

# Guia **RELIGRE** 22

Cálculo



de



Incertezas - Acústica



# Guia RELACRE 22

ABRIL 2012

Cálculo



de



Incertezas - Acústica



---

**FICHA TÉCNICA**

---

TÍTULO:

Guia RELACRE 22

CÁLCULO DE INCERTEZAS - ACÚSTICA

EDIÇÃO: RELACRE

CAPA: Alda Rosa

ISBN: 978-972-8574-14-7

É intenção da RELACRE proceder à revisão deste documento sempre que se revele oportuno.

Na elaboração da presente edição colaboraram:

Mário Mateus (Coordenador do GT)	ADAI
Ana Falcão	CCDR-N-Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte
Fátima Inglês	ARSENAL DO ALFETTE, S.A.
Jorge Fradique	DRE-LVT
Luis Santos Lopes	ACUSTIPROJECTO

1	NOMENCLATURA.....	1
1.1	MODELO MATEMÁTICO DE CÁLCULO DE INCERTEZA PARA OS VALORES DE ISOLAMENTO SONORO A SONS DE CONDUÇÃO AÉREA, PADRONIZADO, $D_{2M,NT}$ , DESCRITO EM BANDAS DE TERÇOS DE OITAVA (NP EN ISO140-5):.....	9
1.2	MODELO MATEMÁTICO DE CÁLCULO DE INCERTEZA PARA OS VALORES DE ISOLAMENTO SONORO A SONS DE CONDUÇÃO AÉREA, PADRONIZADO, $D_{NT}$ , DESCRITO EM BANDAS DE TERÇOS DE OITAVA (NP EN ISO140-4):.....	10
1.3	MODELO MATEMÁTICO DE CÁLCULO DE INCERTEZA PARA OS VALORES DO NÍVEL SONORO DE PERCUSSÃO, PADRONIZADO, $L'_{NT}$ , DESCRITO EM BANDAS DE TERÇOS DE OITAVA (NP EN ISO140-7):.....	11
1.4	MODELO MATEMÁTICO DE CÁLCULO DE INCERTEZA PARA OS VALORES DO NÍVEL DE AVALIAÇÃO, PADRONIZADO, $L_{Ar,NT}$ , DESCRITO EM BANDAS DE TERÇO DE OITAVA (NP EN ISO16032 E A NOTA 4 DO DOCUMENTO LNEC, 2 DE ABRIL 2009):.....	12
1.5	TEMPO DE REVERBERAÇÃO (NP EN ISO3382-2).....	15
1.6	MODELO MATEMÁTICO DE CÁLCULO DA INCERTEZA NOS ENSAIOS DE RUÍDO AMBIENTE PARA DETERMINAÇÃO DO NÍVEL SONORO CONTÍNUO EQUIVALENTE (ISO1996-2).....	16
1.7	MODELO MATEMÁTICO DE CÁLCULO DA INCERTEZA NOS ENSAIOS DE RUÍDO AMBIENTE – DETERMINAÇÃO DO CRITÉRIO DE INCOMODIDADE (ALÍNEA B) DO N.º 1 DO ART.º 13 DO DEC. LEI 9/2007 E ANEXO I DO RGR).....	18
1.8	MODELO MATEMÁTICO DE CÁLCULO DA INCERTEZA NOS ENSAIOS DE EXPOSIÇÃO DOS TRABALHADORES AO RUÍDO:.....	19

---



## 1 NOMENCLATURA

---

$A_t(f)$ [dB]	Atenuação do som, de acordo com a curva de ponderação A, em frequência.
$C_{met}$ [dB]	Correção meteorológica (ver definição da norma ISO9613-2).
$c_{1a,m}$	Coefficiente de sensibilidade, relativo ao nível sonoro, para a tarefa $m$ .
$c_{1b,m}$	Coefficiente de sensibilidade, relativo ao tempo de exposição, para a tarefa $m$ .
$D_{2m,nT,f}$ [dB]	Isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado, de uma fachada, por banda de frequência.
$D_{nT,f}$ [dB]	Isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado, por banda de frequência.
$d$ [m]	Distância entre o recetor e o emissor.
$f$ [Hz]	Frequência cíclica de uma componente harmónica do som.
$h_r$ [m]	Altura do recetor.
$h_s$ [m]	Altura do emissor.
$I$	Número de amostras recolhidas para caracterizar o nível sonoro, para a tarefa $m$ .
$J$	Número de amostras recolhidas para caracterizar o tempo de exposição, durante a tarefa $m$ .
$K$	Número total de amostras recolhidas, para caracterizar o nível sonoro, do grupo homogéneo.
$K1$	Coefficiente de correção tonal.
$k$	Número de referência da amostra recolhida, para caracterizar o nível sonoro, do elemento do grupo homogéneo.
$L_{1,2m,f}$ [dB]	Nível sonoro médio medido a 2 m em frente da fachada, por banda de frequência.
$L_{1,f}$ [dB]	Nível sonoro médio na sala emissora, por banda de frequência.

$L_{2,f}$ [dB]	Nível sonoro médio na sala recetora, corrigido do efeito do ruído de fundo, por banda de frequência.
$L_{A,f}$ [dB(A)]	Nível sonoro médio contínuo equivalente do ruído particular do equipamento, ponderado A, por banda de frequência.
$L_A$ [dB(A)]	Nível sonoro contínuo equivalente global do ruído particular do equipamento, ponderado A.
$L_{Aeq,T,k}^*$ [dB(A)]	Estimativa do nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A, de um elemento do grupo homogêneo.
$L_{Aeq,T,m}^*$ [dB(A)]	Estimativa (média energética) do nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A, para a tarefa $m$ .
$L_{Aeq,f(rf)}$ [dB]	Nível sonoro médio residual na sala recetora, ponderado A, por banda de frequência.
$L_{Aeq,f}$ [dB]	Nível sonoro médio total na sala recetora, ponderado A, por banda de frequência.
$L_{Ar,nT}$ [dB(A)]	Nível sonoro de ruído particular de equipamentos padronizado.
$L_{Ar}$ [dB(A)]	Nível de avaliação (ver definição do Dec. Lei 9/2007).
$L_{EX,8h}$ [dB(A)]	Exposição pessoal diária ao ruído.
$L_d$ [dB(A)]	Nível sonoro médio de longa duração para o período diurno.
$L_{den}$ [dB(A)]	Indicador de ruído diurno-entardecer-noturno.
$L_e$ [dB(A)]	Nível sonoro médio de longa duração para o período entardecer.
$L_{eq,f(rf)}$ [dB]	Nível sonoro médio residual na sala recetora, por banda de frequência.
$L_{eq,f}$ [dB]	Nível sonoro médio total na sala recetora, por banda de frequência.
$L_{eq,f}^*$ [dB]	Nível sonoro de ruído de equipamentos medido na sala recetora e corrigido do efeito do ruído de fundo, por banda de frequência.
$L_{i,f}$ [dB]	Nível sonoro médio na sala recetora, resultante de uma ação mecânica de percussão normalizada, corrigido do efeito do ruído de fundo, por banda de frequência.
$L_n$ [dB(A)]	Nível sonoro médio de longa duração para o período noturno.
$L'_{nT,f}$ [dB]	Nível sonoro de percussão padronizado, por banda de frequência.
$L_{residual}$ [dB(A)]	Nível sonoro médio residual (ver definição da norma ISO1996-1).



$L_{total}$ [dB(A)]	Nível sonoro médio total (ver definição da norma ISO1996-1).
$M$	Número total de tarefas.
$m$	Número da tarefa.
$N$	Número de combinações independentes entre sistema microfone-fonte, na obtenção do tempo médio de reverberação.
$n$	Número de decaimentos em cada ponto de medição na obtenção do tempo médio de reverberação.
$n$	Número de leituras do nível sonoro.
$\bar{T}_{20dB,1000Hz}$ [s]	Tempo de reverberação médio obtido por decaimentos de 20 dB, por banda de oitava de 1000 Hz.
$\bar{T}_{20dB,2000Hz}$ [s]	Tempo de reverberação médio obtido por decaimentos de 20 dB, por banda de oitava de 2000 Hz.
$\bar{T}_{20dB,500Hz}$ [s]	Tempo de reverberação médio obtido por decaimentos de 20 dB, por banda de oitava de 500 Hz.
$\bar{T}_{20dB,f}$ [s]	Tempo de reverberação médio obtido por decaimentos de 20 dB, por banda de frequência.
$\bar{T}_{30dB,f}$ [s]	Tempo de reverberação médio obtido por decaimentos de 30 dB, por banda de frequência.
$\bar{T}_{500Hz,1000Hz,2000Hz}$ [s]	Tempo de reverberação médio obtido a partir da média aritmética dos tempos obtidos por decaimentos de 20 dB nas bandas de oitava de 500 Hz, 1000 Hz e 2000 Hz.
$\bar{T}_m$ [s/h]	Média aritmética da duração da tarefa $m$ .
$T_0$ [h]	Duração de referência de 8h.
$T_0$ [s]	Tempo de reverberação de referência.
$T_e$ [h]	Tempo efetivo de duração do dia de trabalho.
$T_{máx}$ [h]	Duração máxima da tarefa.
$T_{min}$ [h]	Duração mínima da tarefa.
$u_{1a,m}$ [dB]	Incerteza-padrão relativa à amostragem do nível sonoro na tarefa $m$ .
$u_{1b,m}$ [dB]	Incerteza-padrão relativa ao tempo de exposição na tarefa $m$ .
$u_{2,m}$ [dB]	Incerteza-padrão relativa ao uso da instrumentação para a caracterização do nível sonoro na tarefa $m$ .
$u_3$ [dB]	Incerteza-padrão relativa à posição do microfone.

$u(arr.)$ [dB]	Incerteza-padrão associada ao arredondamento
$u(D_{2m,nT,f})$ [dB]	Incerteza combinada do isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado, de uma fachada, por banda de frequência.
$u(D_{nT,f})$ [dB]	Incerteza combinada do isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado, por banda de frequência.
$u(L_{1,2m,f})$ [dB]	Incerteza-padrão do nível sonoro médio medido a 2 m em frente da fachada, por banda de frequência.
$u(L_{1,f})$ [dB]	Incerteza-padrão do nível sonoro médio na sala emissora, por banda de frequência.
$u(L_{2,f})$ [dB]	Incerteza-padrão do nível sonoro médio na sala recetora, corrigido do efeito do ruído de fundo, por banda de frequência.
$u(L_{A,f})$ [dB]	Incerteza combinada do nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A, corrigido do efeito do ruído residual da sala recetora, por banda de frequência.
$u(L_A)$ [dB]	Incerteza combinada do nível sonoro contínuo equivalente global, ponderado A, corrigido do efeito do ruído residual da sala recetora.
$u(L_{Aeq,f}(rf))$ [dB]	Incerteza-padrão do nível sonoro médio residual na sala recetora, ponderado A, por banda de frequência.
$u(L_{Aeq,f})$ [dB]	Incerteza-padrão do nível sonoro médio total na sala recetora, ponderado A, por banda de frequência.
$u(L_{Ar,nT})$ [dB]	Incerteza combinada do nível sonoro de ruído particular de equipamentos padronizado.
$u(L_{Ar})$ [dB]	Incerteza combinada do nível de avaliação.
$u(L_{EX,8h})$ [dB]	Incerteza combinada da exposição pessoal diária ao ruído.
$u(L_d)$ [dB]	Incerteza combinada associada ao nível sonoro médio de longa duração, para o período diurno.
$u(L_{den})$ [dB]	Incerteza combinada do indicador de ruído diurno-entardecer-noturno.
$u(L_e)$ [dB]	Incerteza-padrão associada ao nível sonoro médio de longa duração para o período entardecer.
$u(L_{eq,f}(rf))$ [dB]	Incerteza-padrão do nível sonoro médio residual na sala recetora, por banda de frequência.

$u(L_{eq,f})$ [dB]	Incerteza-padrão do nível sonoro médio total na sala recetora, por banda de frequência.
$u(L_{eq,f}^*)$ [dB]	Incerteza-padrão do nível sonoro de ruído de equipamentos medido na sala recetora e corrigido do efeito do ruído de fundo, por banda de frequência.
$u(L_{i,f})$ [dB]	Incerteza-padrão do nível sonoro médio na sala recetora, resultante de uma ação mecânica de percussão normalizada, corrigido do efeito do ruído de fundo, por banda de frequência.
$u(L_n)$ [dB]	Incerteza combinada associada ao nível sonoro médio de longa duração para o período noturno.
$u(L'_{nT,f})$ [dB]	Incerteza combinada do nível sonoro de percussão padronizado, por banda de frequência.
$u(L_{residual})$ [dB]	Incerteza combinada do nível sonoro médio residual.
$u(son.)$ [dB]	Incerteza padrão associada ao sonómetro.
$u(\bar{T}_{20dB,f})$ [s]	Incerteza padrão do tempo de reverberação médio, obtido por decaimentos de 20 dB, por banda de frequência.
$u(\bar{T}_{30dB,f})$ [s]	Incerteza padrão do tempo de reverberação médio em segundos, obtido por decaimentos de 30 dB, por banda de frequência.
$u(\bar{T}_{500Hz,1000Hz,2000Hz})$ [s]	Incerteza padrão do tempo de reverberação médio em segundos, obtido por bandas de oitava centradas nas frequências de 500 Hz, 1000 Hz e 2000 Hz.
$U(D_{2m,nT,f})$ [dB]	Incerteza expandida do isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado, de uma fachada, por banda de frequência.
$U(D_{nT,f})$ [dB]	Incerteza expandida do isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado, por banda de frequência.
$U(L_{Ar,nT})$ [dB]	Incerteza expandida do nível sonoro de ruído particular de equipamentos padronizado.
$U(L_{Ar})$ [dB]	Incerteza expandida do nível de avaliação.
$U(L_{EX,8h})$ [dB]	Incerteza expandida da exposição pessoal diária ao ruído.
$U(L_{den})$ [dB]	Incerteza expandida do indicador de ruído diurno-entardecer-noturno.
$U(L'_{nT,f})$ [dB]	Incerteza expandida do nível sonoro de percussão padronizado, por banda de frequência.

$Vinc$ [dB]	Nível de incomodidade (ver definição do Dec. Lei 9/2007).
$X$ [dB]	Incerteza-padrão associada à fonte.
$Y(\sigma_m)$ [dB]	Incerteza-padrão associada aos efeitos meteorológicos.
$Z$ [dB]	Incerteza-padrão associada à influência do ruído residual.
$\frac{\partial D_{2m,nT,f}}{\partial \bar{T}_{20dB,f}}$	Coeficiente de sensibilidade do isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado, de uma fachada, em ordem ao tempo de reverberação médio obtido por decaimentos de 20 dB, por banda de frequência.
$\frac{\partial D_{2m,nT,f}}{\partial L_{eq,f}(rf)}$	Coeficiente de sensibilidade do isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado, de uma fachada, em ordem ao nível sonoro médio residual na sala recetora, por banda de frequência.
$\frac{\partial D_{2m,nT,f}}{\partial L_{eq,f}}$	Coeficiente de sensibilidade do isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado, de uma fachada, em ordem ao nível sonoro médio total na sala receptora por banda de frequência.
$\frac{\partial D_{nT,f}}{\partial \bar{T}_{20dB,f}}$	Coeficiente de sensibilidade do isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado, em ordem ao tempo de reverberação médio, obtido por decaimentos de 20 dB, por banda de frequência
$\frac{\partial D_{nT,f}}{\partial L_{eq,f}(rf)}$	Coeficiente de sensibilidade do isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado, em ordem ao nível sonoro médio residual na sala recetora, por banda de frequência.
$\frac{\partial D_{nT,f}}{\partial L_{eq,f}}$	Coeficiente de sensibilidade do isolamento sonoro a sons de condução aérea padronizado, em ordem ao nível sonoro médio total na sala recetora por banda de frequência.
$\frac{\partial L_{A,f}}{\partial L_{Aeq,f}(rf)}$	Coeficiente de sensibilidade do nível sonoro contínuo equivalente global, corrigido do efeito do ruído residual da sala recetora, em ordem ao nível sonoro médio residual na sala recetora, valores ponderados A e por banda de frequência.
$\frac{\partial L_{A,f}}{\partial L_{Aeq,f}}$	Coeficiente de sensibilidade do nível sonoro contínuo equivalente global, corrigido do efeito do ruído residual da sala recetora, em ordem ao nível sonoro médio total na sala recetora, valores ponderados A e por banda de frequência.

$\frac{\partial L_A}{\partial L_{A,f}}$  Coeficiente de sensibilidade do nível sonoro contínuo equivalente global, ponderado A, corrigido do efeito do ruído residual da sala recetora, em ordem a cada uma das suas componentes de frequência.

$\frac{\partial L_{eq,f}^*}{\partial L_{eq,f}(rf)}$  Coeficiente de sensibilidade do nível sonoro contínuo equivalente global, corrigido do efeito do ruído residual da sala recetora, em ordem ao nível sonoro médio residual na sala recetora e por banda de frequência.

$\frac{\partial L_{eq,f}^*}{\partial L_{eq,f}}$  Coeficiente de sensibilidade do nível sonoro contínuo equivalente global, corrigido do efeito do ruído residual da sala recetora, em ordem ao nível sonoro médio total na sala recetora e por banda de frequência.

$\frac{\partial L_{Ar,nT}}{\partial \bar{T}_{500\text{Hz},1000\text{Hz},2000\text{Hz}}}$  Coeficiente de sensibilidade do nível sonoro contínuo equivalente global, ponderado A, corrigido do efeito do ruído residual da sala recetora, em ordem ao tempo de reverberação médio em segundos, obtido por bandas de oitava centradas nas frequências de 500 Hz, 1000 Hz e 2000 Hz.

$\frac{\partial L_{dsn}}{\partial L_d}$  Coeficiente de sensibilidade do indicador de ruído diurno-entardecer-noturno, em ordem ao nível sonoro médio de longa duração para o período diurno.

$\frac{\partial L_{dsn}}{\partial L_s}$  Coeficiente de sensibilidade do indicador de ruído diurno-entardecer-noturno, em ordem ao nível sonoro médio de longa duração para o período entardecer.

$\frac{\partial L_{dsn}}{\partial L_n}$  Coeficiente de sensibilidade do indicador de ruído diurno-entardecer-noturno, em ordem ao nível sonoro médio de longa duração para o período noturno.

$\frac{\partial L'_{nT,f}}{\partial \bar{T}_{20\text{dB},f}}$  Coeficiente de sensibilidade do nível sonoro de percussão padronizado, em ordem ao tempo de reverberação médio, obtido por decaimentos de 20 dB, por banda de frequência.

$\frac{\partial L'_{nT,f}}{\partial L_{eq,f}}$  Coeficiente de sensibilidade do nível sonoro de percussão padronizado, em ordem ao nível sonoro médio total na sala recetora por banda de frequência.

$\frac{\partial L_{EX,8h}}{\partial L_{Aeq,T,m}^*}$	Coefficiente de sensibilidade do nível de exposição diária de um trabalhador ao ruído, em ordem ao nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A, para a tarefa <i>m</i> .
$\frac{\partial L_{EX,8h}}{\partial T_m}$	Coefficiente de sensibilidade do nível de exposição diária de um trabalhador ao ruído, em ordem ao nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A, para a tarefa <i>m</i> .
$\frac{\partial L'_{nT,f}}{\partial L_{eq,f}(rf)}$	Coefficiente de sensibilidade do nível sonoro de percussão padronizado, em ordem ao nível sonoro médio residual na sala recetora, por banda de frequência.
$\sigma(L_{1,2m,f})$ [dB]	Desvio-padrão do nível sonoro médio medido a 2 m em frente da fachada, por banda de frequência.
$\sigma(L_{1,f})$ [dB]	Desvio-padrão do nível sonoro na sala emissora, por banda de frequência.
$\sigma(L_{2,f})$ [dB]	Desvio-padrão do nível sonoro médio na sala recetora, corrigido do efeito do ruído de fundo, por banda de frequência.
$\sigma(L_{Aeq,T,k})$ [dB]	Desvio-padrão das amostras de nível sonoro obtidas, para caracterizar o grupo homogêneo de trabalho.
$\sigma(L_{Aeq,T,m,i})$ [dB]	Desvio-padrão das amostras de nível sonoro obtidas, na tarefa <i>m</i> .
$\sigma(L_{Aeq,f}(rf))$ [dB]	Desvio-padrão do nível sonoro médio residual na sala recetora, ponderado A, por banda de frequência.
$\sigma(L_{Aeq,f})$ [dB]	Desvio-padrão do nível sonoro médio total na sala recetora, ponderado A, por banda de frequência.
$\sigma(L_{eq,f}(rf))$ [dB]	Desvio-padrão do nível sonoro médio residual na sala recetora, por banda de frequência.
$\sigma(L_{eq,f})$ [dB]	Desvio-padrão do nível sonoro médio total na sala recetora, por banda de frequência.
$\sigma(L_{i,f})$ [dB]	Desvio-padrão do nível sonoro médio na sala recetora, resultante de uma ação mecânica de percussão normalizada, corrigido do efeito do ruído de fundo, por banda de frequência.
$\sigma(T_{m,j})$ [dB]	Desvio-padrão dos tempos de exposição, na tarefa <i>m</i> .

1.1 Modelo matemático de cálculo de incerteza para os valores de isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado,  $D_{2m,nT}$ , descrito em bandas de terços de oitava (NP EN ISO140-5):

$$D_{2m,nT,f} = L_{1,2m,f} - L_{2,f} + 10 \cdot \log\left(\frac{\bar{T}_{20dB,f}}{T_0}\right) \text{ dB}$$

ou

$$D_{2m,nT,f} = L_{1,2m,f} - 10 \cdot \log\left(10^{\frac{L_{eq,f}}{10}} - 10^{\frac{L_{eq,f}(rf)}{10}}\right) + 10 \cdot \log\left(\frac{\bar{T}_{20dB,f}}{T_0}\right) \text{ dB}$$

Se  $(L_{eq,f} - L_{eq,f}(rf)) \geq 10 \text{ dB}$  ou  $(L_{eq,f} - L_{eq,f}(rf)) \leq 6 \text{ dB}$

$$u(D_{2m,nT,f}) = \sqrt{u^2(L_{1,2m,f}) + u^2(L_{2,f}) + \left(\frac{\partial D_{2m,nT,f}}{\partial \bar{T}_{20dB,f}}\right)^2 \cdot u^2(\bar{T}_{20dB,f}) + 2 \cdot u^2(\text{son.}) + u^2(\text{arr.})}$$

Se  $6 \text{ dB} < (L_{eq,f} - L_{eq,f}(rf)) < 10 \text{ dB}$

$$u(D_{2m,nT,f}) = \sqrt{u^2(L_{1,2m,f}) + \left(\frac{\partial D_{2m,nT,f}}{\partial L_{eq,f}}\right)^2 \cdot (u^2(L_{eq,f}) + u^2(\text{son.})) + \left(\frac{\partial D_{2m,nT,f}}{\partial L_{eq,f}(rf)}\right)^2 \cdot (u^2(L_{eq,f}(rf)) + u^2(\text{son.})) + \dots}$$

$$\dots + \left(\frac{\partial D_{2m,nT,f}}{\partial \bar{T}_{20dB,f}}\right)^2 \cdot u^2(\bar{T}_{20dB,f}) + u^2(\text{son.}) + u^2(\text{arr.})$$

com:

$$\frac{\partial D_{2m,nT,f}}{\partial L_{eq,f}} = \frac{10^{\frac{L_{eq,f}}{10}}}{10^{\frac{L_{eq,f}}{10}} - 10^{\frac{L_{eq,f}(rf)}{10}}}; \quad \frac{\partial D_{2m,nT,f}}{\partial L_{eq,f}(rf)} = -\frac{10^{\frac{L_{eq,f}(rf)}{10}}}{10^{\frac{L_{eq,f}}{10}} - 10^{\frac{L_{eq,f}(rf)}{10}}}; \quad \frac{\partial D_{2m,nT,f}}{\partial \bar{T}_{20dB,f}} = \frac{4,34}{\bar{T}_{20dB,f}}$$

$$u(L_{1,2m,f}) = \frac{\sigma(L_{1,2m,f})}{\sqrt{n}}; \quad u(L_{2,f}) = \frac{\sigma(L_{2,f})}{\sqrt{n}}; \quad u(L_{eq,f}) = \frac{\sigma(L_{eq,f})}{\sqrt{n}}; \quad u(L_{eq,f}(rf)) = \frac{\sigma(L_{eq,f}(rf))}{\sqrt{n}}$$

$$u(\bar{T}_{20dB,f}) = 0,88 \cdot \sqrt{\frac{1 + \left(\frac{1,90}{n}\right)}{N \cdot 0,23 \cdot f \cdot \bar{T}_{20dB,f}}}; \quad u(\text{son.}) = 0,5 \text{ dB}; \quad u(\text{arr.}) = \frac{0,05}{\sqrt{3}} \approx 0,03 \text{ dB}$$

**Incerteza expandida:**

$$U(D_{2m,nT,f}) = 2 \cdot u(D_{2m,nT,f})$$

**Nota 1:** Para a definição dos parâmetros  $n$  e  $N$  da expressão  $u(\bar{T}_{20dB,f})$  consultar a nota específica para o tempo de reverberação.

**1.2 Modelo matemático de cálculo de incerteza para os valores de isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado,  $D_{nT}$ , descrito em bandas de terços de oitava (NP EN ISO140-4):**

$$D_{nT,f} = L_{1,f} - L_{2,f} + 10 \cdot \log \left( \frac{\bar{T}_{20dB,f}}{T_0} \right) \text{ dB}$$

ou

$$D_{nT,f} = L_{1,f} - 10 \cdot \log \left( 10^{\frac{L_{eq,f}}{10}} - 10^{\frac{L_{eq,f}(rf)}{10}} \right) + 10 \cdot \log \left( \frac{\bar{T}_{20dB,f}}{T_0} \right) \text{ dB}$$

Se  $(L_{eq,f} - L_{eq,f}(rf)) \geq 10 \text{ dB}$  ou  $(L_{eq,f} - L_{eq,f}(rf)) \leq 6 \text{ dB}$

$$u(D_{nT,f}) = \sqrt{u^2(L_{1,f}) + u^2(L_{2,f}) + \left( \frac{\partial D_{nT,f}}{\partial \bar{T}_{20dB,f}} \right)^2 \cdot u^2(\bar{T}_{20dB,f}) + 2 \cdot u^2(\text{son.}) + u^2(\text{arr.})}$$

Se  $6 \text{ dB} < (L_{eq,f} - L_{eq,f}(rf)) < 10 \text{ dB}$

$$u(D_{nT,f}) = \sqrt{u^2(L_{1,f}) + \left( \frac{\partial D_{nT,f}}{\partial L_{eq,f}} \right)^2 \cdot (u^2(L_{eq,f}) + u^2(\text{son.})) + \left( \frac{\partial D_{nT,f}}{\partial L_{eq,f}(rf)} \right)^2 \cdot (u^2(L_{eq,f}(rf)) + u^2(\text{son.})) + \dots}$$

$$\dots + \left( \frac{\partial D_{nT,f}}{\partial \bar{T}_{20dB,f}} \right)^2 \cdot u^2(\bar{T}_{20dB,f}) + u^2(\text{son.}) + u^2(\text{arr.})$$

com:

$$\frac{\partial D_{nT,f}}{\partial L_{eq,f}} = \frac{10^{\frac{L_{eq,f}}{10}}}{10^{\frac{L_{eq,f}}{10}} - 10^{\frac{L_{eq,f}(rf)}{10}}}; \quad \frac{\partial D_{nT,f}}{\partial L_{eq,f}(rf)} = - \frac{10^{\frac{L_{eq,f}(rf)}{10}}}{10^{\frac{L_{eq,f}}{10}} - 10^{\frac{L_{eq,f}(rf)}{10}}}; \quad \frac{\partial D_{nT,f}}{\partial \bar{T}_{20dB,f}} = \frac{4,34}{\bar{T}_{20dB,f}}$$

$$u(L_{1,f}) = \frac{\sigma(L_{1,f})}{\sqrt{n}}; \quad u(L_{2,f}) = \frac{\sigma(L_{2,f})}{\sqrt{n}}; \quad u(L_{eq,f}) = \frac{\sigma(L_{eq,f})}{\sqrt{n}}; \quad u(L_{eq,f}(rf)) = \frac{\sigma(L_{eq,f}(rf))}{\sqrt{n}}$$

$$u(\bar{T}_{20dB,f}) = 0,88 \cdot \sqrt{\frac{1 + \left(\frac{1,90}{n}\right)}{N \cdot 0,23 \cdot f \cdot \bar{T}_{20dB,f}}}; \quad u(\text{son.}) = 0,5 \text{ dB}; \quad u(\text{arr.}) = \frac{0,05}{\sqrt{3}} \approx 0,03 \text{ dB}$$

**Incerteza expandida:**

$$U(D_{nT,f}) = 2 \cdot u(D_{nT,f})$$

**Nota 1:** Para a definição dos parâmetros  $n$  e  $N$  da expressão  $u(\bar{T}_{20dB,f})$ , consultar a nota específica para o tempo de reverberação.



**1.3 Modelo matemático de cálculo de incerteza para os valores do nível sonoro de percussão, padronizado,  $L'_{nT}$ , descrito em bandas de terços de oitava (NP EN ISO140-7):**

$$L'_{nT,f} = L_{i,f} - 10 \cdot \log\left(\frac{\bar{T}_{20dB,f}}{T_0}\right) \text{ dB}$$

ou

$$L'_{nT,f} = 10 \cdot \log\left(10^{\frac{L_{eq,f}}{10}} - 10^{\frac{L_{eq,f}(rf)}{10}}\right) - 10 \cdot \log\left(\frac{\bar{T}_{20dB,f}}{T_0}\right) \text{ dB}$$

Se  $(L_{eq,f} - L_{eq,f}(rf)) \geq 10 \text{ dB}$  ou  $(L_{eq,f} - L_{eq,f}(rf)) \leq 6 \text{ dB}$

$$u(L'_{nT,f}) = \sqrt{u^2(L_{i,f}) + \left(\frac{\partial L'_{nT,f}}{\partial \bar{T}_{20dB,f}}\right)^2 \cdot u^2(\bar{T}_{20dB,f}) + u^2(\text{son.}) + u^2(\text{arr.})}$$

Se  $6 \text{ dB} < (L_{eq,f} - L_{eq,f}(rf)) < 10 \text{ dB}$

$$u(L'_{nT,f}) = \sqrt{\left(\frac{\partial L'_{nT,f}}{\partial L_{eq,f}}\right)^2 \cdot (u^2(L_{eq,f}) + u^2(\text{son.})) + \left(\frac{\partial L'_{nT,f}}{\partial L_{eq,f}(rf)}\right)^2 \cdot (u^2(L_{eq,f}(rf)) + u^2(\text{son.})) + \dots} \\ \dots + \left(\frac{\partial L'_{nT,f}}{\partial \bar{T}_{20dB,f}}\right)^2 \cdot u^2(\bar{T}_{20dB,f}) + u^2(\text{son.}) + u^2(\text{arr.})$$

com:

$$\frac{\partial L'_{nT,f}}{\partial L_{eq,f}} = \frac{10^{\frac{L_{eq,f}}{10}}}{10^{\frac{L_{eq,f}}{10}} - 10^{\frac{L_{eq,f}(rf)}{10}}}; \quad \frac{\partial L'_{nT,f}}{\partial L_{eq,f}(rf)} = -\frac{10^{\frac{L_{eq,f}(rf)}{10}}}{10^{\frac{L_{eq,f}}{10}} - 10^{\frac{L_{eq,f}(rf)}{10}}}; \quad \frac{\partial L'_{nT,f}}{\partial \bar{T}_{20dB,f}} = \frac{4,34}{\bar{T}_{20dB,f}}$$

$$u(L_{i,f}) = \frac{\sigma(L_{i,f})}{\sqrt{n}}; \quad u(L_{eq,f}) = \frac{\sigma(L_{eq,f})}{\sqrt{n}}; \quad u(L_{eq,f}(rf)) = \frac{\sigma(L_{eq,f}(rf))}{\sqrt{n}}$$

$$u(\bar{T}_{20dB,f}) = 0,88 \cdot \sqrt{\frac{1 + \left(\frac{1,90}{n}\right)}{N \cdot 0,23 \cdot f \cdot \bar{T}_{20dB,f}}}; \quad u(\text{son.}) = 0,5 \text{ dB}; \quad u(\text{arr.}) = \frac{0,05}{\sqrt{3}} \approx 0,03 \text{ dB}$$

**Incerteza expandida:**

$$U(L'_{nT,f}) = 2 \cdot u(L'_{nT,f})$$

**Nota 1:** Para a definição dos parâmetros  $n$  e  $N$  da expressão  $u(\bar{T}_{20dB,f})$ , consultar a nota específica para o tempo de reverberação.

**1.4 Modelo matemático de cálculo de incerteza para os valores do nível de avaliação, padronizado,  $L_{Ar,nT}$ , descrito em bandas de terço de oitava (NP EN ISO16032 e a Nota 4 do Documento LNEC, 2 de Abril 2009):**

$$L_{Ar,nT} = L_A + K1 - 10 \cdot \log \left( \frac{\bar{T}_{500\text{Hz},1000\text{Hz},2000\text{Hz}}}{T_0} \right) \text{ dB}$$

Com base na metodologia de ensaio e cálculo descrita na **Nota 2**, abaixo apresentada, considere-se:

$$L_A = 10 \cdot \log \left( \sum_{f=50\text{Hz}}^{10\text{kHz}} 10^{\frac{L_{A,f}}{10}} \right) \text{ dB}$$

$$L_{A,f} = (L_{eq,f}^* + At(f)) \text{ dB}$$

$$L_{eq,f}^* = 10 \cdot \log \left( 10^{\frac{L_{eq,f}}{10}} - 10^{\frac{L_{eq,f}(rf)}{10}} \right) \text{ dB}$$

$$\bar{T}_{500\text{Hz},1000\text{Hz},2000\text{Hz}} = \frac{\bar{T}_{20\text{dB},500\text{Hz}} + \bar{T}_{20\text{dB},1000\text{Hz}} + \bar{T}_{20\text{dB},2000\text{Hz}}}{3}$$

Se  $(L_{eq,f} - L_{eq,f}(rf)) > 10 \text{ dB}$  ou  $(L_{eq,f} - L_{eq,f}(rf)) \leq 4 \text{ dB}$

$$u(L_{eq,f}^*) = \sqrt{\left( \frac{\partial L_{eq,f}^*}{\partial L_{eq,f}} \right)^2 \cdot (u^2(L_{eq,f}) + u^2(\text{son.}))}$$

Se  $4 \text{ dB} < (L_{eq,f} - L_{eq,f}(rf)) \leq 10 \text{ dB}$

$$u(L_{eq,f}^*) = \sqrt{\left( \frac{\partial L_{eq,f}^*}{\partial L_{eq,f}} \right)^2 \cdot (u^2(L_{eq,f}) + u^2(\text{son.})) + \left( \frac{\partial L_{eq,f}^*}{\partial L_{eq,f}(rf)} \right)^2 \cdot (u^2(L_{eq,f}(rf)) + u^2(\text{son.}))}$$

Com  $u(L_{A,f}) = u(L_{eq,f}^*) \text{ dB}$ , sendo  $At(f)$  uma constante para cada banda de terço de oitava, resulta o valor da incerteza combinada:

$$u(L_A) = \sqrt{\sum_{f=50\text{Hz}}^{10\text{kHz}} \left( \frac{\partial L_A}{\partial L_{A,f}} \right)^2 \cdot u^2(L_{eq,f}^*) \text{ dB}},$$

assim:

$$u(L_{Ar,nT}) = \sqrt{u^2(L_A) + \left( \frac{\partial L_{Ar,nT}}{\partial \bar{T}_{500\text{Hz},1000\text{Hz},2000\text{Hz}}} \right)^2 \cdot u^2(\bar{T}_{500\text{Hz},1000\text{Hz},2000\text{Hz}}) + u^2(\text{arr.}) \text{ dB}}$$

Considerando:

$$\frac{\partial L_{eq,f}^*}{\partial L_{eq,f}} = \frac{10^{\frac{L_{eq,f}}{10}}}{10^{\frac{L_{eq,f}}{10}} - 10^{\frac{L_{eq,f}(rf)}{10}}}; \quad \frac{\partial L_{eq,f}^*}{\partial L_{eq,f}(rf)} = - \frac{10^{\frac{L_{eq,f}(rf)}{10}}}{10^{\frac{L_{eq,f}}{10}} - 10^{\frac{L_{eq,f}(rf)}{10}}}; \quad \frac{\partial L_A}{\partial L_{A,f}} = \frac{10^{\frac{L_{A,f}}{10}}}{\sum_{f=50\text{Hz}}^{10\text{kHz}} 10^{\frac{L_{A,f}}{10}}}$$

$$u(L_{eq,f}) = \frac{\sigma(L_{eq,f})}{\sqrt{n}}; \quad u(L_{eq,f}(rf)) = \frac{\sigma(L_{eq,f}(rf))}{\sqrt{n}}$$

$$u(\bar{T}_{20\text{dB},f}) = 0,88 \cdot \sqrt{\frac{1 + (\frac{1,90}{n})}{N \cdot 0,71 \cdot f \cdot \bar{T}_{20\text{dB},f}}}; \quad \text{para } f = [500\text{Hz}; 1000\text{Hz}; 2000\text{Hz}]$$

$$u(\text{son.}) = 0,5 \text{ dB}; \quad u(\text{arr.}) = \frac{0,5}{\sqrt{3}} \approx 0,3 \text{ dB}$$

$$\frac{\partial L_{Ar,nT}}{\partial \bar{T}_{500\text{Hz},1000\text{Hz},2000\text{Hz}}} = - \frac{4,34}{\bar{T}_{500\text{Hz},1000\text{Hz},2000\text{Hz}}}$$

$$u(\bar{T}_{500\text{Hz},1000\text{Hz},2000\text{Hz}}) = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{u^2(\bar{T}_{20\text{dB},500\text{Hz}}) + u^2(\bar{T}_{20\text{dB},1000\text{Hz}}) + u^2(\bar{T}_{20\text{dB},2000\text{Hz}})}$$

**Incerteza expandida:**

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

**Nota 1:** Para a definição dos parâmetros  $n$  e  $N$  da expressão  $u(\bar{T}_{20dB,f})$  consultar a nota específica para o tempo de reverberação.

**Nota 2:** Assume-se que a metodologia abaixo descrita, permite responder de forma coerente ao parâmetro definido pela legislação, na norma NP EN ISO16032 e na interpretação dada à Nota 4 do Documento LNEC.

1. Determinar o canto mais ruidoso, exatamente nas condições estabelecidas pela norma NP EN ISO16032;
2. Determinar o número de medições a efetuar, exatamente nas condições estabelecidas pela norma NP EN ISO16032;
3. Efectuar as medições do ruído total, proveniente do funcionamento do equipamento a avaliar em bandas de terços de oitava, mas seguindo as restantes indicações da norma NP EN ISO16032;
4. Calcular o valor da média logarítmica dos espectros obtidos no ponto 3;
5. Efectuar as medições do ruído residual, no interior da sala recetora em bandas de terços de oitava, mas seguindo as restantes indicações da norma NP EN ISO16032;
6. Calcular o valor da média logarítmica dos espectros obtidos no ponto 5;
7. Efectuar as correções devidas em cada um dos valores médios (logarítmicos) das bandas de terço de oitava, observando os valores das correções descritos na norma NP EN ISO16032;
8. A cada uma das bandas de terços de oitava, médias e já corrigidas, aplicar as ponderações em frequência descritas para a curva A;
9. Investigar no espectro médio a existência de componentes tonais, seguindo para isso a metodologia descrita no nº2 do Anexo I, do Decreto-lei nº9/2007 de 17 de janeiro;
10. Calcular o valor global,  $L_{A}$ , através do espectro médio, corrigido do ruído residual e ponderado A;
11. Aplicar o fator K1, correspondente à correção tonal quando esta for devida;
12. Aplicar o fator de padronização considerando o tempo de reverberação médio, obtido com base nos valores centrados nas bandas de oitava de 500 Hz, 1000 Hz e 2000 Hz;
13. O tempo de reverberação de referência,  $T_0$ , corresponderá a 0,5 segundos; para compartimentos de habitação ou com dimensões comparáveis; para compartimentos em que haja tempo de reverberação atribuível em projeto, o valor de referência a considerar será o do respetivo tempo de dimensionamento;
14. O valor final do nível de avaliação padronizado,  $L_{Ar,NT}$ , será apresentado arredondado à unidade.

### 1.5 Tempo de reverberação (NP EN ISO3382-2)

Modelo matemático de cálculo para valores descritos em bandas de terços de oitava:

$$u(\bar{T}_{20\text{dB},f}) = 0,88 \cdot \sqrt{\frac{1 + \left(\frac{1,90}{n}\right)}{N \cdot 0,23 \cdot f \cdot \bar{T}_{20\text{dB},f}}}; \text{ para decaimentos de 20 dB}$$

$$u(\bar{T}_{30\text{dB},f}) = 0,55 \cdot \sqrt{\frac{1 + \left(\frac{1,52}{n}\right)}{N \cdot 0,23 \cdot f \cdot \bar{T}_{30\text{dB},f}}}; \text{ para decaimentos de 30 dB}$$

Modelo matemático de cálculo para valores descritos em bandas de oitava:

$$u(\bar{T}_{20\text{dB},f}) = 0,88 \cdot \sqrt{\frac{1 + \left(\frac{1,90}{n}\right)}{N \cdot 0,71 \cdot f \cdot \bar{T}_{20\text{dB},f}}}; \text{ para decaimentos de 20 dB}$$

$$u(\bar{T}_{30\text{dB},f}) = 0,55 \cdot \sqrt{\frac{1 + \left(\frac{1,52}{n}\right)}{N \cdot 0,71 \cdot f \cdot \bar{T}_{30\text{dB},f}}}; \text{ para decaimentos de 30 dB}$$

**Nota 3:** Para qualquer das situações acima descritas, a determinação dos parâmetros  $n$  e  $N$  será efetuada de acordo com:

- Considerando 1 posição de fonte, 3 posições de microfones e 2 decaimentos em cada ponto de microfones, então, considerar-se-á  $n=2$  e  $N=3$ ;
- Considerando 2 posições de fonte, 3 posições de microfones por cada posição de fonte e 2 decaimentos em cada ponto de microfones, então, considerar-se-á  $n=2$  e  $N=6$ .

Poder-se-ão tomar outros valores para os parâmetros  $n$  e  $N$ , devendo estes ser adaptados em função de qualquer outra combinação prevista na Tabela 1 da norma NP EN ISO 3382-2.

### 1.6 Modelo matemático de cálculo da incerteza nos ensaios de ruído ambiente para determinação do nível sonoro contínuo equivalente (ISO1996-2)

**Nota 4:** A formulação de cálculo que ora se apresenta segue as orientações constantes da Norma NP ISO 1996-2, as quais referem-se à incerteza de uma amostra de ruído. Deverá ser prestada atenção, para que esta formulação não seja utilizada fora do seu domínio de validade. Concretamente, não será aceitável a sua generalização para o cálculo de incerteza de períodos de referência que incluam diferentes amostras recolhidas em ambientes acústicos distintos. Nestes casos, poderá ser necessário recorrer a formulação que processe as incertezas dos diferentes patamares de ruído, os quais deverão ser devidamente identificados. Pela mesma razão, esta formulação também não deverá ser aplicada aos períodos de referência de longa duração, sem que tenham sido identificadas as variações de ambiente acústico ao longo desse período.

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

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

com:

$$u(L_d) = \sqrt{1,0^2 + X^2 + Y^2 + Z^2};$$

$$u(L_e) = \sqrt{1,0^2 + X^2 + Y^2 + Z^2};$$

$$u(L_n) = \sqrt{1,0^2 + X^2 + Y^2 + Z^2};$$

$$\frac{\partial L_{den}}{\partial L_d} = \frac{13 \cdot 10^{\frac{L_d}{10}}}{13 \cdot 10^{\frac{L_d}{10}} + 3 \cdot 10^{\frac{L_e+5}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_n+10}{10}}}$$

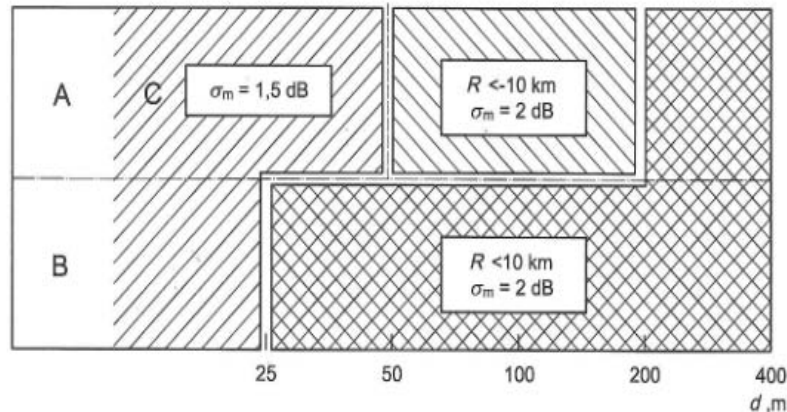
$$\frac{\partial L_{den}}{\partial L_e} = \frac{3 \cdot 10^{\frac{L_e+5}{10}}}{13 \cdot 10^{\frac{L_d}{10}} + 3 \cdot 10^{\frac{L_e+5}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_n+10}{10}}}$$

$$\frac{\partial L_{den}}{\partial L_n} = \frac{8 \cdot 10^{\frac{L_n+10}{10}}}{13 \cdot 10^{\frac{L_d}{10}} + 3 \cdot 10^{\frac{L_e+5}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_n+10}{10}}}$$

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

**Componente X:**

Pode ser obtido pelo desvio-padrão experimental da média das leituras efectuadas em cada um dos períodos de referência.

**Componente Y ( $\sigma_m$ ):**

Posição A “alta” se:  $h_s \geq 1,5 \text{ m}$  e  $h_r \geq 1,5 \text{ m}$  ou  $(h_s < 1,5 \text{ m}$  e  $h_r \geq 4 \text{ m})$

Posição B “baixa” se:  $(h_s < 1,5 \text{ m}$  e  $h_r \leq 1,5 \text{ m})$

Se  $d > 400 \text{ m}$  então  $\sigma_m = \left(1 + \left(\frac{d}{400}\right)\right) \text{ dB}$

Quando a energia se propague sobre um solo refletor,  $\sigma_m$  assume o valor de 0,5 dB sempre que a distância seja até 25 m em posição “baixa” ou até 50 m se em posição “alta”.

**Componente Z:**

Se o ruído em análise corresponder a uma fonte particular (rodoviária, ferroviária, industrial, etc.) então:

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

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

Nas situações em que não exista uma fonte específica a caracterizar, então, a componente Z é nula.

**1.7 Modelo matemático de cálculo da incerteza nos ensaios de ruído ambiente – determinação do critério de incomodidade (alínea b) do n.º 1 do Artº 13 do Dec.-Lei 9/2007 e anexo I do RGR)**

$$V_{inc} = L_{Ar} - L_{residual} .$$

Calcular individualmente cada uma das incertezas:

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

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

**Componente X:**

Obtida pelo desvio-padrão experimental da média das leituras efetuadas em cada um dos períodos de referência.

**Componente Y:**

No caso em que a fonte tida como perturbadora, assim como o recetor sensível se encontrem no interior da mesma edificação, ou em edificações contíguas, a componente Y a considerar será nula.

Quando a fonte tida como perturbadora e o recetor sensível se encontrarem em locais distintos, no exterior ou mesmo no interior de edificações, então a componente Y será determinada do modo que nos ensaios de **ruído ambiente – determinação do nível sonoro médio de longa duração**

**Incerteza expandida:**

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

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



### 1.8 Modelo matemático de cálculo da incerteza nos ensaios de Exposição dos Trabalhadores ao Ruído:

- “Task-based measurements” (Norma ISO 9612:2009) – método das tarefas

$$L_{EX,8h} = 10 \cdot \log \left[ \sum_{m=1}^M \frac{\bar{T}_m}{T_0} \cdot 10^{0,1 \cdot L_{Aeq,T,m}^*} \right]$$

Vem:

$$u(L_{EX,8h}) = \sqrt{\sum_{m=1}^M [c_{1a,m}^2 (u_{1a,m}^2 + u_{2,m}^2 + u_3^2) + (c_{1b,m} \cdot u_{1b,m})^2]}$$

Com:

$$c_{1a,m} = \frac{\partial L_{EX,8h}}{\partial L_{Aeq,T,m}^*} = \frac{\bar{T}_m}{T_0} \cdot 10^{0,1 \cdot (L_{Aeq,T,m}^* - L_{EX,8h})}$$

$$c_{1b,m} = \frac{\partial L_{EX,8h}}{\partial T_m} = 4,34 \cdot \frac{c_{1a,m}}{T_m}$$

$$u_{1a,m} = \frac{\sigma(L_{Aeq,T,m,i})}{\sqrt{I}}$$

$$u_{1b,m} = \frac{\sigma(T_m)}{\sqrt{J}}; \text{ ou } u_{1b,m} = 0,5 \cdot (T_{m\acute{a}x} - T_{m\acute{i}n})$$

$$u_{2,m} = 0,7 \text{ dB ou } 1,5 \text{ dB}$$

$$u_3 = 1,0 \text{ dB}$$

**Incerteza expandida:**

$$U(L_{EX,8h}) = 1,65 \cdot u(L_{EX,8h})$$

- “Job-based measurements” e “full-day measurement” (Norma ISO 9612:2009)

$$L_{EX,8h} = 10 \cdot \log \frac{T_e}{T_0} \left[ \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K 10^{0,1 \cdot L_{Aeq,T,k}^*} \right]$$

Vem:

$$u(L_{EX,8h}) = \sqrt{c_1^2 \cdot u_1^2 + c_2^2 \cdot (u_2^2 + u_3^2)}$$

Com:

$c_1 \cdot u_1$  dado pela tabela

N	Contribuição da incerteza, $c_1 \cdot u_1$ , nos valores de $L_{Aeq,T,k}$ [dB]											
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
3	0,6	1,6	3,1	5,2	8,0	11,5	15,7	20,6	26,1	32,2	39,0	46,5
4	0,4	0,9	1,6	2,5	3,6	5,0	6,7	8,6	10,9	13,4	16,1	19,2
5	0,3	0,7	1,2	1,7	2,4	3,3	4,4	5,6	6,9	8,5	10,2	12,1
6	0,3	0,6	0,9	1,4	1,9	2,6	3,3	4,2	5,2	6,3	7,6	8,9
7	0,2	0,5	0,8	1,2	1,6	2,2	2,8	3,5	4,3	5,1	6,1	7,2
8	0,2	0,5	0,7	1,1	1,4	1,9	2,4	3,0	3,6	4,4	5,2	6,1
9	0,2	0,4	0,7	1,0	1,3	1,7	2,1	2,6	3,2	3,9	4,6	5,4
10	0,2	0,4	0,6	0,9	1,2	1,5	1,9	2,4	2,9	3,5	4,1	4,8
12	0,2	0,3	0,5	0,8	1,0	1,3	1,7	2,0	2,5	2,9	3,5	4,0
14	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1,2	1,5	1,8	2,2	2,6	3,0	3,5
16	0,1	0,3	0,5	0,6	0,8	1,1	1,3	1,6	2,0	2,3	2,7	3,2
18	0,1	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	1,8	2,1	2,5	2,9
20	0,1	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,4	1,7	2,0	2,3	2,6
25	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,3
30	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	2,0

$c_2 = 1$ ;

$$u_1 = \sigma(L_{Aeq,T,k})$$

**Incerteza expandida:**

$$U(L_{EX,8h}) = 1,65 \cdot u(L_{EX,8h})$$

**Nota 5:** No arredondamento dos valores numéricos deverão ser utilizadas as regras da norma portuguesa NP 37:2009 (Ed.3) - Arredondamento dos valores numéricos.