



FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

A NOVA NORMA NP ISO 1996 – PRINCIPAIS ALTERAÇÕES E IMPLICAÇÕES PARA OS LABORATÓRIOS

PACS: 43.15.+s.

Jorge Fradique¹; Sónia Antunes²

¹Instituto Português da Qualidade

Rua António Gião, 2

2829-513 Caparica

Portugal

Tel: 212948166

E-Mail: jfradique@ipq.pt

²Laboratório Nacional de Engenharia Civil

Av. Do Brasil, 101

1700-066 Lisboa

Portugal

Tel: 218443834

E-Mail: santunes@lnec.pt

Palavras Chave: ruído ambiente; normas de ensaio; tolerância; comunidade; incerteza.

ABSTRACT

The ISO 1996 - Acoustics - Description, measurement and assessment of environmental noise was recently revised by ISO, and part 2 of the standard was published in July 2017.

As it is a basic standard for environmental noise measurements, and is particularly used in the application of the “Regulamento Geral do Ruído”, the Portuguese legislation on environmental noise, the technical standardization commission, CT 28, translated this new edition of the ISO standard, so it can be published as the new edition of the Portuguese standard NP ISO 1996, parts 1 and 2.

The purpose of this Communication is to present the main changes introduced by this new edition of the standard and to discuss its implications for test laboratories and other entities involved in environmental noise issues.



FIA 2018

**XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre**

RESUMO

A norma ISO 1996 - Acoustics -- Description, measurement and assessment of environmental noise, foi recentemente revista pela ISO, tendo sido editada em julho de 2017 a parte 2 da referida norma.

Dado que se trata de uma norma de base para as medições de ruído ambiente, sendo particularmente utilizada na aplicação do Regulamento Geral do Ruído, a comissão técnica de normalização, CT 28, procedeu à sua tradução, de modo a permitir a publicação da nova edição da norma portuguesa NP ISO 1996, partes 1 e 2.

A presente comunicação visa apresentar as principais alterações introduzidas por esta nova edição da norma, e discutir as suas implicações para os laboratórios de ensaio, e para outras entidades envolvidas nos temas do ruído ambiente.

INTRODUÇÃO

A primeira edição da norma NP ISO 1996 – Acústica. Descrição, medição e avaliação do ruído ambiente, foi editada em Portugal em 2011, e substituiu a anterior norma NP 1730:1996, que era então utilizada como base para as medições de ruído ambiente.

A publicação desta norma introduziu alterações significativas, pois foram introduzidos conceitos como o cálculo de incertezas aplicado de forma sistemática aos ensaios de ruído ambiente, ou a janela meteorológica, como forma de avaliar a existência de condições meteorológicas adequadas à realização das medições. A importância destas alterações levou mesmo à edição de um guia – o Guia prático para medições de ruído ambiente - no contexto do Regulamento Geral do Ruído tendo em conta a NP ISO 1996 – editado em outubro de 2011 pela Agência Portuguesa do Ambiente, de modo a compatibilizar os requisitos da nova norma NP ISO 1996 com a aplicação do Regulamento Geral do Ruído.

A relevância desta norma nas aplicações relacionadas com o ruído ambiente, em particular com a aplicação do Regulamento Geral do Ruído, originaram a decisão da comissão técnica de normalização, CT 28, de proceder à sua tradução, de modo a permitir a publicação da nova edição da norma portuguesa NP ISO 1996, partes 1 e 2, face à atualização operada pela ISO nas normas de base, tendo a parte 2 sido editada em 2017.

Tal como a anterior edição, a norma ISO 1996 é composta por duas partes, a parte 1: Grandezas fundamentais e métodos de avaliação e a parte 2: Determinação dos níveis de pressão sonora. Apresentam-se de seguida as principais alterações introduzidas em cada uma das partes da norma e abordam-se algumas implicações destas nos ensaios de ruído ambiente.

NP ISO 1996, PARTE 1: GRANDEZAS FUNDAMENTAIS E MÉTODOS DE AVALIAÇÃO

As principais alterações introduzidas na parte 1 da nova norma NP ISO 1996 encontram-se ao nível das definições e de alguns dos anexos desta parte da norma, sendo que alguns são totalmente novos.

DEFINIÇÕES

No que respeita às definições, são introduzidas seis novas definições, num ponto designado por níveis sonoros diurno, entardecer e noturno. Assim surgem as definições de nível sonoro diurno, $L_{d,h}$, nível sonoro entardecer, $L_{e,h}$ e nível sonoro noturno $L_{n,h}$, bem como de nível sonoro diurno-entardecer-noturno, L_{den} , e de nível sonoro diurno-noturno, L_{dn} . Estes conceitos já existiam na anterior edição da norma, e eram utilizados no texto da mesma, mas não existia a sua definição formal. Para os níveis sonoros diurno, entardecer e noturno, as definições correspondem ao expeável, ou seja, ao nível sonoro contínuo equivalente quando o intervalo de tempo de referência é o diurno, entardecer e noturno, respetivamente, sendo, no entanto, enfatizada na definição a duração do respetivo intervalo, incluindo mesmo exemplos da duração habitual destes intervalos.

Nas definições de L_{den} e de L_{dn} , são apresentadas as respetivas expressões, com a introdução das durações dos intervalos, tal como nas definições atualizadas dos níveis sonoros diurno, entardecer e noturno.

Assim, para o nível sonoro diurno-entardecer-noturno, L_{den} , a definição é dada pela expressão:

$$L_{den} = 10 \lg \left[\frac{1}{24h} (t_{dia} \cdot 10^{0,1L_{dia,12}} + t_{entardecer} \cdot 10^{0,1(L_{entardecer,4}+5dB)} + t_{noite} \cdot 10^{0,1(L_{noite,8}+10dB)}) \right] \quad (1)$$

Onde t_{dia} , $t_{entardecer}$ e t_{noite} são expressos em horas e $t_{dia} + t_{entardecer} + t_{noite} = 24$ h.

Do mesmo modo, para o nível sonoro diurno-noturno, L_{dn} , a definição é dada pela expressão:

$$L_{dn} = 10 \lg \left[\frac{1}{24h} (t_{dia} \cdot 10^{0,1L_{dia,15}} + t_{noite} \cdot 10^{0,1(L_{noite,9}+10dB)}) \right] \quad (2)$$

Onde t_{dia} e t_{noite} são expressos em horas e $t_{dia} + t_{noite} = 24$ h.

Esta parte da norma introduz também uma definição totalmente nova, o nível de tolerância de uma comunidade L_{ct} , definido como:

Nível sonoro diurno-noturno para o qual se preveja que 50 % das pessoas de uma comunidade se sintam muito incomodadas pela exposição ao ruído.

O L_{ct} é utilizado como um parâmetro que contabiliza as diferenças entre fontes e/ou comunidades, na previsão da percentagem de pessoas muito incomodadas pela exposição ao ruído. Este parâmetro é melhor apresentado no anexo H desta parte da norma.

Para além das definições, existem outras alterações de pormenor ao longo do texto da norma, que não alteram de forma significativa o seu conteúdo.

No ponto 8.1 - Estimativa da resposta da comunidade à incomodidade de longa duração, são apresentadas duas alternativas para estimar a resposta da comunidade à incomodidade de

longa duração devida ao ruído de tráfego aéreo, rodoviário e ferroviário, que são descritas nos anexos E e F. O anexo E utiliza o novo parâmetro L_{ct} , nível de tolerância de uma comunidade, enquanto que o anexo F utiliza uma fórmula de regressão. Estes anexos estabelecem estimativas da percentagem de uma população típica que provavelmente se sentirá muito incomodada com o valor da média anual corrigida do nível sonoro diurno-noturno, do ruído ambiente. Para estimar a resposta da comunidade à incomodidade são normalmente utilizadas avaliações sonoras representativas de um intervalo de tempo de longa duração, tipicamente um ano.

Os dados dos Anexos E e F mostram uma grande dispersão, evidenciada pelos valores para os intervalos expandidos de 95%. A reação de qualquer comunidade específica pode variar Quadro 1 - substancialmente relativamente ao valor típico. Esta variação entre comunidades diferentes é quantificada pelo respetivo nível de tolerância da comunidade apresentado no Anexo H e que é utilizado nos Anexos A, D e E.

CORREÇÕES AOS NÍVEIS SONOROS

O Anexo A propõe um conjunto de correções típicas aos níveis sonoros com base no tipo de fonte sonora e período do dia. De registar que são agora propostos valores de correção ligeiramente superiores para o tráfego aéreo, sendo que a correção proposta de + 3 dB a + 6 dB, na anterior edição da norma, foi alterada para uma correção proposta de + 5 dB a + 8 dB, como fica evidenciado no quadro seguinte.

Quadro 1 – Comparação das correções típicas aos níveis sonoros com base no tipo de fonte sonora e período do dia, entre as duas edições da norma

Tipo	Especificação	Correção ao nível (2017) dB	Correção ao nível (2011) dB
Fonte sonora	Tráfego rodoviário	0	0
	Tráfego Aéreo	5 a 8	3 a 6
	Tráfego Ferroviário	-3 a -6	-3 a -6
	Indústria	0	0
Características da fonte	Impulsiva regular	5	5
	Elevada impulsividade	12	12
	Impulsiva de alta energia	Ver anexo B	Ver anexo B
	Tonalidades proeminentes	3 a 6	3 a 6
Período de tempo	Entardecer	5	5
	Noite	10	10
	Dias de fim de semana	5	5

NÍVEL DE TOLERÂNCIA DE UMA COMUNIDADE

O Anexo H apresenta a abordagem, de base teórica, para prever o aumento da incomodidade, que está na origem da definição de L_{ct} . De acordo com esta teoria, a taxa de mudança da incomodidade com o nível sonoro médio dia-noite, L_{dn} , do ruído de vários modos de transporte, assemelha-se muito a um cálculo de intensidade sonora (*loudness*) usando L_{dn} . A intensidade sonora é proporcional à pressão sonora quadrática elevada à potência de 0,3, mas a sensação de intensidade sonora cresce apenas por uma fração de segundo, e torna-se então constante, independentemente da duração do som. Por oposição, a incomodidade parece crescer em proporção direta com a duração do som. Assim, esta teoria converte L_{dn} em unidades de pressão quadrática elevada à potência de 0,3, mas que continuam o crescimento em proporção direta com a duração do som. Essencialmente a incomodidade é assumida como sendo diretamente proporcional ao produto da intensidade sonora pela duração do som.

Além do pressuposto de que a predominância da população muito incomodada, representada por P_{HA} , é baseada na integração temporal da intensidade da exposição sonora, é ainda assumida uma função de transição. Esta relação funcional, na forma e^{-x} , é a função de transição mais simples, com um único parâmetro. À medida que o ruído aumenta de níveis muito calmos para níveis muito elevados, esta função transita entre um valor assintótico de 0 (0% de uma comunidade muito incomodada quando o ruído é muito calmo) para um valor assintótico de 100 (100% de uma comunidade muito incomodada quando o ruído é muito elevado).

$$P_{HA} = 100 e^{-x} = 100 e^{-\left(\frac{1}{m}\right)^{0,3}} \quad (3)$$

$$P_{HA} = 100 e^{-\left(\frac{1}{10^{0,1(L_{dn}-L_{ct}+5,3\text{dB})}}\right)^{0,3}} \quad (4)$$

As previsões de incomodidade baseiam-se numa família destas funções de transição, diferindo apenas pelo espaçamento ao longo do eixo de exposição (L_{dn}). Na prática o valor de L_{ct} é calculado com uma resolução de 0,1 dB, num intervalo de valores de L_{ct} que são tão baixos ou altos quanto o utilizador deseje. Nesta norma, o intervalo no qual L_{dn} pode variar é limitado a 45 dB a 75 dB. Com o método do nível de tolerância da comunidade (L_{ct}), não se ajusta uma curva aos dados, ajustam-se os dados a uma curva. Especificamente, um conjunto de resultados de pesquisa social (ou seja, pares de valores de L_{dn} e P_{HA}) é comparado com a família de curvas da função de transição. A curva L_{ct} , à qual os dados mais se aproximam (conforme determinado ou por um ajuste de máxima verosimilhança ou por um método de mínimos quadrados), é usada para determinar o L_{ct} para esses dados.

O Anexo E apresenta uma estimativa da predominância da população muito incomodada em função dos níveis de avaliação dia-noite ou dia-entardecer-noite utilizando a metodologia do nível de tolerância de uma comunidade.

Para o caso ruído de tráfego aéreo temos, em função de L_{dn} :

$$P_{HA} = 100 e^{-\left(\frac{1}{10^{0,1(L_{dn}-L_{ct}+5,3\text{dB})}}\right)^{0,3}} \quad (5)$$

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

E em função de L_{den} :

$$P_{HA} = 100 e^{-\left(\frac{1}{10^{0,1(L_{den}-L_{ct}+4,7\text{dB})}}\right)^{0,3}} \quad (6)$$

Quadro 2 - Frequência de população muito incomodada e intervalo expandido de 95% em função de L_{dn} ou L_{den} para ruído de tráfego aéreo com penalização de 5 dB ou de 7 dB

L_{dn} ou L_{den} implementando uma penalização de 5 dB relativamente ao ruído de tráfego rodoviário dB	L_{dn} ou L_{den} implementando uma penalização de 7 dB relativamente ao ruído de tráfego rodoviário dB	Limite superior do intervalo expandido de 95% %	Limite inferior do intervalo expandido de 95% %	Frequência de população muito incomodada usando L_{dn} %	Frequência de população muito incomodada usando L_{den} %
45	43	33,5	0,3	0,7	0,6
46	44	35,7	0,4	1,0	0,9
47	45	38,0	0,4	1,4	1,2
48	46	40,3	0,5	1,9	1,6
49	47	42,7	0,6	2,4	2,1
50	48	45,1	0,7	3,1	2,7
51	49	47,5	0,9	3,9	3,4
52	50	49,9	1,0	4,9	4,3
53	51	52,3	1,2	6,0	5,3
54	52	54,7	1,4	7,2	6,5
55	53	57,1	1,7	8,6	7,7
56	54	59,5	1,9	10,1	9,2
57	55	61,8	2,2	11,8	10,8
58	56	64,1	2,6	13,6	12,5
59	57	66,3	3,0	15,5	14,4
60	58	68,5	3,4	17,6	16,4
61	59	70,6	3,9	19,8	18,5
62	60	72,7	4,4	22,0	20,7
63	61	74,7	5,0	24,4	22,9
64	62	76,6	5,7	26,8	25,3
65	63	78,4	6,4	29,2	27,7
66	64	80,1	7,2	31,7	30,2
67	65	81,8	8,1	34,3	32,7
68	66	83,4	9,0	36,8	35,3
69	67	84,8	10,0	39,3	37,8
70	68	86,2	11,1	41,9	40,3
71	69	87,5	12,3	44,4	42,9
72	70	88,7	13,6	46,8	45,4
73	71	89,9	15,0	49,3	47,8
74	72	90,9	16,4	51,7	50,2
75	73	91,9	18,0	54,0	52,6
76	74	92,7	19,6	56,3	54,9
77	75	93,6	21,3	58,5	57,1
78	76	94,3	23,1	60,6	59,3

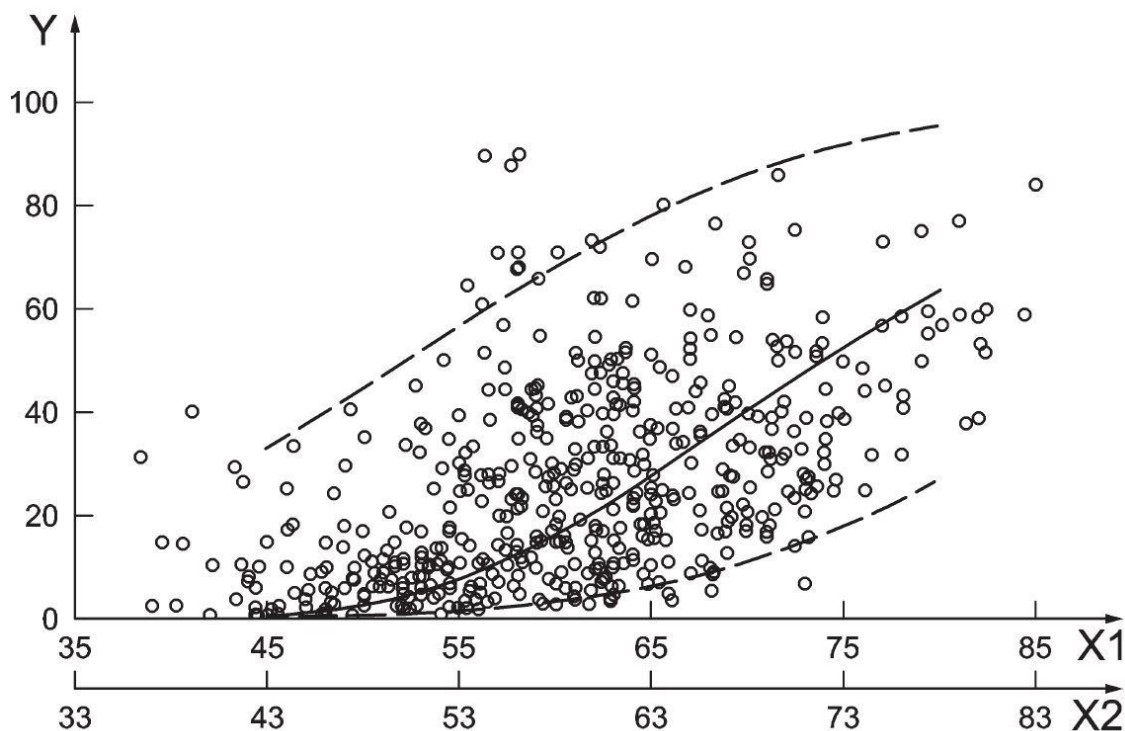


Figura 1 - predominância de população muito incomodada em função de L_{den}

X1 nível de avaliação dia-entardecer-noite L_{den} em dB para uma penalização de 5 dB

X2 nível de avaliação dia-entardecer-noite L_{den} em dB para uma penalização de 7 dB

Y predominância de população muito incomodada P_{HA} em %

A Figura 1 é uma representação dos valores do Quadro 2 quando se utiliza L_{dn} ou L_{den} na primeira coluna, que corresponde a uma penalização aproximadamente de 5 dB no ruído de tráfego aéreo relativamente ao ruído de tráfego rodoviário. O eixo alternativo da Figura 1 representa os valores do Quadro 2 quando se utiliza L_{dn} ou L_{den} na segunda coluna, o que corresponde a uma penalização de 7 dB aproximadamente no ruído de tráfego aéreo relativamente ao ruído de tráfego rodoviário.

NP ISO 1996, PARTE 2: DETERMINAÇÃO DOS NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA

DEFINIÇÕES – MEDIÇÕES INDEPENDENTES

Na parte 2 da norma é introduzida a definição de medições independentes, como medições consecutivas realizadas num espaço de tempo suficientemente longo para tornar quer as condições de funcionamento da fonte, quer as condições de propagação do som, estatisticamente independentes das mesmas condições de outras medições da série. O ponto 6.2 da norma apresenta um conjunto de dados de tempo entre medições para que as mesmas possam ser consideradas independentes, que se reproduzem no quadro seguinte.

Quadro 3 - Requisitos para que duas medições sejam independentes

Distância	< 100 m		100 m a 300 m		> 300 m	
	día	noite	día	noite	día	noite
Tráfego rodoviário	24 h	24 h	48 h	48 h	72 h	72 h
Tráfego ferroviário	24 h	24 h/ fonte ^a	48 h	72 h	72 h	72 h
Instalações industriais	fonte	fonte	48 h	48 h	72 h	72 h
Tráfego aéreo ^b	fonte	fonte	fonte	fonte	fonte	fonte

^a Se os comboios de carga são predominantes.
^b Predominantemente dependente das operações de voo.

Estes tempos são importantes, particularmente na definição de planos de amostragem para a realização de medições, de modo a garantir a utilização de medições estatisticamente independentes, nos cálculos posteriores.

CÁLCULO DE INCERTEZAS

Um outro aspeto alterado de forma significativa nesta nova edição da parte 2 da norma, diz respeito ao cálculo de incertezas, tratado no ponto 4. São propostas três diferentes abordagens, todas compatíveis com o GUM, para o cálculo de incertezas:

- A abordagem por modelação, que consiste na identificação e quantificação das maiores fontes de incerteza (o chamado balanço de incerteza). Este é o método preferencial;
- A abordagem interlaboratorial, que consiste na realização de um teste de “round-robin” por forma a determinar o desvio-padrão da reprodutibilidade do método de medição;
- A abordagem híbrida que consiste na utilização conjunta da abordagem por modelação e abordagem interlaboratorial. Nesta situação, a abordagem interlaboratorial é utilizada para componentes do balanço da incerteza para as quais as contribuições não possam ser quantificadas utilizando o modelo matemático da abordagem por modelação por falta de conhecimento técnico.

Para a abordagem por modelação, é necessário começar por definir a equação da medição, o que, no caso de medições de ruído ambiente, é sempre uma tarefa complexa.

É possível escrever esta equação de forma

$$L=L'+10\lg(1-10^{-0,1(L'-L_{res})})+\delta_{fon}+\delta_{met}+\delta_{loc} \quad (7)$$

Onde,

L é o valor estimado com as condições especificadas, para as quais se pretende um valor medido, expresso em decibéis (dB);

L' é o valor medido, incluindo o som residual, L_{res} , expresso em decibel (dB);

L_{res} é o som residual, expresso em decibel (dB);

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

δ_{fon} é uma grandeza de entrada que pretende contabilizar a incerteza devida a desvios nas condições de funcionamento da fonte, expressa em decibel (dB);

δ_{met} é uma grandeza de entrada que pretende contabilizar a incerteza devida a desvios nas condições meteorológicas, expressa em decibel (dB);

δ_{loc} é uma grandeza de entrada que pretende contabilizar a incerteza devida à seleção da localização do recetor, expressa em decibel (dB).

Muitas vezes, $\delta_{fon} + \delta_{met}$ são determinados diretamente a partir das medições. L' e L_{res} dependem de δ_{slm} que é uma grandeza que pretende contabilizar a incerteza associada ao sistema de medição. Além disso, L_{res} também depende de δ_{res} , grandeza que pretende contabilizar a incerteza associada ao som residual.

Quadro 4 – Exemplo de balanço de incertezas para um valor medido

Grandeza [□]	Estimativa [¶] dB [□]	Incerteza-padrão, u_j [¶] dB [□]	Magnitude do coeficiente de sensibilidade, c_j [□]	Cláusula para orientação [□]
$L' + \delta_{son}$ [□]	L' [□]	$u(L')$ [¶] 0,5 ^a [□]	$\frac{1}{1 - 10^{-0,1(L' - L_{res})}}$ [□]	Anexo F [□]
δ_{fon} [□]	0 [□]	u_{fon} [□]	1 [□]	7.2 a 7.5, [¶] Anexo D [□]
δ_{met} [□]	0 [□]	u_{met} [□]	1 [□]	Ponto 8, [¶] Anexo A [□]
δ_{loc} [□]	0,0 – 0,60 [□]	u_{loc} [□]	1 [□]	Anexo B [□]
$L_{res} + \delta_{res}$ [□]	L_{res} [□]	u_{res} [□]	$\frac{10^{-0,1(L' - L_{res})}}{1 - 10^{-0,1(L' - L_{res})}}$ [□]	Anexo F [□]

^a 0,5 dB refere-se a um sonómetro de classe 1. Um sonómetro de classe 2 teria uma incerteza-padrão de 1,5 dB[□]

O Anexo F desta parte da norma apresenta o cálculo dos coeficientes de sensibilidade e da incerteza padrão, para várias situações. Apresenta-se como exemplo a equação da medição, considerando o cálculo de L_{eq} a partir de diversas medições:

$$L = 10 \lg \left(p_1 10^{\frac{L_1}{10}} + p_2 10^{\frac{L_2}{10}} + \dots + p_n 10^{\frac{L_n}{10}} \right) \text{dB} \quad (7)$$

Caso as medições L_1 a L_n sejam independentes, o coeficiente de sensibilidade respetivo será dado por:

$$C_{L_i} = \frac{\partial L}{\partial L_i} = 10 \lg(e) \frac{p_i \cdot 10^{\frac{L_i}{10}} \ln(10) \cdot 0,1}{p_1 10^{\frac{L_1}{10}} + p_2 10^{\frac{L_2}{10}} + \dots + p_n 10^{\frac{L_n}{10}}} = \frac{p_i \cdot 10^{\frac{L_i}{10}}}{\sum_{j=1}^n p_j \cdot 10^{\frac{L_j}{10}}} \quad (8)$$

No entanto, como $\sum p_j = 1$, estes coeficientes não são independentes. Para obter os respetivos coeficientes de sensibilidade, a equação da medição pode ser reescrita como:

$$L = 10 \lg \left(p_1 10^{L_1/10} + p_2 10^{L_2/10} + \dots + p_{n-1} 10^{L_{n-1}/10} + \left(1 - \sum_{j=1}^{n-1} p_j \right) 10^{L_n/10} \right) \text{ dB} \quad (9)$$

De onde é possível derivar os coeficientes de sensibilidade como:

$$C_{p_i} = \frac{\partial L}{\partial p_i} = 10 \lg(e) \frac{10^{\frac{L_i}{10}} - 10^{\frac{L_n}{10}}}{\sum_{j=1}^n p_j \cdot 10^{\frac{L_j}{10}}} \text{ dB} \quad (10)$$

Os coeficientes de sensibilidade podem então ser aplicados no cálculo da incerteza, aplicando a expressão seguinte:

$$u = \sqrt{\sum_{j=1}^n \left| \frac{\partial L}{\partial L_j} \right|^2 u_{L_j}^2 + \sum_{j=1}^{n-1} \left| \frac{\partial L}{\partial p_j} \right|^2 u_{p_j}^2} \text{ dB} \quad (11)$$

A incerteza a ser determinada diretamente das medições é a incerteza combinada da emissão pela fonte e das condições meteorológicas. Deve ser determinada separadamente para cada período relevante, como dia, entardecer, noite e, se necessário, também para diferentes estações do ano. A incerteza padrão das medições, para cada janela k , u_k , é dada por:

$$u_k = 10 \lg(10^{0,1L_k} + S_k) \text{ dB} - L_k \quad (12)$$

Onde L_k é o nível sonoro médio energético para as N_m medições independentes dentro da janela meteorológica e de emissão k , expresso em decibel (dB), representado na expressão:

$$L_k = 10 \lg \left(\frac{1}{N_m} \sum_{i=1}^{N_m} 10^{0,1L_i} \right) \text{ dB} \quad (13)$$

Sendo cada L_i um valor medido que representa uma medição independente dentro da janela k , expresso em decibel (dB).

A variância é dada por:

$$S_k^2 = \frac{1}{N_m - 1} \sum_{i=1}^{N_m} (10^{0,1L_i} - 10^{0,1L_k})^2 \quad (14)$$

Quando as diferenças entre os valores medidos, L_i são pequenas, as expressões 12, 13 e 14, podem ser aproximadas pela expressão 14, seguinte:

$$u_k = \sqrt{\sum_{i=1}^{n_k} \frac{(L_i - L_k)^2}{n_k - 1}} \text{ dB} \quad (15)$$

O Anexo G desta parte da norma apresenta alguns exemplos de cálculo de incertezas, para diversas situações de medição. Está também disponível uma folha de cálculo, com exemplos de cálculo de incertezas.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

EQUIPAMENTO

Um outro aspeto alterado nesta edição da norma diz respeito aos requisitos aplicáveis ao equipamento. Se para o sistema de medição, os requisitos são semelhantes aos que já existiam na anterior edição da norma, surge agora um conjunto de requisitos aplicáveis aos equipamentos utilizados na caracterização das condições meteorológicas. Assim, são definidos os erros máximos admissíveis para estes equipamentos, da seguinte forma:

- ± 0,5 K para equipamentos de medição de temperatura;
- ± 5,0 % para equipamentos de medição de humidade relativa;
- ± 0,5 hPa para equipamentos de medição de pressão atmosférica;
- ± 0,5 m/s para equipamentos de medição da velocidade do vento;
- ± 5º para equipamentos de medição da direção do vento.

PRINCÍPIOS E PROCEDIMENTOS DE MEDIÇÃO

O ponto 6 da norma define duas estratégias principais para realizar medições de ruído ambiente:

- a) efetuar uma única medição em condições meteorológicas bem definidas, monitorizando cuidadosamente as respetivas condições de funcionamento da fonte;
- b) efetuar uma medição de longa duração, ou diversas medições por amostragem, monitorizando as respetivas condições meteorológicas.

Os dois tipos de medição exigem o pós-processamento dos dados obtidos. Para cada resultado e cada tipo de medição existirá uma incerteza associada, que deve ser determinada. O utilizador dos resultados obtidos deve determinar o grau de exatidão que pretende atingir. A norma não estabelece limites superiores para a incerteza da medição. Uma janela de medição é uma combinação das condições de emissão e meteorológicas. Preferencialmente, estas condições devem ser constantes ao longo da janela de medição.

As medições de longa duração devem contemplar as mais importantes condições de emissão e de propagação, bem como abranger as mais representativas condições de operação da fonte e incluir as janelas meteorológicas que mais contribuem para o L_{eq} de longa duração.

No caso das medições de curta duração é importante selecionar o intervalo de medição de modo a abranger todas as variações significativas na emissão do ruído. Para acontecimentos acústicos, os intervalos de tempo de medição devem ser escolhidos de modo a que seja possível a determinação do $L_{E,T}$, do acontecimento acústico isolado (Para uma passagem, o nível de pressão sonora diminua, pelo menos, 10 dB em relação ao nível máximo).

Para medições de curta duração que requerem condições favoráveis de propagação sonora, o tempo mínimo para se obter uma média das condições meteorológicas reais é igual a 10 minutos.

CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS

O ponto 8 da norma aborda a questão das condições meteorológicas, onde também surgem alterações significativas relativamente à anterior edição da norma. Nas situações em que a equação 16 não é verificada

$$\frac{h_s + h_r}{D} \geq 0,1 \quad (16)$$

Onde,

H_s é a altura da fonte;

h_r é a altura do recetor;

D é a distância horizontal entre a fonte e o recetor.

Devem ser medidas a velocidade e direção do vento, a humidade relativa e a temperatura, e registada informação sobre a estabilidade atmosférica (nebulosidade do céu e período do dia). O quadro 5 apresenta a definição das janelas meteorológicas, onde se realça que só representam condições favoráveis de propagação as janelas definidas como M3 e M4.

Quadro 5 – Janelas meteorológicas

Meteorological windows	D/R_{cur} Range	D/R_{cur} Representative value	Verbal description
M1 ^a	<-0,04	-0,08	unfavourable
M2 ^b	-0,04 ... 0,04	0,00	neutral
M3 ^c	0,04 ... 0,12	0,08	favourable
M4 ^d	>0,12	0,16	very favourable

^a Typical value of vector wind speed component at 10 m, <1 m/s and <-1 m/s at day and night, respectively.
^b Typical value of vector wind speed component at 10 m, 1 m/s to 3 m/s.
^c Typical value of vector wind speed component at 10 m, 3 m/s to 6 m/s.
^d Typical value of vector wind speed component at 10 m, >6m/s and ≥-1 m/s at day and night, respectively.

O Anexo A descreve um método de cálculo do raio de curvatura das ondas sonoras, com base no modelo de Monin-Obukhov, necessário para a definição das janelas meteorológicas.

A velocidade do vento e a sua direção devem ser determinadas a uma altura de 10 m. Em termos práticos pode ser necessário usar-se alturas inferiores a 10 m para a determinação da velocidade do vento e a sua direção, mas neste caso a incerteza das medições será aumentada, pois os dados e experiência constantes desta parte da norma são baseados em medições a uma altura de 10 m.



FIA 2018

**XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre**

CONCLUSÃO - IMPLICAÇÕES PARA OS LABORATÓRIOS

Alguns aspetos desta nova edição da norma ISO 1996 poderão ter implicações para os laboratórios acreditados nesta área, que efetuam essencialmente medições de ruído ambiente.

No que respeita aos sistemas de medição habitualmente utilizados nestes ensaios, a norma exige que os mesmos sejam da classe de exatidão 1, mas essa é já a prática instalada. No entanto, pode ter implicações práticas o facto de serem exigidas especificações bem definidas, em termos de erros máximos admissíveis, para os equipamentos utilizados na caracterização dos parâmetros meteorológicos. Para este fim os laboratórios recorrem a uma diversidade de equipamentos, e embora os requisitos não sejam, a priori, muito exigentes, poderão ocorrer situações em que os mesmos não sejam cumpridos.

Os aspetos relacionados com as condições meteorológicas também foram objeto de uma alteração significativa nesta nova edição da norma. No entanto, a tendência seguida é no sentido de simplificar a metodologia muito detalhada da anterior edição, adotando uma formulação mais próxima do modelo utilizado noutros documentos existentes, como é o caso do NMPB-Routes-2008, cuja metodologia já era seguida por alguns laboratórios.

Um outro aspeto a ter em conta, e que pode ter implicações significativas no esforço de medição exigido para caracterização do ruído ambiente, é a exigência de Independência entre as amostras de ruído ambiente. Para algumas situações práticas, esta exigência pode obrigar a uma maior separação temporal entre as amostras, obrigando eventualmente a um maior esforço no caso de medições que impliquem maiores deslocamentos.

Por último, mas não menos importante, são as alterações introduzidas na metodologia de cálculo de incertezas que poderão obrigar a um maior esforço de adaptação por parte dos laboratórios. De facto, apesar dos exemplos e mesmo da disponibilização de uma folha de cálculo, será necessário algum trabalho da parte dos laboratórios, para implementação deste novo modelo de cálculo, até porque o mesmo é bastante mais complexo e exigente do que o anterior modelo, muito simplificado. No entanto, grande parte do trabalho já foi preparado na própria norma, pelo que não será exatável uma grande dificuldade na sua implementação. Este tópico das incertezas cruza também com a implementação da nova edição da norma EN ISO/IEC 17025, cuja aplicação prática terá início já em 2019, e que aponta para uma maior exigência no que respeita ao cálculo de incertezas.

Os aspetos aqui discutidos ficam naturalmente dependentes, também, de eventuais exigências quer da Agência Portuguesa do Ambiente (APA), que poderá introduzir alterações ao seu "Guia prático para medições de ruído ambiente - no contexto do Regulamento Geral do Ruído tendo em conta a NP ISO 1996", quer do próprio Instituto Português de Acreditação (IPAC), que poderá definir melhor aspetos de implementação da nova norma EN ISO/IEC 17025.

REFERÊNCIAS

- [1] ISO 1996-1:2016 – Acoustics. Description, measurement and assessment of environmental noise. Part 1: Basic quantities and assessment procedures.
- [2] ISO 1996-2:2017 – Acoustics. Description, measurement and assessment of environmental noise. Part 2: Determination of sound pressure levels.
- [3] NP ISO 1996-1:2011 – Acústica. Descrição, medição e avaliação do ruído ambiente. Parte 1: Grandezas fundamentais e métodos de avaliação.



FIA 2018

**XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre**

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

[5] Decreto-lei 9/2007, de 17 de janeiro, que aprovou o Regulamento Geral do Ruído.

[6] Agência Portuguesa do Ambiente (APA). Guia prático para medições de ruído ambiente no contexto do Regulamento Geral do Ruído tendo em conta a NP ISO 1996. Outubro 2011.