



LABORATÓRIO NACIONAL  
DE ENGENHARIA CIVIL

CENTRO DE INSTRUMENTAÇÃO CIENTÍFICA

Proc. 1104/11/16133

## **PROCEDIMENTO PARA CALIBRAÇÃO DE HIGRÓMETROS DE ESPELHO NO LCAM/LNEC (VERSÃO 1, 2007-01-09)**

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

Lisboa • Janeiro de 2007

**I&D** INSTRUMENTAÇÃO CIENTÍFICA

**RELATÓRIO 20/2007 – CIC**



## **Procedimento de Calibração de Higrómetros de Espelho no LCAM/LNEC**

### **Resumo**

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

## **Procedure for the Evaluation of Chilled Mirror Hygrometers in LCAM/LNEC**

### **Abstract**

This report presents a procedure developed at LCAM/LNEC and applied to the calibration of chilled mirror hygrometers.

## **Procédure pour l'Étalonnage des Higrómetros de Miroir au LCAM/LNEC**

### **Resumé**

Ce rapport presente une procédure developpée au LCAM/LNEC pour l'étalonnage des higrómetros de miroir.



## ÍNDICE

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. CONTEÚDO DO RELATÓRIO .....</b>	<b>2</b>
<b>Anexo 1</b> Procedimento para calibração de higrómetros de espelho no LCAM/LNEC .....	5



# PROCEDIMENTO PARA CALIBRAÇÃO DE HIGRÓMETROS DE ESPELHO NO LCAM/LNEC (VERSÃO 1 / 2007-01-09)

## 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 22.15 designado por “Procedimento de Calibração de Higrómetros de Espelho no LCAM/LNEC” (Versão 1 de 2007/01/05), 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 visando avaliar o grau de exactidão de um higrómetro de espelho relativamente às indicação das grandezas mensuráveis: temperatura, humidade relativa e temperatura de ponto de orvalho.

Como equipamento de referência para esta calibração, o LCAM/LNEC dispõe de uma câmara com condicionamento de temperatura e pressão que permite estabelecer condições de referência em temperatura e humidade relativa mediante o controlo das pressões e temperaturas do meio de ensaio e do saturador, indicando os valores de medição das grandezas referidas e de um conjunto de outras grandezas determinadas de forma directa ou indirecta (nomeadamente, a pressão atmosférica no interior da câmara, as fracções molares e a pressão parcial de vapor de água).

Os processos de aquisição de dados provenientes da câmara de referência e dos higrómetros de espelho 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 resultados obtidos nos ensaios e indica a informação a inserir nos certificados de calibração.

A consulta do presente documento deve ser complementada com a consulta de outros dois relatórios LNEC (a publicar em 2007) desenvolvidos em simultâneo com este, um dos quais é dedicado à descrição detalhada de funcionamento da câmara de referência utilizada como padrão e o outro é dedicado à avaliação das incertezas de medição associadas às mensurandas de interesse cujos valores são obtidos pela indicação da câmara de referência.



**VISTOS**

O Director do CIC



Francisco Carvalho  
Investigador Coordenador

**AUTORIA**



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



João Onofre Benevente  
Eng.º Técnico  
Técnico Especialista Principal



# **ANEXO 1**

## **Procedimento para calibração de higrómetros de espelho no LCAM/LNEC**





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

---

**PROCEDIMENTO N.º 22.15 (VERS. 1)**

**Higrómetro de espelho**



**INDICE**

---

<b>1 - INTRODUÇÃO</b> .....	<b>3</b>
<b>2 - PRINCÍPIO DE MEDIÇÃO</b> .....	<b>3</b>
<b>3 - MÉTODO DE CALIBRAÇÃO</b> .....	<b>3</b>
<b>4 - PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO</b> .....	<b>4</b>
4.1 - Introdução .....	4
4.2 - Capacidade do LCAM para calibrar um higrómetro de espelho .....	4
4.3 - Preparação da calibração .....	4
4.3.1 - Preparação da calibração em temperatura .....	4
4.3.2 - Preparação da calibração em humidade relativa e em temperatura de ponto de orvalho .....	5
4.4 - Avaliação prévia da indicação do padrão .....	5
4.5 - Procedimento de calibração .....	5
4.5.1 - Procedimento de calibração em temperatura .....	5
4.5.2 - Procedimento de calibração em humidade relativa e em temperatura de ponto de orvalho .....	7
4.6 - Determinação dos resultados e da incerteza.....	8
4.7 - Certificado de calibração .....	9
<b>5 - DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA</b> .....	<b>9</b>
<b>Anexo 1</b> - Breve descrição da interface e ensaios de teste da ponte ASL-F700 .....	<b>10</b>
<b>Anexo 2</b> - Esquema de ligação do termómetro de platina à ponte ASL-F700 .....	<b>13</b>





## **1 - INTRODUÇÃO**

---

Para realizar a calibração de higrómetros de espelho o LCAM dispõe de equipamento padrão constituído por uma câmara de referência de humidade relativa Thunder scientific, de termómetros de resistência de platina com ponte de medição dedicada, resistências padrão e banhos com regulação em temperatura, os quais encontram-se rastreados a padrões primários da grandeza pressão e da grandeza temperatura.

## **2 - PRINCÍPIO DE MEDIÇÃO**

---

O princípio de medição, no caso da humidade relativa, consiste no estabelecimento de patamares de humidade relativa na câmara de referência, controlados pela pressão de vapor (do ar na câmara e do saturador), e pelas temperaturas (do ar na câmara e do saturador), cujos valores determinam as condições para se estabelecer esse patamar de ensaio no espaço interior da mesma.

No caso da temperatura, efectua-se o aquecimento ou arrefecimento de banhos com controlo de temperatura, os quais servem de meios de transferência para os termómetros de resistência de platina (de referência do laboratório e do equipamento a calibrar).

No caso da medição da temperatura de ponto de orvalho, o seu valor é obtido a partir da indicação da câmara de referência, suportada nas medições de um conjunto de grandezas (fracções molares e pressão parcial de vapor de água).

## **3 - MÉTODO DE CALIBRAÇÃO**

---

O método de calibração consiste na medição da humidade relativa, simultaneamente, utilizando o higrómetro de espelho e as cadeias de medição da câmara de referência, que determinam a indicação do valor da grandeza.

No caso da temperatura, são obtidos os valores de resistência dos termómetros a calibrar para determinadas temperaturas de referência geradas num banho com regulação térmica e, simultaneamente, na medição da resistência eléctrica de termómetros de resistência de platina considerados como padrões de referência. Esta medição, toma como referências auxiliares os valores convencionais de resistências padrão.

No caso da medição da temperatura de ponto de orvalho, o método de calibração consiste na medição dessa temperatura, simultaneamente, utilizando o higrómetro de



espelho e as cadeias de medição da câmara de referência, que determinam a indicação do valor da grandeza.

Da comparação entre os resultados obtidos, é possível estabelecer uma relação (curva) de calibração (e/ou uma tabela de interpolação) que permita efectuar a correcção das indicações do equipamento calibrado.

## **4 - PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO**

---

### **4.1 - Introdução**

Apresenta-se, a seguir, um procedimento de calibração de higrómetros de espelho aplicável nas gamas de humidade relativa [25 %hr, 90 %hr], de temperatura [15 °C, 30 °C] e de temperatura de ponto de orvalho tipicamente entre [0 °C, 20 °C], elaborado pelo LNEC.

### **4.2 - Capacidade do LCAM para calibrar um higrómetro de espelho**

Quando solicitado para calibrar um higrómetro de espelho nas gamas referidas, o LCAM avaliará a sua capacidade para efectuar a operação tendo em conta a exactidão dos padrões de humidade relativa e de temperatura e as características metrológicas aplicáveis dos banhos com regulação térmica. No presente momento, o LCAM dispõe de meios adequados à calibração destes equipamentos cuja exactidão requerida não ultrapasse os valores de 0,1 °C (para a temperatura ambiente e para a temperatura de ponto de orvalho) e 0,5 %hr (para a humidade relativa).

### **4.3 - Preparação da calibração**

#### **4.3.1 – Preparação da calibração em temperatura**

Seleccionar a resistência padrão a utilizar com a ponte de medida do equipamento de referência e dois termómetros de referência e estabelecer as ligações destes com a ponte de medida.

Ligar os equipamentos de medição, no laboratório, pelo menos 1 hora antes de executar a calibração.



Efectuar os ensaios prévios da ponte de medida de acordo com o disposto no manual do fabricante e referido no anexo 1 deste documento.

Proceder à ligação e teste de *software* utilizado em aquisição de dados, se aplicável.

#### 4.3.2 – Preparação da calibração em humidade relativa e em temperatura de ponto de orvalho

Ligar os equipamentos de medição, no laboratório, pelo menos 1 hora antes de executar a calibração.

Efectuar as verificações requeridas para o funcionamento apropriado da câmara de referência (nível de água, indicação e programação prévia).

Proceder à ligação e teste de *software* utilizado em aquisição de dados, se aplicável.

#### **4.4 - Avaliação prévia da indicação dos padrões**

Observar se as indicações que são obtidas com o equipamento de referência correspondem à temperatura à qual se encontra (temperatura ambiente).

#### **4.5 - Procedimento de calibração**

##### 4.5.1 – Procedimento de calibração em temperatura

O ensaio consiste na obtenção das indicações do termómetro a calibrar para cada uma das temperaturas de referência seleccionadas e programadas num banho com regulação térmica e na determinação das respectivas temperaturas obtidas com os termómetros de referência.

O procedimento de calibração segue as seguintes etapas:

- a. *Instalar o termómetro a calibrar e os dois termómetros padrão na câmara de imersão de um banho termo-regulado, a igual profundidade (nunca inferior a 8 cm) e de forma a minimizar a distância entre os elementos resistivos dos diversos sensores;*
- b. *Seleccionar um conjunto de 4 patamares de calibração, correspondentes a cerca de 15 °C, 20 °C, 25 °C e 30 °C;*



- c. Programar a corrente da ponte para 1 mA e, no caso de se utilizar um equipamento diferente para efectuar a leitura dos termómetros de platina de referência, seleccionar o modo de aquisição e a escala (quando aplicável) adequados à realização da leitura;
- d. Programar a temperatura do banho para a temperatura mais baixa das seleccionadas em b. e aguardar que o banho atinja um estado estacionário;
- e. Verificar se o estado estacionário da temperatura na câmara de imersão do banho é adequado à calibração: f1) avaliando a estabilidade através da diferença entre os valores máximo e mínimo das resistências medidas com um dos termómetros padrão (1) ou (3) num intervalo de tempo equivalente ao necessário para a execução de um ciclo completo de leituras (ver alínea g.), devendo aquela ser inferior ou igual a 0,008 °C; f2) avaliando a uniformidade através da diferença entre os valores médios das resistências obtidas com os termómetros padrão (1) e (3) num intervalo de tempo equivalente ao necessário para a execução de um ciclo completo de leituras (ver alínea g.), devendo aquela ser inferior ou igual a 0,01 °C (até 70 °C) ou 0,03 °C (a partir de 70 °C, inclusive);
- f. Anotar os valores medidos pelo termómetro a calibrar (2) e em resistência, rácio ou temperatura para os termómetros padrão (1) e (3) com a seguinte sequência: 1-2-3-3-2-1;
- g. Seleccionar uma das resistências padrão, num momento em que se verifiquem as condições de estabilidade da leitura ( $\leq 0,008$  °C), anotar a leitura da mesma, programar a corrente da ponte para  $\sqrt{2}$  mA e efectuar uma nova leitura, permitindo obter estimativas das leituras corrigidas do efeito de auto-aquecimento;
- h. Instalar os termómetros noutra banho termo-regulado se necessário, de acordo com o descrito em a., programar o aquecimento do banho sucessivamente e por ordem crescente para as restantes temperaturas seleccionadas em b. e repetir o procedimento descrito de c. a g. após se atingir o estado estacionário;
- i. Desligar o(s) banho(s) e aguardar pela estabilização a uma temperatura próxima da temperatura ambiente retirando, em seguida, os termómetros.





No final do procedimento dever-se-á proceder à conversão dos rácios médios relativos aos padrões de referência,  $W_{\text{ref}}$  em temperaturas médias de referência. Para esse efeito, efectua-se a multiplicação do rácio médio de referência pelo valor da fracção constituída pela resistência padrão,  $R_s$ , e pela resistência do termómetro de referência no ponto triplo da água,  $R_{0,01}$ , obtendo-se um valor  $W(T_{90})$ , de acordo com a expressão seguinte:

$$W(T_{90}) = W_{\text{ref}} \cdot \frac{R_s}{R_{0,01}}$$

e em seguida, utiliza-se o valor de  $W(T_{90})$  conjuntamente com as tabelas de interpolação dos certificados de calibração, de modo a fazer corresponder a cada valor de rácio  $W(T_{90})$  um valor de temperatura (de referência) colocando-se, este último, no boletim de calibração.

#### 4.5.2 – Procedimento de calibração em humidade relativa e temperatura de ponto de orvalho

O ensaio consiste na obtenção das indicações do higrómetro de espelho, em humidade relativa e temperatura de ponto de orvalho e indicadas pelo sistema de medição da câmara de referência, para cada um dos patamares de humidade relativa seleccionados e programados nessa mesma câmara de referência.

O procedimento de calibração segue as seguintes etapas:

- a. *Instalar o sensor de ponto de orvalho no interior da câmara, numa posição central afastada de qualquer das superfícies limitrofes e regular o caudal para valores tipicamente entre 2,5 l/min e 20 l/min;*
- b. *Proceder à ligação da tomada de ar da câmara com uma das entradas de ar do sensor ou, em alternativa, instalar o sensor retirando a sua cápsula da cabeça (neste caso, instalar o sensor de forma a que a entrada aberta fique direccionada para a saída do fluxo de ar da câmara);*
- c. *Seleccionar um conjunto de 9 patamares de calibração, correspondentes a temperaturas de 15 °C, 20 °C e 23 °C e de humidade relativa de cerca de 25 %hr, 50 %hr, 70 %hr e 90 %hr, efectuando apenas o patamar de 50%hr à*



temperatura de 15 °C (poder-se-ão realizar valores adicionais de humidade relativa de 95 % caso sejam solicitados pelo cliente);

- d. *Programar a câmara de referência para o patamar de temperatura e de humidade relativa mais baixo dos seleccionados em b. e aguardar que se estabeleça um estado estacionário, observando esta situação pela indicação da câmara (tipicamente, observam-se oscilações não superiores a 0,1 %hr);*
- e. *Promover a aquisição de dados provenientes do higrómetro de espelho e da câmara de referência (indicações de humidade relativa e de temperatura de ponto de orvalho) em intervalos de tempo não inferiores a 10 minutos (a selecção do intervalo de tempo deve ser efectuada de acordo com o período de oscilação observado no estado estacionário);*
- f. *efectuar a programação<sup>1</sup> sucessiva dos patamares seleccionados em c. e proceder de forma equivalente à que foi descrita em d. e e. para cada par correspondente aos patamares seleccionados (a ordem de programação é a seguinte: 20 °C, 25 %hr → 20 °C, 50 %hr → 20 °C, 70 %hr → 20 °C, 90 %hr → 23 °C, 25 %hr → 23 °C, 50 %hr → 23 °C, 70 %hr → 23 °C, 90 %hr);*
- g. *Desligar a câmara de referência retirando, em seguida, o sensor de ponto de orvalho do interior da câmara.*

#### **4.6 - Determinação dos resultados e da incerteza**

- a. *Para cada patamar de calibração calcular:*
  - *A temperatura média de referência a partir das medidas de resistência ou rácio (consoante for aplicável) e a temperatura média do termómetro a calibrar;*
  - *A humidade relativa média de referência a partir das medidas de humidade relativa da câmara de referência e a humidade relativa média do medidor de ponto de orvalho a calibrar;*
  - *A temperatura de ponto de orvalho média de referência a partir das medidas de temperatura de ponto de orvalho da câmara de referência e a temperatura de ponto de orvalho média do higrómetro de espelho a calibrar;*

---

<sup>1</sup> No que concerne à programação da câmara de referência, consultar, relatório LNEC 2007 dedicado à descrição detalhada deste padrão de referência.



- *A correcção associada ao efeito de auto-aquecimento aplicável na calibração em temperatura;*
- b. *Determinar, para as diferentes grandezas sujeitas a calibração, a incerteza expandida da calibração para um intervalo de confiança de 95% de acordo com [2-4]<sup>2</sup>.*

#### **4.7 - Certificado de calibração**

Preencher o certificado de calibração de acordo com [4] 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] “The International Temperature Scale of 1990, ITS-90”, National Physical Laboratory, Teddington, UK, 1991.
- [2] *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement*. ISO, IEC, OIML e BIPM (1995).
- [3] “Guia para a Expressão da Incerteza de Medição nos Laboratórios de Calibração” - Instituto Português da Qualidade, 1996.
- [4] VIM - “Vocabulário Internacional de Metrologia”, 3ª Edição, Instituto Português da Qualidade, 1996.

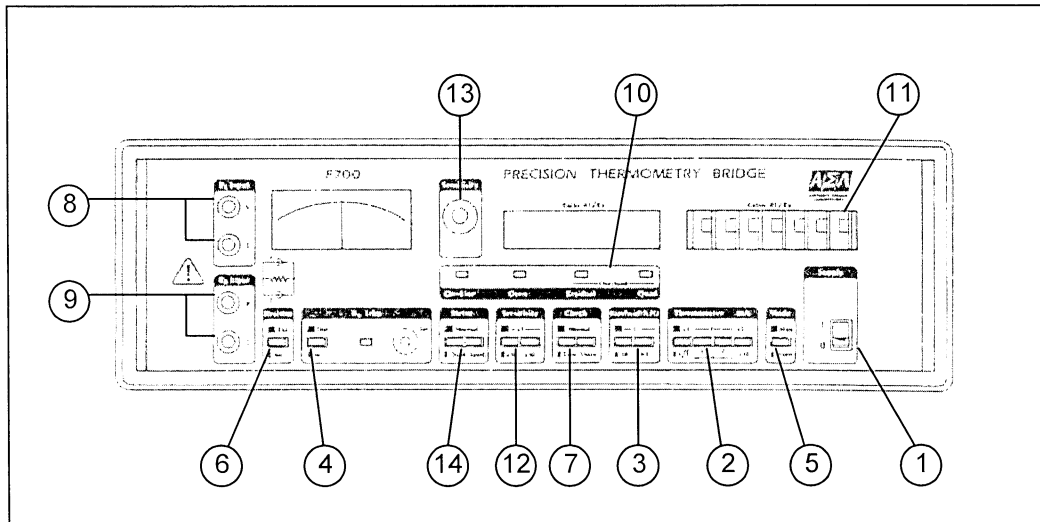
---

<sup>2</sup> Relativamente à determinação das incertezas de medição associadas a esta calibração, consultar o relatório LNEC 2007 dedicado este assunto.



**ANEXO 1 – Breve descrição da interface e ensaios de teste da ponte ASL-F700**

*Interface da ponte de medida ASL F700*



1. Alimentação

I / O

2. Selector da corrente de alimentação da instrumentação

Combinções de opções (quatro comutadores In/Out):

1º comutador: 1 mA (Out),  $\sqrt{2}$  (In)

2º comutador: x 1 (Out), x 5 (In)

3º comutador: x 1 (Out), x 2 (In)

4º comutador: x 1 (Out), x 0,1 (In)

3. Selector da frequência

1 Hz (Out/Out), 10 Hz (In/Out), 0,1 Hz (In/In)

4. Selector de  $R_s$  Trim

In /Out

5. Selector de modo de medição automática / manual

Manual (Out) / Automática (In)

6. Selector de resistência padrão externa / interna

Externa (Out) / Interna (In)

7. Selecção de funcionamento ou teste (Zero/Unity)

Normal (Out/Out), Teste de zero (In/Out), Teste unitário (In/In)

8. Entrada da resistência  $R_T$





9. *Entrada da resistência  $R_s$*
10. *Indicadores luminosos de sobrecarga e de aviso*  
On-line, Oven, Overload (Residual e Quad)
11. *Tambores de colocação manual de rácio  $R_T/R_s$*   
0,000 000 a 3,999 999
12. *Selector de sensibilidade – comutadores*  
1 (Out/Out), 10 (In/Out), 100 (In/In)
13. *Selector de sensibilidade – ajuste manual*  
0,00 a 9,99
14. *Selector de configuração de sinal*  
Normal (Out/Out), Quad (In/Out), Residual (In/In)

### **Ensaios de teste**

A verificação prévia do adequado funcionamento da ponte de medida ASL F700 envolve a realização de três testes:

#### **a. Verificação do zero**

Colocação de uma resistência nos terminais de  $R_T$

Configuração/balanceamento da ponte:

Corrente de 1 mA	(2)
Frequência de 1 Hz	(3)
Modo de teste “Zero Check”	(7)
x 10 sensitivity	(12)
Configuração de sinal “Normal”	(14)
$R_s$ Trim – Out	(4)
Resistência interna	(6)
Rácio $R_T/R_s$ igual a 0,000 000	(11)
Sensibilidade = 9,00	(13)

#### **Resultado do teste a verificar:**

Sem indicações de aviso de sobrecarga (overload) e de temperatura da resistência interna (oven) (10) e o valor apresentado deve ser  $0 \pm 10 \% \text{ FSD}$ .

#### **b. Verificação da unidade**

Colocação de uma resistência nos terminais de  $R_T$  (com ligação de 4 fios).



Configuração/balanceamento da ponte:

Corrente de 1 mA	(2)
Frequência de 1 Hz	(3)
<b>Modo de teste “Unity Check”</b>	(7)
x 10 sensitivity	(12)
Configuração de sinal “Normal”	(14)
R <sub>s</sub> Trim – Out	(4)
Resistência interna	(6)
<b>Rácio R<sub>T</sub>/R<sub>s</sub> igual a 1,000 000</b>	(11)
Sensibilidade = 9,00	(13)

**Resultado do teste a verificar:**

Sem indicações de aviso de sobrecarga (overload) e de temperatura da resistência interna (oven) (10) e o valor apresentado deve ser  $0 \pm 10\%$  FSD.

**c. Verificação do rácio entre duas resistências**

Colocação de uma resistência nos terminais de R<sub>T</sub> (com ligação de 4 fios), de preferência padrão de 100 Ω.

Configuração/balanceamento da ponte:

Corrente de 1 mA	(2)
Frequência de 1 Hz	(3)
<b>Modo de teste “Normal”</b>	(7)
<b>x 1 “Sensitivity”</b>	(12)
Configuração de sinal “Normal”	(14)
R <sub>s</sub> Trim – Out	(4)
Resistência interna	(6)
<b>Rácio R<sub>T</sub>/R<sub>s</sub> igual a 0,000 000</b>	(11)
Sensibilidade = 9,00	(13)

**Resultado do teste a verificar:**

O valor apresentado deve ser  $0 \pm 10\%$  FSD. Ampliar a sensibilidade x10 e x100 (12) e verificar que, Apesar da reconfiguração, se mantém a posição da escala.



**ANEXO 2 – Esquema de ligação do termómetro de platina à ponte ASL-F700**

Identificação dos terminais do cabo de ligação do termómetro padrão de resistência de platina de  $25.5 \Omega$  ( mod. 670 )



Esquema de ligação de uma PRT à ponte de medida F 700, utilizando como referência a resistência interna da ponte

