

## O GUIA RELACRE 22 PARA O CÁLCULO DE INCERTEZA E A “NOVA” NP EN ISO 12999-1:2015

VITOR ROSÃO<sup>1</sup>, MÁRIO MATEUS<sup>2</sup>

1: SCHIU, Engenharia de Vibração e Ruído, Unip. Lda.  
Av. Villae de Milreu, Bloco E, Loja E, Estoi, 8005-466 Faro  
vitorrosao@schiu.com, www.schiu.com

2: ADAI/LAETA – Departamento de Engenharia Mecânica, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra – Pólo II, 3030-201 Coimbra, PORTUGAL. Tel. (351) 239 708 580 Fax: (351) 239 708 589

**Palavras-chave:** Acústica de Edifícios, Incerteza de Medição, ISO 12999-1, Guia RELACRE 22

**Resumo** *Tem-se verificado existirem algumas dúvidas sobre a aplicação do Guia RELACRE 22 (cálculo de incertezas - Acústica), de abril de 2012, às medições associadas à determinação do isolamento sonoro em edifícios, tendo em conta os conteúdos da NP EN ISO 12999-1 (Acústica: Determinação e aplicação das incertezas de medição em acústica de edifícios: Parte 1: Isolamento sonoro), de maio de 2015. Os Autores apresentam uma análise aos trabalhos internacionais que têm sido elaborados sobre este tema e justificam qual se afigura ser a melhor forma de conjugação dos dois documentos referidos, por parte das entidades que efetuam medições de isolamento sonoro em edifícios, em particular os laboratórios de medição acreditados pelo IPAC.*

### 1. INTRODUÇÃO

A publicação da nova série de normas ISO 16283 [1-3], que vem substituir as antigas normas de medição *in situ* do Isolamento Sonoro em Edifícios (ISO 140-4, -5 e -7), trouxe algumas novidades relevantes [4].

No capítulo “13 Incertezas”, das 3 partes da ISO 16283, passa a constar:

*“A incerteza dos resultados das medições deve ser determinada de acordo com o método descrito na norma ISO 12999-1”.*

No capítulo “Introdução” da ISO 12999-1 [5] consta a seguinte frase:

*“Preferencialmente, as incertezas deverão ser determinadas de acordo com os princípios do Guia ISO/IEC 98-3. Este Guia especifica um procedimento detalhado para a avaliação das incertezas, baseado num modelo matemático completo do procedimento de medição. No atual estado da arte, afigura-se impossível formular estes modelos para as diversas grandezas do domínio da acústica de edifícios ...”.*

O Guia ISO/IEC 98-3 é o denominado *GUM (Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement)* e está também disponível, e.g., em [6].

No final do Anexo “C.2 Cálculo da incerteza padrão da mensuranda” da ISO 12999-1 [5], consta texto idêntico ao referido atrás para o capítulo “Introdução”:

*“No estado atual do conhecimento, a derivação de uma relação funcional que abranja todos os efeitos previstos em C.2 não é possível para todas as mensurandas utilizadas na acústica de edifícios, devido ao desconhecimento do grau de correlação entre as grandezas de entrada”.*

Uma vez que o Guia RELACRE 22 [7] baseia-se no cálculo das incertezas criando uma “relação funcional” em conformidade com os princípios do *GUM*, poderá dizer-se que, de certa forma, o Guia RELACRE 22 [7] deixa de ser aplicável dado o expresso na ISO 12999-1 [5] em particular no seu Anexo “C.2 Cálculo da incerteza padrão da mensuranda:

*“No estado atual do conhecimento, a derivação de uma relação funcional que abranja todos os efeitos previstos em C.2 não é possível ...”.*

Conforme o exemplo do capítulo “A.3 Verificação experimental de um requisito” da ISO 12999-1 [5], para cálculo da incerteza expandida deverão ser usados os valores tabelados na norma para os fatores de expansão e para a incerteza padrão, em vez do cálculo típico dos desvios padrão das diferentes posições de medição.

Caso se pretenda reduzir o valor da incerteza padrão, deverão ser efetuadas mais medições independentes, ou seja, medições realizadas por outros técnicos com outros equipamentos, e utilizar a expressão A7 da norma, que pode ser generalizada assim da seguinte forma onde  $u_t$  é a incerteza padrão tabelada e  $m$  o número de medições independentes efetuadas:

$$u = \frac{u_t}{\sqrt{m}} \quad (1)$$

## 2. APLICABILIDADE DO GUIA RELACRE 22

### 2.1. Controlo da conformidade

A expressão das incertezas através de valores “tabelados”, como apresentado na ISO 12999-1 [5], em substituição do cálculo “tradicional” dos desvios padrão de diferentes medições, já ocorria de certa forma para o cálculo do Tempo de Reverberação segundo a ISO 3382-2 [8], utilizando as expressões constantes no seu capítulo “7 Incerteza das medições”, expressões essas constantes inclusive no Guia RELACRE 22 [7].

Claro está que a expressão das incertezas através de valores “tabelados” pressupõe que as medições são efetuadas em conformidade, para que a incerteza “tabelada” seja de facto aplicável. Nestas circunstâncias assume especial relevância a utilização de formas de controlo da conformidade das medições realizadas. Por exemplo, no caso do cálculo do Tempo de Reverberação segundo a ISO 3382-2 [8], deverá ser verificado o “grau de não linearidade” e o “grau de curvatura”, conforme expresso, respetivamente, nos capítulos “B.2” e “B.3” da norma.

Julga-se assim importante que seja igualmente controlada a conformidade das medições realizadas segundo a série de normas ISO 16283 [1-3], para que se possa garantir com maior propriedade a efetiva aplicação das incertezas “tabeladas” na ISO 12999-1 [5].

Claro está que a efetivação periódica de ensaios de repetibilidade e reprodutibilidade é importante e deverá ser assegurada pelos laboratórios de medição, para que os desvios padrão desses ensaios possam ser comparados com os desvios padrão tabelados na ISO 12999-1 [5], para garantir a conformidade dos procedimentos, técnicos e equipamentos de medição do laboratório.

Considera-se contudo que poderá ser insuficiente a realização periódica de ensaios de repetibilidade e reprodutibilidade, para garantir que cada uma das medições normais do laboratório, realizadas em condições específicas que podem ser muito diferenciadas, se encontram efetivamente em conformidade.

Nestas circunstâncias julga-se ser recomendável que sejam sempre calculados, em todas as medições de isolamento sonoro dos laboratórios, pelo menos os desvios padrão das medições de Isolamento Sonoro [1-3], ou seja, os seguintes índices constantes no Guia RELACRE 22 [7], e comparados com os desvios típicos expetáveis para garantia da conformidade.

- $D_{2m,nT}$  [3]:
  - $\sigma L_{1,2m,f}, \sigma L_{2,f}, \sigma L_{eq,f}, \sigma L_{eq,f(f)}$ .
- $D_{nT}$  [1]:
  - $\sigma L_{1,f}, \sigma L_{2,f}, \sigma L_{eq,f}, \sigma L_{eq,f(f)}$ .

- $L'_{nT}$  [2]:
  - $\sigma_{L_{i,f}}, \sigma_{L_{eq,f}}, \sigma_{L_{eq,f(f)}}$ .

De notar que a possibilidade de cálculo destes desvios padrão – o que é recomendável conforme referido atrás – pressupõe o uso do método “Microfone em Posições fixas”, em detrimento dos métodos “Microfone com varrimento mecânico contínuo” ou “Microfone com varrimento manual”.

## 2.2. ISO/IEC 17025

De notar que de acordo com a referência [9], poderá dizer-se que, de certa forma, a ISO 12999-1 [5] contraria o estabelecido na ISO/IEC 17025 [10] a qual “obriga” os laboratórios de medição a calcular as incertezas de medição de acordo com o *GUM* [6], pelo que nesta linha deverão os laboratórios acreditados continuar a calcular as incertezas de acordo com o Guia RELACRE 22 [7], apesar embora alguns ajustes necessários associados às “novas” metodologias da série de normas ISO 16283 [1-3].

## 3. ALTERAÇÕES NECESSÁRIAS AO GUIA RELACRE 22

Considera-se que o GUIA RELACRE 22 [7] necessita ser revisto para incluir esclarecimento relativamente à sua aplicabilidade face à ISO 12999-1 [5], conforme explicitado atrás, e para inclusão das alterações necessárias face às novas metodologias da série de normas ISO 16283 [1-3], nomeadamente:

1. Esclarecer a sua aplicabilidade ao método “Microfone em Posições fixas”.
2. Diferenciar os cálculos para o Procedimento Geral e para o Procedimento de Baixa Frequência.
3. Incorporar a média energética dos isolamentos.

### 3.1. Procedimento geral e média energética dos isolamentos

Na nova ISO 16283-1 [1] é explicitado agora que para  $j$  diferentes posições da fonte sonora deverá ser calculado cada  $D_{nT,j}$  sendo o  $D_{nT}$  global dado por (equação 6 da norma; média energética dos isolamentos):

$$D_{nT} = -10 \log \left( \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m 10^{\frac{-D_{nT,j}}{10}} \right) \quad (2)$$

Considera-se assim que as expressões de  $u(D_{nT,f})$  e fórmulas de cálculo, constantes no capítulo 1.2 do GUIA RELACRE 22 [7] são válidas para o cálculo de cada posição diferente da fonte sonora, ou seja para o cálculo de  $u(D_{nT,j,f})$ , devendo assim  $u(D_{nT,f})$  ser calculado da seguinte forma:

$$u(D_{nT}) = \sqrt{u^2(D_{nT,1}) \cdot \left( \frac{\partial D_{nT,1}}{\partial D_{nT}} \right)^2 + \dots + u^2(D_{nT,m}) \cdot \left( \frac{\partial D_{nT,m}}{\partial D_{nT}} \right)^2} \quad (3)$$

Pode-se demonstrar que  $\frac{\partial D_{nT,m}}{\partial D_{nT}}$  é dado por:

$$\frac{\partial D_{nT,m}}{\partial D_{nT}} = \frac{10^{\frac{-D_{nT,m}}{10}}}{\sum_{j=1}^m 10^{\frac{-D_{nT,j}}{10}}} \quad (4)$$

Para a ISO 16283-2 e ISO 16283-3 aplica-se igual raciocínio, *mutatis mutandis*.

### 3.2. Procedimento de baixa frequência

Relativamente ao Procedimento de Baixa Frequência tem-se (equação 13 da norma):

$$L_{LF} = 10 \log \left( \frac{10^{\frac{L_{canto}}{10}} + 2 \cdot 10^{\frac{L}{10}}}{3} \right) \quad (5)$$

Onde  $L$  corresponde aos valores dos níveis sonoros obtidos pelo Procedimento geral, portanto com a incerteza padrão dada por, conforme GUIA RELACRE 22 [7]:

$$u(L_{1|2,f}) = \frac{\sigma(L_{1|2,f})}{\sqrt{n}} \quad (6)$$

Para  $L_{canto}$  tem-se a seguinte expressão equivalente à equação 12 da norma:

$$L_{canto} = 10 \log \left( \frac{10^{\frac{L_{canto,LS1}}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_{canto,LS1}}{10}}}{q} \right) \quad (7)$$

Julga-se assim necessário que a revisão do GUIA RELACRE 22 [7] esclareça a forma de cálculo de  $u(L_{canto})$  e de  $u(L_{LF})$ .

Para a ISO 16283-2 e ISO 16283-3 aplica-se igual raciocínio, *mutatis mutandis*.

## 4. CONCLUSÕES

Face ao explicitado atrás, considera-se que é necessária a clarificação e adaptação do GUIA RELACRE 22 [7] para o cálculo de Incertezas associadas às medições de isolamento sonoro [1-3], face ao conteúdo e exemplos da ISO 12999-1 [5].

Contudo considera-se recomendável, conforme expresso atrás, que se calcule pelo menos os desvios padrão das medições de isolamento sonoro, através do uso do método “Microfone em Posições fixas”, para verificação da conformidade e controlo de algum eventual desvio, para que se possam usar devidamente as incertezas tabeladas na ISO 12999-1 [5].

Resulta assim como importante a revisão do GUIA RELACRE 22 [7], quer para esclarecimento da sua aplicabilidade face à ISO 12999-1 [5], quer para complementação de alguns cálculos dadas as novas metodologias da série de normas ISO 16283 [1-3].

## REFERÊNCIAS

- [1] Instituto Português da Qualidade (IPQ) – NP EN ISO 16283-1 – *Acústica; Medição in situ do isolamento sonoro em edifícios e de elementos de construção; Parte 1: Isolamento a sons de condução aérea*. 2014 (ISO 16283-1:2014)
- [2] Instituto Português da Qualidade (IPQ) – NP EN ISO 16283-2 – *Acústica; Medição in situ do isolamento sonoro em edifícios e de elementos de construção; Parte 2: Isolamento a sons de percussão*. 2016 (ISO 16283-2:2015)
- [3] Instituto Português da Qualidade (IPQ) – NP EN ISO 16283-3 – *Acoustics; Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements; Part 3: Façade sound insulation*. 2016 (ISO 16283-3:2016) (inexistência, por enquanto, de versão em Português)
- [4] Rosão, Vitor; Silva, João Pedro; Gama, Vasco – *ISO 16283 versus ISO 140*. Porto, EuroRegio 2016.

- [5] Instituto Português da Qualidade (IPQ) – NP EN ISO 12999-1 – *Acústica; Determinação e aplicação das incertezas de medição em acústica de edifícios; Parte 1: Isolamento sonoro*. 2015 (ISO 12999-1:2014)
- [6] [http://www.bipm.org/utis/common/documents/jcgm/JCGM\\_100\\_2008\\_E.pdf](http://www.bipm.org/utis/common/documents/jcgm/JCGM_100_2008_E.pdf)
- [7] RELACRE, Associação de Laboratórios Acreditados de Portugal – *Guia RELACRE 22: Cálculo de Incertezas – Acústica*. 2012  
<http://www.relacre.pt/assets/relacreassets/files/commissionsandpublications/Guia%20RELACRE-22.pdf>
- [8] Instituto Português da Qualidade (IPQ) – NP EN ISO 3382-2 – *Acústica; Medição de parâmetros de acústica de salas; Parte 2: Tempo de reverberação em salas correntes*. 2015 (ISO 3382-1:2008)
- [9] Johansson, Reine; et. al. – *Dealing with measurement uncertainties in building acoustics*. 17<sup>th</sup> International Congress of Metrology, 2015.  
<http://dx.doi.org/10.1051/metrology/20150004005>
- [10] Instituto Português da Qualidade (IPQ) – NP EN ISO/IEC 17025 – *Requisitos gerais de competência para laboratórios de ensaio e calibração*. 2007 (ISO/IEC 17025:2005/Cor.1:2006)