



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

CENTRO DE INSTRUMENTAÇÃO CIENTÍFICA

Proc. 1104/11/16134

PROCEDIMENTO PARA CALIBRAÇÃO DE TERMOHIGRÓGRAFOS DE TAMBOR NO LCAM/LNEC (VERSÃO 1)

Estudo realizado no âmbito do Projecto de Investigação "Reforço das Capacidades Metrológicas nos Domínios das Grandezas Comprimento, Massa, Pressão e Temperatura"

Lisboa • Novembro de 2007

I&D INSTRUMENTAÇÃO CIENTÍFICA

RELATÓRIO 330/2007 – CIC

Procedimento de Calibração de Termohigrógrafos de Tambor no LCAM/LNEC

Resumo

O presente relatório apresenta um procedimento para a calibração de termohigrógrafos de tambor elaborado no LCAM/LNEC.

Calibration Procedure of Thermohygrographs Chart Recorders at LCAM/LNEC

Abstract

This report presents a procedure for the calibration of thermohygrographs chart recorders developed at LCAM/LNEC.

Procédure d'Étalonnage de Thermo-hygrographes Enregistreurs à Tambour au LCAM/LNEC

Résumé

Ce rapport présente une procédure pour l'étalonnage de thermo-hygrographes enregistreurs à tambour élaborée au LCAM/LNEC.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
2. CONTEÚDO DO RELATÓRIO	2
Anexo 1 Procedimento para calibração de termohigrógrafos de tambor no LCAM/LNEC	5

PROCEDIMENTO PARA CALIBRAÇÃO DE TERMOHIGRÓGRAFOS DE TAMBOR NO LCAM/LNEC (VERSÃO 1)

1 INTRODUÇÃO

No âmbito do processo “Reforço das Capacidades Metrológicas nos domínios das grandezas Comprimento, Massa, Pressão e Temperatura” o Núcleo de Qualidade Metrológica (NQM) do Centro de Instrumentação Científica tem promovido, entre outros estudos, a elaboração de procedimentos aplicáveis à calibração de instrumentos de medição e ao ensaio de equipamentos laboratoriais.

Esta actividade, considerada de significativo interesse para o Laboratório Central de Apoio Metrológico (LCAM/LNEC), inserido no NQM, está orientada, principalmente, para a satisfação das necessidades dos laboratórios de ensaio do LNEC ou de clientes externos.

Os referidos procedimentos, embora baseados, sempre que tal seja possível, em normas portuguesas, estrangeiras ou internacionais, têm, em regra, uma componente específica estudada em função das capacidades metrológicas do LCAM/LNEC e das tipologias dos instrumentos ou equipamentos a calibrar ou ensaiar.

Neste contexto, foram até agora preparados e revistos em versões melhoradas cerca de 40 procedimentos diferentes, contendo indicações pormenorizadas, tais como a descrição do equipamento de referência a utilizar, a descrição dos ensaios a realizar, a identificação dos resultados e dos desvios de calibração a quantificar e o conteúdo dos certificados a emitir.

O interesse da publicação periódica deste tipo de documentos resulta da introdução de novos procedimentos, situação que ocorre neste caso, ou da necessidade de introdução de revisões periódicas destes documentos ditada pela evolução dos processos operativos e pela adopção de normas mais exigentes, encontrando-se associados ao âmbito de acreditação do LCAM/LNEC no quadro do Sistema Português da Qualidade.

O objectivo desta iniciativa é divulgar a informação actualizada, ainda que de uma forma reservada, aos utentes do LCAM/LNEC, que assim poderão interpretar melhor os resultados das calibrações ou ensaios realizados.

2 CONTEÚDO DO RELATÓRIO

No presente relatório divulga-se, em anexo, o Procedimento E2115 designado por “Procedimento de Calibração de Termohigrógrafos de Tambor no LCAM/LNEC” (Versão 1), o qual constitui um procedimento interno por não ser conhecida nenhuma norma internacionalmente aceite aplicável a este tipo de calibração.

Este procedimento engloba um conjunto de ensaios que visam avaliar o grau de exactidão de um termohigrógrafo de tambor relativamente às indicações das grandezas mensuráveis: temperatura e humidade relativa.

Como equipamento de referência para esta calibração, o LCAM/LNEC utiliza uma câmara com condicionamento de temperatura e humidade que permite estabelecer condições de referência e instrumentos de referência (termómetros de resistência de platina, um higrómetro de espelho e cadeias de medição com sensores de humidade relativa) que determinam os valores de referência rastreados aos padrões primários das grandezas mensuráveis de interesse.

Os processos de aquisição de dados provenientes da câmara de referência e dos instrumentos de referência são desenvolvidos utilizando software dedicado e o processamento dos dados para elaboração dos certificados é efectuado usando uma aplicação informática específica, desenvolvida no LCAM/LNEC.

O documento enumera as particularidades dos ensaios e dos resultados obtidos e indica a informação a inserir nos certificados de calibração.

LNEC, Lisboa, Novembro de 2007

VISTOS

O Director do CIC

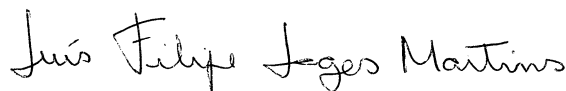


Francisco Carvalho
Investigador Coordenador

AUTORIA



Álvaro Silva Ribeiro
Lic.º Física Tecnológica, Doutor
Investigador Auxiliar



Luís Filipe Lages Martins
Eng.º Mecânico
Bolseiro de Iniciação à Investigação Científica



João Onofre Benevente
Eng.º Técnico
Técnico Especialista Principal

ANEXO 1

Procedimento para calibração de termohigrógrafos de tambor no LCAM/LNEC



Laboratório Nacional de Engenharia Civil
Centro de Instrumentação Científica
Laboratório Central de Apoio Metrológico

Procedimento LCAM/LNEC E2115 – V.01

Termohigrógrafos de tambor

INDICE

1 - INTRODUÇÃO.....	3
2 - PRINCÍPIO DE MEDIÇÃO.....	3
3 - MÉTODO DE CALIBRAÇÃO.....	3
4 - PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO.....	3
4.1 - Introdução.....	3
4.2 - Capacidade do LCAM para calibrar um termohigrógrafo de tambor.....	3
4.3 - Inspeção visual.....	4
4.4 - Preparação da calibração.....	4
4.5 - Ajustamento prévio.....	4
4.6 - Procedimento de calibração.....	4
4.7 - Determinação dos resultados e da incerteza.....	5
4.8 - Certificado de calibração.....	6
5 - DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA.....	6
Anexo 1 - Modelo matemático e componentes de cálculo de incertezas.....	7

1 - INTRODUÇÃO

Para realizar a calibração de termohigrógrafos mecânicos de tambor, o LCAM dispõe de equipamento padrão constituído por câmaras de referência, termómetros de resistência de platina com ponte de medição, e um higrómetro de espelho, os quais encontram-se rastreados a padrões primários da grandeza temperatura e pressão.

2 - PRINCÍPIO DE MEDIÇÃO

O princípio de medição consiste na variação dimensional de um material (cabelo, polímero ou outro) com propriedades higroscópicas, sendo a variação dimensional transmitida mecanicamente a duas canetas que registam as variações num papel com duas escalas, uma de temperatura e outra de humidade relativa, sendo o registador accionado electricamente.

3 - MÉTODO DE CALIBRAÇÃO

O princípio de medição consiste na comparação entre os valores lidos pelos equipamentos de referência e os valores registados no equipamento a calibrar, encontrando-se ambos num meio com condicionamento em temperatura e humidade relativa.

4 - PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO

4.1 - Introdução

Apresenta-se, a seguir, um procedimento de calibração de termohigrógrafos de tambor elaborado pelo LNEC.

4.2 - Capacidade do LCAM para calibrar um termohigrógrafo de tambor

Quando solicitado para calibrar um termohigrógrafo de tambor o LCAM avaliará a sua capacidade para efectuar a operação tendo em conta a exactidão dos padrões de temperatura e de humidade e a resolução do termohigrógrafo de tambor, devendo a segunda não ser superior a 0,1 °C e 0,5 %hr.

4.3 – Inspeção visual

Observar o aspecto do termohigrógrafo e anotar eventuais sinais de degradação, designadamente, no mecanismo registador e no tambor rotativo onde se encontra o suporte do papel. Observar se existem folgas e/ou deslizamento na colocação do papel nesse tambor.

4.4 - Preparação da calibração

Antes de iniciar o ensaio de calibração dever-se-ão executar as seguintes operações em cada um dos termohigrógrafos a calibrar:

- Anotar, no papel de registo, o número de identificação do termohigrógrafo a calibrar;
- Colocar o papel de registo no tambor, assegurando que este fique encostado à base (suporte) inferior do tambor;
- Verificar, através do sinal luminoso existente no topo do tambor, que a bateria encontra-se correctamente colocada e com carga;
- Colocar o comutador de velocidade do tambor, que se encontra no topo deste, na posição “7d” (quando aplicável), correspondente a promover uma velocidade de rotação completa do tambor em 7 dias.

4.5 – Ajustamento prévio

Colocar os termohigrógrafos a calibrar num espaço com temperatura e humidade relativa condicionados (sala laboratorial), comparar as indicações com as que são obtidas com os equipamentos de referência durante pelo menos 1 hora, e efectuar um ajustamento preliminar dos sistemas mecânicos em conformidade com os desvios detectados. Esta correcção deverá ser efectuada para valores de temperatura da ordem de 20°C ou 23°C e de cerca de 50 %hr.

4.6 - Procedimento de calibração

O ensaio de calibração consta do seguinte:

- a. *Instalar os termohigrógrafos a calibrar (até um máximo de 6) no interior de uma câmara condicionada com uma orientação que garanta que estes não sejam alimentados com ar directamente do sistema de ventilação forçada e garantindo que existe um afastamento apropriado das paredes laterais que permita uma circulação apropriada de ar;*
- b. *Instalar os sensores dos equipamentos de referência no interior de uma câmara condicionada;*
- c. *Ligar os terminais de comunicação dos sensores aos indicadores colocados externamente e verificar as indicações obtidas;*
- d. *Programar patamares ou ciclos de funcionamento da câmara condicionada cobrindo os seguintes patamares (a pedido do cliente, poderão ser considerados os patamares de temperatura de 18 °C e 28 °C):*
 - d1. *temperatura: 15 °C, 20 °C e 25 °C;*
 - d2. *humidade relativa: 30 %hr, 50 %hr e 70 %hr;*
- e. *Estabelecer em cada patamar uma duração do ensaio em estabilização entre 15 min e 30 min, cf. recomendável face ao comportamento térmico das câmaras condicionadas;*
- f. *Anotar, após executar o ciclo programada, os valores de temperatura e de humidade relativa obtidos com os equipamentos de referência e observados nos registos dos termohigrógrafos de tambor a calibrar.*

4.7 - Determinação dos resultados e da incerteza

- a. *Para cada patamar de ensaio calcular:*
 - *A temperatura média de referência a partir das medidas obtidas com os termómetros de referência e a temperatura média obtida dos registos do termohigrógrafo a calibrar;*
 - *A humidade relativa média de referência a partir das medidas obtidas com o higrómetro de espelho e a humidade relativa média obtida dos registos do termohigrógrafo a calibrar;*

- b. Determinar a incerteza expandida da calibração para um intervalo de confiança de 95% de acordo com [1,2] e considerando o modelo matemático exposto em anexo e respectivas componentes de incerteza.*

4.8 - Certificado de calibração

Preencher o certificado de calibração de acordo com [3] referindo:

- *A identificação do equipamento a calibrar;*
- *A identificação do equipamento e padrões de calibração utilizados;*
- *Os valores que compõem o quadro de resultados;*
- *A incerteza expandida de calibração para um intervalo de confiança de 95%.*

5 - DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

- [1] *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement*. ISO, IEC, OIML e BIPM (1995).
- [2] “Guia para a Expressão da Incerteza de Medição nos Laboratórios de Calibração” - Instituto Português da Qualidade, 1996.
- [3] VIM - “Vocabulário Internacional de Metrologia”, 3ª Edição, Instituto Português da Qualidade, 1996.

ANEXO 1 – Modelo matemático e componentes de cálculo de incertezas

O modelo matemático adoptado neste tipo de medição possui a estrutura dos modelos lineares baseados na definição do desvio (de medição) exposto no VIM [3], aplicável genericamente quer à medição de temperatura quer à de humidade relativa e traduzível, na prática, na seguinte expressão:

$$\delta\theta = \theta_x - \theta_s \tag{A1.1}$$

onde θ_x representa o valor de temperatura lido, θ_s representa o valor de temperatura convencionalmente verdadeiro (de referência) e $\delta\theta$ representa o desvio de medição.

Considerando que cada uma das parcelas envolvidas possui componentes de incerteza associadas a factores de influência cuja componente sistemática é considerada nula (quando não é nula, a aplicação do GUM [1] determina que se efectue a sua correcção) e cuja componente aleatória origina as referidas componentes. Assim, associando-as à expressão A1.1, através dos somatórios de componentes, resulta um modelo matemático genérico, aplicável a este tipo de medição.

$$\delta\theta = \theta_x - \theta_s + \sum_k \delta\theta_{x,k} - \sum_i \delta\theta_{s,i} + \delta\theta_M \tag{A1.2}$$

refira-se, adicionalmente, a presença de uma componente, $\delta\theta_M$, representativa da componente de erro relativo à metodologia aplicada.

A descrição que se segue, das potenciais fontes de incerteza, e que são incorporadas na relação funcional que determina a avaliação das incertezas de medição expandidas, traduz-se num conjunto de tabelas descritivas que sintetizam a informação considerada relevante para a concretização desse cálculo. Refira-se que, nalguns casos, a fonte de incerteza original dispõe de limites de variabilidade em resistência ou “ratio”, as quais, podem sempre ser convertidas em limites de variação de temperatura, desde que se conheça a sua relação diferencial.

Tabela A1.1 – Componentes de incerteza associadas ao valor convencionalmente verdadeiro (equipamento de referência)

Identif.	Tipo	Descrição	PDF adoptada
$\delta\theta_{s,cal}$	Combinada	Certificado de calibração (termómetros de resistência de platina)	Normal
$\delta\theta_{s,ind}$	Combinada	Certificado de calibração (indicador), especificações do fabricante e factores complementares aplicáveis (linearidade, reversibilidade, erro de zero e outros)	Normal ou rectangular (cf. aplicável)
$\delta\theta_{s,i}$	B	Erros residuais associados à interpolação da escala de referência	Rectangular
$\delta\theta_{s,med}$	Combinada	Obtenção da média da leitura de dois padrões usando a Lei de propagação de incertezas	Normal

Tabela A1.2 – Componentes de incerteza associadas à metodologia

Identif.	Tipo	Descrição	PDF adoptada
$\delta \theta_{M,e}$	B	Estabilidade da câmara (se aplicável)	Rectangular
$\delta \theta_{M,u}$	B	Uniformidade da câmara (se aplicável)	Rectangular

Tabela A1.3 – Componentes de incerteza associadas ao valor lido (instrumento a calibrar)

Identif.	Tipo	Descrição	PDF adoptada
$\delta \theta_{x,res}$	B	Resolução	Rectangular
$\delta \theta_{x,est}$	B	Estabilidade da indicação	Rectangular
$\delta \theta_{x,vmec}$	B	Vibração do sistema mecânico de registo e rotação do tambor	Rectangular
$\delta \theta_{x,aj}$	B	Ajuste do papel de registo	Rectangular

O processo adoptado na avaliação das incertezas de medição associadas à obtenção de valores de humidade relativa é equivalente ao apresentado anteriormente, relativo à medição da grandeza temperatura, diferenciando-se apenas na quantificação das componentes determinadas pela instrumentação de referência específica.

