



**CEFET-PR**

## DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MECÂNICA APOSTILA DE METROLOGIA

# CONDIÇÕES AMBIENTAIS SISTEMAS METROLÓGICOS PADRÕES

Cid Vicentini Silveira  
**2005**

## 1 CONDIÇÕES AMBIENTAIS

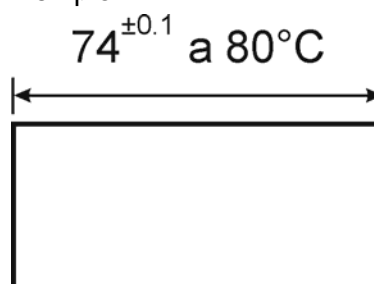
### 1.1 Objetivos deste capítulo

- Analisar a influência das condições ambientais nos processos de medição;
- Especificar as condições ambientais adequadas para os processos de medição.

### 1.2 Temperatura

As temperaturas dos ambientes, dos mensurandos e dos instrumentos de medição exercem grande influência nas medições. Na metrologia dimensional, bem como em outras áreas da metrologia, a temperatura de 20°C é adotada e padronizada universalmente como referencial de medição. Por isso, todos os instrumentos e padrões são dimensionados para oferecerem o resultado mais correto a 20°C.

Uma peça possui um tamanho para cada temperatura, entretanto, não é usual mencionar a temperatura nas especificações dimensionais das peças, a não ser quando a temperatura de referência for diferente de 20°C. Exemplo:



O rigor no controle da temperatura de um determinado ambiente é definido conforme o tipo de medição realizada. Exemplos:

- Admitem-se variações de 20±0,3°C em ambientes de calibração de blocos padrões;
- Admitem-se variações de 20±1°C em ambientes de medição de peças com máquinas de medir por coordenadas;
- Admitem-se variações maiores de temperatura para medições realizadas com instrumentos manuais em ambiente fabril, quando as tolerâncias envolvidas permitem;
- Admitem-se variações de 23±1,5°C em laboratórios de temperatura, aceleração, pressão/vácuo, vazão e força.

### 1.3 Umidade relativa

A umidade tem influência no comportamento e na conservação dos materiais que compõem os instrumentos, os padrões e as peças. Portanto, deve-se controlar a umidade de ambientes de medição e/ou calibração para níveis não maiores que 65% U.R.

### 1.4 Vibração

As vibrações, naturalmente, são incompatíveis com as medidas de precisão, uma vez que atuam em todas as partes das máquinas, alterando as referências de medição e prejudicando também as imagens óticas. Uma vez detectada a sua presença, as máquinas devem ser apoiadas em bases especiais com capacidade de anular seus efeitos e frequências danosas.

### 1.5 Pressão ambiente

Em laboratórios de calibração de massa, a pressão ambiente tem influência no empuxo dos padrões. Portanto, o controle da pressão ambiente é importante para as correções das medições e para a estimativa das incertezas das medições. Nos demais laboratórios de metrologia, é usual manter pressão positiva em torno de 10 Pa (10 N/m<sup>2</sup>).

### 1.6 Ruído acústico

O nível máximo de ruído é de 45 dB (decibels).

### 1.7 Iluminação

O iluminamento ideal é de 1000 lux (lumens por metro quadrado).

### 1.8 Manuseio

Os equipamentos e peças também devem estar protegidos do calor e do ataque químico provocado pelo contato da mão humana. Para tal, costuma-se utilizar luvas de malha, pinças e flanelas.

### 1.9 Limpeza

É obrigatória uma limpeza meticulosa em todas as medições. Presença de pó, gordura, e partículas diversas podem afetar sensivelmente os resultados.

### 1.10 Exercícios

Considerando:

- instrumento de aço ( $\alpha = 1,2 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ );
- peça de alumínio ( $\alpha = 2,4 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ );
- indicação = 100,000 mm quando instrumento e peça estão a 20°C.

Determine qual seria a indicação para os seguintes casos:

1. instrumento a 20°C e peça a 30°C;
2. instrumento a 30°C e peça a 20°C;
3. peça e instrumento de aço e ambos a 30°C.

## 2 SISTEMAS METROLÓGICOS

### 2.1 Objetivo deste capítulo

Descrever a estrutura e a hierarquia da metrologia no Brasil.

### 2.2 Áreas de atuação da metrologia

As metrologias científica, industrial e legal englobam um amplo campo de atividade, que vai desde as medições nas pesquisas científicas de vanguarda, que podem exigir medições nos mais altos níveis de precisão, até as medições nas feiras livres e nos supermercados, muito menos exigentes em precisão, mas não menos importantes. Tais metrologias passam pelos processos produtivos industriais e pelas medições associadas à saúde, segurança do

trabalhador e do cidadão, e à proteção do meio ambiente. Em conjunto, todas essas medições visam à melhoria da qualidade de vida e refletem o nível de exigência das sociedades em relação aos produtos e serviços que dispõe.

### **2.3 Metrologia científica**

A metrologia científica, que, como responsável pela realização das unidades de base do Sistema Internacional, trata da preparação e manutenção dos padrões primários, garantindo sua intercomparação internacional e a rastreabilidade dos padrões de trabalho.

Para essa finalidade, a metrologia científica dispõe de laboratórios metroológicos de pesquisa adequados ao estudo das tecnologias avançadas envolvidas na realização das unidades de base. Dos trabalhos de pesquisa realizados, resultam tecnologias que podem ser transferidas para a indústria, melhorando sua competitividade.

A pesquisa desenvolvida nesses laboratórios permite o desenvolvimento de produtos, de protótipos e de tecnologias, podendo funcionar como pólos de desenvolvimento da sociedade.

### **2.4 Metrologia industrial**

A metrologia industrial fundamenta-se na necessidade da utilização de equipamentos que passem por um processo de validação periódica, ou seja, calibrações e ajustes, para a realização de medições confiáveis. Assim, pode-se conhecer a aptidão de um instrumento em controlar e medir um processo. Pode-se assegurar a fabricação de produtos com a qualidade desejada, em processos que dependam de medições confiáveis.

### **2.5 Metrologia legal**

A metrologia legal fundamenta-se na existência de uma regulamentação nacional ou internacional, que torna obrigatórias certas técnicas e procedimentos metroológicos. Tais procedimentos visam verificar a conformidade do instrumento de medição com o regulamento específico, garantindo desse modo aos membros da sociedade a qualidade da troca produto-moeda e serviço-moeda, quando controlada por esses instrumentos de medição.

Considera-se que esta área constitui num dos maiores sistemas conhecidos de defesa do consumidor no Brasil. O INMETRO atua como coordenador da Rede Nacional de Metrologia Legal (RNML), constituído pelos Institutos de Pesos e Medidas (IPEM's) dos estados brasileiros.

Durante os trabalhos de fiscalização, os órgãos da RNML coletam produtos nos estabelecimentos comerciais para avaliar o peso, o volume e verificam se a qualidade dos produtos é adequada para o consumo. Este é um trabalho de utilidade pública que alcança mais de cinco mil municípios brasileiros.

Principais trabalhos desenvolvidos pelo Instituto de Pesos e Medidas do Paraná:

- Defesa do consumidor
  - Verificação de balanças utilizadas no comércio;
  - Verificação de bombas de combustíveis;
  - Verificação de taxímetros;
  - Medição de pré-medidos.
- Saúde
  - Verificação de esfigmomanômetros.
- Segurança
  - Ensaio em extintores e bujões de gás.

### **2.6 INMETRO**

O Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial é uma autarquia federal, vinculada ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, que atua como secretaria executiva do Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (CONMETRO).

No âmbito de sua ampla missão institucional, o INMETRO objetiva fortalecer as empresas nacionais, aumentando sua produtividade por meio da adoção de mecanismos destinados à melhoria da qualidade de produtos e serviços. Sua missão é trabalhar decisivamente para o desenvolvimento sócio-econômico e para a melhoria da qualidade de vida da sociedade brasileira, contribuindo para a inserção competitiva, para o avanço científico e tecnológico do país e para a proteção do cidadão, especialmente nos aspectos ligados à saúde, segurança e meio-ambiente.

#### **2.6.1 Algumas atribuições:**

- Acreditação de laboratórios;
- Coordenar a Rede Brasileira de Calibração (RBC);
- Coordenar a Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaio (RBLE);
- Coordenar a Rede Nacional de Metrologia Legal (RNML);
- Prover o país de padrões metrológicos nacionais;
- Realizar os trabalhos inerentes à metrologia legal.

### **2.7 Acreditação de laboratórios**

Acreditação é o reconhecimento formal de que um determinado laboratório está operando um sistema da qualidade documentado e demonstrou competência técnica para realizar determinados serviços de calibração e/ou ensaio, avaliados segundo critérios estabelecidos pelo INMETRO, baseados em guias e normas internacionais.

#### **2.7.1 Benefícios da acreditação:**

- Confiabilidade nos resultados;
- Confiabilidade no sistema da qualidade;
- Redução do número de auditorias;
- Aceitabilidade dos relatórios/certificados emitidos pelo laboratório.

#### **2.7.2 Quem precisa dos serviços realizados em laboratórios acreditados:**

- Departamentos do governo (para emitir regulamentos e portarias);
- Fabricantes (no controle de qualidade);
- Serviços de saúde (exames médicos, equipamentos);
- Consumidores – metrologia legal (ensaios de segurança, atendimento às especificações);
- Trabalhos de pesquisa.

#### **2.7.3 Características necessárias para a acreditação:**

- Recursos humanos: capacitação, experiência, supervisão;
- Equipamentos: adequabilidade, rastreabilidade, manutenção, proteção;
- Condições ambientais: adequabilidade, controle;
- Amostras/ítems: preparação, proteção, manuseio, identificação;
- Procedimentos: técnicas de ensaios/calibrações utilizadas;
- Responsabilidades: executor, gerente técnico;
- Resultados: registros, relatórios;
- Pressões: comerciais, sobrecarga de trabalho;
- Serviços externos: controle de fornecedores de serviços, auditoria de subcontratados;
- Documentação: qualidade, disponibilidade, controle.

### **2.8 Rede Brasileira de Calibração - RBC**

Conjunto de laboratórios acreditados pelo INMETRO, e habilitados à realização de serviços de calibração de instrumentos de medir e medidas materializadas.

### **2.9 Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaio - RBLE**

Conjunto de laboratórios acreditados pelo INMETRO para execução de serviços de ensaio.

## 3 PADRÕES

### 3.1 Objetivo deste capítulo

Considerar a hierarquia de instrumentos e padrões nas atividades de medição e calibração.

### 3.2 Medir é comparar

O conceito mais geral de medição é a comparação do mensurando com um padrão definido, ou algo que represente aquele padrão, sendo a diferença entre eles expressa como subdivisões da unidade da grandeza. Um padrão de medição é uma medida materializada (objeto físico), instrumento de medição ou sistema com a função de definir, realizar, conservar ou reproduzir uma unidade ou um ou mais valores conhecidos de uma grandeza, com o objetivo de disseminá-la para outros instrumentos de medição por comparação. Como por exemplos podemos citar: bloco-padrão, massa-padrão e amperímetro-padrão. Cada unidade e seu padrão foram criados e desenvolvidos pelo próprio homem. A filosofia geral adotada para a criação de um padrão primário é que eles sejam baseados em algum princípio físico estável.

É importante também que, a partir das definições das unidades fundamentais, os laboratórios tenham facilidade de concretizar padrões para utilização prática.

O desenvolvimento e manutenção dos padrões primários são áreas especiais da ciência da medição, realizadas em laboratórios nacionais, com objetivos de desenvolver, manter e utilizar instrumentação que proverão os padrões para as unidades fundamentais e derivadas com a mais alta exatidão e reprodutividade. Fatores como custo, tempo de execução da montagem dos instrumentos e realização das medições, tamanho e portabilidade dos equipamentos, produção em escala e outros fatores que são importantes para usuários industriais são de importância secundária no desenvolvimento de padrões indispensáveis para melhoria da performance metrológica. Leva-se muito tempo para o desenvolvimento de novos instrumentos e equipamentos e a aceitação mundial dos mesmos.

O Bureau International des Poids et Mesures (BIPM), localizado em Sèvres, França, é a organização responsável pela administração das unidades legais no mundo e dos padrões para o SI desde 1875, quando da assinatura da Convenção do Metro.

Além do BIPM, que é um órgão internacional, existem vários laboratórios no mundo que trabalham na área de metrologia científica e industrial, fazendo vultosos investimentos em pesquisas para melhorar cada vez mais a qualidade dos padrões metrológicos.

Pode-se citar como exemplo de laboratórios nacionais de maior relevância os seguintes:

- NIST - National Institute of Standards and Technology (USA);
- PTB - Physikalisch-Technische Bundesanstalt (Alemanha);
- NRC - National Research Council (Canadá);
- NPL - National Physical Laboratory (Inglaterra);
- NRLM - National Research Laboratory of Metrology (Japão);
- CSIRO - National Measurement Laboratory (Austrália).

Cada país possui seu laboratório nacional, com o objetivo de manter, desenvolver e disseminar os padrões primários, assim como definir a política metrológica a ser aplicada na nação.

Com o objetivo de harmonizar as medições em todos os países, o BIPM organiza programas de comparação interlaboratorial, quando são verificadas as capacitações dos laboratórios participantes.

O Brasil tem no INMETRO o seu laboratório nacional, sendo que a política metrológica é regulamentada pelo CONMETRO - Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial.

### **3.3 TIPOS DE PADRÕES**

São diversos os tipos de padrões, dependendo de suas qualidades metrológicas e do tipo de utilização a que estão destinados. Exemplos:

#### **3.3.1 Padrão Internacional**

É aquele reconhecido por um acordo internacional para servir, internacionalmente, como base para estabelecer valores a outros padrões da grandeza a que se refere.

No caso do quilograma, existe somente um artefato no BIPM que representa o padrão de massa em nível internacional. Outros padrões, como o de comprimento, podem ser realizados em muitos países, a partir da definição do metro.

#### **3.3.2 Padrão Nacional**

É aquele reconhecido por decisão nacional para servir, em um país, como base para estabelecer valores a outros padrões da grandeza a que se refere. Geralmente, é o padrão de melhor qualidade metrológica do país, que é chamado de padrão primário. Ocasionalmente, isto pode não vir a ser verdadeiro, pois pode acontecer de existir padrões melhores que o padrão nacional.

#### **3.3.3 Padrão Primário**

É o Padrão que é designado ou amplamente reconhecido como tendo as mais altas qualidades metrológicas e cujo valor é aceito como referência a outros padrões da mesma grandeza.

#### **3.3.4 Padrão Secundário**

É um padrão cujo valor é estabelecido por comparação a um padrão primário da mesma grandeza.

#### **3.3.5 Padrão de Referência**

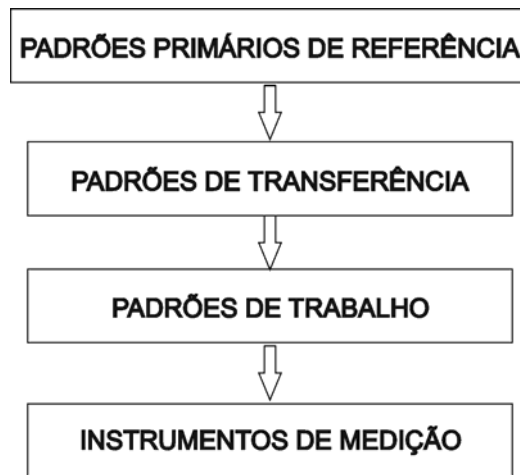
São os padrões da mais alta qualidade metrológica disponível em certo local ou em uma dada organização, a partir do qual as medições são derivadas.

#### **3.3.6 Padrão de Trabalho**

Padrão utilizado rotineiramente para calibrar ou controlar medidas materializadas, instrumentos de medição ou materiais de referência.

### **3.4 Hierarquia dos padrões**

Não se compara todas as medições com o padrão dado pela definição da unidade correspondente. Por exemplo, é totalmente impraticável comparar todas as medições de comprimento com o comprimento do trajeto percorrido pela luz durante um intervalo de tempo determinado. É muito mais prático possuir ou ter pronto acesso a outros padrões mais adequados. Em função disso, uma hierarquia de padrões foi desenvolvida como mostrado na figura a seguir:



Os padrões primários de referência são aqueles mantidos pelo INMETRO. Esses padrões constituem-se em uma cópia (duplicata) dos padrões internacionais, e servem como referência comum para as medições dentro do país.

Os padrões de transferência são aqueles mantidos pela indústria ou laboratórios secundários com a finalidade de servir como transferência de seus valores para o próximo nível inferior de padrões nessa hierarquia. Padrões de transferência são comparados por laboratórios nacionais com os padrões de referência.

Os padrões de trabalho são aqueles prontamente avaliáveis para toda a organização que faz medições de produto. Os padrões de trabalho são calibrados pelos padrões de transferência.

A exatidão e precisão dos instrumentos de medição são conhecidas pelas comparações com os padrões de trabalho. Então, a hierarquia total oferece uma confiança por determinar a habilidade de um instrumento de medição em fazer uma medição referenciada a um padrão primário de referência.

Uma situação mais completa é mostrada na figura a seguir, onde se tem a rastreabilidade desde os padrões internacionais até as medições industriais.



Este relacionamento é conceituado pela rastreabilidade. Através de intercomparações contínuas, os valores dos padrões primários são disseminados para os padrões secundários, de trabalho e assim por diante. Portanto, mesmo nas escalas mais baixas da hierarquia, seguindo os procedimentos de rastreabilidade, as medições estarão rastreadas aos padrões da mais alta hierarquia.

Supondo que se queira calibrar um voltímetro de classe de exatidão 1,5%. Voltímetros desta classe só são utilizados para controle em painéis, mas, devem ser calibrados periodicamente. Para calibrar um instrumento, é usual que a incerteza do padrão a ser utilizado seja no mínimo três vezes menor, pois a incerteza do padrão é considerada na composição da incerteza do SMC (Sistema de Medição a Calibrar).

Levando-se em consideração esta regra, podemos utilizar um voltímetro padrão de classe 0,5% e compatível com a escala do voltímetro em calibração.

Por sua vez, o padrão de classe 0,5% foi calibrado com outro padrão melhor, por exemplo, classe 0,1%. Este processo de calibração continua como os elos de uma corrente, até o padrão de referência do laboratório, que por sua vez é rastreado a padrões primários e internacionais, garantido assim, a harmonização das medições.

Para exemplificar a rastreabilidade, considere-se o seguinte problema: garantir a medida efetuada com um micrômetro, por uma seção de inspeção qualquer:

|  |  |                       |
|--|--|-----------------------|
| LABORATÓRIO PRIMÁRIO<br>EX.: INMETRO       | <b>PADRÃO PRIMÁRIO<br/>PADRÃO NACIONAL</b><br>COMPARADOR<br>INTERFEROMÉTRICO | MEDE BLOCO 00         |
| LABORATÓRIO SECUNDÁRIO<br>EX.: LAB. DA RBC | <b>PADRÃO DE REFERÊNCIA</b><br>COMPARADOR DE<br>BLOCOS PADRÃO E BLOCO<br>00  | MEDE BLOCO 0          |
| LABORATÓRIO DA<br>INDÚSTRIA                | <b>PADRÃO DE<br/>TRABALHO</b><br>BLOCO 0                                     | CALIBRA<br>MICRÔMETRO |
| SETOR DE INSPEÇÃO                          | <b>INSTRUMENTO DE<br/>MEDIÇÃO</b><br>MICRÔMETRO                              | MEDE PRODUTO          |

### 3.5 Sistema metrológico brasileiro

