



LABORATÓRIO NACIONAL  
DE ENGENHARIA CIVIL

CENTRO DE INSTRUMENTAÇÃO CIENTÍFICA  
Núcleo de Qualidade Metrológica

Proc. 1104/11/17804

## **REVISÃO DAS MELHORES CAPACIDADES DE MEDIÇÃO E DE CALIBRAÇÃO (CMC) DO LABORATÓRIO CENTRAL DE APOIO METROLÓGICO DO LNEC EM 2012**

Estudo realizado no âmbito do Projeto de Investigação  
“Desenvolvimento da Qualidade Metrológica  
de Instrumentação Científica Aplicada em Engenharia Civil”

Lisboa • junho de 2012

**I&D** INSTRUMENTAÇÃO CIENTÍFICA

**RELATÓRIO 157/2012 – CIC/NQM**



**Revisão das Melhores Capacidades de Medição e de Calibração (CMC)  
do Laboratório Central de Apoio Metrológico do LNEC em 2012**

**Resumo**

O relatório apresenta uma descrição genérica do procedimento de avaliação de incertezas de medição elaborado de acordo com o GUM, a estrutura das tabelas de balanço de incertezas e o quadro de melhores capacidades de medição e de calibração do LCAM/LNEC em 2012, relativas à actividade desenvolvida pelo laboratório no âmbito da sua acreditação no Sistema Português da Qualidade.

**Review of the Best Capabilities of Measurement and Calibration (CMC) of  
LNEC's Laboratório Central de Apoio Metrológico in 2012**

**Abstract**

This report presents a general description of the measurement uncertainties evaluation procedure developed according with the GUM, the structure of the uncertainties tables and the expression of the best capabilities of measurement and calibration of LCAM/LNEC in 2012, regarding the activity developed by the laboratory under the Portuguese Quality System Accreditation.

**Révision des Meilleures Capacités de Mesure et Étalonnage (CMC) du  
Laboratório Central de Apoio Metrológico du LNEC dans l'année de 2012**

**Résumé**

Ce rapport présente une description générique de la procédure pour l'évaluation des incertitudes de mesure élaborée selon le GUM, la structure des tableaux du bilan des incertitudes et le tableau des meilleures capacités de mesure et étalonnage du LCAM/LNEC dans l'année de 2012, en ce qui concerne l'activité développé par le laboratoire sur le contexte de sa accréditation dans le Système Portugais pour la Qualité.



## ÍNDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>CONTEÚDO DO RELATÓRIO .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>MÉTODO GUM PARA AVALIAÇÃO DE INCERTEZAS DE MEDIÇÃO.....</b>	<b>4</b>
<b>3.1</b>	<b>Fase de formulação .....</b>	<b>5</b>
<b>3.2</b>	<b>Fase de cálculo .....</b>	<b>6</b>
<b>3.3</b>	<b>Tabelas de Balanço de Incertezas .....</b>	<b>13</b>
<b>4</b>	<b>MELHORES CAPACIDADES DE MEDIÇÃO E DE CALIBRAÇÃO DO LCAM EM 2012.....</b>	<b>15</b>
<b>5</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>19</b>
<b>ANEXO 1</b>	<b><i>Tabelas de Balanço das Melhores Capacidades de Medição e de Calibração do LCAM/LNEC em 2012 .....</i></b>	<b><i>21</i></b>



# **REVISÃO DAS MELHORES CAPACIDADES DE MEDIÇÃO E DE CALIBRAÇÃO (CMC) DO LABORATÓRIO CENTRAL DE APOIO METROLÓGICO DO LNEC EM 2012**

## **1. INTRODUÇÃO**

A acreditação de Laboratórios Metrológicos no âmbito do Sistema Português da Qualidade envolve o cumprimento de vários requisitos, um dos principais consiste na evidenciação das melhores capacidades de medição e de calibração (CMC) relativas à sua atividade de calibração e de ensaio metrológico.

A concretização deste objetivo assume uma importância particular, que decorre da utilização da declaração contida neste documento como informação de referência para as diversas entidades associadas à acreditação ou envolvidas pela atividade de um laboratório acreditado: a entidade acreditadora; o laboratório acreditado; e os seus clientes.

A entidade acreditadora (IPAC - Instituto Português da Acreditação) necessita de tomar conhecimento destas capacidades metrológicas, como um dos elementos de avaliação e de suporte ao processo de acreditação constituindo, por isso, um dos requisitos normativos que é auditado nos processos anuais de auditoria externa. A sua validação implica que essa informação seja posteriormente publicada em Anexo Técnico do IPAC contendo o âmbito da acreditação do laboratório, o qual deve encontrar-se acessível ao mercado de potenciais clientes interessados nos serviços de natureza metrológica.

O laboratório acreditado que declara um conjunto de melhores capacidades de medição e de calibração encontra nessa declaração o modo de explicitar publicamente essas capacidades e, simultaneamente, compromete-se a utilizar esses limites para estabelecer os critérios de confirmação metrológica dos seus padrões e instrumentos de medição subsequentes à sua calibração periódica.

Os clientes, potenciais utilizadores dos serviços do laboratório, podem decidir com base no acesso prévio a essa informação disponibilizada pelo IPAC e aplicável a qualquer tipo de equipamento, assegurando-se que o laboratório em causa dispõe de capacidade para

concretizar adequadamente os serviços de calibração ou ensaio pretendidos de acordo com as suas expectativas.

Este enquadramento justifica, portanto, o cumprimento do requisito normativo mediante a declaração mencionada no que se refere às suas melhores capacidades de medição e de calibração.

Quanto ao facto de esta declaração necessitar de uma renovação periódica, tal decorre de dois fatores: a realização de auditorias externas com periodicidade anual, constituindo a ocasião propícia para se reavaliarem as contribuições de incerteza associadas a componentes que se alteram ao longo do tempo (nomeadamente, a incerteza de calibração dos padrões e a deriva de longo prazo) visando a atualização dos registos da entidade acreditadora no que se refere às condições de acreditação; e a aplicação, no Laboratório Central de Apoio Metrológico (LCAM) do LNEC, de um plano de calibração periódica de padrões e equipamentos de referência que corresponde também, numa parte significativa dos casos, a uma periodicidade de calibração anual, determinando que seja necessário proceder, com idêntica periodicidade, à reavaliação das condições em que se estabeleceram as melhores incertezas de medição e, conseqüentemente, as melhores capacidades de medição e de calibração.

Refira-se, porém, que esta atualização não impede que, cada vez que um padrão é sujeito a uma operação de calibração, sejam atualizados os ficheiros que suportam o cálculo específico das incertezas de medição em cada calibração ou ensaio efetuado. O requisito normativo, nestes casos, impede apenas que o laboratório acreditado possa declarar uma incerteza de medição inferior aquela que determinou a melhor capacidade de medição ou calibração em vigor (no Anexo Técnico de acreditação emitido pelo IPAC), validada na auditoria externa mais recente.

Assim, este estudo periódico das melhores incertezas serve, também, para promover naturais reajustamentos dos valores das melhores capacidades face à dinâmica de algumas das fontes de incerteza de medição cujas contribuições são consideradas nos cálculos.

## 2. CONTEÚDO DO RELATÓRIO

No presente relatório são descritos os elementos que determinam a quantificação das melhores incertezas de medição do LCAM relativas ao ano de 2012, relacionadas com as melhores capacidade de medição e de calibração.

No Capítulo 3 é apresentada uma breve descrição do método exposto no *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement* (GUM) [1] aplicável na avaliação de incertezas de medição e a descrição da estrutura das tabelas de balanço de incertezas de medição, as quais sintetizam o procedimento recomendado no GUM.

No Capítulo 4 encontra-se o Quadro contendo o resumo das melhores capacidades de medição e de calibração declaradas pelo LCAM no âmbito da sua acreditação relativas ao ano de 2012.

No Anexo 1 são apresentadas as tabelas que exprimem as melhores capacidades de medição e calibração do LCAM organizadas de acordo com três níveis diferenciadores. No primeiro, a subdivisão resulta da distinção entre grupos de grandezas físicas (comprimento, massa, pressão, temperatura e humidade). Dentro de cada um destes grupos, um segundo nível de diferenciação resulta de se distinguirem os diferentes tipos de equipamentos sujeitos a calibração ou ensaio metrológico. Finalmente, no terceiro nível de diferenciação, é efetuada uma subdivisão, para cada tipo de equipamento, por intervalos de medição, pela resolução, por valores nominais ou por outros aspetos de caracterização metrológica, quando estes determinam diferentes contribuições para a incerteza de medição e, simultaneamente, afetam significativamente os resultados finais.

### 3. MÉTODO GUM PARA AVALIAÇÃO DE INCERTEZAS DE MEDIÇÃO

A evolução recente da Metrologia tem como uma das suas principais consequências a introdução do conceito de incerteza de medição como parâmetro inerente ao resultado da medição (associado ao valor da estimativa de uma grandeza mensurável), constituindo este o elemento indicativo do grau de exatidão da medição.

O método que suporta a sua determinação está descrito no *Guide to the expression of Uncertainty in Measurement GUM*<sup>1</sup> [1] adotado pela comunidade metrológica contendo, entre outros aspetos: o enquadramento da medição no contexto probabilístico atualmente aceite; os conceitos e definições aplicáveis; as fontes genéricas que contribuem para a avaliação da incerteza; e o procedimento de avaliação de incertezas de medição incorporando a conhecida Lei de Propagação de Incertezas (cuja designação abreviada é “LPI”).

A informação que se encontra no GUM deve ser complementada com a consulta do conjunto de definições que se encontra no Vocabulário Internacional de Metrologia [2], publicado pelo Instituto Português da Qualidade correspondendo à tradução da 3ª Revisão do mesmo documento editado pelo JCGM em 2008.

Com o intuito de facilitar a compreensão das tabelas de balanço de incerteza apresentadas em Capítulos anteriores, é promovida, então, a descrição que se segue.

Qualquer procedimento de avaliação das incertezas de medição e, em particular, aquele que é preconizado pelo GUM, tem na sua base duas fases distintas: a fase de formulação e a fase de cálculo.

É na concretização destas fases que se estabelece o modelo matemático essencial para traduzir o problema físico envolvido e que se constitui a LPI necessária à avaliação pretendida.

---

<sup>1</sup> De acordo com a revisão do GUM em curso, envolvendo a introdução de alguns documentos anexos, a nova sigla adotada é “GUF” apontando o âmbito do Guia para um contexto mais alargado (Framework), englobando diversos métodos de avaliação de incertezas de medição.

### 3.1 Fase de formulação

Esta fase contém como elemento fundamental o modelo matemático descritivo do problema metrológico, no qual se baseia a estimativa de uma grandeza mensurável e a incerteza associada a essa estimativa.

Assim, o modelo matemático relaciona a grandeza de saída – a mensuranda –  $Y$ , com um conjunto de grandezas de entrada,  $X_i$ , através do que se designa por relação funcional:

$$Y = f(X_1, \dots, X_N). \quad (1)$$

Este modelo matemático possui uma tradução para a realidade experimental que é, necessariamente, imperfeita devido às limitações naturais da instrumentação, dos métodos e de outros fatores, determinando a existência de um erro de medição. Da medição resultam observações e estimativas,  $\hat{x}_i$ , associadas a variáveis aleatórias do modelo matemático, conduzindo a uma estimativa da grandeza mensurável de saída,  $\hat{y}$ , cuja expressão é:

$$\hat{y} = f(\hat{x}_1, \dots, \hat{x}_N). \quad (2)$$

A definição de *erro (absoluto) da medição*,  $\varepsilon$ , diz-nos que este representa a diferença entre o valor da estimativa ou observação ( $\hat{A}$ ) e o valor verdadeiro da grandeza ( $\tilde{A}$ ). Sendo este último, no enquadramento atual da medição, considerado inatingível, de onde resulta a impossibilidade prática da sua quantificação,

$$\varepsilon = \hat{A} - \tilde{A}. \quad (3)$$

Este facto, no entanto, não impede que seja possível identificar as fontes que contribuem para esse erro e distinguir, nestas, as componentes cuja contribuição é de natureza sistemática ou aleatória.

Em relação a estas contribuições, de acordo com o disposto no GUM, considera-se que o conhecimento das componentes sistemáticas do erro – de natureza determinística – impõe a sua correção, enquanto que as contribuições aleatórias – de natureza estocástica – devem ser incorporadas num intervalo de dispersão associado à estimativa da grandeza mensurável de saída. Essa dispersão é designada por: incerteza de medição.

No que se refere à sua origem, as *componentes aleatórias do erro* resultam de variações imprevisíveis de natureza espacial ou temporal, sendo provocadas por *grandezas de influência*, manifestando-se na variação das observações da grandeza no que se designa por *efeitos aleatórios*. O GUM admite como fontes de incerteza as seguintes:

- *definição incompleta da mensuranda;*
- *realização imperfeita da definição da mensuranda;*
- *não-representatividade da amostra;*
- *conhecimento inadequado ou a medição imperfeita dos efeitos das condições ambientais na determinação da mensuranda;*
- *derivas na leitura efetuada por operadores de instrumentos com indicadores analógicos;*
- *resolução ou a discriminação finita dos instrumentos de medição;*
- *valores inexatos de padrões e de materiais de referência;*
- *valores inexatos de constantes e outros parâmetros obtidos mediante o recurso a fontes externas e usados em algoritmos computacionais;*
- *aproximações e os valores assumidos, os quais são incorporados no método e no procedimento de medição;*
- *variações obtidas em observações repetidas da mensuranda em condições aparentemente idênticas (próximas das condições ideais de repetibilidade).*

É do cômputo das contribuições aleatórias provenientes destas fontes que resulta, então, a quantificação da incerteza de medição, definida como [1]: “*parâmetro, associado ao resultado da medição, caracterizando a dispersão de valores que podem, razoavelmente, ser atribuídos à mensuranda*”. Desta definição, é admitido implicitamente que, em resultado da medição, não é possível atribuir um valor único – verdadeiro – da mensuranda mas, antes, um intervalo de valores prováveis.

### **3.2 Fase de cálculo**

A fase de cálculo sucede à fase de formulação e tem como finalidade obter a incerteza expandida da medição, sendo este objetivo atingido mediante a aplicação do método GUM [1] envolvendo um conjunto de etapas. Estas contêm expressões e envolvem conceitos de cuja compreensão depende a sua aplicação.

Desde logo, é conveniente ter presente que as observações associadas às grandezas de entrada têm uma natureza aleatória e, como tal, possuem uma dispersão de valores que é determinada pelos parâmetros variância e desvio-padrão experimental.

Logo, a primeira etapa do procedimento GUM [1] estabelece a necessidade de distinguir as componentes de incerteza consoante a origem da informação que lhes fornece os elementos para a determinação dos parâmetros referidos.

No GUM são admitidas duas vias para a obtenção dos parâmetros estatísticos: a amostra experimental; ou o conhecimento prévio do tipo de distribuição de probabilidade. No primeiro caso, diz-se que essa avaliação é feita de acordo com o “*método tipo A*” e no segundo caso, de acordo com o “*método tipo B*”.

Tendo em vista o objetivo de obter o parâmetro estimador dessa dispersão, o desvio-padrão experimental e sabendo que este se determina a partir da variância,  $s^2(x_i)$ , torna-se necessário, portanto, concretizar a quantificação deste último parâmetro.

No caso em que se adota o método do tipo A, subentende-se que se determina a contribuição para a incerteza de medição a partir da estatística da variância de uma amostra experimental de observações (de acordo com uma perspetiva frequentista do problema). No caso de adoção do método do tipo B, considerando apropriada a utilização de determinada função densidade de probabilidade, cujos limites se estabelecem com base em conhecimento previamente adquirido<sup>2</sup>, é utilizada a expressão analítica da variância dessa distribuição para quantificar a pretendida contribuição para a incerteza de medição (neste caso, a abordagem segue a perspetiva bayesiana do problema).

Do ponto de vista prático, quando se recorre ao método do tipo A, é utilizada uma amostra experimental de uma grandeza de entrada  $Q$ , contendo observações  $q_i$ , obtendo-se o seu valor médio – utilizado na determinação da estimativa da grandeza de acordo com o modelo matemático (1) – cuja expressão é:

$$\hat{q} = \bar{q} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n q_i . \quad (4)$$

---

<sup>2</sup> Por exemplo: dados relativos a medições anteriores; experiência ou conhecimento comum relativo ao comportamento e propriedades de materiais e instrumentos de medição; especificações de fabricantes e documentação de carácter técnico e científico; dados obtidos em calibrações, ensaios e certificados.

A variância experimental da média é determinada por:

$$s^2(\bar{q}) = \frac{1}{n \cdot (n-1)} \cdot \sum_{i=1}^n (q_i - \bar{q})^2, \quad (5)$$

de onde se obtém o pretendido valor do desvio-padrão experimental da média:

$$s(\bar{q}) = \sqrt{s^2(\bar{q})}. \quad (6)$$

Em alternativa, a utilização do método do tipo B admite que se possui informação suficiente para se estipular qual a função densidade de probabilidade, os seus parâmetros e o grau de confiança dessa aceitação. Com base nesta informação, recorrendo às expressões analíticas, é possível determinar a variância e o respetivo desvio-padrão. Em Metrologia, os casos mais comuns de distribuições de probabilidade estão tipificados de acordo com o exposto no Quadro 1 que apresenta, igualmente, as expressões das variâncias.

Conhecendo-se a forma de determinar a dispersão das grandezas de entrada,  $x_i$ , independentemente de resultarem de abordagens de acordo com o método do tipo A ou do tipo B, a etapa seguinte consiste em estabelecer a forma como estas se combinam, conduzindo à determinação da incerteza de medição da grandeza de saída,  $y$ .

O método utilizado no GUM recorre ao desenvolvimento em série de Taylor para obter a LPI.

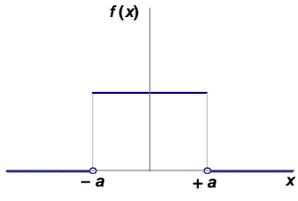
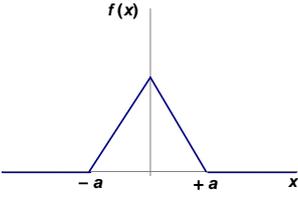
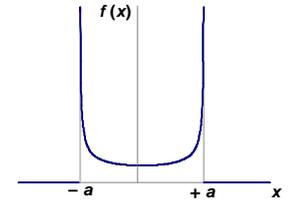
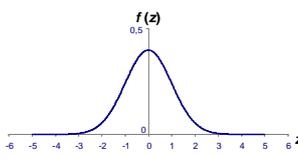
Considerando que o modelo matemático admite as estimativas  $x_i$  de  $N$  grandezas de entrada  $X_i$ , para as quais existem valores esperados  $(\mu_1, \dots, \mu_N)$ , o desenvolvimento em série de Taylor de 1ª ordem em torno de  $\mu_i$  conduz a:

$$y = f(\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_N) + \sum_{i=1}^N \left( \frac{\partial f}{\partial x_i} \right) \cdot (x_i - \mu_i) + r_2(x_i) \quad (7)$$

sendo exato apenas para modelos matemáticos lineares<sup>3</sup>. Na expressão anterior,  $f(\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_N)$  representa o valor esperado  $\mu_y$ , da mensuranda  $y$  e  $r_2$  representa o resto de 2ª ordem do desenvolvimento em série de Taylor.

<sup>3</sup> Modelos matemáticos que não sejam fortemente não-lineares podem admitir a aplicação desta expressão enquanto aproximação ou poder-se-ão incorporar termos do desenvolvimento de ordem superior, notando-se que estes introduzem um aumento significativo do grau de complexidade.

Quadro 1: Distribuições de probabilidade, limites de variação e expressões da variância

Função distribuição de probabilidade	Limites de variação	Expressão da variância
Denominação do tipo	Configuração característica	
Uniforme (centrada)		$\pm a$ $\frac{a^2}{3}$
Triangular (centrada)		$\pm a$ $\frac{a^2}{6}$
Configuração arco-seno (centrada)		$\pm a$ $\frac{a^2}{2}$
Normal (centrada)		$\pm s$ $s^2$

Sabendo que,  $\mu_y = f(\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_N)$ , a expressão anterior adquire a forma,

$$y - \mu_y = \sum_{i=1}^N \left( \frac{\partial f}{\partial x_i} \right) \cdot (x_i - \mu_i) + r_2(x_i) \quad (8)$$

cujo primeiro termo é uma componente da definição de variância aplicado à grandeza de saída,  $y$ , permitindo estabelecer a relação seguinte:

$$s_y^2 = \hat{\sigma}_y^2 = E \left[ (y - \mu_y)^2 \right] = E \left[ \left( \sum_{i=1}^N \left( \frac{\partial f}{\partial x_i} \right) \cdot (x_i - \mu_i) \right)^2 \right], \quad (9)$$

utilizando as propriedades do “valor esperado”,  $E$ , obtem-se a expressão geral da LPI:

$$s^2(y) = \sum_{i=1}^N \left( \frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 \cdot E[(x_i - \mu_i)^2] + 2 \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \left( \frac{\partial f}{\partial x_i} \right) \cdot \left( \frac{\partial f}{\partial x_j} \right) \cdot E[(x_i - \mu_i) \cdot (x_j - \mu_j)] \quad (10)$$

que, na sua formulação exposta no GUM [1], substitui os termos  $s^2(y)$  por  $u^2(y)$ , reportando-se à incerteza-padrão de medição (“ $u$ ” de “*uncertainty*”) e apresenta a simbologia convencional para representar as variâncias e covariâncias

$$u^2(y) = s^2(y) = \sum_{i=1}^N \left( \frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 \cdot s_i^2 + 2 \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \left( \frac{\partial f}{\partial x_i} \right) \cdot \left( \frac{\partial f}{\partial x_j} \right) \cdot s_{ij} \quad (11)$$

No GUM as derivadas parciais são designadas por “coeficientes de sensibilidade”, representando-os por  $c_i$  apresentando-se, por essa razão, uma expressão alternativa para a LPI, que é a mais conhecida,

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^N c_i^2 \cdot u^2(x_i) + 2 \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N c_i \cdot c_j \cdot u(x_i) \cdot u(x_j) \cdot r(x_i, x_j) \quad (12)$$

onde  $r_{ij}$  representa o coeficiente de correlação para o par de variáveis  $x_i$  e  $x_j$ .

A expressão anterior é simplificável quando não existe ou não é significativa a correlação entre os pares de grandezas de entrada, resultando:

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^N c_i^2 \cdot u^2(x_i) = \sum_{i=1}^N u_i^2(y) \quad (13)$$

As expressões (12) e (13) determinam o valor da incerteza-padrão de medição nas condições apresentadas.

O conhecimento do resultado da aplicação da LPI permite partir para a etapa seguinte da fase de cálculo: a avaliação da incerteza expandida de medição. Esta avaliação parte do pressuposto (inerente ao GUM) de aplicabilidade do Teorema do Limite Central, estipulando que a distribuição de probabilidade da grandeza de saída,  $y$ , possui uma configuração do tipo gaussiana. Sendo assim, a incerteza expandida de medição,  $U_p(y)$ , resulta do produto da *incerteza-padrão de medição*,  $u_c(y)$ , por um *fator de expansão*,  $k_p$ , que é função do intervalo de confiança pretendido,

$$U_p(y) = k_p \cdot u_c(y). \quad (14)$$

Nos casos em que a dimensão da amostra permita, de facto, aceitar este pressuposto, então, a incerteza-padrão de medição obtida usando a LPI equivale a um desvio-padrão experimental que, de acordo com esta distribuição, representa um intervalo de confiança da ordem de 68 %. A sua expansão para um intervalo de confiança de 95 % implica que se multiplique este valor por um *fator de expansão* conhecido que é igual a 2,00,

$$U_{95}(y) = k_{95} \cdot u_c(y) = 2,00 \cdot u_c(y). \quad (15)$$

Contudo, grande parte das medições não dispõe de amostras com dimensão suficientemente grande para que se possa considerar apropriada a aplicação do Teorema do Limite Central. É, portanto, necessário recorrer a uma abordagem alternativa aplicável nestes casos (recomendada num dos anexos do GUM<sup>4</sup>) baseada na distribuição de probabilidade *t*-Student. Neste caso, a relação (14) é substituída por outra,

$$U_p(y) = t_p(\nu) \cdot u_c(y) \quad (16)$$

em que o *fator de expansão*,  $t_p(\nu)$ , depende do número de graus de liberdade efetivos,  $\nu$  ou  $\nu_{ef}$ , da grandeza de saída.

A obtenção deste fator de expansão associada à distribuição de probabilidade *t*-Student, resulta da aplicação da fórmula de Welch-Satterthwaite [3,4], indicada no GUM,

$$\nu_{ef} = \frac{u_c^4(y)}{\sum_{i=1}^N \frac{u_i^4(y)}{\nu_i}}, \quad (17)$$

contendo no numerador uma potência de 4ª ordem da incerteza-padrão de medição da grandeza de saída e no denominador os rácios das diversas potências de 4ª ordem das contribuições para a incerteza divididas pelos números de graus de liberdade respetivos.

---

<sup>4</sup> O GUM refere que “reconhecendo a dificuldade de confirmar experimentalmente a presunção de aplicabilidade da distribuição gaussiana aos casos reais, apontam-se circunstâncias em que esta adequação se pode assumir, designadamente, quando os casos de aplicação possuem, pelo menos, 3 componentes distintas de incerteza, com distribuições de probabilidade bem comportadas e provenientes de grandezas independentes, por exemplo, distribuições normais e distribuições uniformes, contribuindo para a estimativa da incerteza-padrão de medição com quantidades comparáveis. Nessas circunstâncias (e considerando que as amostras que as suportam também o permitem), admite-se que se está no âmbito de validade do Teorema do Limite Central e, conseqüentemente, que a distribuição de probabilidade da grandeza de saída (mensuranda) é, com elevado grau de aproximação, do tipo gaussiana. Do mesmo modo, considera-se que este critério é atingido se nenhuma das componentes de incerteza obtidas por um método do tipo A for baseada numa amostra inferior a 10 observações”.

Para completar a exposição acerca deste processo de avaliação da incerteza expandida de medição, é necessário indicar a forma como se obtêm os diferentes parâmetros que se encontram no denominador.

Relativamente às componentes contributivas da incerteza de medição, elas são determinadas, admitindo a inexistência de correlação, por:

$$u_i^2(y) = c_i^2 \cdot u^2(x_i). \quad (18)$$

Quanto ao número de graus de liberdade relativo a cada grandeza de entrada, este é determinado consoante a componente de incerteza em causa resulta da aplicação de um método do tipo A ou de um método do tipo B, conforme se expõe a seguir:

- no caso de componentes de incerteza obtidas por um método do tipo A, essa avaliação é direta, uma vez que, sendo a dimensão da sua amostra constituída por  $n$  observações, o número de graus de liberdade,  $\nu_i$ , corresponde a  $(n-1)$  valores independentes (válido, necessariamente, considerando que  $n > 1$ );
- no caso de componentes de incerteza obtidos por um método do tipo B, utiliza-se a expressão apresentada no GUM, visando determinar o número de graus de liberdade com base no estabelecimento de um grau de fiabilidade da informação utilizada<sup>5</sup>:

$$\nu_i = \frac{1}{2} \cdot \left[ \frac{\Delta u(x_i)}{u(x_i)} \right]^{-2}. \quad (19)$$

A relação estabelecida entre o número de graus de liberdade efetivos e o fator de expansão  $t$ -Student origina os valores que constam do Quadro seguinte.

Quadro 2: Fator de expansão  $t$ -Student relacionado com o número de graus de liberdade efetivos da grandeza mensurável de saída (para um intervalo de confiança de 95%).

$\nu_{ef}$	$k_p$	$\nu_{ef}$	$k_p$	$\nu_{ef}$	$k_p$	$\nu_{ef}$	$k_p$
1	13,97	8	2,37	15	2,18	30	2,09
2	4,53	9	2,32	16	2,17	35	2,07
3	3,31	10	2,28	17	2,16	40	2,06
4	2,87	11	2,25	18	2,15	45	2,06
5	2,65	12	2,23	19	2,14	50	2,05
6	2,52	13	2,21	20	2,13	> 50	2,00
7	2,43	14	2,20	25	2,11		

<sup>5</sup> Considerando que se exprime o grau de fiabilidade por,  $R$ , então,  $R=1-[\Delta u(x_i)/u(x_i)]$ , onde  $\Delta u(x_i)$  representa a estimativa da percentagem de “incerteza” inerente ao valor limite atribuído à incerteza de medição,  $u(x_i)$ . Um exemplo: considerando que o rácio  $\Delta u(x_i)/u(x_i)$  é igual a 0,1 (i.e., 10%), o grau de fiabilidade da informação corresponde a 0,9 (ou seja, admite-se que se dispõe de um intervalo de confiança de 90% das possibilidades) e, conseqüentemente,  $\nu_i = \frac{1}{2} \cdot [0,1]^{-2} = 50$  graus de liberdade.

### 3.3 Tabelas de Balanço de Incertezas

O procedimento de avaliação de incertezas de medição é sintetizado em Quadros designados por “*Tabelas de Balanço de Incertezas*”, de acordo com duas abordagens tipo: uma, aplicável quando se admite que é válida a aproximação normal; outra, aplicável quando se admite que é válida a distribuição *t*-Student.

Na primeira, associada à distribuição normal, a *Tabela de Balanço de Incertezas* tem a forma que se apresenta no Quadro 3. Neste caso, a incerteza expandida de medição é obtida usando a expressão (15).

Quadro 3: Tabela de balanço de incertezas de medição (distribuição normal).

Grandezas de entrada	Estimativas	Incertezas-padrão	Coefficientes de sensibilidade	Contribuições para a incerteza-padrão de medição
$X_i$	$x_i$	$u(x_i)$	$c_i$	$u_i(y)$
$X_1$	$x_1$	$u(x_1)$	$c_1$	$u_1(y)$
$X_2$	$x_2$	$u(x_2)$	$c_2$	$u_2(y)$
...	...	...	...	...
$X_N$	$x_N$	$u(x_N)$	$c_N$	$u_N(y)$
$Y$	$y$			$u_c(y)$

Na segunda, quando é aplicável a distribuição de probabilidade *t*-Student, sendo necessário incluir no Quadro anterior um conjunto de células adicionais, incluindo uma coluna contendo o número de graus de liberdade relativos a cada componente de incerteza associada a grandezas de entrada e o acréscimo de informação requerido para se determinar o *fator de expansão*, resultando a Tabela de Balanço de Incertezas de Medição seguinte.

Quadro 4: Tabela de balanço de incertezas de medição (distribuição *t*-Student).

Grandezas de entrada	Estimativas	Incertezas-padrão	Coefficientes de sensibilidade	Contribuições para a incerteza-padrão de medição	Graus de liberdade
$X_i$	$x_i$	$u(x_i)$	$c_i$	$u_i(y)$	$\nu_i$
$X_1$	$x_1$	$u(x_1)$	$c_1$	$u_1(y)$	$\nu_1$
$X_2$	$x_2$	$u(x_2)$	$c_2$	$u_2(y)$	$\nu_2$
...	...	...	...	...	...
$X_N$	$x_N$	$u(x_N)$	$c_N$	$u_N(y)$	$\nu_N$
		<i>Incerteza-padrão de medição</i>		$u_c(y)$	
		<i>Graus de liberdade efetivos</i>			$\nu_{ef}$
$Y$	$y$	<i>Fator de expansão</i>			$t_p(\nu_{ef})$
		<i>Incerteza expandida de medição</i>		$U_p(y)$	

Estes Quadros são adotados internacionalmente como suporte à avaliação de incertezas de medição, cumprindo a função de simplificar a elaboração deste tipo de avaliação numérica mas, também, servindo um importante propósito de permitir, de forma simples, a compreensão, a partilha e a discussão deste tipo de informação no contexto internacional constituindo, por essa razão, uma das mais importantes contribuições do GUM para a normalização de um procedimento fundamental no contexto da Metrologia.

#### **4. MELHORES CAPACIDADES DE MEDIÇÃO E DE CALIBRAÇÃO DO LCAM EM 2012**

A elaboração do Quadro 5 tem como suporte o conjunto de Tabelas que exprimem as CMC's com base nos Balanços das Melhores Incertezas Expandidas de Medição do LCAM (2012) que se encontra no Anexo 1. Estas Tabelas estão agrupadas de acordo com as grandezas (comprimento, massa, pressão, temperatura e humidade) conforme consta no âmbito de acreditação do Laboratório Central de Apoio Metrológico do LNEC, e usam os modelos matemáticos desenvolvidos para cada um dos instrumentos e padrões de medição sujeitos a calibração, que são descritos nos respetivos procedimentos de calibração desenvolvidos neste laboratório. Os valores que constam destas Tabelas correspondem àqueles que minimizam o resultado obtido (incerteza de medição) de acordo com as orientações inerentes ao processo de acreditação do laboratório cujo enquadramento é o do Sistema Português da Qualidade.

Acerca dos valores apresentados, refira-se que estes se modificam ao longo do tempo, devido a fatores que afetam o desempenho da instrumentação, como: a calibração periódica dos padrões de referência; a evolução das suas características metrológicas provocadas por ações mecânicas, fadiga de componentes ou outras causas; a alteração de condições na realização dos ensaios (método, operador, etc.).

Desta evolução pode resultar que, durante o período de tempo entre auditorias sucessivas, as melhores incertezas possam aumentar ou diminuir em função das calibrações dos padrões. No primeiro caso, essa situação é refletida diretamente nas incertezas de medição declaradas nos certificados de calibração. No segundo caso, apesar dos valores de incerteza obtidos poderem ser menores que as melhores incertezas, o laboratório efetua a majoração desses valores para aqueles que constam das Tabelas de Melhores Incertezas respetivas, cumprindo os requisitos normativos aplicáveis. Na auditoria seguinte, os valores atualizados são apresentados à entidade acreditadora e, após a validação e a conclusão do processo, substituirão as melhores incertezas anteriormente declaradas.

As razões invocadas determinam a necessidade de se promover este tipo de avaliação periódica das melhores incertezas de medição do laboratório (expressão das suas

melhores capacidades) e o facto de se fazer coincidir esta operação com a proximidade da realização anual da auditoria externa.

*Quadro 5: Melhores Capacidades de Medição e de Calibração do LCAM em 2012.*

<b>Equipamento</b>	<b>Características</b>	<b>Melhores incertezas expandidas de medição *</b>	<b>Norma / procedimento</b>	<b>Calibração (C) ou ensaio metrol. (EM)</b>
<b>Micrómetros de exteriores</b>	Alcance 25 mm / Resol. 0,001 mm	$1,1 \cdot 10^{-3} + 2,1 \cdot 10^{-6} \cdot L$ mm **	ISO 3611 Proc. Interno 1.01	<b>C</b>
<b>Comparadores</b>	Alcance 50 mm / Resol. 0,001 mm	$(1,5 \cdot 10^{-3} + 2,1 \cdot 10^{-6} \cdot L)$ mm **	ISO 463 Proc. Interno E0201	<b>C</b>
<b>Apalpa-folgas</b>	Espessura até 5 mm	$(1,4 \cdot 10^{-3} + 2,1 \cdot 10^{-6} \cdot L)$ mm **	DIN 2275 Proc. Interno 3.01	<b>C</b>
<b>Peneiros</b>	Malha metálica	$3,6 \cdot 10^{-3}$ mm	ISO 3310-1 Proc. Interno 7.01	<b>C</b>
	Chapa perfurada	$3,6 \cdot 10^{-3}$ mm	ISO 3310-2 Proc. Interno 27.01	<b>C</b>
<b>Paquímetros</b>	Alcance 300 mm Resolução 0,01 mm	$(1,5 \cdot 10^{-2} + 2,1 \cdot 10^{-6} \cdot L)$ mm **	DIN 862 Proc. Interno 9.01	<b>C</b>
<b>Cabeças micrométricas</b>	Alcance 50 mm Resolução 0,001 mm	$(1,6 \cdot 10^{-3} + 2,1 \cdot 10^{-6} \cdot L)$ mm **	ISO 3611 Proc. interno. 18.01	<b>C</b>
<b>Moldes metálicos:</b>	Alcance 1500 mm (OX)	$3,2 \cdot 10^{-3}$ mm	NP EN 196-1 Proc. interno. E2901	<b>EM</b>
<b>cilíndricos, cúbicos,</b>	Alcance 1000 mm (OY)	$3,2 \cdot 10^{-3}$ mm	NP EN 12390 Proc. interno. E2901	
<b>triplos e prismáticos</b>	Alcance 1000 mm (OZ)	$3,2 \cdot 10^{-3}$ mm		
<b>Transdutores de deslocamento <i>in situ</i></b>	Alcance 300 mm Resolução 0,001 mm	$(1,4 \cdot 10^{-3} + 2,1 \cdot 10^{-6} \cdot L)$ mm **	Proc. Interno E3301	<b>C</b>
<b>Calibrador de extensómetros</b>	Alc. 25 mm / Resol. 0,001 mm	$(4,0 \cdot 10^{-3} + 8,6 \cdot 10^{-6} \cdot L)$ mm **	Proc. Interno E3401	<b>C</b>
<b>Extensómetros com indicador dedicado</b>	Alc. 25 mm / Resol. 0,005 mm	$(1,2 \cdot 10^{-2} + 8,6 \cdot 10^{-6} \cdot L)$ mm **	ISO 9513 Proc. Interno E3501	<b>C</b>
<b>Ensaio dimensionais <i>in situ</i></b>	Alc. 20 m	$(1,0 \cdot 10^{-3} + 2,1 \cdot 10^{-6} \cdot L)$ mm **	Proc. Interno E3201	<b>EM</b>
<b>Pratos de prensa</b>	Alc. 1 m x 1 m	$(4,4 \cdot 10^{-3} + 2,1 \cdot 10^{-6} \cdot L)$ mm **	Proc. Interno E3101	<b>EM</b>
<b>Instrumentos de Pesagem</b>	Resol.: 0,01 mg / peso: 1mg	$8,6 \cdot 10^{-3}$ mg	EN 45 501	<b>C</b>
	Resol.: 0,01 mg / peso: 10 mg	$8,4 \cdot 10^{-3}$ mg	Proc. interno. E0104	
	Resol.: 0,01 mg / peso: 100 mg	$1,0 \cdot 10^{-2}$ mg		
	Resol.: 0,01 mg / peso: 1 g	$5,1 \cdot 10^{-2}$ mg		
	Resol.: 0,01 mg / peso: 10 g	$5,3 \cdot 10^{-2}$ mg		
	Resol.: 0,1 mg / peso: 100 g	$1,4 \cdot 10^{-1}$ mg		
	Resol.: 0,1 mg / peso: 200 g	$2,6 \cdot 10^{-1}$ mg		
Resol.: 1 mg / peso: 500 g	$8,6 \cdot 10^{-1}$ mg			

	Resol.: 1 mg / peso: 1 kg	3,4 mg		
	Resol.: 1 mg / peso: 2 kg	6,4 mg		
	Resol.: 10 mg / peso: 5 kg	17,9 mg		
	Resol.: 10 mg / peso: 10 kg	34 mg		
	Resol.: 100 mg / peso: 30 kg	89 mg		
	Resol.: 100 mg / peso: 60 kg	0,65 g		
<b>Pesos Não-classificados</b>	Alcance 700 g Resolução I.P 0,001 mg	$4,2 \cdot 10^{-3}$ g	Proc. interno. 2.04	<b>C</b>
	Alcance 12 kg Resolução I.P. 0,1 g	$8,8 \cdot 10^{-2}$ g		
<b>Manómetros e Transdutores pressão, Modo hidráulico (óleo-hidráulico).</b>	1 bar a 10 bar; Resol. 0,01 bar	0,008 bar	NP EN 837-1	<b>C</b>
	1 bar a 60 bar; Resol. 0,1 bar	0,08 bar	Proc. interno. E0107	
	10 bar a 150 bar; Resol. 1 bar	0,8 bar		
	150 bar a 600 bar; Resol. 5 bar	3,6 bar		
<b>Manómetros e Transdutores pressão, Modo pneumático.</b>	1 bar a 15 bar; Resol. 0,001 bar	0,002 6 bar	NP EN 837-1	<b>C</b>
	1 bar a 15 bar; Resol. 0,01 bar	0,007 5 bar	Proc. interno. E0107	
<b>Manómetros e Transdutores em linha</b>	Alcance 35 bar; Resol. 0,1 bar. Modo pneumático.	0,08 bar	Proc. interno. E0307	<b>C</b>
	Alcance 135 bar; Resol. 0,1 bar. Modo hidráulico.	0,08 bar		
<b>Termómetros de dilatação de líquido-em-vidro</b>	Resol. 0,1 °C/ Int. -20 °C a 250 °C	0,10 °C	ISO 386	<b>C</b>
	Resol. 1 °C/ Int. -20 °C a 250 °C	0,7 °C	Proc. interno. 1.15	
<b>Estufas</b>	Int. medição: 0 °C a 180 °C	0,11 °C	DIN 12 880 Proc. interno. E0215	<b>EM</b>
<b>Câmaras climáticas</b>	Int. medição: 0 °C a 180 °C / 20 % hr a 95 % hr	0,11 °C 1,8 %hr	DIN 12 880 Proc. interno. E1415	<b>EM</b>
<b>Banhos c/ reg. térmica</b>	Int. medição: 0 °C a 180 °C	0,11 °C	Proc. Interno 10.15	<b>EM</b>
<b>Mufas e fornos</b>	Int. medição: ambiente a 400 °C	2,1 °C	Proc. Interno E0915	<b>EM</b>
	Int. medição: >400 °C a 800 °C	3,1 °C		
	Int. medição: >800 °C a 1100 °C	3,1 °C		
<b>Termómetros digitais</b>	Int. medição -20°C a 180°C Resolução 0,1°C	0,10 °C	Proc. interno 13.15	<b>C</b>
<b>Termistores</b>	Int. medição: 0 °C a 80 °C	0,17 °C	Proc. interno 17.15	<b>C</b>
<b>Termómetros de resist. de platina</b>	Int. medição: - 20 °C a 80 °C	0,015 °C	Proc.s internos	<b>C</b>
	Int. medição: 80 °C a 250 °C	0,037 °C	8.15/18.15	
<b>Termohigrógrafos e termohigrómetros</b>	Intervalos de medição: 0 °C a 50 °C / Resolução 0,1 °C 20 %hr a 95 % hr / 0,1 % hr	0,23 °C 1,2 %hr	Proc. Interno E0315	<b>C</b>

<b>Higrómetros de espelho</b>	Intervalos de medição:			
	- 15 °C a 50 °C / Resol. 0,1 °C	0,17 °C	Proc. Interno E2215	<b>C</b>
	20 %hr a 95 % hr / 0,1 % hr	1,1 %hr		
0 °C a 50 °C / Resol. 0,1 °C	0,33 °C (dew-point)			
<b>Termohigrógrafos mecânicos (tambor)</b>	Intervalos de medição:			
	0 °C a 50 °C / Resol. 0,5 °C	0,40 °C	Proc. Interno E2115	<b>C</b>
	20 % hr a 95 % hr / 0,5 % hr	2,5 %hr		
<b>Termoanemómetros</b>	Intervalos de medição:			
	0 °C a 50 °C / Resol. 0,1 °C	0,11 °C	Proc. Interno E2315	<b>C</b>
<b>Termopares</b>	Intervalos de medição:			
	Ambiente a 180 °C	0,1 °C	Proc. Interno E1215	<b>C</b>
	> 180 °C a 450 °C	1,6 °C	Proc. Interno 18.15	
	> 450 °C a 1100 °C	2,4 °C		

\* Os valores indicados representam a semi-amplitude do intervalo de incerteza de medição, conforme recomendação do ISO-GUM para a representação desta grandeza ( por exemplo, a indicação da incerteza expandida de medição de  $8,0 \cdot 10^{-3}$  mg deve entender-se como correspondente a um intervalo de incerteza cujos limites são  $\pm 8,0 \cdot 10^{-3}$ ).

\*\* L em mm.

O conteúdo do quadro anterior inclui os valores de referência do laboratório no que respeita aos valores mínimos de incerteza expandida de medição que podem ser declarados nos certificados emitidos em 2012, após aceitação pela entidade acreditadora (IPAC – Instituto Português de Acreditação) como *Melhores Capacidades de Medição e de Calibração*, sendo válidos até à conclusão da auditoria externa seguinte. A informação nele contida é, também, disponibilizada aos clientes de serviços do laboratório, fornecendo um conjunto adicional de indicações relevantes acerca das capacidades vigentes para a realização de calibrações ou ensaios metrológicos, apoiando a sua decisão no que se refere à concordância entre estas capacidades declaradas pelo laboratório e os requisitos dos processos de confirmação metrológica associados aos padrões e equipamentos de referência do Laboratório Central de Apoio Metrológico do LNEC.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] *Guide for the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM)*. Genève (Suíça). International Organization for Standardization (ISO). 1993, re-editado em 1995.
- [2] VIM – Vocabulário Internacional de Metrologia. Instituto Português da Qualidade (IPQ), Caparica (Portugal), 2008.
- [3] Satterthwaite, F. E., (1946) *Biometrics Bull.* **2**(6), 110-114.
- [4] Welch, B. L., (1947) *Biometrika.* **34**, 28-35.

LNEC, Lisboa, junho de 2012

### VISTOS

O Diretor do CIC



Carlos Oliveira Costa

### AUTORIA



Álvaro Silva Ribeiro

Lic.º em Física Tecnológica, Doutor  
Investigador Auxiliar, Chefe do NQM



Luís Filipe Lages Martins

Lic.º em Eng.ª Mecânica  
Bolseiro de Doutoramento



**ANEXO 1**

***Tabelas de Balanço das Melhores Capacidades de Medição e de Calibração do  
LCAM/LNEC em 2012***



## Introdução

A elaboração dos quadros que se encontram neste documento, expressando as melhores capacidades de medição e calibração (CMC) do LCAM/LNEC, resultou da quantificação dos efeitos associados a diversos tipos de fontes de incerteza.

As estimativas que permitem a contabilização dessas contribuições são obtidas por vias distintas, resultando de informação documental, baseadas em ensaios experimentais, suportadas na avaliação da variabilidade associada à instalação experimental, determinadas com base em critérios aplicáveis na realização da calibração ou ensaio, ou outros.

A descrição que se segue procura fazer um breve enquadramento da fonte de informação que suporta as diferentes estimativas, complementada em cada quadro com informação experimental suplementar, quando as contribuições adotadas resultam de ensaios experimentais específicos.

De modo a facilitar a interpretação da informação associada aos diferentes quadros de CMC apresentados, essa informação encontra-se diferenciada de acordo com os diferentes âmbitos de acreditação.

## Componentes de Incerteza no Âmbito Dimensional (Comprimento e Grandezas Geométricas)

**Incerteza de medição alvo** – contribuição especificada no documento interno EDI.MO.18.

**Calibração** – contribuição obtida nos certificados de calibração dos padrões, sendo incorporada como uma parcela da incerteza de medição alvo. A inclusão de valores nesta parcela não é efetuada, de modo a não duplicar a contribuição desta fonte de incerteza.

**Deriva instrumental** – contribuição especificada no documento interno EDI.MO.22.

**Materialização da grandeza** – estimativa com base em informação adicional em certificados de calibração ou do fabricante. Esta contribuição não é considerada no caso da componente constituir uma componente de erro sistemático que se possa aplicar como correção diretamente nos valores lidos (conforme recomendação do ISO-GUM).

**Aritmética finita / computação** – contribuição associada ao processamento de informação por via computacional, quando esta implica a introdução de erros computacionais (truncagem, arredondamentos, etc.).

**Retorno a zero** – contribuição associada à existência de desvios no processo de retorno a zero do equipamento de referência.

**Linearidade** – contribuição associada a desvios de linearidade indicados pelo fabricante.

**Estabilidade** – contribuição associada à existência de critérios de estabilidade a cumprir em patamares de calibração ou ensaio.

**Correções dos valores de referência** – contribuição associada à existência de desvios residuais (por exemplo, associados à aplicação de regressões lineares) não contabilizados na incerteza de medição alvo.

**Resolução** – contribuição associada à discriminação de leitura de dispositivos indicadores, analógicos ou digitais, correspondendo o valor adotado à semi-amplitude do valor da resolução como limites do intervalo de uma função de distribuição de probabilidade retangular.

**Repetibilidade** – valor mínimo contabilizável correspondente a 1/5 da resolução, aplicado no caso da repetibilidade determinada no ensaio experimental ser inferior a este valor. No caso contrário, será utilizado o valor experimental.

**Reprodutibilidade (instrumental / método / operador)** – estimativa associada à quantificação da componente associada à reprodutibilidade quando existem diferentes instrumentos de referência, diferentes métodos ou diferentes operadores para o mesmo ensaio. A quantificação deste parâmetro faz-se usando o método clássico, conforme descrito na comunicação (em anexo):

- Silva, Ribeiro, L. Lages Martins - *Viabilidade Técnica e Impacto Económico da Aplicação do Método Bootstrap em Estudos de Repetibilidade e de Reprodutibilidade*, 4º Encontro Nacional da Sociedade Portuguesa de Metrologia, 11 nov. 2011, Oeiras (ISQ).

**Instalação e montagem** – erro de cosseno,  $\varepsilon_{\max} = \pm L_{\max} (1 - \cos(\alpha))$ .

**Intervenção do operador** – contribuição associada aos ensaios em que o operador tem uma influência particular no decurso do ensaio, nomeadamente, medições em que a força exercida pelo operador tem uma importância significativa no resultado da medição (caso aplicável a micrómetros e paquímetros). A determinação de uma estimativa para esta componente de incerteza resulta da realização de um ensaio experimental (ensaio “cego”) realizado em dois momentos distintos do dia.

**Reversibilidade** – contribuição associada à reversibilidade quando este parâmetro pode influenciar o ensaio a realizar. Nestes casos, a estimativa tem como base uma avaliação experimental, utilizando-se como contribuição a variância de uma FDP retangular em que o parâmetro utilizado corresponde a metade da maior diferença encontrada nos patamares obtidos num ciclo crescente e decrescente.

**Valor nominal do coeficiente de expansão térmica do equipamento de referência** - contribuição associada ao coef. linear de expansão térmica de acordo com bibliografia aplicável.

# Capacidades de Medição e Calibração (CMC) do LCAM/LNEC (2012)

(Tabelas baseadas no modelo de tabela de balanço de incertezas do ISO-GUM – 1993/1995)

---

**Diferença média da temperatura do equipamento a calibrar relativamente à temperatura de referência** – estimativa obtida com base no historial de registos de condicionamento ambiental do laboratório e com o critério de funcionamento dos laboratórios da área dimensional.

**Variação cíclica da temperatura no ambiente laboratorial** – estimativa obtida com base no historial de registos de condicionamento ambiental do laboratório e com o critério de funcionamento dos laboratórios da área dimensional.

**Diferença entre coeficientes de expansão térmica (equipamentos a calibrar e de referência)** – estimativa da diferença máxima que poderá existir entre equipamentos (de referência e a calibrar) considerando que ambos são constituídos por materiais similares e, conseqüentemente, com coeficientes aproximadamente iguais.

**Diferença de temperatura entre equipamentos a calibrar e de referência** – considerando que os equipamentos são colocados no espaço laboratorial em regiões próximas e com uma antecedência adequada para que a temperatura dos equipamentos seja próxima entre si, a estimativa de diferença em causa assume proporções máximas limitadas de acordo com a estimativa considerada. Esta estimativa, no caso de calibrações efetuadas in situ, por não haver um controlo tão eficaz das variações de temperatura e dos gradientes, implica que se considere um valor mais elevado para a referida diferença de temperatura.

## Componentes de Incerteza no Âmbito da Grandeza Massa

**Incerteza de medição alvo** – contribuição especificada no documento interno EDI.MO.18.

**Calibração** – obtida nos certificados de calibração dos padrões, sendo incorporada como uma parcela da incerteza de medição alvo. A inclusão de valores nesta parcela não é efetuada, de modo a não duplicar a contribuição desta fonte de incerteza.

**Depreciação** – contribuição especificada no documento interno EDI.MO.18.

**Resolução** – contribuição associada à discriminação de leitura de dispositivos indicadores associados aos instrumentos de pesagem, analógicos ou digitais, correspondendo o valor adotado à semi-amplitude do valor da resolução como limites do intervalo de uma função de distribuição de probabilidade retangular.

**Repetibilidade** – valor mínimo contabilizável correspondente a 1/5 da resolução, aplicado no caso da repetibilidade determinada no ensaio experimental ser inferior a este valor. No caso contrário, será utilizado o valor experimental.

**Efeito de convecção** – efeito associado à existência de correntes de convecção criadas por gradientes de temperatura, originando um efeito de “flutuação”. Valor correspondente a  $\pm 0,1 \text{ mg} / 100 \text{ g}$  para uma variação de temperatura de  $1 \text{ }^\circ\text{C}$  (*vide* Relatório LNEC 154/05).

**Efeito de impulso** – efeito associado ao fenómeno de impulso do peso devido ao ar, contrariando o efeito da força gravítica. Valor correspondente a  $\pm 5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  (*vide* Relatório LNEC 154/05).

## Componentes de Incerteza no Âmbito da Grandeza Pressão

**Incerteza de medição alvo** – contribuição especificada no documento interno EDI.MO.18

**Calibração** – contribuição obtida nos certificados de calibração dos padrões, sendo incorporada como uma parcela da incerteza de medição alvo. A inclusão de valores nesta parcela não é efetuada, de modo a não duplicar a contribuição desta fonte de incerteza.

**Deriva instrumental** – contribuição especificada no documento interno EDI.MO.22

**Resolução** – contribuição associada à discriminação de leitura de dispositivos indicadores associados aos instrumentos de pesagem, analógicos ou digitais, correspondendo o valor adotado à semi-amplitude do valor da resolução como limites do intervalo de uma função de distribuição de probabilidade retangular.

**Repetibilidade** – valor mínimo contabilizável correspondente a 1/5 da resolução, aplicado no caso da repetibilidade determinada no ensaio experimental ser inferior a este valor. No caso contrário, será utilizado o valor experimental.

**Estabilidade de curto prazo** – contribuição associada à estabilidade da indicação em curto prazo (duração da realização das leituras), constituindo um critério para a realização do ensaio.

**Desvio de zero** – contribuição associada ao erro observável no retorno da indicação a zero.

## Componentes de Incerteza no Âmbito das Grandezas Temperatura e Humidade Relativa

**Incerteza de medição alvo** – contribuição especificada no documento interno EDI.MO.18

**Calibração** – contribuição obtida nos certificados de calibração dos padrões, sendo incorporada como uma parcela da incerteza de medição alvo. A inclusão de valores nesta parcela não é efetuada, de modo a não duplicar a contribuição desta fonte de incerteza.

**Estabilidade de longo prazo** – contribuição equivalente à designada por deriva instrumental especificada no documento interno EDI.MO.22

**Estabilidade do meio termoregulado** – contribuição devido à variação térmica do meio termoregulado ao longo do tempo. Os valores atribuídos correspondem a valores limite máximos que determinam os critérios de aceitação para realização do ensaio, sendo adotado esse valor tendo em consideração que devem ser observadas, nos ensaios, condições melhores que os valores indicados.

## Capacidades de Medição e Calibração (CMC) do LCAM/LNEC (2012)

(Tabelas baseadas no modelo de tabela de balanço de incertezas do ISO-GUM – 1993/1995)

---

**Uniformidade do meio termoregulado** – contribuição devido à variação espacial térmica do meio termoregulado. Os valores atribuídos correspondem a valores limite máximos que determinam os critérios de aceitação para realização do ensaio, sendo adotado esse valor tendo em consideração que devem ser observadas, nos ensaios, condições melhores que os valores indicados.

**Resolução** – contribuição associada à discriminação de leitura de dispositivos indicadores, analógicos ou digitais, correspondendo o valor adotado à semi-amplitude do valor da resolução como limites do intervalo de uma função de distribuição de probabilidade retangular.

**Auto-aquecimento** – contribuição associada ao fenómeno de auto-aquecimento gerado em termómetros de resistência devido ao efeito de potência associado à passagem de corrente eléctrica no meio condutor, afetando a medição de temperatura.

**Condução térmica** – contribuição associada ao fenómeno de condução que pode ocorrer em elementos de proteção de termómetros, nomeadamente, em bainhas metálicas.

**Interpolação da escala** – contribuição associada à compensação relativa à não-linearidade das escalas termométricas de termómetros de resistência de platina e termopares. Em regra, adota-se uma contribuição que corresponde a cerca de 1/10 da resolução do equipamento a calibrar.

# Capacidades de Medição e Calibração (CMC) do LCAM/LNEC (2012)

(Tabelas baseadas no modelo de tabela de balanço de incertezas do ISO-GUM – 1993/1995)

## Micrómetros de exteriores

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (M0025-1): 1 (cat. 0)

Gama de medição: 0 mm a 25 mm

Método de calibração: proc. interno n.º 1.01, versão 13, 2011/06/16, ISO 3611:2010

Resolução: 0,001 mm

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>d</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	X <sub>i</sub>		u(x <sub>i</sub> )	C <sub>i</sub>	u(y)	v <sub>i</sub>
I <sub>s</sub>	<b>Incerteza de medição alvo</b>	N	1,7·10 <sup>-4</sup> mm	1	1,7·10 <sup>-4</sup> mm	50
	Calibração (incluída na IMA)	N	0 mm	1	0 mm	50
	<b>Deriva instrumental</b>	T	4,0·10 <sup>-4</sup> / √6 mm	1	1,6·10 <sup>-4</sup> mm	50
	<b>Materialização da grandeza</b>	R	2,8·10 <sup>-4</sup> / √3 mm	1	1,6·10 <sup>-4</sup> mm	50
	Aritmética finita / computação	R	0 mm	1	0 mm	50
	Retorno a zero	R	0 mm	1	0 mm	50
	Linearidade	R	0 mm	1	0 mm	50
	Estabilidade	R	0 mm	1	0 mm	50
	Correção dos valores de referência	R	0 mm	1	0 mm	50
δ	<b>Resolução do equipamento a calibrar</b>	R	5,0·10 <sup>-4</sup> / √3 mm	1	2,9·10 <sup>-4</sup> mm	50
	Aritmética finita / computação	R	0 mm	1	0 mm	50
	<b>Repetibilidade</b>	N	2,0·10 <sup>-4</sup> mm	1	2,0·10 <sup>-4</sup> mm	9
	Reprodutibilidade (instrumental)	N	0 mm	1	0 mm	8
	Reprodutibilidade (métodos)	N	0 mm	1	0 mm	8
	Reprodutibilidade (operadores)	N	0 mm	1	0 mm	8
	Materialização da grandeza	R	0 mm	1	0 mm	50
	<b>Instalação e montagem</b>	R	2,4·10 <sup>-4</sup> / √3 mm	1	1,4·10 <sup>-4</sup> mm	50
	<b>Intervenção do operador</b>	R	4,0·10 <sup>-4</sup> / √3 mm	1	2,3·10 <sup>-4</sup> mm	50
	Reversibilidade	R	0 mm	1	0 mm	50
α <sub>s</sub>	<b>Valor nominal do coeficiente de expansão térmica do eq. de referência</b>	R	2,0·10 <sup>-6</sup> / √3 °C <sup>-1</sup>	- 0,1·I <sub>s</sub> mm·°C	(1,2·10 <sup>-7</sup> L) mm	50
δθ	<b>Diferença média da temperatura do eq. a calibrar relativa à temp. de referência.</b>	R	4,0·10 <sup>-1</sup> / √3 °C	- 5·10 <sup>-6</sup> ·I <sub>s</sub> mm·°C <sup>-1</sup>	(2,3·10 <sup>-7</sup> L) mm	50
	<b>Variação cíclica da temperatura no ambiente laboratorial</b>	U	1,0 / √2 °C	- 5·10 <sup>-6</sup> ·I <sub>s</sub> mm·°C <sup>-1</sup>	(7,1·10 <sup>-7</sup> L) mm	50
Δα	<b>Diferença entre coef.s de expansão térmica (equip.s a calibrar e referência).</b>	R	1,0·10 <sup>-6</sup> / √3 °C <sup>-1</sup>	- 0,5·I <sub>s</sub> mm·°C	(2,9·10 <sup>-7</sup> L) mm	50
Δθ	<b>Diferença de temperatura entre equipamentos a calibrar e de referência.</b>	R	1,0·10 <sup>-1</sup> / √3 °C	- 1,15·10 <sup>-5</sup> ·I <sub>s</sub> mm·°C <sup>-1</sup>	(6,6·10 <sup>-7</sup> L) mm	50

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N – Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P – Trapezoidal

u(y)	Incerteza-padrão de medição: (5,6·10 <sup>-4</sup> + 1,0·10 <sup>-6</sup> · L) mm
k	Graus de liberdade efetivos: 162
v <sub>ef</sub>	Fator de expansão: 2,02
<b>U<sub>95</sub>(y)</b>	<b>Incerteza expandida de medição(95%): (1,1·10<sup>-3</sup> + 2,1·10<sup>-6</sup> · L) mm</b>

Ensaio para estimativa da contribuição associada à intervenção do operador

	Resultados / mm					Valor médio / mm	Diferença / mm
	10,001	10,000	10,000	10,001	10,002		
Ensaio 1	10,001	10,000	10,000	10,001	10,002	10,000 8	0,000 4
Ensaio 2	10,000	10,002	10,001	10,001	10,002	10,001 2	

Estimativa para a contribuição associada à instalação e montagem

$$\varepsilon_{\max} = \pm L_{\max} (1 - \cos(\alpha)) = \pm 25 \cdot (1 - \cos(0,25^\circ)) \text{ mm} \cong 0,000 24 \text{ mm} \cdot$$

# Capacidades de Medição e Calibração (CMC) do LCAM/LNEC (2012)

(Tabelas baseadas no modelo de tabela de balanço de incertezas do ISO-GUM – 1993/1995)

## Micrómetros de exteriores

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (M0025-1): 1 (cat. 0)

Gama de medição: 0 mm a 25 mm

Método de calibração: proc. interno n.º 1.01, versão 13, 2011/06/16, ISO 3611:2010

Resolução: 0,01 mm

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>d</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	X <sub>i</sub>		u(x <sub>i</sub> )	C <sub>i</sub>	u(y)	ν <sub>i</sub>
I <sub>s</sub>	<b>Incerteza de medição alvo</b>	N	1,7·10 <sup>-4</sup> mm	1	1,7·10 <sup>-4</sup> mm	50
	Calibração (incluída na IMA)	N	0 mm	1	0 mm	50
	<b>Deriva instrumental</b>	T	4,0·10 <sup>-4</sup> / √6 mm	1	1,6·10 <sup>-4</sup> mm	50
	<b>Materialização da grandeza</b>	R	2,8·10 <sup>-4</sup> / √3 mm	1	1,6·10 <sup>-4</sup> mm	50
	Aritmética finita / computação	R	0 mm	1	0 mm	50
	Retorno a zero	R	0 mm	1	0 mm	50
	Linearidade	R	0 mm	1	0 mm	50
	Estabilidade	R	0 mm	1	0 mm	50
	Correção dos valores de referência	R	0 mm	1	0 mm	50
δ	<b>Resolução do equipamento a calibrar</b>	R	5,0·10 <sup>-3</sup> / √3 mm	1	2,9·10 <sup>-3</sup> mm	50
	Aritmética finita / computação	R	0 mm	1	0 mm	50
	<b>Repetibilidade</b>	N	2,0·10 <sup>-3</sup> mm	1	2,0·10 <sup>-3</sup> mm	9
	Reprodutibilidade (instrumental)	N	0 mm	1	0 mm	8
	Reprodutibilidade (métodos)	N	0 mm	1	0 mm	8
	Reprodutibilidade (operadores)	N	0 mm	1	0 mm	8
	Materialização da grandeza	R	0 mm	1	0 mm	50
	<b>Instalação e montagem</b>	R	2,4·10 <sup>-4</sup> / √3 mm	1	1,4·10 <sup>-4</sup> mm	50
	<b>Intervenção do operador</b>	R	4,0·10 <sup>-4</sup> / √3 mm	1	2,3·10 <sup>-4</sup> mm	50
	Reversibilidade	R	0 mm	1	0 mm	50
α <sub>s</sub>	<b>Valor nominal do coeficiente de expansão térmica do eq. de referência</b>	R	2,0·10 <sup>-6</sup> / √3 °C <sup>-1</sup>	- 0,1·I <sub>s</sub> mm·°C	(1,2·10 <sup>-7</sup> L) mm	50
δθ	<b>Diferença média da temperatura do eq. a calibrar relativa à temp. de referência.</b>	R	4,0·10 <sup>-1</sup> / √3 °C	- 5·10 <sup>-6</sup> ·I <sub>s</sub> mm·°C <sup>-1</sup>	(2,3·10 <sup>-7</sup> L) mm	50
	<b>Variação cíclica da temperatura no ambiente laboratorial</b>	U	1,0 / √2 °C	- 5·10 <sup>-6</sup> ·I <sub>s</sub> mm·°C <sup>-1</sup>	(7,1·10 <sup>-7</sup> L) mm	50
Δα	<b>Diferença entre coef.s de expansão térmica (equip.s a calibrar e referência).</b>	R	1,0·10 <sup>-6</sup> / √3 °C <sup>-1</sup>	- 0,5·I <sub>s</sub> mm·°C	(2,9·10 <sup>-7</sup> L) mm	50
Δθ	<b>Diferença de temperatura entre equipamentos a calibrar e de referência.</b>	R	1,0·10 <sup>-1</sup> / √3 °C	- 1,15·10 <sup>-5</sup> ·I <sub>s</sub> mm·°C <sup>-1</sup>	(6,6·10 <sup>-7</sup> L) mm	50

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N – Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P – Trapezoidal

u(y)	Incerteza-padrão de medição: (4,1·10 <sup>-3</sup> + 1,0·10 <sup>-6</sup> · L) mm
k	Graus de liberdade efetivos: 52
v <sub>ef</sub>	Fator de expansão: 2,05
U <sub>95</sub> (y)	<b>Incerteza expandida de medição(95%): (8,3·10<sup>-3</sup> + 2,1·10<sup>-6</sup> · L) mm</b>

# Capacidades de Medição e Calibração (CMC) do LCAM/LNEC (2012)

(Tabelas baseadas no modelo de tabela de balanço de incertezas do ISO-GUM – 1993/1995)

## Comparadores e transdutores de deslocamento

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (M0025-1): 2 (cat. 0)

Gama de medição: 0 mm a 50 mm

Método de calibração: proc. interno n.º E0201, versão 4, 2012/01/30, ISO 463:2006

Resolução: 0,001 mm

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>d</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	X <sub>i</sub>		u(x <sub>i</sub> )	C <sub>i</sub>	u <sub>i</sub> (y)	ν <sub>i</sub>
I <sub>s</sub>	<b>Incerteza de medição alvo</b>	<b>N</b>	<b>5,0·10<sup>-4</sup> mm</b>	<b>1</b>	<b>5,0·10<sup>-4</sup> mm</b>	<b>50</b>
	Calibração (incluída na IMA)	N	0 mm	1	0 mm	50
	<b>Deriva instrumental</b>	<b>T</b>	<b>5,0·10<sup>-4</sup> / √6 mm</b>	<b>1</b>	<b>2,0·10<sup>-4</sup> mm</b>	<b>92</b>
	Materialização da grandeza	R	0 mm	1	0 mm	50
	Aritmética finita / computação	R	0 mm	1	0 mm	50
	Retorno a zero	R	0 mm	1	0 mm	50
	Linearidade	R	0 mm	1	0 mm	50
	Estabilidade	R	0 mm	1	0 mm	50
	Correção dos valores de referência	R	0 mm	1	0 mm	50
δ	<b>Resolução do equipamento a calibrar</b>	<b>R</b>	<b>5,0·10<sup>-4</sup> / √3 mm</b>	<b>1</b>	<b>2,9·10<sup>-4</sup> mm</b>	<b>50</b>
	Aritmética finita / computação	R	0 mm	1	0 mm	50
	<b>Repetibilidade</b>	<b>N</b>	<b>2,0·10<sup>-4</sup> mm</b>	<b>1</b>	<b>2,0·10<sup>-4</sup> mm</b>	<b>9</b>
	<b>Reprodutibilidade (instrumental)</b>	<b>N</b>	<b>2,0·10<sup>-4</sup> mm</b>	<b>1</b>	<b>2,0·10<sup>-4</sup> mm</b>	<b>8</b>
	Reprodutibilidade (métodos)	N	0 mm	1	0 mm	8
	Reprodutibilidade (operadores)	N	0 mm	1	0 mm	8
	Materialização da grandeza	R	0 mm	1	0 mm	50
	<b>Instalação e montagem</b>	<b>R</b>	<b>4,8·10<sup>-4</sup> / √3 mm</b>	<b>1</b>	<b>2,8·10<sup>-4</sup> mm</b>	<b>50</b>
	Intervenção do operador	R	0 mm	1	0 mm	50
	Reversibilidade	R	0 mm	1	0 mm	50
α <sub>s</sub>	Valor nominal do coeficiente de expansão térmica do eq. de referência	R	2,0·10 <sup>-6</sup> / √3 °C <sup>-1</sup>	- 0,1·I <sub>s</sub> mm·°C	(1,2·10 <sup>-7</sup> L) mm	50
δθ	Diferença média da temperatura do eq. a calibrar relativa à temp. de referência.	R	4,0·10 <sup>-1</sup> / √3 °C	- 5·10 <sup>-6</sup> ·I <sub>s</sub> mm·°C <sup>-1</sup>	(2,3·10 <sup>-7</sup> L) mm	50
	Varição cíclica da temperatura no ambiente laboratorial	U	1,0 / √2 °C	- 5·10 <sup>-6</sup> ·I <sub>s</sub> mm·°C <sup>-1</sup>	(7,1·10 <sup>-7</sup> L) mm	50
Δα	Diferença entre coef.s de expansão térmica (equip.s a calibrar e referência).	R	1,0·10 <sup>-6</sup> / √3 °C <sup>-1</sup>	- 0,5·I <sub>s</sub> mm·°C	(2,9·10 <sup>-7</sup> L) mm	50
Δθ	Diferença de temperatura entre equipamentos a calibrar e de referência.	R	1,0·10 <sup>-1</sup> / √3 °C	- 1,15·10 <sup>-5</sup> ·I <sub>s</sub> mm·°C <sup>-1</sup>	(6,6·10 <sup>-7</sup> L) mm	50

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N – Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P – Trapezoidal

u(y)	Incerteza-padrão de medição: (7,3·10 <sup>-4</sup> + 1,0·10 <sup>-6</sup> · L) mm
k	Graus de liberdade efetivos: 148
v <sub>ef</sub>	Fator de expansão: 2,02
U <sub>95</sub> (y)	Incerteza expandida de medição(95%): (1,5·10 <sup>-3</sup> + 2,1·10 <sup>-6</sup> · L) mm

Estimativa para a contribuição associada à instalação e montagem

$$\varepsilon_{\max} = \pm L_{\max} (1 - \cos(\alpha)) = \pm 50 \cdot (1 - \cos(0,25^\circ)) \text{ mm} \cong 0,00048 \text{ mm} \cdot$$

# Capacidades de Medição e Calibração (CMC) do LCAM/LNEC (2012)

(Tabelas baseadas no modelo de tabela de balanço de incertezas do ISO-GUM – 1993/1995)

## Paquímetros

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (M0025-1): 3 (cat. 0)

Gama de medição: 0 mm a 300 mm

Método de calibração: proc. interno n.º 9.01, versão 12, 2011/06/16, DIN 862:2011

Resolução: 0,01 mm

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>d</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	X <sub>i</sub>		u(x <sub>i</sub> )	C <sub>i</sub>	u <sub>i</sub> (y)	ν <sub>i</sub>
l <sub>s</sub>	<b>Incerteza de medição alvo</b>	<b>N</b>	<b>5,0·10<sup>-3</sup> mm</b>	<b>1</b>	<b>5,0·10<sup>-3</sup> mm</b>	<b>50</b>
	Calibração (incluída na IMA)	N	0 mm	1	0 mm	50
	<b>Deriva instrumental</b>	<b>T</b>	<b>2,0·10<sup>-3</sup> / √6 mm</b>	<b>1</b>	<b>8,2·10<sup>-4</sup> mm</b>	<b>50</b>
	Materialização da grandeza	R	0 mm	1	0 mm	50
	Aritmética finita / computação	R	0 mm	1	0 mm	50
	Retorno a zero	R	0 mm	1	0 mm	50
	Linearidade	R	0 mm	1	0 mm	50
	Estabilidade	R	0 mm	1	0 mm	50
	Correção dos valores de referência	R	0 mm	1	0 mm	50
δ	<b>Resolução do equipamento a calibrar</b>	<b>R</b>	<b>5,0·10<sup>-3</sup> / √3 mm</b>	<b>1</b>	<b>2,9·10<sup>-3</sup> mm</b>	<b>50</b>
	Aritmética finita / computação	R	0 mm	1	0 mm	50
	<b>Repetibilidade</b>	<b>N</b>	<b>2,0·10<sup>-3</sup> mm</b>	<b>1</b>	<b>2,0·10<sup>-3</sup> mm</b>	<b>4</b>
	<b>Reprodutibilidade (instrumental)</b>	<b>R</b>	<b>3,0·10<sup>-3</sup> mm</b>	<b>1</b>	<b>3,0·10<sup>-3</sup> mm</b>	<b>8</b>
	Reprodutibilidade (métodos)	N	0 mm	1	0 mm	8
	Reprodutibilidade (operadores)	N	0 mm	1	0 mm	8
	Materialização da grandeza	R	0 mm	1	0 mm	50
	<b>Instalação e montagem</b>	<b>R</b>	<b>5,0·10<sup>-3</sup> / √3 mm</b>	<b>1</b>	<b>2,9·10<sup>-3</sup> mm</b>	<b>50</b>
	<b>Intervenção do operador</b>	<b>R</b>	<b>4,0·10<sup>-3</sup> / √3 mm</b>	<b>1</b>	<b>2,3·10<sup>-3</sup> mm</b>	<b>50</b>
	Reversibilidade	R	0 mm	1	0 mm	50
α <sub>s</sub>	Valor nominal do coeficiente de expansão térmica do eq. de referência	R	2,0·10 <sup>-6</sup> / √3 °C <sup>-1</sup>	- 0,1·l <sub>s</sub> mm·°C	(1,2·10 <sup>-7</sup> L) mm	50
δθ	Diferença média da temperatura do eq. a calibrar relativa à temp. de referência.	R	4,0·10 <sup>-1</sup> / √3 °C	- 5·10 <sup>-6</sup> ·l <sub>s</sub> mm·°C <sup>-1</sup>	(2,3·10 <sup>-7</sup> L) mm	50
	Varição cíclica da temperatura no ambiente laboratorial	U	1,0 / √2 °C	- 5·10 <sup>-6</sup> ·l <sub>s</sub> mm·°C <sup>-1</sup>	(7,1·10 <sup>-7</sup> L) mm	50
Δα	Diferença entre coef.s de expansão térmica (equip.s a calibrar e referência).	R	1,0·10 <sup>-6</sup> / √3 °C <sup>-1</sup>	- 0,5·l <sub>s</sub> mm·°C	(2,9·10 <sup>-7</sup> L) mm	50
Δθ	Diferença de temperatura entre equipamentos a calibrar e de referência.	R	1,0·10 <sup>-1</sup> / √3 °C	- 1,15·10 <sup>-5</sup> ·l <sub>s</sub> mm·°C <sup>-1</sup>	(6,6·10 <sup>-7</sup> L) mm	50

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N – Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P – Trapezoidal

u(y)	Incerteza-padrão de medição: (7,4·10 <sup>-3</sup> + 1,0·10 <sup>-6</sup> ·L) mm
k	Graus de liberdade efetivos:106
v <sub>ef</sub>	Fator de expansão:2,02
<b>U<sub>95</sub>(y)</b>	<b>Incerteza expandida de medição(95%): (1,5·10<sup>-2</sup> + 2,1·10<sup>-6</sup>·L) mm</b>

Ensaio para estimativa da contribuição associada à intervenção do operador

	Resultados / mm					Valor médio / mm	Diferença / mm
	1	2	3	4	5		
Ensaio 1	50,02	50,01	50,02	50,00	50,00	50,010	0,004
Ensaio 2	50,01	50,00	50,00	50,01	50,01	50,006	

Estimativa para a contribuição associada à instalação e montagem

$$\varepsilon_{\max} = \pm L_{\max} (1 - \cos(\alpha)) = \pm 300 \cdot (1 - \cos(0,5^\circ)) \text{ mm} \cong 0,011 \text{ mm}$$

# Capacidades de Medição e Calibração (CMC) do LCAM/LNEC (2012)

(Tabelas baseadas no modelo de tabela de balanço de incertezas do ISO-GUM – 1993/1995)

## Peneiros (malha metálica ou chapa perfurada)

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (M0025-1): 4 (cat. 0)

Abertura mínima: 45 µm

Método de calibração: proc. interno n.º 7.01, versão 11, 2011/06/16, ISO 3310-1:2000  
proc. interno n.º 27.01, versão 3, 2011/06/16, ISO 3310-2:1999

Resolução: n.a.

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>a</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	X <sub>i</sub>		u(x <sub>i</sub> )	C <sub>i</sub>	u <sub>i</sub> (y)	ν <sub>i</sub>
I <sub>s</sub>	<b>Incerteza de medição alvo</b>	<b>N</b>	<b>1,65·10<sup>-3</sup> mm</b>	<b>1</b>	<b>1,65·10<sup>-3</sup> mm</b>	<b>50</b>
	Calibração (incluída na IMA)	N	0 mm	1	0 mm	50
	<b>Deriva instrumental</b>	<b>T</b>	<b>1,0·10<sup>-3</sup> / √6 mm</b>	<b>1</b>	<b>4,0·10<sup>-4</sup> mm</b>	<b>50</b>
	Materialização da grandeza	R	0 mm	1	0 mm	50
	Aritmética finita / computação	R	0 mm	1	0 mm	50
	Retorno a zero	R	0 mm	1	0 mm	50
	<b>Linearidade</b>	<b>R</b>	<b>1,0·10<sup>-4</sup> / √3 mm</b>	<b>1</b>	<b>5,8·10<sup>-5</sup> mm</b>	<b>50</b>
	<b>Estabilidade</b>	<b>R</b>	<b>1,0·10<sup>-4</sup> / √3 mm</b>	<b>1</b>	<b>5,8·10<sup>-5</sup> mm</b>	<b>50</b>
	Correção dos valores de referência	R	0 mm	1	0 mm	50
δ	Resolução do equipamento a calibrar	R	0 mm	1	0 mm	50
	Aritmética finita / computação	R	0 mm	1	0 mm	50
	<b>Repetibilidade</b>	<b>N</b>	<b>5,0·10<sup>-4</sup> mm</b>	<b>1</b>	<b>5,0·10<sup>-4</sup> mm</b>	<b>9</b>
	Reprodutibilidade (instrumental)	N	0 mm	1	0 mm	8
	Reprodutibilidade (métodos)	N	0 mm	1	0 mm	8
	Reprodutibilidade (operadores)	N	0 mm	1	0 mm	8
	Materialização da grandeza	R	0 mm	1	0 mm	50
	Instalação e montagem	R	0 mm	1	0 mm	50
	Intervenção do operador	R	0 mm	1	0 mm	50
	Reversibilidade	R	0 mm	1	0 mm	50
α <sub>s</sub>	<b>Valor nominal do coeficiente de expansão térmica do eq. de referência</b>	<b>R</b>	<b>2,0·10<sup>-6</sup> / √3 °C<sup>-1</sup></b>	<b>- 0,1·I<sub>s</sub> mm·°C</b>	<b>(1,2·10<sup>-7</sup> L) mm</b>	<b>50</b>
δθ	<b>Diferença média da temperatura do eq. a calibrar relativa/ à temp. de referência.</b>	<b>R</b>	<b>4,0·10<sup>-1</sup> / √3 °C</b>	<b>- 5·10<sup>-6</sup>·I<sub>s</sub> mm·°C<sup>-1</sup></b>	<b>(2,3·10<sup>-7</sup> L) mm</b>	<b>50</b>
	<b>Varição cíclica da temperatura no ambiente laboratorial</b>	<b>U</b>	<b>1,0 / √2 °C</b>	<b>- 5·10<sup>-6</sup>·I<sub>s</sub> mm·°C<sup>-1</sup></b>	<b>(7,1·10<sup>-7</sup> L) mm</b>	<b>50</b>
Δα	<b>Diferença entre coef.s de expansão térmica (equip.s a calibrar e referência).</b>	<b>R</b>	<b>1,0·10<sup>-6</sup> / √3 °C<sup>-1</sup></b>	<b>- 0,5·I<sub>s</sub> mm·°C</b>	<b>(2,9·10<sup>-7</sup> L) mm</b>	<b>50</b>
Δθ	<b>Diferença de temperatura entre equipamentos a calibrar e de referência.</b>	<b>R</b>	<b>1,0·10<sup>-1</sup> / √3 °C</b>	<b>- 1,15·10<sup>-5</sup>·I<sub>s</sub> mm·°C<sup>-1</sup></b>	<b>(6,6·10<sup>-7</sup> L) mm</b>	<b>50</b>

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N – Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P - Trapezoidal

u(y)	Incerteza-padrão de medição: (1,8·10 <sup>-4</sup> + 1,0·10 <sup>-6</sup> ·L) mm
k	Graus de liberdade efetivos:63
v <sub>ef</sub>	Fator de expansão:2,04
<b>U<sub>95</sub>(y)</b>	<b>Incerteza expandida de medição(95%): (3,6·10<sup>-3</sup>) mm</b>

A incerteza expandida de medição foi obtida assumindo um valor de abertura mínimo de L = 45 µm.

# Capacidades de Medição e Calibração (CMC) do LCAM/LNEC (2012)

(Tabelas baseadas no modelo de tabela de balanço de incertezas do ISO-GUM – 1993/1995)

## Apalpa-folgas

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (M0025-1): 5 (cat. 0)

Gama de medição: 0,1 mm a 5 mm

Método de calibração: proc. interno n.º 3.01, versão 3, 2011/06/16, DIN 2275:1977

Resolução: n.a.

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>d</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	X <sub>i</sub>		u(x <sub>i</sub> )	C <sub>i</sub>	u <sub>i</sub> (y)	ν <sub>i</sub>
I <sub>s</sub>	<b>Incerteza de medição alvo<sup>(a)</sup></b>	<b>N</b>	<b>5,0·10<sup>-4</sup> mm</b>	<b>1</b>	<b>5,0·10<sup>-4</sup> mm</b>	<b>50</b>
	Calibração (incluída na IMA)	N	0 mm	1	0 mm	50
	<b>Deriva instrumental</b>	<b>T</b>	<b>1,0·10<sup>-3</sup> / √6 mm</b>	<b>1</b>	<b>1,610<sup>-4</sup> mm</b>	<b>50</b>
	Materialização da grandeza	R	0 mm	1	0 mm	50
	Aritmética finita / computação	R	0 mm	1	0 mm	50
	Retorno a zero	R	0 mm	1	0 mm	50
	Linearidade	R	0 mm	1	0 mm	50
	Estabilidade	R	0 mm	1	0 mm	50
	Correções dos valores de referência	R	0 mm	1	0 mm	50
δ	Resolução do equipamento a calibrar	R	0 mm	1	0 mm	50
	Aritmética finita / computação	R	0 mm	1	0 mm	50
	<b>Repetibilidade</b>	<b>N</b>	<b>2,0·10<sup>-4</sup> mm</b>	<b>1</b>	<b>2,0·10<sup>-4</sup> mm</b>	<b>9</b>
	Reprodutibilidade (instrumental)	N	0 mm	1	0 mm	8
	Reprodutibilidade (métodos)	N	0 mm	1	0 mm	8
	Reprodutibilidade (operadores)	N	0 mm	1	0 mm	8
	Materialização da grandeza	R	0 mm	1	0 mm	50
	Instalação e montagem	R	0 mm	1	0 mm	50
	Intervenção do operador	R	0 mm	1	0 mm	50
	Reversibilidade	R	0 mm	1	0 mm	50
α <sub>s</sub>	<b>Valor nominal do coeficiente de expansão térmica do eq. de referência</b>	R	2,0·10 <sup>-6</sup> / √3 °C <sup>-1</sup>	- 0,1·I <sub>s</sub> mm·°C	(1,2·10 <sup>-7</sup> L) mm	50
δθ	<b>Diferença média da temperatura do eq. a calibrar relativa à temp. de referência.</b>	R	4,0·10 <sup>-1</sup> / √3 °C	- 5·10 <sup>-6</sup> ·I <sub>s</sub> mm·°C <sup>-1</sup>	(2,3·10 <sup>-7</sup> L) mm	50
	<b>Varição cíclica da temperatura no ambiente laboratorial</b>	U	1,0 / √2 °C	- 5·10 <sup>-6</sup> ·I <sub>s</sub> mm·°C <sup>-1</sup>	(7,1·10 <sup>-7</sup> L) mm	50
Δα	<b>Diferença entre coef.s de expansão térmica (equip.s a calibrar e referência).</b>	R	1,0·10 <sup>-6</sup> / √3 °C <sup>-1</sup>	- 0,5·I <sub>s</sub> mm·°C	(2,9·10 <sup>-7</sup> L) mm	50
Δθ	<b>Diferença de temperatura entre equipamentos a calibrar e de referência.</b>	R	1,0·10 <sup>-1</sup> / √3 °C	- 1,15·10 <sup>-5</sup> ·I <sub>s</sub> mm·°C <sup>-1</sup>	(6,6·10 <sup>-7</sup> L) mm	50

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N – Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P – Trapezoidal

u(y)	Incerteza-padrão de medição: (6,8·10 <sup>-4</sup> + 1,0·10 <sup>-6</sup> · L) mm
k	Graus de liberdade efetivos: 105
v <sub>ef</sub>	Fator de expansão: 2,02
U <sub>95</sub> (y)	Incerteza expandida de medição(95%): (1,4·10 <sup>-3</sup> + 2,1·10 <sup>-6</sup> · L) mm

# Capacidades de Medição e Calibração (CMC) do LCAM/LNEC (2012)

(Tabelas baseadas no modelo de tabela de balanço de incertezas do ISO-GUM – 1993/1995)

## Cabeças micrométricas

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (M0025-1): 6 (cat. 0)

Gama de medição: 0 mm a 50 mm

Método de calibração: proc. interno n.º 18.01, versão 6, 2011/06/16, ISO 3611:2010

Resolução: 0,001 mm

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>d</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	X <sub>i</sub>		u(x <sub>i</sub> )	C <sub>i</sub>	u(y)	ν <sub>i</sub>
I <sub>s</sub>	<b>Incerteza de medição alvo</b>	<b>N</b>	<b>5,0·10<sup>-4</sup> mm</b>	<b>1</b>	<b>5,0·10<sup>-4</sup> mm</b>	<b>50</b>
	Calibração (incluída na IMA)	N	0 mm	1	0 mm	50
	<b>Deriva instrumental</b>	<b>T</b>	<b>1,0·10<sup>-3</sup> / √6 mm</b>	<b>1</b>	<b>4,1·10<sup>-4</sup> mm</b>	<b>50</b>
	Materialização da grandeza	R	0 mm	1	0 mm	50
	Aritmética finita / computação	R	0 mm	1	0 mm	50
	<b>Retorno a zero</b>	<b>R</b>	<b>2,0·10<sup>-5</sup> / √3 mm</b>	<b>1</b>	<b>1,2·10<sup>-5</sup> mm</b>	<b>50</b>
	<b>Linearidade</b>	<b>R</b>	<b>2,0·10<sup>-5</sup> / √3 mm</b>	<b>1</b>	<b>1,2·10<sup>-5</sup> mm</b>	<b>50</b>
	<b>Estabilidade</b>	<b>R</b>	<b>2,0·10<sup>-5</sup> / √3 mm</b>	<b>1</b>	<b>1,2·10<sup>-5</sup> mm</b>	<b>50</b>
	Correção dos valores de referência	R	0 mm	1	0 mm	50
δ	<b>Resolução do equipamento a calibrar</b>	<b>R</b>	<b>5,0·10<sup>-4</sup> / √3 mm</b>	<b>1</b>	<b>2,9·10<sup>-4</sup> mm</b>	<b>50</b>
	Aritmética finita / computação	R	0 mm	1	0 mm	50
	<b>Repetibilidade</b>	<b>N</b>	<b>2,0·10<sup>-4</sup> mm</b>	<b>1</b>	<b>2,0·10<sup>-4</sup> mm</b>	<b>9</b>
	Reprodutibilidade (instrumental)	N	0 mm	1	0 mm	8
	Reprodutibilidade (métodos)	N	0 mm	1	0 mm	8
	Reprodutibilidade (operadores)	N	0 mm	1	0 mm	8
	Materialização da grandeza	R	0 mm	1	0 mm	50
	<b>Instalação e montagem</b>	<b>R</b>	<b>4,8·10<sup>-4</sup> / √3 mm</b>	<b>1</b>	<b>2,8·10<sup>-4</sup> mm</b>	<b>50</b>
	Intervenção do operador	R	0 mm	1	0 mm	50
	Reversibilidade	R	0 mm	1	0 mm	50
α <sub>s</sub>	<b>Valor nominal do coeficiente de expansão térmica do eq. de referência</b>	<b>R</b>	<b>2,0·10<sup>-6</sup> / √3 °C<sup>-1</sup></b>	<b>- 0,1·I<sub>s</sub> mm·°C</b>	<b>(1,2·10<sup>-7</sup> L) mm</b>	<b>50</b>
δθ	<b>Diferença média da temperatura do eq. a calibrar relativa/ à temp. de referência.</b>	<b>R</b>	<b>4,0·10<sup>-1</sup> / √3 °C</b>	<b>- 5·10<sup>-6</sup>·I<sub>s</sub> mm·°C<sup>-1</sup></b>	<b>(2,3·10<sup>-7</sup> L) mm</b>	<b>50</b>
	<b>Varição cíclica da temperatura no ambiente laboratorial</b>	<b>U</b>	<b>1,0 / √2 °C</b>	<b>- 5·10<sup>-6</sup>·I<sub>s</sub> mm·°C<sup>-1</sup></b>	<b>(7,1·10<sup>-7</sup> L) mm</b>	<b>50</b>
Δα	<b>Diferença entre coef.s de expansão térmica (equip.s a calibrar e referência).</b>	<b>R</b>	<b>1,0·10<sup>-6</sup> / √3 °C<sup>-1</sup></b>	<b>- 0,5·I<sub>s</sub> mm·°C</b>	<b>(2,9·10<sup>-7</sup> L) mm</b>	<b>50</b>
Δθ	<b>Diferença de temperatura entre equipamentos a calibrar e de referência.</b>	<b>R</b>	<b>1,0·10<sup>-1</sup> / √3 °C</b>	<b>- 1,15·10<sup>-5</sup>·I<sub>s</sub> mm·°C<sup>-1</sup></b>	<b>(6,6·10<sup>-7</sup> L) mm</b>	<b>50</b>

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N – Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P – Trapezoidal

(a) De acordo com o disposto no documento interno de confirmação metrológica (EDI.MO.18) do LCAM/LNEC.

u(y)	Incerteza-padrão de medição: (7,9·10 <sup>-4</sup> + 1,0·10 <sup>-6</sup> · L) mm
k	Graus de liberdade efetivos:172
v <sub>ef</sub>	Fator de expansão:2,01
U <sub>95</sub> (y)	Incerteza expandida de medição(95%): (1,6·10 <sup>-3</sup> + 2,1·10 <sup>-6</sup> · L) mm

Estimativa para a contribuição associada à instalação e montagem

$$\varepsilon_{\max} = \pm L_{\max} (1 - \cos(\alpha)) = \pm 50 \cdot (1 - \cos(0,25^\circ)) \text{ mm} \cong 0,00048 \text{ mm} \cdot$$

# Capacidades de Medição e Calibração (CMC) do LCAM/LNEC (2012)

(Tabelas baseadas no modelo de tabela de balanço de incertezas do ISO-GUM – 1993/1995)

## Transdutores de deslocamento *in situ*

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (M0025-1): 7 (cat. 2)

Gama de medição: 0 mm a 300 mm

Método de calibração: proc. interno n.º E3301, versão 2, 2011/06/16

Resolução: 0,001 mm

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>d</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	X <sub>i</sub>		u(x <sub>i</sub> )	C <sub>i</sub>	u <sub>i</sub> (y)	ν <sub>i</sub>
I <sub>s</sub>	<b>Incerteza de medição alvo</b>	<b>N</b>	<b>5,0·10<sup>-4</sup> mm</b>	<b>1</b>	<b>5,0·10<sup>-4</sup> mm</b>	<b>50</b>
	Calibração (incluída na IMA)	N	0 mm	1	0 mm	50
	<b>Deriva instrumental</b>	<b>T</b>	<b>1,0·10<sup>-3</sup> / √6 mm</b>	<b>1</b>	<b>4,1·10<sup>-4</sup> mm</b>	<b>50</b>
	Materialização da grandeza	R	0 mm	1	0 mm	50
	Aritmética finita / computação	R	0 mm	1	0 mm	50
	Retorno a zero	R	0 mm	1	0 mm	50
	<b>Linearidade</b>	<b>R</b>	<b>2,0·10<sup>-5</sup> / √3 mm</b>	<b>1</b>	<b>1,2·10<sup>-5</sup> mm</b>	<b>50</b>
	<b>Estabilidade</b>	<b>R</b>	<b>2,0·10<sup>-5</sup> / √3 mm</b>	<b>1</b>	<b>1,2·10<sup>-5</sup> mm</b>	<b>50</b>
	Correção dos valores de referência	R	0 mm	1	0 mm	50
δ	<b>Resolução do equipamento a calibrar</b>	<b>R</b>	<b>5,0·10<sup>-4</sup> / √3 mm</b>	<b>1</b>	<b>2,9·10<sup>-4</sup> mm</b>	<b>50</b>
	Aritmética finita / computação	R	0 mm	1	0 mm	50
	<b>Repetibilidade</b>	<b>N</b>	<b>2,0·10<sup>-4</sup> mm</b>	<b>1</b>	<b>2,0·10<sup>-4</sup> mm</b>	<b>4</b>
	Reprodutibilidade (instrumental)	N	0 mm	1	0 mm	8
	Reprodutibilidade (métodos)	N	0 mm	1	0 mm	8
	Reprodutibilidade (operadores)	N	0 mm	1	0 mm	8
	Materialização da grandeza	R	0 mm	1	0 mm	50
	<b>Instalação e montagem</b>	<b>R</b>	<b>4,8·10<sup>-4</sup> / √3 mm</b>	<b>1</b>	<b>2,8·10<sup>-4</sup> mm</b>	<b>50</b>
	Intervenção do operador	R	0 mm	1	0 mm	50
Reversibilidade	R	0 mm	1	0 mm	50	
α <sub>s</sub>	<b>Valor nominal do coeficiente de expansão térmica do eq. de referência</b>	<b>R</b>	<b>2,0·10<sup>-6</sup> / √3 °C<sup>-1</sup></b>	<b>- 0,1·I<sub>s</sub> mm·°C</b>	<b>(1,2·10<sup>-7</sup> L) mm</b>	<b>50</b>
δθ	<b>Diferença média da temperatura do eq. a calibrar relativa à temp. de referência.</b>	<b>R</b>	<b>4,0·10<sup>-1</sup> / √3 °C</b>	<b>- 5·10<sup>-6</sup>·I<sub>s</sub> mm·°C<sup>-1</sup></b>	<b>(2,3·10<sup>-7</sup> L) mm</b>	<b>50</b>
	<b>Variação cíclica da temperatura no ambiente laboratorial</b>	<b>U</b>	<b>1,0 / √2 °C</b>	<b>- 5·10<sup>-6</sup>·I<sub>s</sub> mm·°C<sup>-1</sup></b>	<b>(7,1·10<sup>-7</sup> L) mm</b>	<b>50</b>
Δα	<b>Diferença entre coef.s de expansão térmica (equip.s a calibrar e referência).</b>	<b>R</b>	<b>1,0·10<sup>-6</sup> / √3 °C<sup>-1</sup></b>	<b>- 0,5·I<sub>s</sub> mm·°C</b>	<b>(2,9·10<sup>-7</sup> L) mm</b>	<b>50</b>
Δθ	<b>Diferença de temperatura entre equipamentos a calibrar e de referência.</b>	<b>R</b>	<b>1,0·10<sup>-1</sup> / √3 °C</b>	<b>- 1,15·10<sup>-5</sup>·I<sub>s</sub> mm·°C<sup>-1</sup></b>	<b>(6,6·10<sup>-7</sup> L) mm</b>	<b>50</b>

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N – Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P – Trapezoidal

u(y)	Incerteza-padrão de medição: (7,0·10 <sup>-4</sup> + 1,0·10 <sup>-6</sup> · L) mm
k	Graus de liberdade efetivos:125
V <sub>ef</sub>	Fator de expansão:2,02
U <sub>95</sub> (y)	<b>Incerteza expandida de medição(95%): (1,4·10<sup>-3</sup> + 2,1·10<sup>-6</sup> · L) mm</b>

Estimativa para a contribuição associada à instalação e montagem

$$\varepsilon_{\max} = \pm L_{\max} (1 - \cos(\alpha)) = \pm 50 \cdot (1 - \cos(0,25^\circ)) \text{ mm} \cong 0,00048 \text{ mm} .$$

# Capacidades de Medição e Calibração (CMC) do LCAM/LNEC (2012)

(Tabelas baseadas no modelo de tabela de balanço de incertezas do ISO-GUM – 1993/1995)

## Calibrador de extensômetros

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (M0025-1): 8 (cat. 2)

Gama de medição: 0 mm a 25 mm

Método de calibração: proc. interno n.º E3401, versão 2, 2011/06/16

Resolução: 0,001 mm

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>d</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	X <sub>i</sub>		u(x <sub>i</sub> )	C <sub>i</sub>	u(y)	ν <sub>i</sub>
I <sub>s</sub>	<b>Incerteza de medição alvo</b>	<b>N</b>	<b>1,7·10<sup>-3</sup> mm</b>	<b>1</b>	<b>1,7·10<sup>-3</sup> mm</b>	<b>50</b>
	Calibração (incluída na IMA)	N	0 mm	1	0 mm	50
	<b>Deriva instrumental</b>	<b>T</b>	<b>1,0·10<sup>-3</sup> / √6 mm</b>	<b>1</b>	<b>4,1·10<sup>-4</sup> mm</b>	<b>50</b>
	Materialização da grandeza	R	0 mm	1	0 mm	50
	Aritmética finita / computação	R	0 mm	1	0 mm	50
	Retorno a zero	R	0 mm	1	0 mm	50
	Linearidade	R	0 mm	1	0 mm	50
	Estabilidade	R	0 mm	1	0 mm	50
	Correção dos valores de referência	R	0 mm	1	0 mm	50
δ	<b>Resolução do equipamento a calibrar</b>	<b>R</b>	<b>2,5·10<sup>-3</sup> / √3 mm</b>	<b>1</b>	<b>1,4·10<sup>-3</sup> mm</b>	<b>50</b>
	Aritmética finita / computação	R	0 mm	1	0 mm	50
	<b>Repetibilidade</b>	<b>N</b>	<b>5·10<sup>-4</sup> mm</b>	<b>1</b>	<b>5·10<sup>-4</sup> mm</b>	<b>9</b>
	Reprodutibilidade (instrumental)	N	0 mm	1	0 mm	8
	Reprodutibilidade (métodos)	N	0 mm	1	0 mm	8
	Reprodutibilidade (operadores)	N	0 mm	1	0 mm	8
	Materialização da grandeza	R	0 mm	1	0 mm	8
	<b>Instalação e montagem</b>	<b>R</b>	<b>1,0·10<sup>-3</sup> / √3 mm</b>	<b>1</b>	<b>5,8·10<sup>-4</sup> mm</b>	<b>50</b>
	Intervenção do operador	R	0 mm	1	0 mm	8
	Reversibilidade	R	0 mm	1	0 mm	50
α <sub>s</sub>	Valor nominal do coeficiente de expansão térmica do eq. de referência	R	2,0·10 <sup>-6</sup> / √3 °C <sup>-1</sup>	- 0,1·I <sub>s</sub> mm·°C	(1,2·10 <sup>-7</sup> L) mm	50
δθ	Diferença média da temperatura do eq. a calibrar relativa à temp. de referência.	R	4,0·10 <sup>-1</sup> / √3 °C	- 5·10 <sup>-6</sup> ·I <sub>s</sub> mm·°C <sup>-1</sup>	(2,3·10 <sup>-7</sup> L) mm	50
	Varição cíclica da temperatura no ambiente laboratorial	U	1,0 / √2 °C	- 5·10 <sup>-6</sup> ·I <sub>s</sub> mm·°C <sup>-1</sup>	(7,1·10 <sup>-7</sup> L) mm	50
Δα	Diferença entre coef.s de expansão térmica (equip.s a calibrar e referência).	R	1,0·10 <sup>-6</sup> / √3 °C <sup>-1</sup>	- 0,5·I <sub>s</sub> mm·°C	(2,9·10 <sup>-7</sup> L) mm	50
Δθ	Diferença de temperatura entre equipamentos a calibrar e de referência.	R	1,0·10 <sup>-1</sup> / √3 °C	- 1,15·10 <sup>-5</sup> ·I <sub>s</sub> mm·°C <sup>-1</sup>	(6,6·10 <sup>-7</sup> L) mm	50

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N – Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P – Trapezoidal

u(y)	Incerteza-padrão de medição: (2,0·10 <sup>-3</sup> + 4,3·10 <sup>-6</sup> · L) mm
k	Graus de liberdade efetivos: 78
v <sup>ef</sup>	Fator de expansão: 2,03
U <sub>95</sub> (y)	Incerteza expandida de medição(95%): (4,0·10 <sup>-3</sup> + 8,6·10 <sup>-6</sup> · L) mm

Estimativa para a contribuição associada à instalação e montagem

$$\varepsilon_{\max} = \pm L_{\max} (1 - \cos(\alpha)) = \pm 25 \cdot (1 - \cos(0,5^\circ)) \text{ mm} \cong 0,001 \text{ mm}$$

# Capacidades de Medição e Calibração (CMC) do LCAM/LNEC (2012)

(Tabelas baseadas no modelo de tabela de balanço de incertezas do ISO-GUM – 1993/1995)

## Extensômetros com indicador dedicado

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (M0025-1): 9 (cat. 2)

Gama de medição: 0 mm a 25 mm

Método de calibração: proc. interno n.º E3501, versão 4, 2011/06/16, ISO 9513:1999

Resolução: 0,005 mm

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>d</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	X <sub>i</sub>		u(x <sub>i</sub> )	C <sub>i</sub>	u(y)	ν <sub>i</sub>
I <sub>s</sub>	<b>Incerteza de medição alvo</b>	<b>N</b>	<b>5,0·10<sup>-3</sup> mm</b>	<b>1</b>	<b>5,0·10<sup>-3</sup> mm</b>	<b>50</b>
	Calibração (incluída na IMA)	N	0 mm	1	0 mm	50
	<b>Deriva instrumental</b>	<b>T</b>	<b>1,0·10<sup>-3</sup> / √6 mm</b>	<b>1</b>	<b>4,1·10<sup>-4</sup> mm</b>	<b>50</b>
	<b>Materialização da grandeza</b>	<b>R</b>	<b>5,0·10<sup>-4</sup> / √3 mm</b>	<b>1</b>	<b>2,9·10<sup>-4</sup> mm</b>	<b>50</b>
	Aritmética finita / computação	R	0 mm	1	0 mm	50
	Retorno a zero	R	0 mm	1	0 mm	50
	Linearidade	R	0 mm	1	0 mm	50
	<b>Estabilidade</b>	<b>R</b>	<b>1,0·10<sup>-3</sup> / √3 mm</b>	<b>1</b>	<b>5,8·10<sup>-4</sup> mm</b>	<b>50</b>
	Correção dos valores de referência	R	0 mm	1	0 mm	50
δ	<b>Resolução do equipamento a calibrar</b>	<b>R</b>	<b>5,0·10<sup>-3</sup> / √3 mm</b>	<b>1</b>	<b>2,9·10<sup>-3</sup> mm</b>	<b>50</b>
	Aritmética finita / computação	R	0 mm	1	0 mm	50
	<b>Repetibilidade</b>	<b>N</b>	<b>1,0·10<sup>-3</sup> mm</b>	<b>1</b>	<b>1,0·10<sup>-3</sup> mm</b>	<b>9</b>
	Reprodutibilidade (instrumental)	N	0 mm	1	0 mm	8
	Reprodutibilidade (métodos)	N	0 mm	1	0 mm	8
	Reprodutibilidade (operadores)	N	0 mm	1	0 mm	8
	Materialização da grandeza	R	0 mm	1	0 mm	8
	<b>Instalação e montagem</b>	<b>R</b>	<b>1,0·10<sup>-3</sup> / √3 mm</b>	<b>1</b>	<b>5,8·10<sup>-4</sup> mm</b>	<b>50</b>
	Intervenção do operador	R	0 mm	1	0 mm	50
	Reversibilidade	R	0 mm	1	0 mm	50
α <sub>s</sub>	<b>Valor nominal do coeficiente de expansão térmica do eq. de referência</b>	<b>R</b>	<b>2,0·10<sup>-6</sup> / √3 °C<sup>-1</sup></b>	<b>- 0,1·I<sub>s</sub> mm·°C</b>	<b>(1,2·10<sup>-7</sup> L) mm</b>	<b>50</b>
δθ	<b>Diferença média da temperatura do eq. a calibrar relativa à temp. de referência.</b>	<b>R</b>	<b>4,0·10<sup>-1</sup> / √3 °C</b>	<b>- 5·10<sup>-6</sup>·I<sub>s</sub> mm·°C<sup>-1</sup></b>	<b>(2,3·10<sup>-7</sup> L) mm</b>	<b>50</b>
	<b>Varição cíclica da temperatura no ambiente laboratorial</b>	<b>U</b>	<b>1,0 / √2 °C</b>	<b>- 5·10<sup>-6</sup>·I<sub>s</sub> mm·°C<sup>-1</sup></b>	<b>(7,1·10<sup>-7</sup> L) mm</b>	<b>50</b>
Δα	<b>Diferença entre coef.s de expansão térmica (equip.s a calibrar e referência).</b>	<b>R</b>	<b>1,0·10<sup>-6</sup> / √3 °C<sup>-1</sup></b>	<b>- 0,5·I<sub>s</sub> mm·°C</b>	<b>(2,9·10<sup>-7</sup> L) mm</b>	<b>50</b>
Δθ	<b>Diferença de temperatura entre equipamentos a calibrar e de referência.</b>	<b>R</b>	<b>1,0·10<sup>-1</sup> / √3 °C</b>	<b>- 1,15·10<sup>-5</sup>·I<sub>s</sub> mm·°C<sup>-1</sup></b>	<b>(6,6·10<sup>-7</sup> L) mm</b>	<b>50</b>

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N – Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P – Trapezoidal

u(y)	Incerteza-padrão de medição: (5,9·10 <sup>-3</sup> + 4,3·10 <sup>-6</sup> · L) mm
k	Graus de liberdade efetivos: 88
v <sub>ef</sub>	Fator de expansão: 2,03
U <sub>95</sub> (y)	<b>Incerteza expandida de medição(95%): (1,2·10<sup>-2</sup> + 8,6·10<sup>-6</sup> · L) mm</b>

Estimativa para a contribuição associada à instalação e montagem

$$\varepsilon_{\max} = \pm L_{\max} (1 - \cos(\alpha)) = \pm 25 \cdot (1 - \cos(0,5^\circ)) \text{ mm} \cong 0,001 \text{ mm}$$

# Capacidades de Medição e Calibração (CMC) do LCAM/LNEC (2012)

(Tabelas baseadas no modelo de tabela de balanço de incertezas do ISO-GUM – 1993/1995)

## Manómetros e transdutores de pressão

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (M0025-1): 10 (cat. 0)

Fluido: óleo

Método de calibração: proc. interno n.º E0107, versão 2, 2010/02/05, NP EN 837-1:2003

Pressão: relativa

Intervalo de medição	Melhor resolução do equipamento a calibrar	Incerteza expandida de medição(95 %)
1 bar a 10 bar	0,01 bar	0,008 bar
1 bar a 60 bar	0,1 bar	0,08 bar
10 bar a 150 bar	1 bar	0,8 bar
10 bar a 600 bar	5 bar	3,6 bar

Para uma descrição detalhada das respetivas tabelas de balanço de incertezas de medição, consultar o seguinte documento: "Avaliação da Incerteza Associada à Calibração de Equipamentos de Medição de Pressão com uma Balança Manométrica", Relatório LNEC 57/02 – CPCE, Lisboa (Portugal): Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), Março de 2002.

## Manómetros e transdutores de pressão

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (M0025-1): 10 (cat. 0)

Fluido: ar

Método de calibração: proc. interno n.º E0107, versão 2, 2010/02/05, NP EN 837-1:2003

Pressão: relativa

Gama de medição: 0 bar a 15 bar

Resolução: 0,001 bar

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>d</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	X <sub>i</sub>		u(x <sub>i</sub> )	C <sub>i</sub>	u(y)	v <sub>i</sub>
$\delta p_{cal}$	Incerteza de medição alvo	N	(1,25·10 <sup>-3</sup> ) bar	1	(1,25·10 <sup>-3</sup> ) bar	50
$\delta p_{der}$	Deriva do padrão	T	(5,0·10 <sup>-4</sup> /√6) bar	1	(2,0·10 <sup>-4</sup> ) bar	50
$\delta p_{res, p}$	Resolução do padrão	R	(5·10 <sup>-5</sup> /√3) bar	1	(3·10 <sup>-5</sup> ) bar	50
$\delta p_{res, i}$	Resolução do instr. a calibrar	R	(5,0·10 <sup>-4</sup> /√3) bar	1	(2,9·10 <sup>-4</sup> ) bar	50
$\delta p_{rep}$	Repetibilidade	N	(2,0·10 <sup>-4</sup> ) bar	1	(2,0·10 <sup>-4</sup> ) bar	5
$\delta p_{est}$	Estabilidade de curto prazo	R	(2,0·10 <sup>-4</sup> /√3) bar	1	(1,2·10 <sup>-4</sup> ) bar	50

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N – Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P - Trapezoidal

u(y)	Incerteza-padrão de medição: 0,001 3 bar (± 0,13 kPa)
k	Graus de liberdade efetivos:61
V <sub>ef</sub>	Fator de expansão:2,00
U <sub>95 %</sub> (y)	<b>Incerteza expandida de medição(95 %): 0,002 6 bar (± 0,26 kPa)</b>

# Capacidades de Medição e Calibração (CMC) do LCAM/LNEC (2012)

(Tabelas baseadas no modelo de tabela de balanço de incertezas do ISO-GUM – 1993/1995)

## Manômetros e transdutores de pressão

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (M0025-1): 10 (cat. 0)

Fluido: ar

Método de calibração: proc. interno n.º E0107, versão 2, 2010/02/05, NP EN 837-1:2003

Pressão: relativa

Gama de medição: 0 bar a 15 bar

Resolução: 0,01 bar

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>d</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	$X_i$		$u(x_i)$	$C_i$	$u(y)$	$\nu_i$
$\delta p_{cal}$	Incerteza de medição alvo	N	$(1,25 \cdot 10^{-3})$ bar	1	$(1,25 \cdot 10^{-3})$ bar	50
$\delta p_{der}$	Deriva do padrão	T	$(5,0 \cdot 10^{-4}/\sqrt{6})$ bar	1	$(2,0 \cdot 10^{-4})$ bar	50
$\delta p_{res, p}$	Resolução do padrão	R	$(5 \cdot 10^{-5}/\sqrt{3})$ bar	1	$(3 \cdot 10^{-5})$ bar	50
$\delta p_{res, i}$	Resolução do instr. a calibrar	R	$(5,0 \cdot 10^{-3}/\sqrt{3})$ bar	1	$(2,89 \cdot 10^{-3})$ bar	50
$\delta p_{rep}$	Repetibilidade	N	$(2,0 \cdot 10^{-3})$ bar	1	$(2,00 \cdot 10^{-3})$ bar	5
$\delta p_{est}$	Estabilidade de curto prazo	R	$(5,0 \cdot 10^{-4}/\sqrt{3})$ bar	1	$(2,9 \cdot 10^{-4})$ bar	50

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N – Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P - Trapezoidal

$u(y)$	Incerteza-padrão de medição: 0,003 7 bar ( $\pm 0,37$ kPa)
$k$	Graus de liberdade efetivos:42
$\nu_{ef}$	Fator de expansão:2,02
$U_{95 \%}(y)$	<b>Incerteza expandida de medição(95 %): 0,007 5 bar (<math>\pm 0,75</math> kPa)</b>

## Manômetros e transdutores de pressão

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (M0025-1): 10 (cat. 0)

Fluido: ar

Método de calibração: proc. interno n.º E0107, versão 2, 2010/02/05, NP EN 837-1:2003

Pressão: relativa

Gama de medição: 0 bar a 15 bar

Resolução: 0,1 bar

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>d</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	$X_i$		$u(x_i)$	$C_i$	$u(y)$	$\nu_i$
$\delta p_{cal}$	Incerteza de medição alvo	N	$(1,25 \cdot 10^{-3})$ bar	1	$(1,25 \cdot 10^{-3})$ bar	50
$\delta p_{der}$	Deriva do padrão	T	$(5 \cdot 10^{-4}/\sqrt{6})$ bar	1	$(2,0 \cdot 10^{-4})$ bar	50
$\delta p_{res, p}$	Resolução do padrão	R	$(5 \cdot 10^{-5}/\sqrt{3})$ bar	1	$(3 \cdot 10^{-5})$ bar	50
$\delta p_{res, i}$	Resolução do instr. a calibrar	R	$(5 \cdot 10^{-2}/\sqrt{3})$ bar	1	$(2,89 \cdot 10^{-2})$ bar	50
$\delta p_{rep}$	Repetibilidade	N	$(2 \cdot 10^{-2})$ bar	1	$(2 \cdot 10^{-2})$ bar	5
$\delta p_{est}$	Estabilidade de curto prazo	R	$(1 \cdot 10^{-3}/\sqrt{3})$ bar	1	$(5,8 \cdot 10^{-4})$ bar	50

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N – Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P - Trapezoidal

$u(y)$	Incerteza-padrão de medição: 0,035 bar ( $\pm 3,5$ kPa)
$k$	Graus de liberdade efetivos:33
$\nu_{ef}$	Fator de expansão:2,04
$U_{95 \%}(y)$	<b>Incerteza expandida de medição(95 %): 0,072 bar (<math>\pm 7,2</math> kPa)</b>

# Capacidades de Medição e Calibração (CMC) do LCAM/LNEC (2012)

(Tabelas baseadas no modelo de tabela de balanço de incertezas do ISO-GUM – 1993/1995)

## Manómetros e transdutores de pressão em linha

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (M0025-1): 11 (cat. 1)

Fluido: ar

Método de calibração: proc. interno n.º E0307, versão 4, 2010/02/05, NP EN 837-1:2003

Pressão: relativa

Gama de medição: 0 bar a 35 bar

Resolução: 0,1 bar

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>d</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	X <sub>i</sub>		u(x <sub>i</sub> )	C <sub>i</sub>	u(y)	v <sub>i</sub>
δp <sub>cal</sub>	Incerteza de medição alvo	N	(1,25·10 <sup>-2</sup> ) bar	1	(1,25·10 <sup>-2</sup> ) bar	50
δp <sub>der</sub>	Deriva do padrão	T	(1·10 <sup>-3</sup> /√6) bar	1	(4·10 <sup>-4</sup> ) bar	50
δp <sub>res, p</sub>	Resolução do padrão	R	(5·10 <sup>-4</sup> /√3) bar	1	(3·10 <sup>-4</sup> ) bar	50
δp <sub>zero</sub>	Desvio de zero	R	(2·10 <sup>-3</sup> /√3) bar	1	(1,2·10 <sup>-3</sup> ) bar	50
δp <sub>res, i</sub>	Resolução do instr. a calibrar	R	(5·10 <sup>-2</sup> /√3) bar	1	(2,89·10 <sup>-2</sup> ) bar	50
δp <sub>rep</sub>	Repetibilidade	N	(2·10 <sup>-2</sup> ) bar	1	(2·10 <sup>-2</sup> ) bar	5
δp <sub>est</sub>	Estabilidade de curto prazo	R	(1·10 <sup>-2</sup> /√3) bar	1	(5,8·10 <sup>-3</sup> ) bar	50

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N –Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P - Trapezoidal

u(y)	Incerteza-padrão de medição: 0,04 bar (4 kPa)
k	Graus de liberdade efetivos:43
V <sub>ef</sub>	Fator de expansão:2,02
U <sub>95 %</sub> (y)	<b>Incerteza expandida de medição(95 %): 0,08 bar (8 kPa)</b>

## Manómetros e transdutores de pressão em linha

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (M0025-1): 11 (cat. 1)

Fluido: hidráulico

Método de calibração: proc. interno n.º E0307, versão 4, 2010/02/05, NP EN 837-1:2003

Pressão: relativa

Gama de medição: 0 bar a 135 bar

Resolução: 0,1 bar

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>d</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	X <sub>i</sub>		u(x <sub>i</sub> )	C <sub>i</sub>	u(y)	v <sub>i</sub>
δp <sub>cal</sub>	Incerteza de medição alvo	N	(1,65·10 <sup>-2</sup> ) bar	1	(1,65·10 <sup>-2</sup> ) bar	50
δp <sub>der</sub>	Deriva do padrão	T	(1·10 <sup>-3</sup> /√6) bar	1	(4·10 <sup>-4</sup> ) bar	50
δp <sub>res, p</sub>	Resolução do padrão	R	(5·10 <sup>-4</sup> /√3) bar	1	(3·10 <sup>-4</sup> ) bar	50
δp <sub>zero</sub>	Desvio de zero	R	(2·10 <sup>-3</sup> /√3) bar	1	(1,2·10 <sup>-3</sup> ) bar	50
δp <sub>res, i</sub>	Resolução do instr. a calibrar	R	(5·10 <sup>-2</sup> /√3) bar	1	(2,89·10 <sup>-2</sup> ) bar	50
δp <sub>rep</sub>	Repetibilidade	N	(2·10 <sup>-2</sup> ) bar	1	(2·10 <sup>-2</sup> ) bar	5
δp <sub>cota</sub>	Diferença de cota	R	(1·10 <sup>-3</sup> /√3) bar	1	(6·10 <sup>-4</sup> ) bar	50
δp <sub>est</sub>	Estabilidade de curto prazo	R	(1·10 <sup>-2</sup> /√3) bar	1	(5,8·10 <sup>-3</sup> ) bar	50

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N –Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P - Trapezoidal

u(y)	Incerteza-padrão de medição: 0,04 bar (4 kPa)
k	Graus de liberdade efetivos:48
V <sub>ef</sub>	Fator de expansão:2,06
U <sub>95 %</sub> (y)	<b>Incerteza expandida de medição(95 %): 0,08 bar (8 kPa)</b>

# Capacidades de Medição e Calibração (CMC) do LCAM/LNEC (2012)

(Tabelas baseadas no modelo de tabela de balanço de incertezas do ISO-GUM – 1993/1995)

## Pesos não-classificados

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (M0025-1): 12 (cat. 0)

Gama de medição: 0 g a 700 g

Método de calibração: proc. interno n.º 2.04, versão 3, 2011/06/20

Resolução do IP: 0,001 g

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>d</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	$X_i$		$u(x_i)$	$C_i$	$u(y)$	$\nu_i$
$\delta m_{cal}$	Calibração do padrão	N	$(1,65 \cdot 10^{-3})$ g	1	$(1,65 \cdot 10^{-3})$ g	50
$\delta m_{interp}$	Interpolação da escala	R	$(5,0 \cdot 10^{-4} / \sqrt{3})$ g	1	$(2,9 \cdot 10^{-4})$ g	50
$\delta m_{der}$	Deriva do padrão	R	$(5,0 \cdot 10^{-4} / \sqrt{12})$ g	1	$(1,5 \cdot 10^{-4})$ g	50
$\delta m_{rep}$	Repetibilidade	N	$(2,0 \cdot 10^{-4})$ g	1	$(2,0 \cdot 10^{-4})$ g	4
$\delta m_{imp}^1$	Efeito de impulsão	R	$(4,0 \cdot 10^{-3}) / \sqrt{12}$ g	1	$(1,2 \cdot 10^{-3})$ g	50
$\delta m_{conv}^2$	Efeito de convexão	R	$(7,0 \cdot 10^{-4}) / \sqrt{12}$ g	1	$(2,0 \cdot 10^{-4})$ g	50

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N – Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P – Trapezoidal

<sup>1</sup> Valor correspondente a  $\pm 5$  mg·kg<sup>-1</sup> (vide Relatório LNEC 154/05)

<sup>2</sup> Valor correspondente a  $\pm 0,1$  mg / 100 g para uma variação de temperatura de 1 °C (vide Relatório LNEC 154/05)

$u(y)$	Incerteza-padrão de medição: $2,1 \cdot 10^{-3}$ g
$k$	Graus de liberdade efetivos: 97
$V_{ef}$	Fator de expansão: 2,00
$U_{95\%}(y)$	Incerteza expandida de medição(95 %): $4,2 \cdot 10^{-3}$ g

## Pesos não-classificados

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (M0025-1): 12 (cat. 0)

Gama de medição: 0 kg a 12 kg

Método de calibração: proc. interno n.º 2.04, versão 3, 2011/06/20

Resolução do IP: 0,1 g

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>d</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	$X_i$		$u(x_i)$	$C_i$	$u(y)$	$\nu_i$
$\delta m_{cal}$	Calibração do padrão	N	$(1,65 \cdot 10^{-1})$ g	1	$(1,65 \cdot 10^{-1})$ g	50
$\delta m_{interp}$	Interpolação da escala	R	$(5,0 \cdot 10^{-3} / \sqrt{3})$ g	1	$(2,9 \cdot 10^{-3})$ g	50
$\delta m_{dep}$	Depreciação do padrão	R	$(5,0 \cdot 10^{-3} / \sqrt{12})$ g	1	$(1,5 \cdot 10^{-3})$ g	50
$\delta m_{rep}$	Repetibilidade	N	$(2,0 \cdot 10^{-3})$ g	1	$(2,0 \cdot 10^{-3})$ g	9
$\delta m_{imp}^1$	Efeito de impulsão	R	$(6,0 \cdot 10^{-3}) / \sqrt{12}$ g	1	$(1,7 \cdot 10^{-2})$ g	50
$\delta m_{conv}^2$	Efeito de convexão	R	$(1,2 \cdot 10^{-4}) / \sqrt{12}$ g	1	$(3,5 \cdot 10^{-3})$ g	50

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N – Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P – Trapezoidal

<sup>1</sup> Valor correspondente a  $\pm 5$  mg·kg<sup>-1</sup> (vide Relatório LNEC 154/05)

<sup>2</sup> Valor correspondente a  $\pm 0,1$  mg / 100 g para uma variação de temperatura de 1 °C (vide Relatório LNEC 154/05)

$u(y)$	Incerteza-padrão de medição: $4,4 \cdot 10^{-2}$ g
$k$	Graus de liberdade efetivos: 69
$V_{ef}$	Fator de expansão: 2,00
$U_{95\%}(y)$	Incerteza expandida de medição(95 %): $8,8 \cdot 10^{-2}$ g

# Capacidades de Medição e Calibração (CMC) do LCAM/LNEC (2012)

(Tabelas baseadas no modelo de tabela de balanço de incertezas do ISO-GUM – 1993/1995)

## Instrumentos de pesagem de funcionamento não-automático

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (M0025-1): 13 (cat. 1)

Patamar: 1 mg

Método de calibração: proc. interno n.º 1.04, versão 18, 2006/08/08, EN 45501:1992

Resolução: 0,01 mg

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>d</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	$X_i$		$u(x_i)$	$C_i$	$u(y)$	$\nu_i$
$\delta m_{cal}$	Calibração dos padrões	N	$2,5 \cdot 10^{-3}$ mg	1	$2,5 \cdot 10^{-3}$ mg	50
$\delta m_{dep}$	Depreciação dos padrões	R	$5,0 \cdot 10^{-3} / \sqrt{12}$ mg	1	$1,4 \cdot 10^{-3}$ mg	50
$\delta m_R$	Resolução do I.P.	R	$5,0 \cdot 10^{-3} / \sqrt{3}$ mg	1	$2,9 \cdot 10^{-3}$ mg	50
$\delta m_{rep}$	Repetibilidade	R	$2,0 \cdot 10^{-3} / \sqrt{3}$ mg	1	$1,2 \cdot 10^{-3}$ mg	4
$\delta m_{cv}$	Efeito de convexão	R	0 mg	1	0 mg	50
$\delta m_{imp}$	Efeito de impulsão	R	$(1,0 \cdot 10^{-6} \cdot 1) / \sqrt{12}$ mg	1	$2,9 \cdot 10^{-7}$ mg	50

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N – Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P - Trapezoidal

$u(y)$	Incerteza-padrão de medição: $\pm 4,2 \cdot 10^{-3}$ mg
$k$	Graus de liberdade efetivos: 119
$\nu_{ef}$	Fator de expansão: 2,02
$U_{95}(y)$	Incerteza expandida de medição(95%): $\pm 8,6 \cdot 10^{-3}$ mg

## Instrumentos de pesagem de funcionamento não-automático

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (M0025-1): 13 (cat. 1)

Patamar: 10 mg

Método de calibração: proc. interno n.º 1.04, versão 18, 2006/08/08, EN 45501:1992

Resolução: 0,01 mg

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>d</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	$X_i$		$u(x_i)$	$C_i$	$u(y)$	$\nu_i$
$\delta m_{cal}$	Calibração dos padrões	N	$2,5 \cdot 10^{-3}$ mg	1	$2,5 \cdot 10^{-3}$ mg	50
$\delta m_{dep}$	Depreciação dos padrões	R	$5,0 \cdot 10^{-3} / \sqrt{12}$ mg	1	$1,4 \cdot 10^{-3}$ mg	50
$\delta m_R$	Resolução do I.P.	R	$5,0 \cdot 10^{-3} / \sqrt{3}$ mg	1	$2,9 \cdot 10^{-3}$ mg	50
$\delta m_{rep}$	Repetibilidade	R	$2,0 \cdot 10^{-3} / \sqrt{3}$ mg	1	$1,2 \cdot 10^{-3}$ mg	4
$\delta m_{cv}$	Efeito de convexão	R	0 mg	1	0 mg	50
$\delta m_{imp}$	Efeito de impulsão	R	$(1,0 \cdot 10^{-6} \cdot 10) / \sqrt{12}$ mg	1	$2,9 \cdot 10^{-6}$ mg	50

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N – Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P - Trapezoidal

$u(y)$	Incerteza-padrão de medição: $4,2 \cdot 10^{-3}$ mg
$k$	Graus de liberdade efetivos: 119
$\nu_{ef}$	Fator de expansão: 2,02
$U_{95}(y)$	Incerteza expandida de medição(95%): $8,4 \cdot 10^{-3}$ mg

# Capacidades de Medição e Calibração (CMC) do LCAM/LNEC (2012)

(Tabelas baseadas no modelo de tabela de balanço de incertezas do ISO-GUM – 1993/1995)

## Instrumentos de pesagem de funcionamento não-automático

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (M0025-1): 13 (cat. 1)

Patamar: 100 mg

Método de calibração: proc. interno n.º 1.04, versão 18, 2006/08/08, EN 45501:1992

Resolução: 0,01 mg

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>d</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	X <sub>i</sub>		u(x <sub>i</sub> )	C <sub>i</sub>	u(y)	v <sub>i</sub>
δm <sub>cal</sub>	Calibração dos padrões	N	5·10 <sup>-3</sup> mg	1	5·10 <sup>-3</sup> mg	50
δm <sub>dep</sub>	Depreciação dos padrões	R	1·10 <sup>-2</sup> /√12 mg	1	2,9·10 <sup>-3</sup> mg	50
δm <sub>R</sub>	Resolução do I.P.	R	5,0·10 <sup>-3</sup> /√3 mg	1	2,9·10 <sup>-3</sup> mg	50
δm <sub>rep</sub>	Repetibilidade	R	2,0·10 <sup>-3</sup> /√3 mg	1	1,2·10 <sup>-3</sup> mg	4
δm <sub>cv</sub>	Efeito de convexão	R	0 mg	1	0 mg	50
δm <sub>imp</sub>	Efeito de impulsão	R	(1,0·10 <sup>-6</sup> ·100)/√12 mg	1	2,9·10 <sup>-5</sup> mg	50

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N – Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P - Trapezoidal

u(y)	Incerteza-padrão de medição: 4,9·10 <sup>-3</sup> mg
k	Graus de liberdade efetivos:146
V <sub>ef</sub>	Fator de expansão:2,02
U <sub>95</sub> (y)	Incerteza expandida de medição(95%): 1,0·10 <sup>-2</sup> mg

## Instrumentos de pesagem de funcionamento não-automático

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (M0025-1): 13 (cat. 1)

Patamar: 1 g

Método de calibração: proc. interno n.º 1.04, versão 18, 2006/08/08, EN 45501:1992

Resolução: 0,01 mg

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>d</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	X <sub>i</sub>		u(x <sub>i</sub> )	C <sub>i</sub>	u(y)	v <sub>i</sub>
δm <sub>cal</sub>	Calibração dos padrões	N	2,5·10 <sup>-2</sup> mg	1	2,5·10 <sup>-2</sup> mg	50
δm <sub>dep</sub>	Depreciação dos padrões	R	1,5·10 <sup>-2</sup> /√12 mg	1	4,3·10 <sup>-3</sup> mg	50
δm <sub>R</sub>	Resolução do I.P.	R	5,0·10 <sup>-3</sup> /√3 mg	1	2,9·10 <sup>-3</sup> mg	50
δm <sub>rep</sub>	Repetibilidade	R	2,0·10 <sup>-3</sup> /√3 mg	1	1,2·10 <sup>-3</sup> mg	4
δm <sub>cv</sub>	Efeito de convexão	R	0 mg	1	0 mg	50
δm <sub>imp</sub>	Efeito de impulsão	R	(1,0·10 <sup>-6</sup> ·10 <sup>3</sup> )/√12 mg	1	2,9·10 <sup>-4</sup> mg	50

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N – Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P - Trapezoidal

u(y)	Incerteza-padrão de medição: 2,5·10 <sup>-2</sup> mg
k	Graus de liberdade efetivos:54
V <sub>ef</sub>	Fator de expansão:2,05
U <sub>95</sub> (y)	Incerteza expandida de medição(95%): 5,1·10 <sup>-2</sup> mg

# Capacidades de Medição e Calibração (CMC) do LCAM/LNEC (2012)

(Tabelas baseadas no modelo de tabela de balanço de incertezas do ISO-GUM – 1993/1995)

## Instrumentos de pesagem de funcionamento não-automático

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (M0025-1): 13 (cat. 1)

Patamar: 10 g

Método de calibração: proc. interno n.º 1.04, versão 18, 2006/08/08, EN 45501:1992

Resolução: 0,01 mg

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>d</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	$X_i$		$u(x_i)$	$C_i$	$u(y)$	$\nu_i$
$\delta m_{cal}$	Calibração dos padrões	N	$2,5 \cdot 10^{-2}$ mg	1	$2,5 \cdot 10^{-2}$ mg	50
$\delta m_{dep}$	Depreciação dos padrões	R	$2,0 \cdot 10^{-2} / \sqrt{12}$ mg	1	$5,8 \cdot 10^{-3}$ mg	50
$\delta m_R$	Resolução do I.P.	R	$5 \cdot 10^{-3} / \sqrt{3}$ mg	1	$2,9 \cdot 10^{-3}$ mg	50
$\delta m_{rep}$	Repetibilidade	R	$2 \cdot 10^{-3} / \sqrt{3}$ mg	1	$1,2 \cdot 10^{-3}$ mg	4
$\delta m_{cv}$	Efeito de convexão	R	0 mg	1	0 mg	50
$\delta m_{imp}$	Efeito de impulsão	R	$(1,0 \cdot 10^{-6} \cdot 10^4) / \sqrt{12}$ mg	1	$2,9 \cdot 10^{-3}$ mg	50

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N – Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P - Trapezoidal

$u(y)$	Incerteza-padrão de medição: $2,6 \cdot 10^{-2}$ mg
$k$	Graus de liberdade efetivos: 58
$V_{ef}$	Fator de expansão: 2,04
$U_{95}(y)$	<b>Incerteza expandida de medição(95%): <math>5,3 \cdot 10^{-2}</math> mg</b>

## Instrumentos de pesagem de funcionamento não-automático

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (M0025-1): 13 (cat. 1)

Patamar: 100 g

Método de calibração: proc. interno n.º 1.04, versão 18, 2006/08/08, EN 45501:1992

Resolução: 0,1 mg

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>d</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	$X_i$		$u(x_i)$	$C_i$	$u(y)$	$\nu_i$
$\delta m_{cal}$	Calibração dos padrões	N	$5,0 \cdot 10^{-2}$ mg	1	$5,0 \cdot 10^{-2}$ mg	50
$\delta m_{dep}$	Depreciação dos padrões	R	$1,0 \cdot 10^{-1} / \sqrt{12}$ mg	1	$2,9 \cdot 10^{-2}$ mg	50
$\delta m_R$	Resolução do I.P.	R	$5,0 \cdot 10^{-2} / \sqrt{3}$ mg	1	$2,9 \cdot 10^{-2}$ mg	50
$\delta m_{rep}$	Repetibilidade	R	$2,0 \cdot 10^{-2} / \sqrt{3}$ mg	1	$1,2 \cdot 10^{-2}$ mg	4
$\delta m_{cv}$	Efeito de convexão	R	0 mg	1	0 mg	50
$\delta m_{imp}$	Efeito de impulsão	R	$(1,0 \cdot 10^{-6} \cdot 10^5) / \sqrt{12}$ mg	1	$2,9 \cdot 10^{-2}$ mg	50

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N – Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P - Trapezoidal

$u(y)$	Incerteza-padrão de medição: $7,2 \cdot 10^{-2}$ mg
$k$	Graus de liberdade efetivos: 154
$V_{ef}$	Fator de expansão: 2,02
$U_{95}(y)$	<b>Incerteza expandida de medição(95%): <math>1,4 \cdot 10^{-1}</math> mg</b>

# Capacidades de Medição e Calibração (CMC) do LCAM/LNEC (2012)

(Tabelas baseadas no modelo de tabela de balanço de incertezas do ISO-GUM – 1993/1995)

## Instrumentos de pesagem de funcionamento não-automático

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (M0025-1): 13 (cat. 1)

Patamar: 200 g

Método de calibração: proc. interno n.º 1.04, versão 18, 2006/08/08, EN 45501:1992

Resolução: 0,1 mg

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>d</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	X <sub>i</sub>		u(x <sub>i</sub> )	C <sub>i</sub>	u(y)	v <sub>i</sub>
δm <sub>cal</sub>	Calibração dos padrões	N	1,0·10 <sup>-1</sup> mg	1	1,0·10 <sup>-1</sup> mg	50
δm <sub>dep</sub>	Depreciação dos padrões	R	2,0·10 <sup>-1</sup> /√12 mg	1	5,8·10 <sup>-2</sup> mg	50
δm <sub>R</sub>	Resolução do I.P.	R	5,0·10 <sup>-2</sup> /√3 mg	1	2,9·10 <sup>-2</sup> mg	50
δm <sub>rep</sub>	Repetibilidade	R	2,0·10 <sup>-2</sup> /√3 mg	1	1,2·10 <sup>-2</sup> mg	4
δm <sub>cv</sub>	Efeito de convexão	R	0 mg	1	0 mg	50
δm <sub>imp</sub>	Efeito de impulsão	R	(1,0·10 <sup>-6</sup> ·2·10 <sup>4</sup> )/√12 mg	1	5,8·10 <sup>-2</sup> mg	50

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N – Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P – Trapezoidal

u(y)	Incerteza-padrão de medição: 1,3·10 <sup>-1</sup> mg
k	Graus de liberdade efetivos: 126
v <sub>ef</sub>	Fator de expansão: 2,02
U <sub>95</sub> (y)	Incerteza expandida de medição(95%): 2,6·10 <sup>-1</sup> mg

## Instrumentos de pesagem de funcionamento não-automático

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (M0025-1): 13 (cat. 1)

Patamar: 500 g

Método de calibração: proc. interno n.º 1.04, versão 18, 2006/08/08, EN 45501:1992

Resolução: 1 mg

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>d</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	X <sub>i</sub>		u(x <sub>i</sub> )	C <sub>i</sub>	u(y)	v <sub>i</sub>
δm <sub>cal</sub>	Calibração dos padrões	N	2,5·10 <sup>-1</sup> mg	1	2,5·10 <sup>-1</sup> mg	50
δm <sub>dep</sub>	Depreciação dos padrões	R	2,5·10 <sup>-1</sup> /√12 mg	1	7,1·10 <sup>-2</sup> mg	50
δm <sub>R</sub>	Resolução do I.P.	R	5,0·10 <sup>-1</sup> /√3 mg	1	2,9·10 <sup>-1</sup> mg	50
δm <sub>rep</sub>	Repetibilidade	R	2,0·10 <sup>-1</sup> /√3 mg	1	1,2·10 <sup>-1</sup> mg	4
δm <sub>cv</sub>	Efeito de convexão	R	0 mg	1	0 mg	50
δm <sub>imp</sub>	Efeito de impulsão	R	(1,0·10 <sup>-6</sup> ·5·10 <sup>5</sup> )/√12 mg	1	1,4·10 <sup>-1</sup> mg	50

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N – Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P – Trapezoidal

u(y)	Incerteza-padrão de medição: 4,3·10 <sup>-1</sup> mg
k	Graus de liberdade efetivos: 126
v <sub>ef</sub>	Fator de expansão: 2,02
U <sub>95</sub> (y)	Incerteza expandida de medição(95%): 8,6·10 <sup>-1</sup> mg

# Capacidades de Medição e Calibração (CMC) do LCAM/LNEC (2012)

(Tabelas baseadas no modelo de tabela de balanço de incertezas do ISO-GUM – 1993/1995)

## Instrumentos de pesagem de funcionamento não-automático

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (M0025-1): 13 (cat. 1)

Patamar: 1 kg

Método de calibração: proc. interno n.º 1.04, versão 18, 2006/08/08, EN 45501:1992

Resolução: 1 mg

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>d</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	X <sub>i</sub>		u(x <sub>i</sub> )	C <sub>i</sub>	u(y)	v <sub>i</sub>
$\delta m_{cal}$	Calibração dos padrões	N	1,5 mg	1	1,5 mg	50
$\delta m_{dep}$	Depreciação dos padrões	R	1,0/√12 mg	1	2,9·10 <sup>-1</sup> mg	50
$\delta m_R$	Resolução do I.P.	R	5,0·10 <sup>-1</sup> /√3 mg	1	2,9·10 <sup>-1</sup> mg	50
$\delta m_{rep}$	Repetibilidade	R	2,0·10 <sup>-1</sup> /√3 mg	1	1,2·10 <sup>-1</sup> mg	4
$\delta m_{cv}$	Efeito de convexão	R	0 mg	1	0 mg	50
$\delta m_{imp}$	Efeito de impulsão	R	(1,0·10 <sup>-6</sup> ·10 <sup>6</sup> )/√12 mg	1	2,9·10 <sup>-1</sup> mg	50

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N – Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P – Trapezoidal

u(y)	Incerteza-padrão de medição: 1,7 mg
k	Graus de liberdade efetivos: 59
v <sub>ef</sub>	Fator de expansão: 2,04
U <sub>95</sub> (y)	Incerteza expandida de medição(95%): 3,4 mg

## Instrumentos de pesagem de funcionamento não-automático

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (M0025-1): 13 (cat. 1)

Patamar: 2 kg

Método de calibração: proc. interno n.º 1.04, versão 18, 2006/08/08, EN 45501:1992

Resolução: 1 mg

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>d</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	X <sub>i</sub>		u(x <sub>i</sub> )	C <sub>i</sub>	u(y)	v <sub>i</sub>
$\delta m_{cal}$	Calibração dos padrões	N	3 mg	1	3 mg	50
$\delta m_{dep}$	Depreciação dos padrões	R	2/√12 mg	1	5,8·10 <sup>-1</sup> mg	50
$\delta m_R$	Resolução do I.P.	R	5,0·10 <sup>-1</sup> /√3 mg	1	2,9·10 <sup>-1</sup> mg	50
$\delta m_{rep}$	Repetibilidade	R	2,0·10 <sup>-1</sup> /√3 mg	1	1,2·10 <sup>-1</sup> mg	4
$\delta m_{cv}$	Efeito de convexão	R	0 mg	1	0 mg	50
$\delta m_{imp}$	Efeito de impulsão	R	(1,0·10 <sup>-6</sup> ·2·10 <sup>6</sup> )/√12 mg	1	5,8·10 <sup>-1</sup> mg	50

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N – Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P – Trapezoidal

u(y)	Incerteza-padrão de medição: 3,2·10 <sup>-1</sup> mg
k	Graus de liberdade efetivos: 152
v <sub>ef</sub>	Fator de expansão: 2,02
U <sub>95</sub> (y)	Incerteza expandida de medição(95%): 6,4 mg

# Capacidades de Medição e Calibração (CMC) do LCAM/LNEC (2012)

(Tabelas baseadas no modelo de tabela de balanço de incertezas do ISO-GUM – 1993/1995)

## Instrumentos de pesagem de funcionamento não-automático

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (M0025-1): 13 (cat. 1)

Patamar: 5 kg

Método de calibração: proc. interno n.º 1.04, versão 18, 2006/08/08, EN 45501:1992

Resolução: 10 mg

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>d</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	X <sub>i</sub>		u(x <sub>i</sub> )	C <sub>i</sub>	u(y)	v <sub>i</sub>
$\delta m_{cal}$	Calibração dos padrões	N	8 mg	1	8 mg	50
$\delta m_{dep}$	Depreciação dos padrões	R	5/ $\sqrt{12}$ mg	1	1,4 mg	50
$\delta m_R$	Resolução do I.P.	R	5,0/ $\sqrt{3}$ mg	1	2,9 mg	50
$\delta m_{rep}$	Repetibilidade	R	2,0/ $\sqrt{3}$ mg	1	1,2 mg	4
$\delta m_{cv}$	Efeito de convexão	R	0 mg	1	0 mg	50
$\delta m_{imp}$	Efeito de impulsão	R	(1,0·10 <sup>-6</sup> ·5·10 <sup>6</sup> )/ $\sqrt{12}$ mg	1	1,4 mg	50

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N – Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P – Trapezoidal

u(y)	Incerteza-padrão de medição: 8,8 mg
k	Graus de liberdade efetivos: 72
V <sub>ef</sub>	Fator de expansão: 2,04
U <sub>95</sub> (y)	<b>Incerteza expandida de medição(95%): 17,9 mg</b>

## Instrumentos de pesagem de funcionamento não-automático

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (M0025-1): 13 (cat. 1)

Patamar: 10 kg

Método de calibração: proc. interno n.º 1.04, versão 18, 2006/08/08, EN 45501:1992

Resolução: 10 mg

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>d</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	X <sub>i</sub>		u(x <sub>i</sub> )	C <sub>i</sub>	u(y)	v <sub>i</sub>
$\delta m_{cal}$	Calibração dos padrões	N	16 mg	1	16 mg	50
$\delta m_{dep}$	Depreciação dos padrões	R	12/ $\sqrt{12}$ mg	1	3,5 mg	50
$\delta m_R$	Resolução do I.P.	R	5,0/ $\sqrt{3}$ mg	1	2,9 mg	50
$\delta m_{rep}$	Repetibilidade	R	2,0/ $\sqrt{3}$ mg	1	1,2 mg	4
$\delta m_{cv}$	Efeito de convexão	R	0 mg	1	0 mg	50
$\delta m_{imp}$	Efeito de impulsão	R	(1,0·10 <sup>-6</sup> ·10 <sup>7</sup> )/ $\sqrt{12}$ mg	1	2,9 mg	50

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N – Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P – Trapezoidal

u(y)	Incerteza-padrão de medição: 16 mg
k	Graus de liberdade efetivos: 62
V <sub>ef</sub>	Fator de expansão: 2,04
U <sub>95</sub> (y)	<b>Incerteza expandida de medição(95%): 34 mg</b>

# Capacidades de Medição e Calibração (CMC) do LCAM/LNEC (2012)

(Tabelas baseadas no modelo de tabela de balanço de incertezas do ISO-GUM – 1993/1995)

## Instrumentos de pesagem de funcionamento não-automático

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (M0025-1): 13 (cat. 1)

Patamar: 30 kg

Método de calibração: proc. interno n.º 1.04, versão 18, 2006/08/08, EN 45501:1992

Resolução: 100 mg

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>d</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	X <sub>i</sub>		u(x <sub>i</sub> )	C <sub>i</sub>	u(y)	v <sub>i</sub>
$\delta m_{cal}$	Calibração dos padrões	N	28 mg	1	28 mg	50
$\delta m_{dep}$	Depreciação dos padrões	R	36/√12 mg	1	10 mg	50
$\delta m_R$	Resolução do I.P.	R	50/√3 mg	1	29 mg	50
$\delta m_{rep}$	Repetibilidade	R	20/√3 mg	1	11 mg	4
$\delta m_{cv}$	Efeito de convexão	R	0 mg	1	0 mg	50
$\delta m_{imp}$	Efeito de impulsão	R	(1,0·10 <sup>-6</sup> ·3·10 <sup>7</sup> )/√12 mg	1	8,7 mg	50

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N – Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P – Trapezoidal

u(y)	Incerteza-padrão de medição: 0,044 g
k	Graus de liberdade efetivos: 120
v <sub>ef</sub>	Fator de expansão: 2,02
U <sub>95</sub> (y)	Incerteza expandida de medição(95%): 0,089 g

## Instrumentos de pesagem de funcionamento não-automático

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (M0025-1): 13 (cat. 1)

Patamar: 60 kg

Método de calibração: proc. interno n.º 1.04, versão 18, 2006/08/08, EN 45501:1992

Resolução: 1 g

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>d</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	X <sub>i</sub>		u(x <sub>i</sub> )	C <sub>i</sub>	u(y)	v <sub>i</sub>
$\delta m_{cal}$	Calibração dos padrões	N	40 mg	1	40 mg	50
$\delta m_{dep}$	Depreciação dos padrões	R	72/√12 mg	1	21 mg	50
$\delta m_R$	Resolução do I.P.	R	500/√3 mg	1	289 mg	50
$\delta m_{rep}$	Repetibilidade	R	200/√3 mg	1	115 mg	4
$\delta m_{cv}$	Efeito de convexão	R	0 mg	1	0 mg	50
$\delta m_{imp}$	Efeito de impulsão	R	(1,0·10 <sup>-6</sup> ·6·10 <sup>7</sup> )/√12 mg	1	17 mg	50

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N – Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P – Trapezoidal

u(y)	Incerteza-padrão de medição: 0,32 g
k	Graus de liberdade efetivos: 53
v <sub>ef</sub>	Fator de expansão: 2,05
U <sub>95</sub> (y)	Incerteza expandida de medição(95%): 0,65 g

# Capacidades de Medição e Calibração (CMC) do LCAM/LNEC (2012)

(Tabelas baseadas no modelo de tabela de balanço de incertezas do ISO-GUM – 1993/1995)

## Termômetros de dilatação de líquido-em-vidro

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (M0025-1): 14 (cat. 0)

Gama de medição: -20 °C a +250 °C

Método de calibração: proc. interno n.º 1.15, versão 14, 2006/08/10, ISO 386: 1977

Resolução: 0,1 °C

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>d</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	$X_i$		$u(x_i)$	$C_i$	$u(y)$	$\nu_i$
$\delta W_{s,cal}$ ; $\delta R_{s,ind}$ ; $\delta \theta_{s,med}$	Incerteza de medição alvo	N	$2,5 \cdot 10^{-2}$ °C	1	$2,5 \cdot 10^{-2}$ °C	50
$\delta \theta_{s,i}$	Interpolação da escala	R	$1,0 \cdot 10^{-2} / \sqrt{3}$ °C	1	$5,8 \cdot 10^{-3}$ °C	50
$\delta \theta_{M,e}$	Estabilidade do banho regulado	R	$2 \cdot 10^{-2} / \sqrt{3}$ °C	1	$1,2 \cdot 10^{-2}$ °C	50
$\delta \theta_{M,u}$	Uniformidade do banho regulado	R	$4 \cdot 10^{-2} / \sqrt{3}$ °C	1	$2,8 \cdot 10^{-2}$ °C	50
$\delta \theta_{Tx,res}$	Resolução	R	$5 \cdot 10^{-2} / \sqrt{3}$ °C	1	$2,9 \cdot 10^{-2}$ °C	50
$\delta \theta_{Tx,rep}$	Repetibilidade	N	0,01 °C	1	0,01 °C	3
$\delta \theta_{Tx,cond}$ $\delta \theta_{Tx,rep}$	Condução térmica	N	0,01 °C	1	0,01 °C	50
$\delta \theta_{Tx,vpat}$	Efeito da variação da pressão atmosférica	R	$5 \cdot 10^{-3} / \sqrt{3}$ °C	1	$2,9 \cdot 10^{-3}$ °C	50
$\delta \theta_{Tx,px}$	Efeito de paralaxe	R	$1 \cdot 10^{-2} / \sqrt{3}$ °C	1	$5,8 \cdot 10^{-3}$ °C	50
$\delta \theta_{Tx,ds}$	Deriva secular	R	0 °C	1	0 °C	50
$\delta \theta_{Tx,col}$	Temperatura da coluna de imersão	R	$1 \cdot 10^{-2} / \sqrt{3}$ °C	1	$5,8 \cdot 10^{-3}$ °C	50

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N – Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P - Trapezoidal

$u(y)$	Incerteza-padrão de medição: 0,05 °C
$k$	Graus de liberdade efetivos:188
$V_{ef}$	Fator de expansão:2,01
$U_{95}(y)$	<b>Incerteza expandida de medição(95%): 0,10 °C</b>

# Capacidades de Medição e Calibração (CMC) do LCAM/LNEC (2012)

(Tabelas baseadas no modelo de tabela de balanço de incertezas do ISO-GUM – 1993/1995)

## Termômetros de dilatação de líquido-em-vidro

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (M0025-1): 14 (cat. 0)

Gama de medição: -20 °C a +250 °C

Método de calibração: proc. interno n.º 1.15, versão 14, 2006/08/10, ISO 386: 1977

Resolução: 1 °C

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>d</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	$X_i$		$u(x_i)$	$C_i$	$u(y)$	$\nu_i$
$\delta W_{s,cal}$ ; $\delta R_{s,ind}$ ; $\delta \theta_{s,med}$	Incerteza de medição alvo	N	$2,5 \cdot 10^{-2}$ °C	1	$2,5 \cdot 10^{-2}$ °C	50
$\delta \theta_{s,i}$	Interpolação da escala	R	$2 \cdot 10^{-2} / \sqrt{3}$ °C	1	$1,15 \cdot 10^{-2}$ °C	50
$\delta \theta_{M,e}$	Estabilidade do banho regulado	R	$2 \cdot 10^{-2} / \sqrt{3}$ °C	1	$1,15 \cdot 10^{-2}$ °C	50
$\delta \theta_{M,u}$	Uniformidade do banho regulado	R	$4 \cdot 10^{-2} / \sqrt{3}$ °C	1	$2,8 \cdot 10^{-2}$ °C	50
$\delta \theta_{Tx,res}$	Resolução	R	$5 \cdot 10^{-1} / \sqrt{3}$ °C	1	$2,9 \cdot 10^{-1}$ °C	50
$\delta \theta_{Tx,rep}$	Repetibilidade	N	0,01 °C	1	0,01 °C	3
$\delta \theta_{Tx,cond}$ $\delta \theta_{Tx,rep}$	Condução térmica	N	0,01 °C	1	0,01 °C	50
$\delta \theta_{Tx,vpat}$	Efeito da variação da pressão atmosférica	R	$5 \cdot 10^{-3} / \sqrt{3}$ °C	1	$2,9 \cdot 10^{-3}$ °C	50
$\delta \theta_{Tx,px}$	Efeito de paralaxe	R	$1 \cdot 10^{-2} / \sqrt{3}$ °C	1	$5,8 \cdot 10^{-3}$ °C	50
$\delta \theta_{Tx,ds}$	Deriva secular	R	0 °C	1	0 °C	50
$\delta \theta_{Tx,col}$	Temperatura da coluna de imersão	R	$1 \cdot 10^{-2} / \sqrt{3}$ °C	1	$5,8 \cdot 10^{-3}$ °C	50

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N – Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P - Trapezoidal

$u(y)$	Incerteza-padrão de medição: 0,33 °C
k	Graus de liberdade efetivos:66
$\nu_{ef}$	Fator de expansão:2,04
$U_{95}(y)$	<b>Incerteza expandida de medição(95%): 0,7 °C</b>

# Capacidades de Medição e Calibração (CMC) do LCAM/LNEC (2012)

(Tabelas baseadas no modelo de tabela de balanço de incertezas do ISO-GUM – 1993/1995)

## Termômetros de resistência de platina de 100 Ω

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (M0025-1): 15 (cat. 0)

Gama de medição: -20 °C a + 80 °C

Método de calibração: proc. interno n.º 8.15, versão 6, 2009/09/21  
proc. interno n.º 18.15, versão 3, 2009/09/21

Resolução: 0,1 °C

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>d</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	$X_i$		$u(x_i)$	$C_i$	$u_i(y)$	$\nu_i$
$\delta\theta_{T,cal}$	Incerteza de medição alvo	N	$1,5 \cdot 10^{-3}$ °C	1	$1,5 \cdot 10^{-3}$ °C	50
$\delta\theta_{T,s}$	Estabilidade de longo prazo	T	$1,0 \cdot 10^{-3} / \sqrt{6}$ °C	1	$4 \cdot 10^{-4}$ °C	50
$\delta w_T ; \delta R_s$	Ponte e resistência padrão externa (med. PRT 25 Ω)	N			$3 \cdot 10^{-4}$ °C	50
$\delta\theta_{B,s}$	Estabilidade do banho regulado	R	$8,0 \cdot 10^{-3} / \sqrt{3}$ °C	1	$4,6 \cdot 10^{-3}$ °C	50
$\delta\theta_{B,u}$	Uniformidade do banho regulado	R	$1,0 \cdot 10^{-2} / \sqrt{3}$ °C	1	$5,8 \cdot 10^{-3}$ °C	50
$\delta w_{T,i} ; \delta R_{s,i}$	Ponte e resistência padrão externa (med. PRT 100 Ω)	N	$5 \cdot 10^{-4}$ Ω	2,63 °C/Ω	≈ 0 °C	50

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N – Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P - Trapezoidal

$u(y)$	Incerteza-padrão de medição: 0,007 5 °C
$k$	Graus de liberdade efetivos:103
$V_{ef}$	Fator de expansão:2,02
$U_{95}(y)$	<b>Incerteza expandida de medição(95%): 0,015 °C</b>

## Termômetros de resistência de platina de 100 Ω

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (M0025-1): 15 (cat. 0)

Gama de medição: + 80 °C a +250 °C

Método de calibração: proc. interno n.º 8.15, versão 6, 2009/09/21  
proc. interno n.º 18.15, versão 3, 2009/09/21

Resolução: 0,1 °C

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>d</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	$X_i$		$u(x_i)$	$C_i$	$u_i(y)$	$\nu_i$
$\delta\theta_{T,cal}$	Incerteza de medição alvo	N	$1,5 \cdot 10^{-3}$ °C	1	$1,5 \cdot 10^{-3}$ °C	50
$\delta\theta_{T,s}$	Estabilidade de longo prazo	T	$1,0 \cdot 10^{-3} / \sqrt{6}$ °C	1	$4 \cdot 10^{-4}$ °C	50
$\delta w_T ; \delta R_s$	Ponte e resistência padrão externa (med. PRT 25 Ω)	N			$3 \cdot 10^{-4}$ °C	50
$\delta\theta_{B,s}$	Estabilidade do banho regulado	R	$8,0 \cdot 10^{-3} / \sqrt{3}$ °C	1	$4,6 \cdot 10^{-3}$ °C	50
$\delta\theta_{B,u}$	Uniformidade do banho regulado	R	$3,0 \cdot 10^{-2} / \sqrt{3}$ °C	1	$1,7 \cdot 10^{-2}$ °C	50
$\delta w_{T,i} ; \delta R_{s,i}$	Ponte e resistência padrão externa (med. PRT 100 Ω)	N	$5 \cdot 10^{-4}$ Ω	2,63 °C/Ω	≈ 0 °C	50

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N – Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P - Trapezoidal

$u(y)$	Incerteza-padrão de medição: 0,018 °C
$k$	Graus de liberdade efetivos:57
$V_{ef}$	Fator de expansão:2,04
$U_{95}(y)$	<b>Incerteza expandida de medição(95%): 0,037 °C</b>

# Capacidades de Medição e Calibração (CMC) do LCAM/LNEC (2012)

(Tabelas baseadas no modelo de tabela de balanço de incertezas do ISO-GUM – 1993/1995)

## Termômetros com indicador digital

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (M0025-1): 16 (cat. 0)

Gama de medição: 0 °C a +180 °C

Método de calibração: proc. interno n.º 13.15, versão 4, 2005/08/10

Resolução: 0,1 °C

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>d</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	$X_i$		$u(x_i)$	$C_i$	$u(y)$	$\nu_i$
$\delta w_{s,cal}; \delta R_{s,ind}; \delta \theta_{s,med}$	Incerteza de medição alvo	N	$2,5 \cdot 10^{-2}$ °C	1	$2,5 \cdot 10^{-2}$ °C	50
$\delta \theta_{s,i}$	Interpolação da escala	R	$1 \cdot 10^{-2}$ °C	1	$1 \cdot 10^{-2}$ °C	50
$\delta \theta_{M,e}$	Estabilidade do banho regulado	R	$2 \cdot 10^{-2} / \sqrt{3}$ °C	1	$1,2 \cdot 10^{-2}$ °C	50
$\delta \theta_{M,u}$	Uniformidade do banho regulado	R	$4 \cdot 10^{-2} / \sqrt{3}$ °C	1	$2,3 \cdot 10^{-2}$ °C	50
$\delta \theta_{Tx,res}$	Resolução	R	$5 \cdot 10^{-2} / \sqrt{3}$ °C	1	$2,9 \cdot 10^{-2}$ °C	50
$\delta \theta_{Tx,rep}$	Repetibilidade	N	$1 \cdot 10^{-2}$ °C	1	$1 \cdot 10^{-2}$ °C	3
	Condução térmica	R	$1 \cdot 10^{-2} / \sqrt{3}$ °C	1	$5,8 \cdot 10^{-3}$ °C	50

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N – Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P - Trapezoidal

$u(y)$	Incerteza-padrão de medição: 0,05 °C
k	Graus de liberdade efetivos:168
$\nu_{ef}$	Fator de expansão:2,01
$U_{95}(y)$	<b>Incerteza expandida de medição(95%): 0,10 °C</b>

## Termístores

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (M0025-1): 17 (cat. 0)

Gama de medição: 0 °C a +80 °C

Método de calibração: proc. interno n.º 17.15, versão 4, 2007/05/10

Resolução: 0,1 °C

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>d</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	$X_i$		$u(x_i)$	$C_i$	$u(y)$	$\nu_i$
$\delta \theta_{T,cal}$	Incerteza de medição alvo	N	$2,5 \cdot 10^{-2}$ °C	1	$2,5 \cdot 10^{-2}$ °C	50
$\delta \theta_{B,s}$	Estabilidade do banho regulado	R	$5,0 \cdot 10^{-2} / \sqrt{3}$ °C	1	$2,9 \cdot 10^{-2}$ °C	50
$\delta \theta_{B,u}$	Uniformidade do banho regulado	R	$1,0 \cdot 10^{-1} / \sqrt{3}$ °C	1	$5,8 \cdot 10^{-2}$ °C	50
$\delta \theta_{Tx,res}$	Resolução da cadeia de medição	R	$5,0 \cdot 10^{-2} / \sqrt{3}$ °C	1	$2,9 \cdot 10^{-3}$ °C	50
$\delta \theta_{Tx,rep}$	Repetibilidade	N	$2,0 \cdot 10^{-2} / \sqrt{3}$ °C	1	$2,0 \cdot 10^{-2}$ °C	4

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N – Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P - Trapezoidal

$u(y)$	Incerteza-padrão de medição: 0,078 °C
k	Graus de liberdade efetivos:22
$\nu_{ef}$	Fator de expansão:2,13
$U_{95}(y)$	<b>Incerteza expandida de medição(95%): 0,17 °C</b>

# Capacidades de Medição e Calibração (CMC) do LCAM/LNEC (2012)

(Tabelas baseadas no modelo de tabela de balanço de incertezas do ISO-GUM – 1993/1995)

## Termohigrógrafos e termohigrômetros com indicador digital dedicado

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (M0025-1): 18,19,20 (cat. 0)

Gama de medição de temperatura: 0 °C a +50 °C

Método de calibração: proc. interno n.º E0315, versão 3, 2010/01/29

Resolução: 0,1 °C

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>d</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	X <sub>i</sub>		u(x <sub>i</sub> )	C <sub>i</sub>	u(y)	v <sub>i</sub>
δθ <sub>cal</sub>	Incerteza de medição alvo	N	0,05 °C	1	0,05 °C	50
δθ <sub>est.,lp</sub>	Estabilidade de longo prazo	T	0,01/√6 °C	1	0,004 °C	50
δθ <sub>s</sub>	Estabilidade do meio regulado	R	0,014/√3 °C	1	0,008 °C	50
δθ <sub>u</sub>	Uniformidade do meio regulado	R	0,12/√3 °C	1	0,07 °C	50
δθ <sub>Tx,a</sub>	Auto-aquecimento	R	0,01/√3 °C	1	0,006 °C	50
δθ <sub>Tx,r</sub>	Resolução eq. a calibrar	R	0,05/√3 °C	1	0,029 °C	50
δθ <sub>rep</sub>	Repetibilidade	N	0,05 °C	1	0,05 °C	50

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N – Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P - Trapezoidal

u(y)	Incerteza-padrão de medição: 0,12 °C
k	Graus de liberdade efetivos: 242
V <sub>ef</sub>	Fator de expansão: 2,00
U <sub>95</sub> (y)	<b>Incerteza expandida de medição(95%): 0,23 °C</b>

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (M0025-1): 18,19,20 (cat. 0)

Gama de medição de hr: 20 % hr a 95 % hr

Método de calibração: proc. interno n.º E0315, versão 3, 2010/01/29

Resolução: 0,1 % hr

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>d</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	X <sub>i</sub>		u(x <sub>i</sub> )	C <sub>i</sub>	u(y)	v <sub>i</sub>
δhr <sub>cal</sub>	Incerteza de medição alvo	N	0,50 % hr	1	0,50 % hr	50
δhr <sub>der</sub>	Deriva	T	(0,20/√6) % hr	1	0,08 % hr	50
δhr <sub>s</sub>	Estabilidade do meio regulado	R	(0,05/√3) % hr	1	0,03 % hr	50
δhr <sub>u</sub>	Uniformidade do meio regulado	R	(0,35/√3) % hr	1	0,20 % hr	50
δhr <sub>x, res</sub>	Resolução	R	(0,05/√3) % hr	1	0,03 % hr	50
δhr <sub>x, rep</sub>	Repetibilidade	N	0,10 % hr	1	0,10 % hr	50

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N – Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P - Trapezoidal

u(y)	Incerteza-padrão de medição: 0,59 % hr
V <sub>ef</sub>	Graus de liberdade efetivos: 92
k	Fator de expansão: 2,00
U <sub>95</sub> %(y)	<b>Incerteza expandida de medição(95 %): 1,2 % hr</b>

# Capacidades de Medição e Calibração (CMC) do LCAM/LNEC (2012)

(Tabelas baseadas no modelo de tabela de balanço de incertezas do ISO-GUM – 1993/1995)

## Higrômetros de espelho

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (M0025-1): 21 (cat. 0)

Gama de medição de hr: 20 % hr a 95 % hr

Método de calibração: proc. interno n.º E2215, versão 3, 2009/07/21

Resolução: 0,1 % hr

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>d</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	X <sub>i</sub>		u(x <sub>i</sub> )	C <sub>i</sub>	u <sub>i</sub> (y)	v <sub>i</sub>
δhr <sub>cal</sub>	Incerteza de medição alvo	N	0,50 % hr	1	0,50 % hr	50
δhr <sub>der</sub>	Deriva	T	(0,20/√6) % hr	1	0,08 % hr	50
δhr <sub>s</sub>	Estabilidade do meio regulado	R	(0,05/√3) % hr	1	0,03 % hr	50
δhr <sub>u</sub>	Uniformidade do meio regulado	R	(0,35/√3) % hr	1	0,20 % hr	50
δhr <sub>x, res</sub>	Resolução	R	(0,05/√3) % hr	1	0,03 % hr	50
δhr <sub>x, rep</sub>	Repetibilidade	R	(0,03/√3) % hr	1	0,02 % hr	50

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N – Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P - Trapezoidal

u(y)	Incerteza-padrão de medição: 0,55 % hr
V <sub>ef</sub>	Graus de liberdade efetivos: 70
k	Fator de expansão: 2,00
U <sub>95 %</sub> (y)	<b>Incerteza expandida de medição(95 %): 1,1 % hr</b>

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (M0025-1): 21 (cat. 0)

Gama de medição de temp. orvalho: 0 °C a +50 °C

Método de calibração: proc. interno n.º E2215, versão 3, 2009/07/21

Resolução: 0,1 °C

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>d</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	X <sub>i</sub>		u(x <sub>i</sub> )	C <sub>i</sub>	u <sub>i</sub> (y)	v <sub>i</sub>
δt <sub>d, cal</sub>	Incerteza de medição alvo	N	0,075 °C	1	0,075 °C	50
δt <sub>d, higró</sub>	Materiais higroscópicos	R	(0,20/√3) °C	1	0,12 °C	50
δt <sub>d, caudal</sub>	Caudal volumétrico do escoamento de ar	R	(0,10/√3) °C	1	0,06 °C	50
δt <sub>d, cont</sub>	Contaminação	R	(0,10/√3) °C	1	0,06 °C	50
δt <sub>d, cond</sub>	Natureza do condensado	R	(0,05/√3) °C	1	0,03 °C	50
δt <sub>d, der</sub>	Deriva	T	(0,10/√6) °C	1	0,04 °C	50
δt <sub>d, res</sub>	Resolução eq. a calibrar	R	(0,05/√3) °C	1	0,03 °C	50
δt <sub>d, rep</sub>	Repetibilidade	N	0,03 °C	1	0,10 °C	50

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N – Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P - Trapezoidal

u(y)	Incerteza-padrão de medição: 0,16 °C
V <sub>ef</sub>	Graus de liberdade efetivos: 169
k	Fator de expansão: 2,00
U <sub>95 %</sub> (y)	<b>Incerteza expandida de medição(95 %): 0,33 °C</b>

# Capacidades de Medição e Calibração (CMC) do LCAM/LNEC (2012)

(Tabelas baseadas no modelo de tabela de balanço de incertezas do ISO-GUM – 1993/1995)

## Termohigrógrafos de tambor

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (M0025-1): 22 (cat. 0)

Gama de medição de temperatura: 0 °C a +50 °C

Método de calibração: proc. interno n.º E2115, versão 1, 2007/03/20

Resolução: 0,5 °C

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>d</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	$X_i$		$u(x_i)$	$C_i$	$u(y)$	$\nu_i$
$\delta w_{s,cal}; \delta R_{s,ind}; \delta \theta_{s,med}$	Incerteza de medição alvo	N	$5 \cdot 10^{-2}$ °C	1	$5 \cdot 10^{-2}$ °C	50
$\delta \theta_{s,i}$	Estabilidade de longo prazo	T	$1 \cdot 10^{-2} / \sqrt{6}$ °C	1	$4,1 \cdot 10^{-3}$ °C	50
$\delta \theta_{M,e}$	Estabilidade do meio regulado	R	$1 \cdot 10^{-1} / \sqrt{3}$ °C	1	$5,8 \cdot 10^{-2}$ °C	50
$\delta \theta_{M,u}$	Uniformidade do meio regulado	R	$1 \cdot 10^{-1} / \sqrt{3}$ °C	1	$5,8 \cdot 10^{-2}$ °C	50
$\delta \theta_{Tx,res}$	Resolução	R	$2,5 \cdot 10^{-1} / \sqrt{3}$ °C	1	$1,4 \cdot 10^{-1}$ °C	50
$\delta \theta_{Tx,rep}$	Repetibilidade	N	$5 \cdot 10^{-2}$ °C	1	$5 \cdot 10^{-2}$ °C	
$\delta \theta_{Tx,m}$	Montagem (registo)	R	$1 \cdot 10^{-1} / \sqrt{3}$ °C	1	$5,8 \cdot 10^{-2}$ °C	50

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N – Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P - Trapezoidal

$u(y)$	Incerteza-padrão de medição: 0,20 °C
$k$	Graus de liberdade efetivos: 165
$V_{ef}$	Fator de expansão: 2,00
$U_{95}(y)$	<b>Incerteza expandida de medição(95%): 0,40 °C</b>

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (M0025-1): 22 (cat. 0)

Gama de medição de hr: 20 % hr a 95 % hr

Método de calibração: proc. interno n.º E2115, versão 1, 2007/03/20

Resolução: 1 % hr

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>d</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	$X_i$		$u(x_i)$	$C_i$	$u(y)$	$\nu_i$
$\delta hr_{cal}$	Incerteza de medição alvo	N	0,55 % hr	1	± 0,55 % hr	50
$\delta hr_{der}$	Deriva	T	$(1,0/\sqrt{6})$ % hr	1	± 0,41 % hr	50
$\delta hr_s$	Estabilidade do meio regulado	R	$(1,0/\sqrt{3})$ % hr	1	± 0,58 % hr	50
$\delta hr_u$	Uniformidade do meio regulado	R	$(1,0/\sqrt{3})$ % hr	1	± 0,58 % hr	50
$\delta hr_{mont}$	Montagem (registo)	R	$(0,2/\sqrt{3})$ % hr	1	± 0,12 % hr	50
$\delta hr_{x,res}$	Resolução eq. a calibrar	R	$(0,5/\sqrt{3})$ % hr	1	± 0,29 % hr	50
$\delta hr_{x,rep}$	Repetibilidade	R	$(0,2/\sqrt{3})$ % hr	1	± 0,12 % hr	50

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N – Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P - Trapezoidal

$u(y)$	Incerteza-padrão de medição: 1,2 % hr
$V_{ef}$	Graus de liberdade efetivos: 343
$k$	Fator de expansão: 2,00
$U_{95}(y)$	<b>Incerteza expandida de medição(95 %): 2,5 % hr</b>

# Capacidades de Medição e Calibração (CMC) do LCAM/LNEC (2012)

(Tabelas baseadas no modelo de tabela de balanço de incertezas do ISO-GUM – 1993/1995)

## Termoanemômetros

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (M0025-1): 23 (cat. 0)

Gama de medição de temperatura: 0 °C a +50 °C

Método de calibração: proc. interno n.º E2315, versão 1, 2007/03/20

Resolução: 0,1 °C

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>d</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	$X_i$		$u(x_i)$	$C_i$	$u(y)$	$\nu_i$
$\delta w_{s,cal} ; \delta R_{s,ind} ; \delta \theta_{s,med}$	Incerteza de medição alvo	N	$2,5 \cdot 10^{-2} \text{ °C}$	1	$2,5 \cdot 10^{-2} \text{ °C}$	50
$\delta \theta_{s,i}$	Estabilidade de longo prazo	T	$1 \cdot 10^{-2} / \sqrt{6} \text{ °C}$	1	$4,1 \cdot 10^{-3} \text{ °C}$	50
$\delta \theta_{M,e}$	Estabilidade do meio regulado	R	$2 \cdot 10^{-2} / \sqrt{3} \text{ °C}$	1	$1,2 \cdot 10^{-2} \text{ °C}$	50
$\delta \theta_{M,u}$	Uniformidade do meio regulado	R	$5 \cdot 10^{-2} / \sqrt{3} \text{ °C}$	1	$2,9 \cdot 10^{-2} \text{ °C}$	50
$\delta \theta_{Tx,res}$	Resolução	R	$5 \cdot 10^{-2} / \sqrt{3} \text{ °C}$	1	$2,9 \cdot 10^{-2} \text{ °C}$	50
$\delta \theta_{Tx,rep}$	Repetibilidade	N	$2 \cdot 10^{-2} \text{ °C}$	1	$2 \cdot 10^{-2} \text{ °C}$	3
$\delta \theta_{Tx,a}$	Auto-aquecimento	R	$1 \cdot 10^{-2} / \sqrt{3} \text{ °C}$	1	$5,8 \cdot 10^{-3} \text{ °C}$	50

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N – Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P – Trapezoidal

$u(y)$	Incerteza-padrão de medição: 0,05 °C
$k$	Graus de liberdade efetivos: 70
$V_{ef}$	Fator de expansão: 2,04
$U_{95}(y)$	<b>Incerteza expandida de medição(95%): 0,11 °C</b>

# Capacidades de Medição e Calibração (CMC) do LCAM/LNEC (2012)

(Tabelas baseadas no modelo de tabela de balanço de incertezas do ISO-GUM – 1993/1995)

## Termopares com indicador em temperatura

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (M0025-1): 24 (cat. 0)

Gama de medição de temperatura: 0 °C a +180 °C

Método de calibração: proc. interno n.º 18.15, versão 3, 2010/01/29

Resolução: 0,1 °C

Vide quadro dos termómetros com indicador digital

## Termopares com indicador em temperatura

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (M0025-1): 24 (cat. 0)

Gama de medição de temperatura: +180 °C a +450 °C

Método de calibração: proc. interno n.º E1215, versão 3, 2008/08/20

Resolução: 0,1 °C

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>i</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coeficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	$X_i$		$u(x_i)$	$C_i$	$u(y)$	$\nu_i$
$\delta\theta_{Fx}$	Estabilidade do forno	R	$4 \cdot 10^{-1}$ °C	1	$2,3 \cdot 10^{-1}$ °C	50
$\delta\theta_{Vcal}$	Calibração do voltímetro	N	0,2 °C	1	0,2 °C	50
$\delta\theta_{Vx}$	Incerteza de medição alvo	N	0,5 °C	1	0,5 °C	50
$\delta V_X$	Resolução do voltímetro	R	$5 \cdot 10^{-4} / \sqrt{3}$ mV	129°C/mV	$3,7 \cdot 10^{-2}$ °C	50
$\delta V_{Xp}$	FEM parasitas	R	$5 \cdot 10^{-4} / \sqrt{3}$ mV	129°C/mV	$3,7 \cdot 10^{-2}$ °C	50
$\delta V_{Xcc}$	Cabos de compensação	R	$1 \cdot 10^{-3} / \sqrt{3}$ mV	129°C/mV	$7,5 \cdot 10^{-2}$ °C	50
$\Delta\theta_X$	Desvio da temp. de referência	N	$5 \cdot 10^{-1}$ °C	1	$5 \cdot 10^{-1}$ °C	119
$\delta\theta_{0X}$	Temperatura de referência	N	$5 \cdot 10^{-2}$ °C	1	$5 \cdot 10^{-2}$ °C	50
$\delta V_{Xh}$	Não homogen. do termopar de ref.	R	$5 \cdot 10^{-3} / \sqrt{3}$ mV	129°C/mV	$3,7 \cdot 10^{-1}$ °C	50
$\delta\theta_{Fu}$	Uniformidade do forno	R	$3 \cdot 10^{-1} / \sqrt{3}$ °C	1	$1,7 \cdot 10^{-1}$ °C	50
$\delta\theta_{X,rep}$	Repetibilidade	N	$2 \cdot 10^{-3}$ mV	129°C/mV	$2,6 \cdot 10^{-1}$ °C	50
$\delta\theta_{cal,R}$	Resolução do termopar a calibrar	R	$5 \cdot 10^{-2} / \sqrt{3}$ °C	1	$2,9 \cdot 10^{-1}$ °C	50
$\delta\theta_{cal,rep}$	Repetibilidade do termopar a calibrar	N	$2 \cdot 10^{-1}$ °C	1	$2 \cdot 10^{-1}$ °C	4

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N – Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P - Trapezoidal

$u(y)$	Incerteza-padrão de medição: 0,78 °C
$k$	Graus de liberdade efetivos: 63
$V_{ef}$	Fator de expansão: 2,05
$U_{95}(y)$	<b>Incerteza expandida de medição(95%): 1,6 °C</b>

# Capacidades de Medição e Calibração (CMC) do LCAM/LNEC (2012)

(Tabelas baseadas no modelo de tabela de balanço de incertezas do ISO-GUM – 1993/1995)

## Termopares com indicador em temperatura

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (M0025-1): 24 (cat. 0)

Gama de medição de temperatura: +450 °C a +1100 °C

Método de calibração: proc. interno n.º E1215, versão 3, 2008/08/20

Resolução: 0,1 °C

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>d</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	$X_i$		$u(x_i)$	$C_i$	$u(y)$	$\nu_i$
$\delta\theta_{Fx}$	Estabilidade do forno	N	$1 \cdot 10^{-1}$ °C	1	$1 \cdot 10^{-1}$ °C	50
$\delta\theta_{Vx}$	Incerteza de medição alvo	N	1,0 °C	1	1,0 °C	50
$\delta V_X$	Resolução do voltímetro	R	$5 \cdot 10^{-4} / \sqrt{3}$ mV	108°C/mV	$3,1 \cdot 10^{-2}$ °C	50
$\delta V_{Xp}$	FEM parasitas	R	$5 \cdot 10^{-4} / \sqrt{3}$ mV	108°C/mV	$3,1 \cdot 10^{-2}$ °C	50
$\delta V_{Xcc}$	Cabos de compensação	R	$1 \cdot 10^{-3} / \sqrt{3}$ mV	108°C/mV	$6,2 \cdot 10^{-2}$ °C	50
$\Delta\theta_X$	Desvio da temp. de referência	N	$5 \cdot 10^{-1}$ °C	1	$7,6 \cdot 10^{-1}$ °C	142
$\delta\theta_{0X}$	Temperatura de referência	N	$5 \cdot 10^{-2}$ °C	1	$5 \cdot 10^{-2}$ °C	50
$\delta V_{Xh}$	Não homogen. do termopar de ref.	R	$5 \cdot 10^{-3} / \sqrt{3}$ mV	108°C/mV	$3,1 \cdot 10^{-1}$ °C	50
$\delta\theta_{Fu}$	Uniformidade do forno	R	$8 \cdot 10^{-1} / \sqrt{3}$ °C	1	$4,6 \cdot 10^{-1}$ °C	50
$\delta\theta_{X,rep}$	Repetibilidade	N	$4 \cdot 10^{-3}$ mV	108°C/mV	$2,5 \cdot 10^{-1}$ °C	50
$\delta\theta_{cal,R}$	Resolução do termopar a calibrar	R	$5 \cdot 10^{-2} / \sqrt{3}$ °C	1	$2,9 \cdot 10^{-1}$ °C	50
$\delta\theta_{cal,rep}$	Repetibilidade do termopar a calibrar	N	$2 \cdot 10^{-1}$ °C	1	$2 \cdot 10^{-1}$ °C	4

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N – Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P - Trapezoidal

$u(y)$	Incerteza-padrão de medição: 1,2 °C
$k$	Graus de liberdade efetivos: 75
$V_{ef}$	Fator de expansão: 2,03
$U_{95}(y)$	<b>Incerteza expandida de medição(95%): 2,4 °C</b>

# Capacidades de Medição e Calibração (CMC) do LCAM/LNEC (2012)

(Tabelas baseadas no modelo de tabela de balanço de incertezas do ISO-GUM – 1993/1995)

## Estufas e câmaras climáticas

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (L0257-1): 1 (cat. 2)

Gama de medição de temperatura: 0 °C a +180 °C

Método de calibração: proc. interno n.º E0215, versão 1, 2008/10/20

Resolução: ---

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>d</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	$X_i$		$u(x_i)$	$C_i$	$u_i(y)$	$\nu_i$
$\delta\theta_{s,cal}$	Incerteza de medição alvo	N	$5 \cdot 10^{-2}$ °C	1	$5 \cdot 10^{-2}$ °C	50
$\delta\theta_{ponte}$	Ponte de medição	R	$2 \cdot 10^{-2} / \sqrt{3}$ °C	1	$1,2 \cdot 10^{-2}$ °C	50
$\delta\theta_{interp}$	Interpolação da escala	R	$2 \cdot 10^{-2} / \sqrt{3}$ °C	1	$1,2 \cdot 10^{-2}$ °C	50
$\delta m_{der}$	Deriva de longo prazo	R	$1 \cdot 10^{-2} / \sqrt{3}$ °C	1	$5,8 \cdot 10^{-3}$ °C	50

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N – Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P - Trapezoidal

$u(y)$	Incerteza-padrão de medição: 0,05 °C
$k$	Graus de liberdade efetivos: 54
$V_{ef}$	Fator de expansão: 2,05
$U_{95}(y)$	<b>Incerteza expandida de medição(95%): 0,11 °C</b>

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (L0257-1): 1 (cat. 2)

Gama de medição de hr: 20 % hr a 95 % hr

Método de calibração: proc. interno n.º E1415, versão 1, 2008/10/20

Resolução: ---

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>d</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	$X_i$		$u(x_i)$	$C_i$	$u_i(y)$	$\nu_i$
$\delta hr_{cal}$	Incerteza de medição alvo	N	0,75 % hr	1	0,75 % hr	50
$\delta hr_{rep}$	Repetibilidade	N	0,20 % hr	1	0,20 % hr	50
$\delta hr_{der}$	Deriva de longo prazo	R	$(0,5/\sqrt{3})$ % hr	1	0,29 % hr	50

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N – Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P - Trapezoidal

$u(y)$	Incerteza-padrão de medição: 0,88 % hr
$V_{ef}$	Graus de liberdade efetivos: 91
$k$	Fator de expansão: 2,05
$U_{95}(y)$	<b>Incerteza expandida de medição(95%): 1,8 % hr</b>

# Capacidades de Medição e Calibração (CMC) do LCAM/LNEC (2012)

(Tabelas baseadas no modelo de tabela de balanço de incertezas do ISO-GUM – 1993/1995)

## Banhos com regulação térmica

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (L0257-1): 2 (cat. 2)

Gama de medição de temperatura: 0 °C a +180 °C

Método de calibração: proc. interno n.º 10.15, versão 1, 2010/04/27

Resolução: ---

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>d</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	$X_i$		$u(x_i)$	$C_i$	$u_i(y)$	$\nu_i$
$\delta\theta_{s,cal}$	Incerteza de medição alvo	N	$5 \cdot 10^{-2}$ °C	1	$5 \cdot 10^{-2}$ °C	50
$\delta\theta_{ponte}$	Ponte de medição	R	$2 \cdot 10^{-2} / \sqrt{3}$ °C	1	$1,2 \cdot 10^{-2}$ °C	50
$\delta\theta_{interp}$	Interpolação da escala	R	$2 \cdot 10^{-2} / \sqrt{3}$ °C	1	$1,2 \cdot 10^{-2}$ °C	50
$\delta m_{der}$	Deriva de longo prazo	R	$1 \cdot 10^{-2} / \sqrt{3}$ °C	1	$5,8 \cdot 10^{-3}$ °C	50

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N – Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P - Trapezoidal

$u(y)$	Incerteza-padrão de medição: 0,05 °C
$k$	Graus de liberdade efetivos: 54
$V_{ef}$	Fator de expansão: 2,05
$U_{95}(y)$	<b>Incerteza expandida de medição(95%): 0,11 °C</b>

## Fornos e muflas

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (L0257-1): 3 (cat. 2)

Gama de medição de temperatura: amb. a +400 °C

Método de calibração: proc. interno n.º E0915, versão 2, 2011/08/05

Resolução: ---

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>d</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	$X_i$		$u(x_i)$	$C_i$	$u_i(y)$	$\nu_i$
$\delta\theta_{s,cal}$	Inc. de medição alvo termopar	N	1 °C	1	1 °C	50
$\delta\theta_{ponte}$	Inc. de medição alvo da ponte	N	0,1 °C	1	0,1 °C	50
$\delta\theta_{interp}$	Interpolação da escala	R	$1 \cdot 10^{-1} / \sqrt{3}$ °C	1	$5,8 \cdot 10^{-2}$ °C	50
$\delta m_{der}$	Deriva de longo prazo	R	$1 \cdot 10^{-1} / \sqrt{3}$ °C	1	$5,8 \cdot 10^{-2}$ °C	50

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N – Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P - Trapezoidal

$u(y)$	Incerteza-padrão de medição: 1,0 °C
$k$	Graus de liberdade efetivos: 52
$V_{ef}$	Fator de expansão: 2,05
$U_{95}(y)$	<b>Incerteza expandida de medição(95%): 2,1 °C</b>

# Capacidades de Medição e Calibração (CMC) do LCAM/LNEC (2012)

(Tabelas baseadas no modelo de tabela de balanço de incertezas do ISO-GUM – 1993/1995)

## Fornos e muflas

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (L0257-1): 3 (cat. 2)

Gama de medição de temperatura: +400 °C a +800 °C

Método de calibração: proc. interno n.º E0915, versão 2, 2011/08/05

Resolução: ---

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>d</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	$X_i$		$u(x_i)$	$C_i$	$u_i(y)$	$\nu_i$
$\delta\theta_{s,cal}$	Inc. de medição alvo termopar	N	1,5 °C	1	1,5 °C	50
$\delta\theta_{ponte}$	Inc. de medição alvo da ponte	N	0,3 °C	1	0,3 °C	50
$\delta\theta_{interp}$	Interpolação da escala	R	$1 \cdot 10^{-1} / \sqrt{3}$ °C	1	$5,8 \cdot 10^{-2}$ °C	50
$\delta m_{der}$	Deriva de longo prazo	R	$1 \cdot 10^{-1} / \sqrt{3}$ °C	1	$5,8 \cdot 10^{-2}$ °C	50

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N – Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P - Trapezoidal

$u(y)$  Incerteza-padrão de medição: 1,5(3) °C

$k$  Graus de liberdade efetivos: 54

$V_{ef}$  Fator de expansão: 2,05

$U_{95}(y)$  Incerteza expandida de medição(95%): 3,1 °C

## Fornos e muflas

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (L0257-1): 3 (cat. 2)

Gama de medição de temperatura: +800 °C a +1100 °C

Método de calibração: proc. interno n.º E0915, versão 2, 2011/08/05

Resolução: ---

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>d</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	$X_i$		$u(x_i)$	$C_i$	$u_i(y)$	$\nu_i$
$\delta\theta_{s,cal}$	Inc. de medição alvo termopar	N	1,5 °C	1	1,5 °C	50
$\delta\theta_{ponte}$	Inc. de medição alvo da ponte	N	0,25 °C	1	0,25 °C	50
$\delta\theta_{interp}$	Interpolação da escala	R	$1 \cdot 10^{-1} / \sqrt{3}$ °C	1	$5,8 \cdot 10^{-2}$ °C	50
$\delta m_{der}$	Deriva de longo prazo	R	$1 \cdot 10^{-1} / \sqrt{3}$ °C	1	$5,8 \cdot 10^{-2}$ °C	50

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N – Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P - Trapezoidal

$u(y)$  Incerteza-padrão de medição: 1,5(2) °C

$k$  Graus de liberdade efetivos: 53

$V_{ef}$  Fator de expansão: 2,05

$U_{95}(y)$  Incerteza expandida de medição(95%): 3,1 °C

# Capacidades de Medição e Calibração (CMC) do LCAM/LNEC (2012)

(Tabelas baseadas no modelo de tabela de balanço de incertezas do ISO-GUM – 1993/1995)

## Moldes

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (L0257-1): 5, 6 (cat. 0)

Gama de medição: 0 mm a 500 mm

Método de calibração: proc. interno n.º E2901, versão 4, 2011/06/16; NP EN 196-1: 2006; NP EN 12390:2010

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>d</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade	
	X <sub>i</sub>		u(x <sub>i</sub> )	C <sub>i</sub>	u(y)	ν <sub>i</sub>	
I <sub>s</sub>	<b>Incerteza de medição alvo</b>	<b>N</b>	<b>1,5·10<sup>-3</sup> mm</b>	<b>1</b>	<b>1,5·10<sup>-3</sup> mm</b>	<b>50</b>	
	Calibração (incluída na IMA)	N	0 mm	1	0 mm	50	
	<b>Deriva instrumental</b>	<b>T</b>	<b>1,0·10<sup>-3</sup> / √6 mm</b>	<b>1</b>	<b>4,1·10<sup>-4</sup> mm</b>	<b>50</b>	
	Materialização da grandeza	R	0 mm	1	0 mm	50	
	Aritmética finita / computação	R	0 mm	1	0 mm	50	
	Retorno a zero	R	0 mm	1	0 mm	50	
	<b>Linearidade</b>	<b>R</b>	<b>2,0·10<sup>-4</sup> / √3 mm</b>	<b>1</b>	<b>1,2·10<sup>-4</sup> mm</b>	<b>50</b>	
	Estabilidade	R	0 mm	1	0 mm	50	
	Correções dos valores de referência	R	0 mm	1	0 mm	50	
	δ	Resolução do equipamento a calibrar	R	0 mm	1	0 mm	50
Aritmética finita / computação		R	0 mm	1	0 mm	50	
<b>Repetibilidade</b>		<b>N</b>	<b>2,0·10<sup>-4</sup> mm</b>	<b>1</b>	<b>2,0·10<sup>-4</sup> mm</b>	<b>4</b>	
Reprodutibilidade (instrumental)		N	0 mm	1	0 mm	8	
Reprodutibilidade (métodos)		N	0 mm	1	0 mm	8	
Reprodutibilidade (operadores)		N	0 mm	1	0 mm	8	
Materialização da grandeza		R	0 mm	1	0 mm	50	
<b>Instalação e montagem (estimativa)</b>		<b>R</b>	<b>2,0·10<sup>-4</sup> / √3 mm</b>	<b>1</b>	<b>1,2·10<sup>-4</sup> mm</b>	<b>50</b>	
Intervenção do operador		R	0 mm	1	0 mm	50	
Reversibilidade		R	0 mm	1	0 mm	50	
α <sub>s</sub>		<b>Valor nominal do coeficiente de expansão térmica do eq. de referência</b>	<b>R</b>	<b>2,0·10<sup>-6</sup> / √3 °C<sup>-1</sup></b>	<b>- 0,1·I<sub>s</sub> mm·°C</b>	<b>(1,2·10<sup>-7</sup> L) mm</b>	<b>50</b>
δθ		<b>Diferença média da temperatura do eq. a calibrar relativa/ à temp. de referência.</b>	<b>R</b>	<b>4,0·10<sup>-1</sup> / √3 °C</b>	<b>- 5·10<sup>-6</sup>·I<sub>s</sub> mm·°C<sup>-1</sup></b>	<b>(2,3·10<sup>-7</sup> L) mm</b>	<b>50</b>
		<b>Varição cíclica da temperatura no ambiente laboratorial</b>	<b>U</b>	<b>1,0 / √2 °C</b>	<b>- 5·10<sup>-6</sup>·I<sub>s</sub> mm·°C<sup>-1</sup></b>	<b>(7,1·10<sup>-7</sup> L) mm</b>	<b>50</b>
Δα	<b>Diferença entre coef.s de expansão térmica (equip.s a calibrar e referência).</b>	<b>R</b>	<b>1,0·10<sup>-6</sup> / √3 °C<sup>-1</sup></b>	<b>- 0,5·I<sub>s</sub> mm·°C</b>	<b>(2,9·10<sup>-7</sup> L) mm</b>	<b>50</b>	
Δθ	<b>Diferença de temperatura entre equipamentos a calibrar e de referência.</b>	<b>R</b>	<b>1,0·10<sup>-1</sup> / √3 °C</b>	<b>- 1,15·10<sup>-5</sup>·I<sub>s</sub> mm·°C<sup>-1</sup></b>	<b>(6,6·10<sup>-7</sup> L) mm</b>	<b>50</b>	

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N – Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P – Trapezoidal

<sup>(a)</sup> De acordo com o disposto no documento interno de confirmação metrológica (EDI.MO.18) do LCAM/LNEC.

u(y)	Incerteza-padrão de medição: (1,6·10 <sup>-3</sup> + 1,0·10 <sup>-6</sup> · L) mm
k	Graus de liberdade efetivos:60
v <sub>ef</sub>	Fator de expansão:2,04
<b>U<sub>95</sub>(y)</b>	<b>Incerteza expandida de medição(95%): 3,2·10<sup>-3</sup> mm (c/ L=500 mm)</b>

# Capacidades de Medição e Calibração (CMC) do LCAM/LNEC (2012)

(Tabelas baseadas no modelo de tabela de balanço de incertezas do ISO-GUM – 1993/1995)

## Ensaio dimensionais *in situ*

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (L0257-1): 7 (cat. 2)

Alcance: 20 m

Método de calibração: proc. interno n.º E3201, versão 2, 2011/06/16

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>d</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	X <sub>i</sub>		u(x <sub>i</sub> )	C <sub>i</sub>	u <sub>i</sub> (y)	ν <sub>i</sub>
I <sub>s</sub>	<b>Incerteza de medição alvo</b>	<b>N</b>	<b>5·10<sup>-4</sup> mm</b>	<b>1</b>	<b>5·10<sup>-3</sup> mm</b>	<b>50</b>
	Calibração (incluída na IMA)	N	0 mm	1	0 mm	50
	<b>Deriva instrumental</b>	<b>T</b>	<b>5,0·10<sup>-5</sup> / √6 mm</b>	<b>1</b>	<b>2,0·10<sup>-5</sup> mm</b>	<b>50</b>
	Materialização da grandeza	R	0 mm	1	0 mm	50
	Aritmética finita / computação	R	0 mm	1	0 mm	50
	Retorno a zero	R	0 mm	1	0 mm	50
	<b>Linearidade</b>	<b>R</b>	<b>2,0·10<sup>-5</sup> / √3 mm</b>	<b>1</b>	<b>1,2·10<sup>-5</sup> mm</b>	<b>50</b>
	Estabilidade	R	0 mm	1	0 mm	50
	Correção dos valores de referência	R	0 mm	1	0 mm	50
δ	Resolução do equipamento a calibrar	R	0 mm	1	0 mm	50
	Aritmética finita / computação	R	0 mm	1	0 mm	50
	<b>Repetibilidade</b>	<b>N</b>	<b>2,0·10<sup>-5</sup> mm</b>	<b>1</b>	<b>2,0·10<sup>-5</sup> mm</b>	<b>4</b>
	Reprodutibilidade (instrumental)	N	0 mm	1	0 mm	8
	Reprodutibilidade (métodos)	N	0 mm	1	0 mm	8
	Reprodutibilidade (operadores)	N	0 mm	1	0 mm	8
	Materialização da grandeza	R	0 mm	1	0 mm	50
	<b>Instalação e montagem</b>	<b>R</b>	<b>(1,0·10<sup>-5</sup>+1,0·10<sup>-7</sup>L) / √3 mm</b>	<b>1</b>	<b>(5,8·10<sup>-6</sup>+5,8·10<sup>-8</sup>L) mm</b>	<b>50</b>
	Intervenção do operador	R	0 mm	1	0 mm	50
	Reversibilidade	R	0 mm	1	0 mm	50
α <sub>s</sub>	Valor nominal do coeficiente de expansão térmica do eq. de referência	R	2,0·10 <sup>-6</sup> / √3 °C <sup>-1</sup>	- 0,1·I <sub>s</sub> mm·°C	(1,2·10 <sup>-7</sup> L) mm	50
δθ	Diferença média da temperatura do eq. a calibrar relativa/ à temp. de referência.	R	4,0·10 <sup>-1</sup> / √3 °C	- 5·10 <sup>-6</sup> ·I <sub>s</sub> mm·°C <sup>-1</sup>	(2,3·10 <sup>-7</sup> L) mm	50
	Varição cíclica da temperatura no ambiente laboratorial	U	1,0 / √2 °C	- 5·10 <sup>-6</sup> ·I <sub>s</sub> mm·°C <sup>-1</sup>	(7,1·10 <sup>-7</sup> L) mm	50
Δα	Diferença entre coef.s de expansão térmica (equip.s a calibrar e referência).	R	1,0·10 <sup>-6</sup> / √3 °C <sup>-1</sup>	- 0,5·I <sub>s</sub> mm·°C	(2,9·10 <sup>-7</sup> L) mm	50
Δθ	Diferença de temperatura entre equipamentos a calibrar e de referência.	R	1,0·10 <sup>-1</sup> / √3 °C	- 1,15·10 <sup>-5</sup> ·I <sub>s</sub> mm·°C <sup>-1</sup>	(6,6·10 <sup>-7</sup> L) mm	50

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N – Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P - Trapezoidal

u(y)	Incerteza-padrão de medição: (5,0·10 <sup>-4</sup> + 1,0·10 <sup>-6</sup> ·L) mm
k	Graus de liberdade efetivos:50
v <sub>ef</sub>	Fator de expansão:2,04
U <sub>95</sub> (y)	Incerteza expandida de medição(95%): (1,0·10 <sup>-3</sup> + 2,1·10 <sup>-6</sup> ·L) mm

# Capacidades de Medição e Calibração (CMC) do LCAM/LNEC (2012)

(Tabelas baseadas no modelo de tabela de balanço de incertezas do ISO-GUM – 1993/1995)

## Pratos de prensa

N.º do Anexo Técnico de Acreditação (L0257-1): 8 (cat. 0)

Alcance: 1 m

Método de calibração: proc. interno n.º E3101, versão 3, 2011/06/16

Componente de incerteza	Fonte de incerteza	F <sub>d</sub> P*	Estimativa da incerteza	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza	Graus de liberdade
	X <sub>i</sub>		u(x <sub>i</sub> )	C <sub>i</sub>	u <sub>i</sub> (y)	ν <sub>i</sub>
I <sub>s</sub>	<b>Incerteza de medição alvo</b>	<b>N</b>	<b>1,5·10<sup>-3</sup> mm</b>	<b>1</b>	<b>1,5·10<sup>-3</sup> mm</b>	<b>50</b>
	Calibração (incluída na IMA)	N	0 mm	1	0 mm	50
	<b>Deriva instrumental</b>	<b>T</b>	<b>1,0·10<sup>-3</sup> / √6 mm</b>	<b>1</b>	<b>4,1·10<sup>-4</sup> mm</b>	<b>50</b>
	Materialização da grandeza	R	0 mm	1	0 mm	50
	Aritmética finita / computação	R	0 mm	1	0 mm	50
	Retorno a zero	R	0 mm	1	0 mm	50
	Linearidade	R	0 mm	1	0 mm	50
	Estabilidade	R	0 mm	1	0 mm	50
	Correções dos valores de referência	R	0 mm	1	0 mm	50
δ	Resolução do equipamento a calibrar	R	0 mm	1	0 mm	50
	Aritmética finita / computação	R	0 mm	1	0 mm	50
	<b>Repetibilidade (estimativa)</b>	<b>N</b>	<b>1,0·10<sup>-3</sup> mm</b>	<b>1</b>	<b>1,0·10<sup>-3</sup> mm</b>	<b>4</b>
	Reprodutibilidade (instrumental)	N	0 mm	1	0 mm	8
	Reprodutibilidade (métodos)	N	0 mm	1	0 mm	8
	Reprodutibilidade (operadores)	N	0 mm	1	0 mm	8
	Materialização da grandeza	R	0 mm	1	0 mm	50
	<b>Instalação e montagem (estimativa)</b>	<b>R</b>	<b>2,0·10<sup>-3</sup> / √3 mm</b>	<b>1</b>	<b>1,2·10<sup>-3</sup> mm</b>	<b>50</b>
	Intervenção do operador	R	0 mm	1	0 mm	50
	Reversibilidade	R	0 mm	1	0 mm	50
α <sub>s</sub>	Valor nominal do coeficiente de expansão térmica do eq. de referência	R	2,0·10 <sup>-6</sup> / √3 °C <sup>-1</sup>	- 0,1·I <sub>s</sub> mm·°C	(1,2·10 <sup>-7</sup> L) mm	50
δθ	Diferença média da temperatura do eq. a calibrar relativa/ à temp. de referência.	R	4,0·10 <sup>-1</sup> / √3 °C	- 5·10 <sup>-6</sup> ·I <sub>s</sub> mm·°C <sup>-1</sup>	(2,3·10 <sup>-7</sup> L) mm	50
	Varição cíclica da temperatura no ambiente laboratorial	U	1,0 / √2 °C	- 5·10 <sup>-6</sup> ·I <sub>s</sub> mm·°C <sup>-1</sup>	(7,1·10 <sup>-7</sup> L) mm	50
Δα	Diferença entre coef.s de expansão térmica (equip.s a calibrar e referência).	R	1,0·10 <sup>-6</sup> / √3 °C <sup>-1</sup>	- 0,5·I <sub>s</sub> mm·°C	(2,9·10 <sup>-7</sup> L) mm	50
Δθ	Diferença de temperatura entre equipamentos a calibrar e de referência.	R	1,0·10 <sup>-1</sup> / √3 °C	- 1,15·10 <sup>-5</sup> ·I <sub>s</sub> mm·°C <sup>-1</sup>	(6,6·10 <sup>-7</sup> L) mm	50

\* Siglas relativas a funções densidade de probabilidade: N –Normal, R – Uniforme/Retangular, T – Triangular, U – Arco-seno, P - Trapezoidal

u(y)	Incerteza-padrão de medição: (2,1·10 <sup>-3</sup> + 1,0·10 <sup>-6</sup> ·L) mm
k	Graus de liberdade efetivos:109
v <sub>ef</sub>	Fator de expansão:2,02
U <sub>95</sub> (y)	Incerteza expandida de medição(95%): (4,4·10 <sup>-3</sup> + 2,1·10 <sup>-6</sup> ·L) mm

