação sonora, durante o intervalo de tempo de longa duração.

Concluindo que as condições atmosféricas afetam de forma significativa os resultados de medição, considera-se relevante o estudo dessas condições no local em questão para que posteriormente sejam representados nos resultados, tornando-os válidos e reprodutíveis.

6 Representatividade das medições

O conceito de representatividade torna-se relevante na área de acústica, uma vez que, a decisão das melhores técnicas de amostragem e procedimentos dependem deste factor, isto é, em qualquer medição realizada os resultados devem ser o mais representativo possível.

A legislação referente ao ruído ambiente menciona que as medições devem ser efetuadas de modo a que o intervalo de tempo abranja as variações significativas de emissão e propagação do ruído. O atual RGR aponta para 3 tipos de representatividade:

- As medições devem ser representativas da média anual do ruído ambiente;
- Em relação ao critério de incomodidade as medições devem ser representativas da média no mês mais crítico das fontes de ruído em avaliação;
- As medições referentes a atividades ruidosas temporárias devem ser representativas da média diária do ruído ambiente.

Para estes três tipos de representatividade é recomendável que se tenha em atenção alguns factores como, a emissão sonora da fonte, condições meteorológicas e do solo, ruído residual, entre outros factores como a existência de obstáculos (Rosão, 2011).

Relativamente à emissão sonora da fonte, se forem variações anuais, e essas fontes apresentarem regimes de sazonalidade, os valores obtidos podem não ser representativos da média anual caso a recolha de amostras seja efetuada no mesmo período sazonal. O mesmo acontece para variações mensais, para os valores serem representativos de um mês e se a fonte apresentar diferenças na sua emissão ao longo do intervalo de tempo, deverão ser caracterizados os dias em que a sua emissão sonora é maior, como também em dias de menor emissão sonora. Para variações diárias a caracterização do local deve ser efetuada nos diferentes períodos, uma vez que, tomando como exemplo o tráfego rodoviário, existem horas de ponta e horas em que a intensidade do tráfego é menor (no período noturno) (Matos, *et al.*, 2011 e Rosão, 2011).

Durante o ano, mês ou até mesmo ao longo do dia, as condições meteorológicas variam e por vezes de forma significativa, levando a resultados pouco reprodutíveis. Por vezes para iguais condições meteorológicas são obtidos resultados consideravelmente diferentes da média anual, mensal ou diária. A caracterização da emissão sonora de uma indústria poderá não ser obtida num único período, mesmo a sua emissão sendo constante, uma vez devido às condições favoráveis à propagação sonora serem mais propícias no período noturno. A representatividade das medições deve também ter em consideração toda a zona envolvente à caracterização sonora, pelo facto de factores como tipo de vegetação, a existência de superfícies de água não serem constantes ao longo do ano, mês ou mesmo no dia (Rosão, 2011).

7 Caso de estudo

O presente estágio contribuiu para o desenvolvimento do procedimento que envolve a implementação do processo de acreditação de ensaios de medição de ruído ambiente, na empresa Ambiformed, seguindo-se os requisitos gerais definidos na NP EN ISO/IEC 17025:2005 e os requisitos específicos definidos no Guia da APA. Neste estudo foram também efetuadas medições de ruído ambiente, segundo métodos normalizados.

As exigências por parte da legislação como também do mercado foram dos motivos que conduziu a empresa Ambiformed a proceder à acreditação de ensaios de medição de ruído ambiente. Com esta acreditação a imagem da empresa perante o mercado é melhorada, no sentido em que cumpre com todas as exigências definidas na norma.

Deste modo, são apresentados os requisitos técnicos que a Ambiformed implementou de forma a cumprir com a NP EN ISO/IEC 17025:2005.

7.1 Estimativa da incerteza dos ensaios

Os laboratórios de ensaios devem realizar procedimentos com o objetivo de estimar a incerteza de medição, tendo em consideração todos os componentes da incerteza que sejam suscetíveis de interferir nos resultados finais de medição

Neste contexto, foram realizadas duas folhas de cálculo baseadas nos modelos explícitos do guia da Relacre (Mateus, *et al.*, 2012) que incluem as fontes de incerteza associadas ao respetivo ensaio, permitindo deste modo o cálculo de estimativa da incerteza de medição. Salieta-se no entanto que por indicação do IPAC (IPAC, 2013) os resultados finais dos ensaios de medição de ruído ambiente, devem ser arredondados ao número inteiro e posteriormente comparados com os valores designados no RGR, sem indicação de incertezas. Todas as fórmulas necessárias para o cálculo de incertezas encontram-se no Anexo 2.

7.2 Métodos de ensaio e validação dos métodos

A seleção dos métodos foram baseados na legislação e normas atuais, que se adequam ao ensaio que se pretende obter a acreditação. Relativamente aos ensaios de ruído ambiente, foram utilizadas a NP ISO 1996-2011, o RGR, o Guia da APA e o documento OEC013 do IPAC.

No âmbito do estágio foram realizadas instruções técnicas acerca do funcionamento dos aparelhos necessários à realização dos ensaios acústicos, bem como procedimentos de medição internos, onde se faz uma descrição dos métodos e procedimentos de ensaio, assim como a metodologia de análise dos resultados para a determinação do nível sonoro de longa duração e critério de exposição máxima.

7.2.1 Validação dos métodos de ensaio

Os métodos de ensaio seguidos pelo laboratório da Ambiformed são os métodos recomendados pelo IPAC e seguem a NP ISO 1996 e o RGR.

Segundo o IPAC o laboratório deve validar os seus métodos através do estudo de repetibilidade ou reprodutibilidade como também através da participação em ensaios de aptidão. No caso da Ambiformed, esta já tinha participado antes do início do estágio em ensaios interlaboratoriais, tendo obtido um resultado satisfatório. Relativamente ao estudo da repetibilidade ou reprodutibilidade, estes foram realizados no âmbito do estágio. No estudo da reprodutibilidade as medições foram realizadas por outro técnico, mas o local e o sistema de medição foram iguais. Posteriormente estão apresentados os resultados destes estudos.

Como foram desenvolvidas folhas de cálculo, permitindo que os dados recolhidos no sonómetro em cada ensaio de medição de ruído sejam transferidos e que de forma automática seja efetuada a determinação dos indicadores de ruído pretendidos para cada ensaio foi necessária a validação das mesmas. A validação das folhas de cálculo foi efetuada através de cálculos realizados à mão, utilizando as fórmulas definidas na legislação referente ao ruído ambiente e posteriormente foram comparados com as folhas de Excel.

Para validação dos métodos foram realizadas ao longo do estágio medições de ruído ambiente. Estas medições tiveram como fim de verificar o critério de incomodidade.

7.2.1.1 Estudos de Repetibilidade e Reprodutibilidade

Os estudos de repetibilidade foram efetuados para o ensaio CI realizados num restaurante. Neste estudo o procedimento de medição, o equipamento e o local foram os mesmos. O estabelecimento em questão encontra-se perto de uma zona industrial e verificou-se que as principais fontes de ruído existentes, tiveram origem nas atividades desenvolvidas pelo estabelecimento, nomeadamente pelo funcionamento dos extratores, arrastamento de cadeiras e o funcionamento do moinho da máquina de café. Outra das fontes identificadas foi o tráfego automóvel. Relativamente ao seu horário de funcionamento, o restaurante labora das 9h às 22h.

O recetor sensível avaliado foi um apartamento que se encontrava acima do estabelecimento em questão. As medições foram realizadas numa sala ainda por mobilar. Para avaliação do ruído ambiente as medições foram realizadas com o estabelecimento em funcionamento e relativamente ao ruído residual, as medições foram efetuadas com o restaurante parado. Os períodos de referência para a determinação dos níveis sonoros foram o período diurno (7h às 20h) e entardecer (20h às 23h).

7.2.1.2 Metodologia de medição

Todo o procedimento utilizado para a obtenção dos valores sonoros foram de acordo com a legislação e normalização atual. As medições foram efetuadas num dos quartos da habitação em três pontos distintos conforme a metodologia descrita na NP ISO 1996:2011 e a uma altura de 1,5 m acima do piso. O período de cada medição foi cerca de 10 minutos em cada ponto de medição para os dois dias, tanto para avaliação do ruído ambiente como para o ruído residual.

As medições foram realizadas nos dias 9, 13, 21 e 22 de Maio de 2013 nos períodos diurno e entardecer. Pretendeu-se que as medições fossem

representativas e abrangentes de modo a caracterizar a situação em estudo, através de várias medições em vários pontos.

Durante a avaliação do ruído ambiente constatou-se algum ruído proveniente do funcionamento dos extratores, do moinho da máquina de café proveniente do restaurante e portas a bater do condomínio

Os resultados obtidos estão apresentados nas tabelas seguintes. Para o período diurno a recolha de amostras foram efetuadas entre as 12:30 e as 14:30 e para o período entardecer as medições foram realizadas entre as 20h e as 22h. A determinação do ruído residual foi realizada quando os equipamentos suscetíveis de provocarem ruído (extrator) não estavam em funcionamento.

Tabela 9 – Valores medidos durante o período diurno.

Diurno	Hora de início	L _{Aeq} (dB) Ruído ambiente	Hora de início	L _{Aeq} (dB) Ruído residual	Caract. Tonais impulsivas	L _{Ar}
Recolha 1 - 09 de Maio						
Ponto 1	12:25	30,2	13:33	29,7	---	30,2
Ponto 2	12:36	31,2	13:48	27,9	---	31,2
Ponto 3	12:47	30,0	14:00	27,9	---	30,0
Recolha 2 – 13 de Maio						
Ponto 1	11:49	31,4	13:21	28,0	---	31,4
Ponto 2	12:05	33,8	13:36	33,6	---	33,8
Ponto 3	12:17	30,3	13:51	30,2	---	30,3

Tabela 10 - Tabela resumo para o período diurno.

Lar	31,4
LAeq(R)	30,4
Lar-LAeq(R)	0,9
Incerteza Recolha 1	2,13
Incerteza Recolha 2	2,88

Tabela 11 – Valores medidos para o período entardecer.

Entardecer	Hora de início	L _{Aeq} (dB) Ruído ambiente	Hora de início	L _{Aeq} (dB) Ruído Residual	Caract. Tonais impulsivas	L _{Ar}
Recolha 1 - 09 de Maio						
Ponto 1	20:35	30,1	21:07	31,1	---	30,1
Ponto 2	20:51	29,9	21:20	32,2	---	29,9
Ponto 3	21:06	34,0	21:30	28,2	---	34,0
Recolha 2 - 13 de Maio						
Ponto 1	20:40	31,1	21:23	30,0	---	31,1
Ponto 2	20:55	30,9	21:38	30,2	---	30,9
Ponto 3	21:10	30,7	21:50	29,9	---	30,7

Tabela 12 – Tabela resumo para o período entardecer.

Lar	30,9
LAeq(R)	30,0
Lar-LAeq(R)	0,9
Incerteza Recolha 1	3,34
Incerteza Recolha 2	2,01

Relativamente ao estudo da reprodutibilidade as medições foram realizadas no mesmo local e com o mesmo objetivo para validação do ensaio CI. Os períodos de referência em análise foram o diurno e entardecer e a duração de cada medição foi aproximadamente de 10 minutos. Nas tabelas seguintes estão apresentados os resultados obtidos para o estudo da reprodutibilidade.

Tabela 13 - Valores medidos durante o período diurno.

Diurno	Hora de início	L _{Aeq} (A)	Hora de início	L _{Aeq} (R)	Caract. Tonais impulsivas	L _{Ar}
Recolha 1 21 de Maio						
Ponto 1	12:05	31,0	13:45	29,2	---	31,0
Ponto 2	12:18	30,8	13:57	28,7	---	30,8
Ponto 3	12:33	31,1	14:10	29,4	---	31,1
Recolha 2 22 de Maio						
Ponto 1	12:10	30,5	14:01	29,6	---	30,5
Ponto 2	12:25	31,6	14:15	30,1	---	31,6
Ponto 3	12:37	31,2	14:27	29,9	---	31,2

Tabela 14 - Tabela resumo para o período diurno.

Lar	31,0
L _{Aeq} (R)	29,5
Lar-L _{Aeq} (R)	1,5
Incerteza Recolha 1	2,01
Incerteza Recolha 2	2,10

Tabela 15 - Valores medidos durante o período entardecer.

Entardecer	Hora de início	L _{Aeq} (dB) Ruído Ambiente	Hora de início	L _{Aeq} (dB) Ruído Residual	Caract. Tonais impulsivas	L _{Ar}
Recolha 1 – 21 de Maio						
Ponto 1	20:35	31,3	21:10	29,9	---	31,3
Ponto 2	20:48	30,5	21:22	29,7	---	30,5
Ponto 3	20:59	30,9	21:36	28,9	---	30,9
Recolha 2 – 22 de Maio						
Ponto 1	20:20	30,8	21:20	30,0	---	30,8
Ponto 2	20:32	31,2	21:34	29,7	---	31,2
Ponto 3	20:45	31,6	21:46	29,4	---	31,6

Tabela 16 - Tabela resumo para o período entardecer.

Lar	31,1
LAeq(R)	29,6
Lar-LAeq(R)	1,4
Incerteza Recolha 1	2,05
Incerteza recolha 2	2,05

Para analisar os valores obtidos para o estudo da reprodutibilidade com os anteriores, foi calculada a incerteza para cada ensaio. A diferença dos resultados obtidos para o estudo da repetibilidade e reprodutibilidade são inferiores aos valores da incerteza determinados.

Este estudo da repetibilidade e reprodutibilidade tem como principal objetivo garantir que os resultados obtidos são credíveis.

8 Conclusão

Com o intuito de saber mais aprofundadamente sobre a importância de todo o processo da acreditação de ensaios de ruído ambiente, foi desenvolvido o estágio na empresa Ambiformed, permitindo retirar algumas ilações acerca da acreditação.

Um laboratório que obtenha a acreditação dos seus métodos de ensaios de ruído ambiente, indica que obtém um reconhecimento da competência técnica de entidades da sua atividade de acordo com a EN ISO NP 17025. Este reconhecimento permite à empresa melhorar a sua imagem perante o mercado, uma vez que, com o cumprimento dos requisitos da norma as suas funções são desempenhadas com um maior rigor e competência. Contudo, a todo este processo estão associadas algumas dificuldades, sobretudo a nível económico. Para que o laboratório obtenha a acreditação é necessário o investimento logo na fase inicial para abertura do processo junto do IPAC, para a contratação de pessoas qualificadas, realização de auditorias e de ensaios interlaboratoriais, e para os equipamentos que tem que estar calibrados.

Os principais objetivos traçados na fase inicial do estágio foram alcançados, no que diz respeito à realização de procedimentos de medição e de cálculo de incertezas, instruções técnicas e folhas de cálculo. Outro dos objetivos consistiu na validação dos métodos através da realização de ensaios de aptidão. O estudo da repetibilidade e reprodutibilidade também foram efetuados com o intuito de validar os métodos. Estes estudos têm como principal objetivo garantir que os ensaios de um laboratório são confiáveis, sendo este um dos requisitos da ISO IEC 17025/2005. O estudo da reprodutibilidade foi realizado por outro operador mas com o mesmo equipamento de medição. Os resultados obtidos foram idênticos, permitindo deste modo evidenciar a adequada implementação dos seus métodos de ensaio.

A validação das folhas de cálculo também foi efetuada no decorrer do estágio através da comparação dos resultados efetuados à mão.

9 Bibliografia

Almeida, J. A. S & Pires, A. C. (2006). Acreditação: Vantagens e dificuldades na implementação de um sistema da qualidade num laboratório de ensaio e/ou calibração. *Química*, 101, 34-39

Antunes, S., Rosão, V., & Falcão, A. (2008). Representatividade das medições em Acústica Ambiental. *Acústica 2008*. Coimbra.

Azeredo, A., Albano, F., & Souza T. (2008). Utilização dos desvios de repetitividade e reprodutibilidade na avaliação de desempenho de analistas de ensaios poliméricos. Brasil.

Branco, S. P. S. (2010). Acreditação de métodos de ensaios e/ou calibração de um laboratório. Aveiro.

Besnard, F., & Duc, E. L. (2009). Prévission du bruit routier. Méthode de calcul de propagation du bruit incluant les effets météorologiques (NMPB 2008). Sétra.

Co, W. M., EcoSafer, A.-V., n.v.-s.a., A., S.L., L. T., LANG, H.-P. D.-I., GmbH, L., & Ltd., P. E. (2003). AR-INTERIM-CM - Adaptation and revision of the interim noise computation methods for the purpose of strategic noise mapping - Final Draft Report.

Hoolihan, D. D. (2010). Guide 25 to ISO/IEC 17025: A Brief History and Introduction.

Declaração de Retificação n.º 57/2006. D.R. Série I. 168 (31 de Agosto de 2006). 6417-6417

Declaração de Retificação n.º18/2007. D.R. Série I. 54 (16 de Março de 2007). 1628

Decreto-lei n.º 251/87. D.R. Série I. 142 (24 de Junho de 1987). 2386-2393

Decreto-lei n.º 292/89. D.R. Série I. 202 (2 de Setembro de 1989). 3770-3772

Decreto-lei n.º 72/92. D.R. Série I-A. 98 (28 de Abril de 1992). 1955-1956

Decreto-lei n.º 9/92. D.R. Série I-B. 98 (28 de Abril de 1992). 1961-1971

Decreto-lei n.º 292/2000. D.R. Série I-A. 263 (14 de Novembro de 2000). 6511-6520

Decreto-lei n.º 76/2002. D.R. Série I-A. 72 (26 de Março de 2002). 2879-2910

Decreto-lei n.º 129/2002. D.R. Série I-A. 109 (11 de Maio de 2002). 4421-4428

Decreto-lei n.º 259/2002. D.R. Série I-A. 271 (23 de Novembro de 2002). 7368-7370

Decreto-lei n.º 293/2003. D.R. Série I-A. 268 (19 de Novembro de 2003). 7895-7899

Decreto-lei n.º 146/2006. D.R. Série I. 146 (31 de Julho de 2006). 5433-5441

Decreto-lei n.º 182/2006. D.R. Série I. 172 (6 de Setembro de 2006). 6584-6593

Decreto-lei n.º 221/2006. D.R. Série I. 215 (08 de Novembro de 2006). 7750-7779

Decreto-lei n.º 9/2007. D.R. Série I. 12 (17 de Janeiro de 2007). 389-398

Decreto-lei n.º 278/2007. D.R. Série I. 147 (1 de Agosto de 2007). 4912-4913

Diretiva 86/188/CEE. Jornal das Comunidades Europeias L137 (24 de Maio de 1986) 28-34

Diretiva 95/27/CE. Jornal das Comunidades Europeias L168 (18 de Julho de 1995) 14-17

Diretiva 2000/14/CE. Jornal das Comunidades Europeias L162 (3 de Julho de 2000) 1-78

Diretiva 2002/30/CE. Jornal das Comunidades Europeias L085 (28 de Março de 2002) 40-46

Diretiva 2002/49/CE. Jornal das Comunidades Europeias L189 (25 de Junho de 2002) 12- 26

Diretiva 2003/10/CE. Jornal das Comunidades Europeias L042 (15 de Fevereiro de 2003) 38-44

Heimann, D. (2003). Influence of meteorological parameters on outdoor noise propagation. Euronoise. Naples.

IPAC - Instituto Português de Acreditação (2007). DIC006 – Formulário específico de candidatura.

IPAC – Instituto Português de Acreditação (2010). OGC001 - Guia para aplicação da NP EN ISO/IEC 17025.

IPAC – Instituto Português de Acreditação (2012). DRC005 - Procedimentos para a acreditação de laboratórios.

IPAC - Instituto Português de Acreditação. [Consult. 5 de junho 2013]. Disponível em WWW: <<http://www.ipac.pt/pesquisa/acredita.asp>>

IPAC- Instituto Português de Acreditação (2013). OEC013 - Requisitos específicos de acreditação – Laboratórios de ensaios de acústica e vibrações.

Lei n.º 11/87. D.R. Série I. 81 (7 de Abril de 1987). 1386 – 1397

Mateus, M., Falcão, A., Inglês, F., Fradique, J., & Lopes, L. S. (2012) – Guia Relacre 22. Cálculo de incertezas – Acústica. Relacre.

Matos, J., Fradique, J., Tavares, L., Guedes, M., & Leite, M. J. (2011). Guia prático para medições de ruído ambiente - no contexto do Regulamento Geral do Ruído tendo em conta a NP ISO 1996. Agência Portuguesa do Ambiente.

NP EN ISO/IEC 17025:2005 – Requisitos gerais de competência para laboratórios de ensaio e calibração (ISO/IEC 17025:2005). (2005).

NP ISO 1996-1 - Acústica. Descrição, medição e avaliação do ruído ambiente Parte 1 Grandezas fundamentais e métodos de avaliação. (2011).

NP ISO 1996-2 - Acústica. Descrição, medição e avaliação do ruído ambiente. Parte 2: Determinação dos níveis de pressão sonora do ruído ambiente. (2011).

Portaria n.º 879/90. D.R. Série I. 218 (20 de Setembro de 1990). 3897

Portaria n.º 77/96. D.R. Série I-B. 59 (9 de Março de 1996). 444-446

Relacre – Associação de laboratórios Acreditados de Portugal [Consult. 25 de Junho 2013]. Disponível em WWW: <
<http://www.relacre.pt/pt/activities/proficiencytesting>>

Rosão, V. C. (2001). Desenvolvimento de Modelo de Avaliação do Impacte Ambiental devido ao Ruído de Tráfego Rodoviário. Lisboa.

Rosão, V. C. (2011). Desenvolvimentos sobre Métodos de Previsão, Medição, Limitação e Avaliação em Ruído e Vibração Ambiente. Algarve.

Vocabulário Internacional de Metrologia: Conceitos fundamentais e gerais e termos associados (VIM 2012). Duque de Caxias, Rio de Janeiro: INMETRO, 2012.

ANEXO 1 - ENQUADRAMENTO LEGISLATIVO E NORMATIVO

O surgimento da Lei de Bases do Ambiente em 1987 foi o ponto de partida para uma sociedade mais atenta aos problemas que ocorrem cada vez mais nesta área. A Lei n.º 11/87 (Lei de Bases do Ambiente) definiu as bases das políticas ambientais aplicáveis em Portugal, definindo como princípios específicos a prevenção, o equilíbrio, a participação dos diferentes grupos sociais nestas matérias, a criação de um órgão de gestão e ação responsável pela política do ambiente e ordenamento do território, da cooperação internacional entre outros.

Após a aplicação desta lei, apareceram diversos tipos de legislação respeitante aos vários vetores ambientais. Concretamente para o ruído, surgiu o primeiro Regulamento Geral do Ruído (RGR) através do Decreto-Lei n.º 251/87, de 24 de Junho. O tema ruído ambiente que até agora estava repartido em diversos diplomas, foi incluído num só documento (RGR), estabelecendo o conjunto de normas em que se apoiava num quadro legal adequado a uma política de prevenção e combate ao ruído. Posteriormente, esse decreto sofreu algumas alterações pelo Decreto-Lei n.º 292/89, de 2 de Setembro. Ainda, tendo em conta o estabelecido no RGR, foi publicada a Portaria n.º 879/90, de 20 de Setembro, referente à obrigatoriedade de indicações dos equipamentos que emitam um nível de potência sonora superior a 80 dB. Posteriormente, esta portaria foi alterada pela Portaria n.º 77/96 de 9 de Março que transpôs a Diretiva 95/27/CE.

Em 1992 surgiu o Decreto-Lei n.º 72/92, de 28 de Abril, transpondo a Diretiva n.º 86/188/CEE. Este documento estabeleceu o quadro geral da proteção dos trabalhadores contra os riscos devidos à exposição ao ruído durante o trabalho. Ainda, foi publicado o Decreto Regulamentar n.º 9/92, de 28 de Abril que regulamentou o Decreto-Lei anterior. A 6 de setembro de 2006 foi publicado o Decreto-Lei n.º 182/2006 que revogou estes dois últimos diplomas. O Decreto-Lei n.º 182/2006 foi criado no sentido de estabelecer as prescrições mínimas de segurança e saúde respeitantes à exposição dos trabalhadores aos riscos devido ao ruído. Este decreto transpôs para ordem jurídica interna a Diretiva 2003/10/CE, que por sua vez, revogou a Diretiva 86/188/CE.

Dado que cada vez mais a poluição sonora constitui um dos principais factores de degradação da qualidade de vida das populações, surgiu a necessidade de efetuar alterações ao nível do RGR. Deste modo, no ano de 2000 foi aprovado o Decreto-Lei n.º 292/2000, de 14 de Novembro, designado por Regulamento Legal sobre a Poluição Sonora (RLPS), revogando o antigo RGR (Decreto-Lei n.º 251/87 com as alterações introduzidas pelo Decreto-Lei n.º 292/89). Em 2002, o RLPS sofreu alterações pelos Decreto-Lei n.º 76/2002 e 259/2002. O Decreto-Lei n.º 76/2002 respeitante às emissões sonoras de equipamento para utilização no exterior revogou o Decreto-Lei n.º 879/90 e a Portaria 77/96, transpondo a Diretiva 2000/14/CE, sendo posteriormente revogado pelo Decreto-Lei n.º 221/2006 de 8 de Novembro.

Ainda no ano de 2002, surgiu o Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE), estabelecido no Decreto-Lei n.º 129/2002 de 11 de Maio, visando a melhoria das condições de qualidade acústica desses edifícios e o Decreto-Lei n.º 259/2002, de 23 de Novembro. Ambos decretos vieram alterar o Decreto-Lei n.º 292/2000.

A diretiva 2002/30/CE correspondente às regras e procedimentos para a introdução de restrições de operação relacionadas com o ruído nos aeroportos foi transposta pelo Decreto-Lei n.º 293/2003, de 19 de Novembro. Este diploma foi desenvolvido no sentido de prevenir os efeitos nocivos do ruído resultantes dos aeroportos.

Estando cada vez mais presente a preocupação sobre os efeitos do ruído ambiente, existe sempre a necessidade de atualizar o quadro legislativo. Deste modo, em 2006 foi transposta a Diretiva n.º 2002/49/CE relacionada com a prevenção e redução dos efeitos prejudiciais da exposição ao ruído ambiente através da tomada de medidas, nomeadamente pela obrigatoriedade de efetuar a recolha de dados acústicos e de elaborar relatórios a nível comunitário acerca do ambiente acústico. O Decreto-Lei n.º 146/2006, de 31 de Julho transpôs para ordem jurídica interna a Diretiva referida, anunciando a obrigatoriedade de elaboração de mapas estratégicos de ruído, assim como os planos de ação. Esta obrigação incide sobre as grandes infraestruturas de transporte rodoviário, ferroviário e aéreo e as aglomerações de maior

expressão populacional. Posteriormente, este decreto foi retificado pela Declaração de Retificação n.º 57/2006 de 31 de Agosto.

Após a publicação do Decreto-Lei n.º 146/2006 o RLPS foi alterado de modo a torná-lo atual de acordo com a legislação que ia sendo publicada. Assim, é então publicado o novo quadro legal que estabelece o regime de prevenção e controlo da poluição sonora, visando a salvaguarda da saúde humana e o bem-estar das populações.

O Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de Janeiro, aprova o atual RGR, revogando o RLPS estabelecido pelo Decreto-Lei n.º 292/200. Contudo o atual RGR já foi 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.

Para a verificação dos valores limites estabelecidos no RGR é necessário a realização de ensaios acústicos. O RGR obriga a que os ensaios sejam realizados de acordo com técnicas de medição normalizadas e por entidades acreditadas.

Uma empresa que pretenda obter a acreditação a determinado método de ensaios tem que cumprir com os requisitos definidos na EN ISO/IEC 17025. Esta norma intitulada como “Requisitos gerais de competência para laboratórios de ensaio e calibração” expõe os requisitos gerais de competência para a realização de ensaios incluindo a amostragem.

A Norma Portuguesa NP ISO 1996 de 2011 com o título “Acústica. Descrição, medição e avaliação do ruído ambiente” é a norma atual que enquadra o âmbito da acústica ambiental. O principal objetivo é generalizar os métodos de avaliação, uma vez que a existência de vários métodos traduzem-se na dificuldade da sua comparação a nível internacional. Esta norma subdivide-se em duas partes:

NP ISO 1996-1 (2011) "Acústica. Descrição, medição e avaliação do ruído ambiente. Parte 1: Grandezas fundamentais e métodos de avaliação." O objetivo da parte 1 é a definição de grandezas fundamentais, dos procedimentos e a descrição dos métodos de avaliação.

NP ISO 1996-2 (2011) "Acústica. Descrição, medição e avaliação do ruído ambiente. Parte 2: Determinação dos níveis de pressão sonora do ruído ambiente." Esta parte, define como podem ser obtidos os níveis de pressão sonora e tem em conta as incertezas a ter em conta resultantes durante as medições.

ANEXO 2 – FÓRMULAS UTILIZADAS PARA O CÁLCULO DE INCERTEZAS

- **Critério de exposição máxima**

Incerteza expandida: $U(L_{den}) = 2 \cdot u(L_{den})$

Incerteza combinada:

$$u(L_{den}) = \sqrt{\left(\frac{\partial L_{den}}{\partial L_d} \cdot u(L_d)\right)^2 + \left(\frac{\partial L_{den}}{\partial L_e} \cdot u(L_e)\right)^2 + \left(\frac{\partial L_{den}}{\partial L_n} \cdot u(L_n)\right)^2}$$

Sendo:

$L_{den} = 10 \cdot \log \left[\frac{1}{24} \cdot \left(13 \cdot 10^{\frac{L_d}{10}} + 3 \cdot 10^{\frac{L_e+5}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_n+10}{10}} \right) \right]$ - Indicador de ruído diurno-entardecer-noturno;

$u(L_d) = \sqrt{1,0^2 + X^2 + Y^2 + Z^2}$ - Incerteza combinada associada ao nível sonoro médio de longa duração para o período diurno;

$u(L_e) = \sqrt{1,0^2 + X^2 + Y^2 + Z^2}$ - Incerteza combinada associada ao nível sonoro médio de longa duração para o período entardecer;

$u(L_n) = \sqrt{1,0^2 + X^2 + Y^2 + Z^2}$ - Incerteza combinada associada ao nível sonoro médio de longa duração para o período noturno.

$\frac{\partial L_{den}}{\partial L_d} = \frac{13 \cdot 10^{\frac{L_d}{10}}}{13 \cdot 10^{\frac{L_d}{10}} + 3 \cdot 10^{\frac{L_e+5}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_n+10}{10}}}$ - Coeficiente de sensibilidade do indicador de ruído diurno-entardecer-noturno em ordem ao nível sonoro médio de longa duração para o período diurno.

$\frac{\partial L_{den}}{\partial L_e} = \frac{3 \cdot 10^{\frac{L_e+5}{10}}}{13 \cdot 10^{\frac{L_d}{10}} + 3 \cdot 10^{\frac{L_e+5}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_n+10}{10}}}$ - Coeficiente de sensibilidade do indicador de ruído diurno-entardecer-noturno em ordem ao nível sonoro médio de longa duração para o período entardecer.

$\frac{\partial L_{den}}{\partial L_n} = \frac{8 \cdot 10^{\frac{L_n+10}{10}}}{13 \cdot 10^{\frac{L_d}{10}} + 3 \cdot 10^{\frac{L_e+5}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_n+10}{10}}}$ - Coeficiente de sensibilidade do indicador de ruído diurno-entardecer-noturno em ordem ao nível sonoro médio de longa duração para o período noturno.

Componente X: Desvio-padrão experimental da média das leituras efetuadas em cada um dos períodos de referência.

Componente Y: Desvio-padrão devido à influência das condições meteorológicas, para várias combinações de alturas de recetor/fonte

Componente Z: Caso o ruído seja proveniente de uma fonte particular:

$$Z = \left(\sqrt{2} \cdot 10^{-\frac{(L_{total}-L_{residual})}{10}} \cdot u(L_{residual}) \right)$$

Em que:

$u(L_{residual})$ é o desvio-padrão experimental da média das leituras efetuadas em cada um dos períodos de referência.

A componente Z pode assumir o valor de zero, caso não exista nenhuma fonte específica a caracterizar.

- **Critério de incomodidade**

$$U(L_{Ar}) = 2 \cdot u(L_{Ar})$$

$$U(L_{residual}) = 2 \cdot u(L_{residual})$$

Sendo:

$$u(L_{Ar}) = \sqrt{1,0^2 + X^2 + Y^2}$$

$$u(L_{residual}) = \sqrt{1,0^2 + X^2 + Y^2}$$

Componente X: Desvio-padrão experimental da média das leituras efetuadas em cada um dos períodos de referência.

Componente Y: Será nula se a fonte e o recetor sensível se encontrarem no interior da mesma edificação. Se a fonte e o recetor sensível se encontrarem em locais distintos no exterior ou no interior de edificações a determinação da componente Y será do mesmo modo para a determinação do nível sonoro de longa duração.

