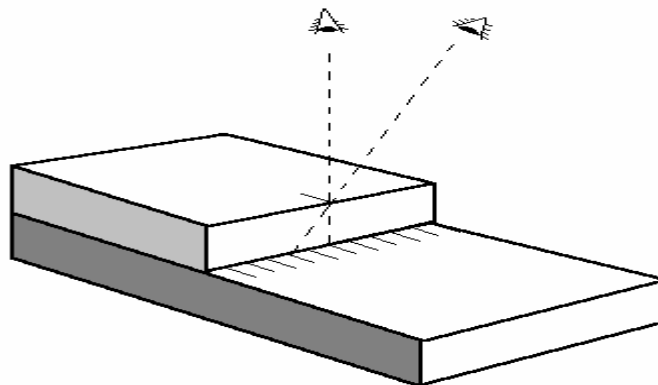


Cadernos Técnicos Carlos Sousa

ERROS CONCEITOS ELEMENTARES



2008

 **CATIN** centro de apoio tecnológico à indústria metalomecânica

Índice

Capítulo	Título	Página
1	O erro da medição	3
2	Conceitos associados ao erro	5
3	Expressão completa do resultado de uma medição	8
4	Erros em Metrologia Dimensional	11
4.1	Erros Domáveis (Sistemáticos)	14
4.1.1	Desvios de escala	14
4.1.2	Geometria, apoio ou deformação	14
4.1.3	Alinhamento (eixo da medição versus peça)	17
4.1.4	Temperatura da peça	19
4.2	Erros Indomáveis (Aleatórios)	21
4.2.1	Gradientes de temperatura (na peça e/ou instrumento de medição)	21
4.2.2	Humidade relativa	22
4.2.3	Incorrecções de leitura e cálculo	23
4.2.4	Sujidade	25
4.2.5	Variações mecânicas do instrumento de medição	27
4.2.6	Vibrações	27
4.2.7	Instabilidade eléctrica	28
4.2.8	Histerese	28
	Bibliografia	29

ERROS NA MEDIÇÕES

1 - O erro da medição (2.16)¹

Conhecido que é um erro, é possível considerá-lo para avaliar um valor mais exacto da mensuranda.

Nalgumas situações particulares, conhecendo-se o valor do erro e se ele for notavelmente pequeno relativamente à mensuranda, poderemos desprezá-lo.

No entanto, para ser possível proceder à **correção** (2.53) é necessário que o **erro sistemático** (2.17) seja conhecido e devidamente quantificável.

Na metrologia acontece frequentemente o **erro sistemático**, o tal que pode ser objecto de **correção**. Em tais casos é possível compensar o erro com um valor previamente definido e assim levar o valor errado para próximo do **valor convencional** (2.12).

*O erro
sistemático
e correção*

¹ Quando entendido haver interesse na especial atenção a um determinado termo ou expressão, será indicado entre parêntesis o código correspondente dado no VIM [1], como por exemplo, **Metrologia** (2.2).

CORRECÇÃO [1] 2.53

Compensação num valor medido de um efeito sistemático estimado.

NOTAS

1— Ver no Guia ISO/IEC 98-3:2008,3.2.3 a explicação do conceito de 'efeito sistemático'.

2— A compensação pode assumir diferentes formas, tais como, a soma de um valor ou a multiplicação por um factor, ou obtida numa tabela.

Deve fazer-se notar que a correcção (por soma) tem um valor simétrico do valor do erro sistemático.

Exemplo de correcção de um resultado pela soma de um valor:

Exemplo:

Seja 54,35 mm o resultado bruto de uma medição, sendo conhecido o erro sistemático do instrumento de medição, o qual é $-0,02$ mm.

Então, o valor da correcção é igual a $-(-0,02 \text{ mm}) = +0,02$ mm:

Resultado corrigido da medição = $54,35 \text{ mm} + 0,02 \text{ mm} = 54,37 \text{ mm}$

Mas, se o erro sistemático é frequente, o erro aleatório (de quantificação exacta impossível) está sempre presente. É a sua estimativa que nos obriga aos estudos acerca da incerteza, não a quantificação exacta, mas a determinação de uma probabilidade de acontecimento.

O Erro é invariavelmente associado ao Homem - *Errar é próprio do Homem.*

O que distingue uma pessoa criativa de outra menos criativa, é que aquela relativamente a esta tem a coragem de se sujeitar à probabilidade de erro no seu trabalho, mas mesmo assim arrisca novas ideias, novos conceitos, novas soluções. Uma pessoa que tenha a obsessão de não querer errar, não se atreve a mudar seja o que for, nem propõe qualquer

mudança ou qualquer tipo de solução. Mas também, de tal cabeça nada sai de inovador!

Mas, voltando ao facto de o erro ser próprio do homem, indevidamente tal associação é feita. De facto, erra tudo o que intervém numa medição, ou melhor, as fontes de erro têm inúmeras causas, infelizmente nem todas elas quantificáveis.

Todas as origens de erro se revelam através das pessoas e meios envolvidos:

- operador
- padrão de referência
- meios utilizados (meios de transferência, padrão, etc.)
- **instrumento de medição** (3.1)

Erros materiais

havendo sempre outras influências (ambientais e devidas ao método) que se associam a cada uma das principais origens erro referido, podendo ser:

- resultantes do **método de medição** (2.5)
- devidas às condições envolventes, (p.e., o ambiente)

Erros devidos ao método e causas ambientais

Da combinação das múltiplas origens materiais e influências de método e ambientais resulta sempre um componente de erro de valor desconhecido e logo não susceptível de correcção.

2 - Conceitos associados ao erro

2.1 - O conceito de erro encontrado no VIM obriga a reflectir em vários ângulos pelos quais podemos encarar o erro.

ERRO DA MEDIÇÃO [1] (2.16)

erro ou **erro de medição / measurement error** ou **error of measurement** ou **error / erreur de mesure** ou **erreur**

Valor medido de uma grandeza menos um **valor de referência**

NOTAS

1— O conceito de erro tanto pode ser usado:

- a) quando há um valor de referência único, o que ocorre se uma **calibração** é efectuada por meio de um **padrão de medição** com **incerteza de medição** desprezável, ou se é dado um **valor convencional**, caso em que o erro é conhecido, ou
- b) se a **mensuranda** é supostamente representada por um único **valor verdadeiro** ou um conjunto de valores verdadeiros de amplitude desprezável.

2— O erro de medição não deve confundir-se com um erro de produção ou um erro humano.

2.2 – Erro absoluto, erro relativo e valor absoluto do erro

Exemplo:

Utilizemos novamente o resultado da medição igual a 54,35 mm, sendo conhecido o valor convencionalmente verdadeiro da mensuranda, que neste caso é 54,37 mm.

Então:

Valor do resultado da medição = 54,35 mm

Valor convencionalmente verdadeiro da mensuranda = 54,37 mm

Erro absoluto da medição (ou somente erro da medição) = -0,02 mm (valor negativo)

Valor absoluto do erro = $|-0,02|$ mm = 0,02 mm

ERRO RELATIVO

Quociente do erro da medição pelo valor verdadeiro da mensuranda.

NOTA: Uma vez que um valor verdadeiro não pode ser determinado, na prática é usado um valor convencionalmente verdadeiro.

Nota do autor: esta definição não existe na edição 3 do VIM, pelo que se recorre à definição da edição 2 do VIM.

O erro relativo representa-se, normalmente, por um número adimensional. É prática usual a representação com referência a um determinado número: cem, mil ou milhão. Também se faz relativamente ao bilião, mas neste caso é aplicável o bilião americano que é 10^9 .

Exemplos:

Exemplo 1 - Para um valor convencionalmente verdadeiro de 1000,00 V o valor lido foi de 999,90 V.

$$\text{Erro relativo} = (999,90 \text{ V} - 1000,00 \text{ V}) / 1000,00 \text{ V} = -1,0 \times 10^{-4}$$

$$\text{ou Erro relativo} = -1,0 \times 10^{-4} \times 100 = -0,01 \%$$

$$\text{ou Erro relativo} = -1,0 \times 10^{-4} \times 1\,000\,000 = -100 \text{ ppm}$$

Exemplo 2 – Para um valor convencionalmente verdadeiro de 8,000 000 kg o valor da leitura foi de 8,000 001 kg

$$\text{Erro relativo} = (8,000\,001 \text{ kg} - 8,000\,000 \text{ kg}) / 8,000\,000 \text{ kg} = 1,25 \times 10^{-7}$$

$$\text{ou Erro relativo} = 0,125 \text{ ppm}$$

$$\text{ou Erro relativo} = 125 \text{ ppb} (1:10^9)$$

ERRO SISTEMÁTICO [1] (2.17)

Componente do erro de medição que em medições repetidas permanece constante ou varia de uma forma previsível

NOTAS

1— O valor de referência para um erro sistemático é um valor verdadeiro, ou um valor medido de

um padrão de incerteza de medição desprezável ou um valor convencional.

2— O erro sistemático e as suas causas podem ser conhecidos ou desconhecidos. Deve aplicar-se

uma correcção para compensar um erro sistemático conhecido.

3— O erro sistemático é igual ao erro de medição menos o erro aleatório.

ERRO ALEATÓRIO [1] (2.19)

Componente do erro de medição que, em medições repetidas, varia de forma imprevisível

NOTAS

1— O valor de referência para um erro aleatório é a média que resultaria de um número infinito de medições repetidas da mesma mensuranda.

2— Os erros aleatórios de um conjunto de medições repetidas formam uma distribuição cuja esperança matemática é nula e pode ser representada pela variância.

3— O erro aleatório é igual ao erro de medição menos o erro sistemático. 2.20 (3.6, notas 1 e 2)

Retomando o exemplo anterior, agora com aplicação destes conceitos:

Exemplo:

Seja o resultado de uma medição igual a 54,35 mm, sendo conhecido o valor convencional da mensuranda, que neste caso é 54,37 mm.

Então:

Valor do resultado da medição = 54,35 mm

Valor convencional da mensuranda = 54,37 mm

Erro absoluto da medição (ou somente erro da medição) = -0,02 mm (valor negativo)

Valor absoluto do erro = $|-0,02|$ mm = 0,02 mm

Erro relativo = $-0,02 \text{ mm} / 54,37 \text{ mm} = -0,0004$ (adimensional)

Erro relativo (em percentagem) = $-0,02 \text{ mm} / 54,37 \text{ mm} \times 100 = -0,04\%$

Erro relativo (em partes por milhão – ppm) = $-0,02 \text{ mm} / 54,37 \text{ mm} \times 10^6 = -4 \times 10^2 \text{ ppm}$

Nota: os erros relativos, tal como o próprio erro, são valores algébricos (com sinal positivo ou negativo).

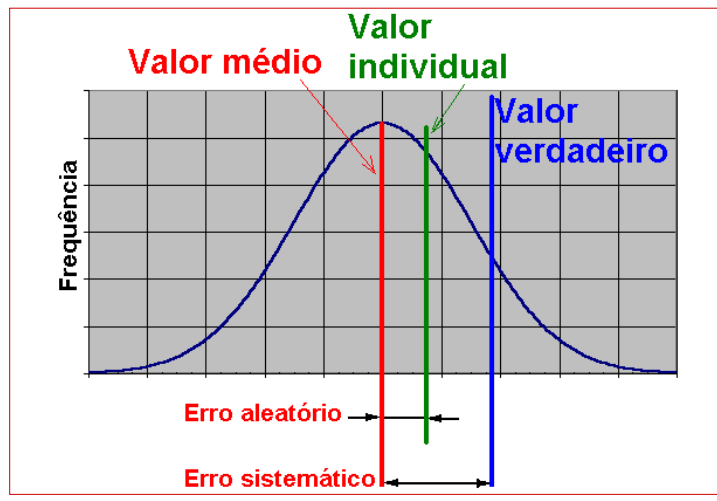
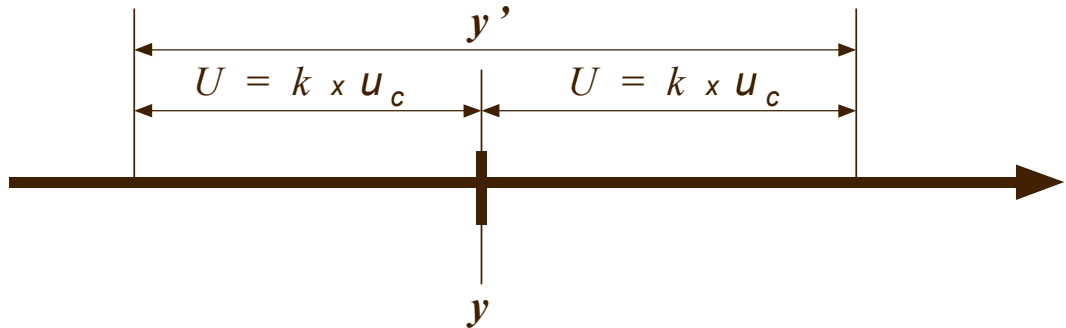


Figura 1 – Explicação figurativa de erro aleatório e erro sistemático

3 - Expressão completa do resultado de uma medição

O resultado de uma medição (y'), na sua expressão completa, pode ser representado pela expressão seguinte

$$y' = y \pm U \quad (1)$$



Legenda:

U – incerteza expandida

k – factor de expansão

u_c – incerteza padrão combinada

y – resultado bruto da medição

Figura 2 – Expressão completa do resultado de uma medição, y'

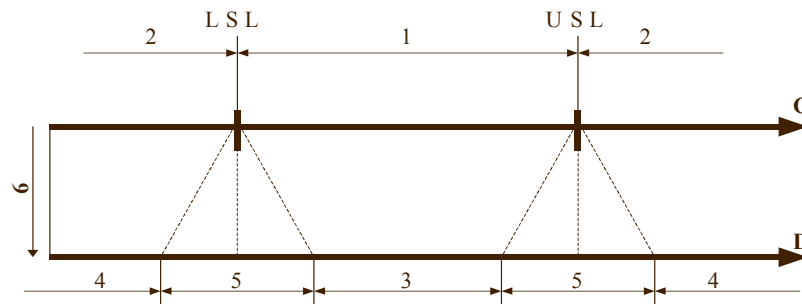
Torna-se, assim, evidente que o resultado (completo) de uma medição exprime-se não como algo de pontual, mas sim como um intervalo, o qual será tanto menor quanto mais qualidade técnica tiver a medição.

A ISO 14253-1:1998 estabelece regras para provar a conformidade ou não conformidade, as quais funcionam como alternativa para a ausência de regras entre o fornecedor e o cliente. Estas regras tanto são aplicáveis a peças fabricadas como a instrumentos de medição.

As regras recomendadas pela norma ISO são geralmente aplicáveis a especificações consideradas como importantes para o funcionamento adequado de peças ou instrumentos. Quando os requisitos puderem ser considerados de menor importância, outras regras de menor nível de exigência podem ser estabelecidas entre as partes envolvidas.

As siglas LSL (lower specification limit) e USL (upper specification limit) são utilizadas neste documento para indicar o menor limite de especificação e máximo limite de especificação, respectivamente. Na figura 3 é feito um resumo de todas as designações associadas a estes conceitos de conformidade e não conformidade de peças e equipamentos de medição, bem como o efeito de propagação de incertezas.

Serve isto para reforçar o quão é importante saber, ou ter uma estimativa credível, qual é a incerteza da medição.

**Legenda:**

- | | |
|---------------------------|----------------------------------|
| C – fase de concepção | 3 – zona de conformidade |
| D – fase de verificação | 4 – zona de não conformidade |
| 1 – zona de especificação | 5 – campo de incerteza |
| 2 – Fora de especificação | 6 – incremento da incerteza, U |

Figura 3 – Incerteza da medição: o efeito de propagação de incertezas (incremento) reduz a zona de conformidade

4 - Erros em Metrologia Dimensional

Uma das tradicionais classificações de erros considera-os sistemáticos e aleatórios. Esta classificação não é recomendável dado as definições de erro sistemático e de erro aleatório têm enquadramento diferente (ver ponto 2 destes apontamentos). Assim pode admitir-se uma classificação considerando a nossa intervenção perante os erros e a possibilidade de os dominarmos, ou não. Essa classificação será:

- ◆ Erros Domáveis (usualmente chamados de erros sistemáticos)
- ◆ Erros Indomáveis (usualmente chamados de erros aleatórios)

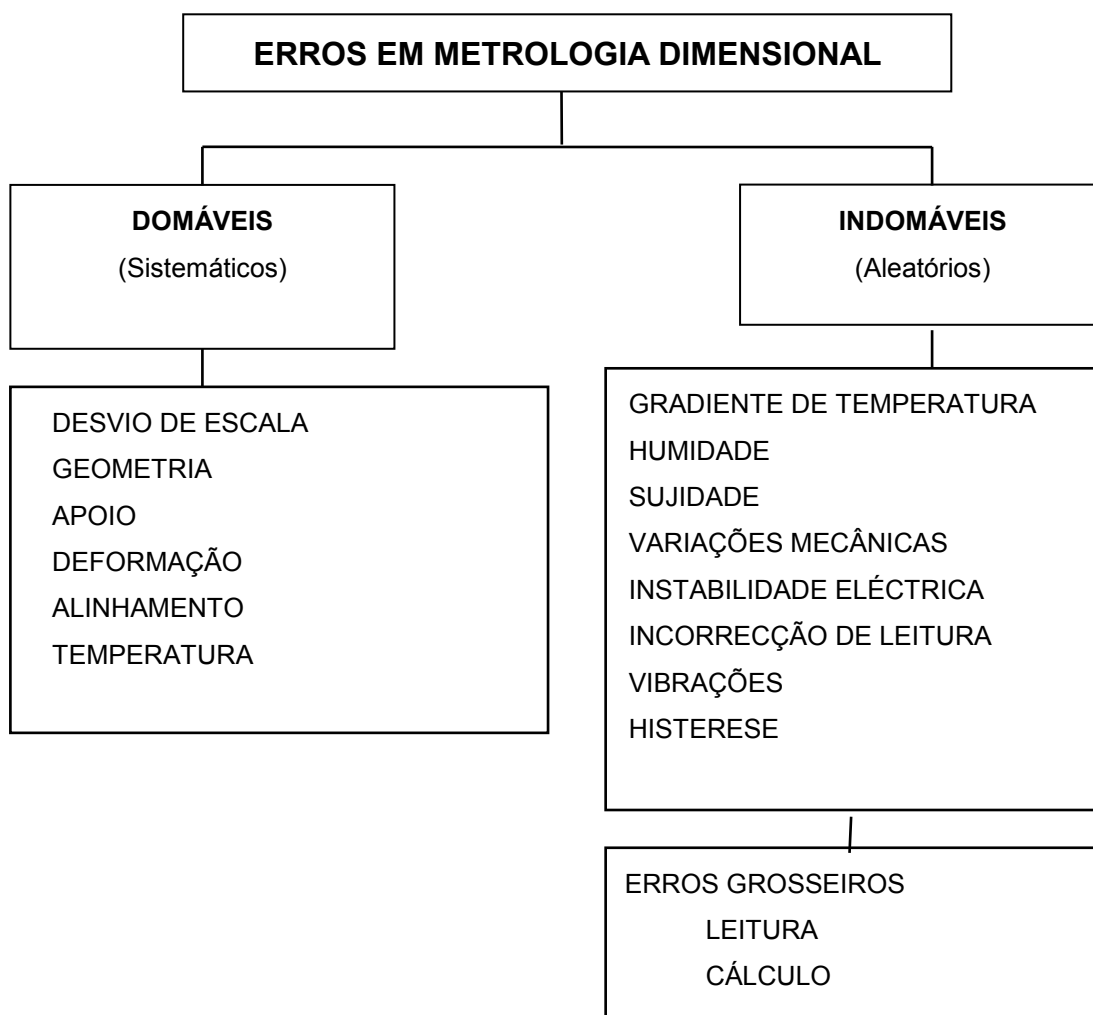
Erros domáveis (sistemáticos)

Esta classe de erros engloba aqueles erros que se podem de algum modo **dominar**, que ocorrem sempre de um modo previsível e que geralmente podem ser corrigidos. Alguns erros considerados domáveis (aleatórios) não podem ser completamente corrigidos, mas podem se dominados, como é o exemplo de erros associados a equipamentos de medição que, embora sejam inevitáveis e não susceptíveis de correção, podem, no entanto, permitir que os equipamentos sejam calibrados em condições equivalentes às da utilização, o que faz com que o erro (sistemático) seja praticamente eliminado

Erros indomáveis (aleatórios)

Esta classe de erros engloba aqueles erros que nós de todo não podemos dominar. Além de eles acontecerem de modo imprevisível, não são de quantificação possível.

No campo restrito da Metrologia Dimensional, parece oportuno tratar das principais causas de erro, utilizando a classificação acima proposta. Para o cálculo das incertezas é importante o conhecimento das causas de erro e as possíveis correções. O diagrama seguinte indica as principais causas de erro nas medições de comprimentos, forma ou ângulos (dimensional).



4.1 - Erros Domáveis (sistemáticos)

4.1.1 - Desvios de escala

Na generalidade, qualquer instrumento tem um desvio de escala relativamente aos valores verdadeiros da mensuranda. Estes desvios podem ser negligenciados em situações determinadas como sendo muito pequenos. Mas somente com recurso à calibração poderemos quantificar estes desvios.

Em casos mais graves de desvios de escala, poderá haver necessidade de fazer correcções, tal como acontece, por exemplo, em réguas ou fitas métricas mal divididas.

Para confiança no instrumento em relação a este erro, deverá ser feita uma calibração em toda a sua gama de trabalho.

4.1.2 - Geometria, apoio ou deformação

Em muitas situações é possível quantificar este tipo de erro, podendo assim fazer a respectiva correcção, ou definindo um intervalo de incerteza.

Conforme o instrumento de medição ou peça a medir, assim se deverá analisar as possíveis causas deste tipo de desvio.

Exemplos:

- **Peso próprio do instrumento ou peça:** no caso de apoio de réguas ou padrões de topo, assim deveremos fazer um apoio concordante com cada um destes instrumentos, sabendo que este deve ser isostático (com reacções nos apoios quantificáveis por um sistema de equações igual ao número de apoios), ou seja, nestes casos deverá existir apoio em dois pontos.

As réguas geométricas devem ser apoiadas de tal modo que a máxima flecha seja a menor possível. Do estudo da Mecânica aplicada aos materiais é possível demonstrar que os apoios devem ser simétricos e distanciados entre si de $0,554L$ (L é o comprimento da régua), como se vê na Figura 4, a).

Os padrões de topo (que servem para medir distâncias «exactamente» entre os dois topos) devem ser apoiados de modo a que os topos fiquem perfeitamente paralelos entre si. Isto é conseguido com os apoios simétricos e distanciados entre si de $0,577L$, como indicado na Figura 4, b).

- Um apalpador metálico tem sempre alguma força a provocar o contacto. Essa força será causadora de maior ou menor deformação, embora na maior parte dos casos essa deformação seja negligenciável (Figura 5, apoio 1).
- Uma peça submetida a medição, igualmente ficará sujeita a deformação, sendo já muito mais vulgar que tal deformação deva ser considerada para correcções ou para estimativa da incerteza da medição (Figura 5, apoio 2 e 3). A situação pode ser particularmente grave nas medições de materiais poliméricos ou nas borrachas, dado o seu baixo módulo de elasticidade.

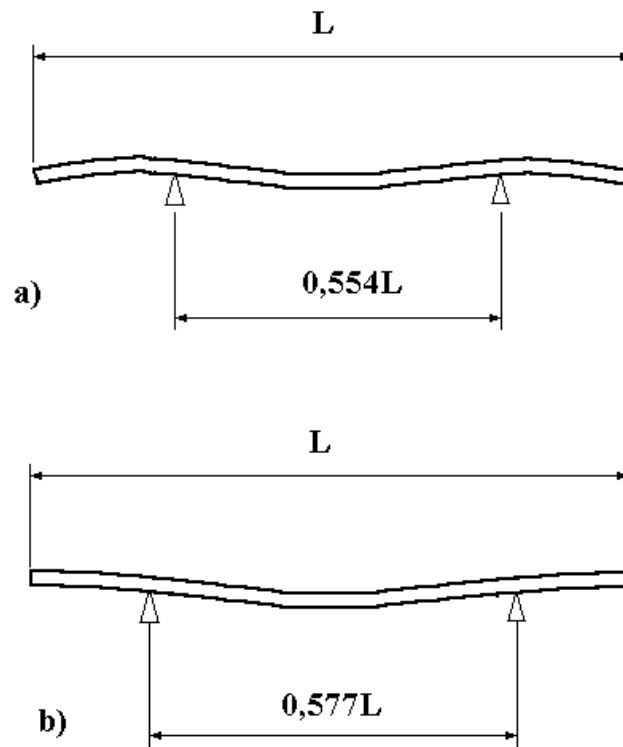


Figura 4 - a) Apoio de réguas [pontos de Bessel];
b) apoio de padrões de topo [pontos de Airy]

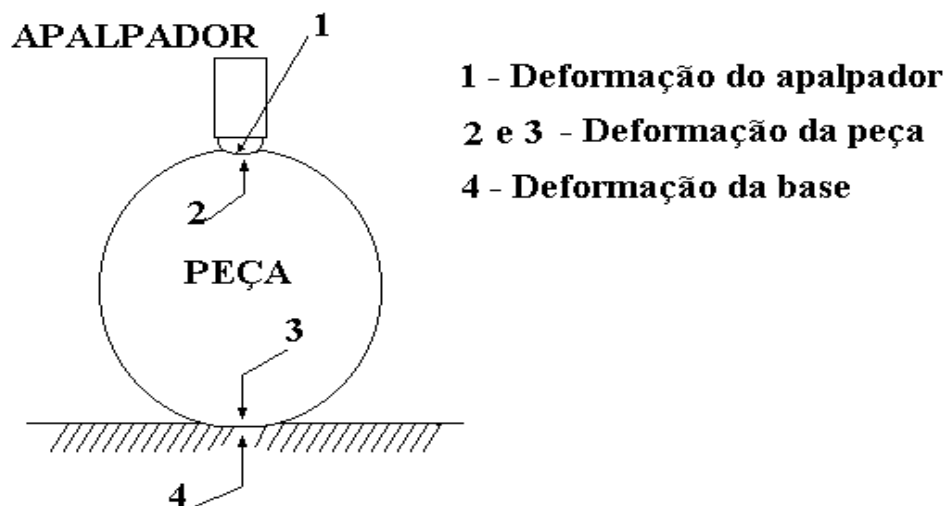


Figura 5 - Deformação de contacto

4.1.3 - Alinhamento (eixo da medição versus peça)

Nos finais do século XIX Ernest Abbe definiu um princípio que considera que a medição mais correcta é aquela em que o eixo do instrumento e a dimensão a medir devem estar no mesmo alinhamento.

Há instrumentos que pela sua concepção não respeitam este princípio, devendo, com eles haver especiais cuidados para minimizar o erro acrescido pelo não respeito do **princípio de Abbe**.

O paquímetro é um dos instrumentos que não respeitam o princípio de Abbe. O micrómetro já respeita aquele princípio (Figura 6).

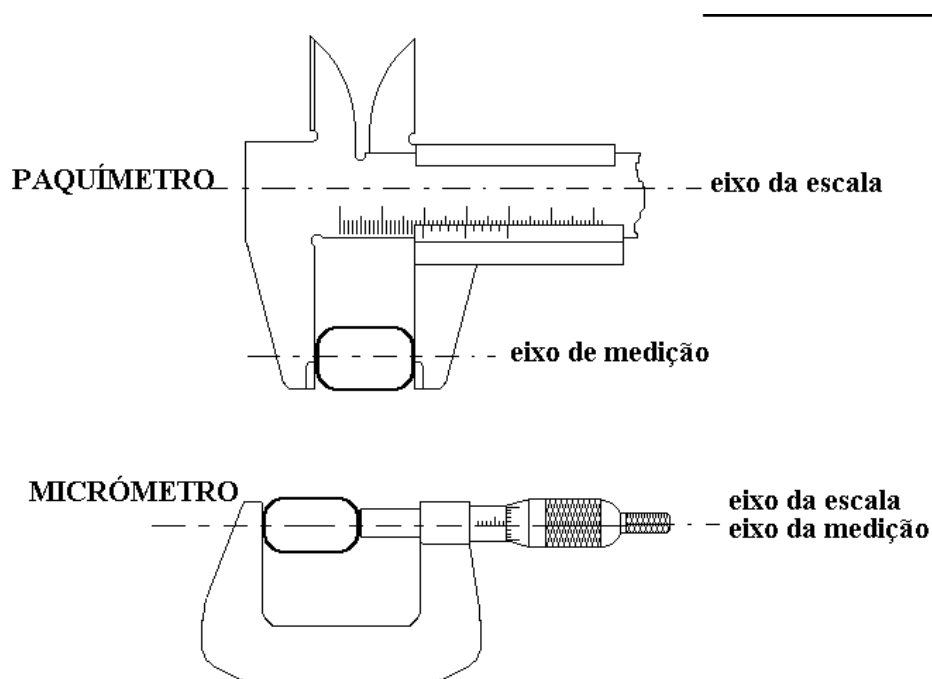


Figura 6 - Princípio de Abbe

Um exemplo de erro de alinhamento é dado na figura 7, onde se vê um comparador montado com uma inclinação θ relativamente à normal do plano de medida. Trata-se de um erro co-seno, onde qualquer valor medido corresponde a um valor maior que a distância pretendida, sendo o valor correcto obtido pelo produto do valor medido pelo co-seno de θ .

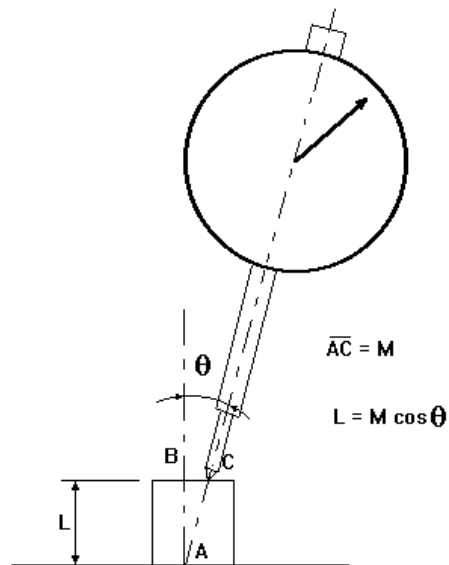


Figura 7 - Erro co-seno

4.1.4 - Temperatura da peça

A temperatura de referência das medições de comprimentos é de 20°C². Todas as medições feitas em peças com temperaturas diferentes serão afectadas por dilatações ou contracções térmicas. Este tipo de erro é desprezável em medições diferenciais com materiais de coeficientes de dilatação térmica semelhantes. Este erro é de possível correcção, desde que o coeficiente de expansão térmica seja conhecido e a temperatura seja homogénea.

Se considerarmos o coeficiente de expansão térmica α , e a temperatura T , o valor de uma dimensão L será convertido no valor da medição se esta fosse feita a 20°C, a que chamaremos L_{20} , com recurso à seguinte expressão:

$$L_{20} = L_T [1 + \alpha (20 - T)]$$

Como já foi referido, no caso de medições diferenciais, o erro de temperatura é desprezável para materiais com o mesmo coeficiente de expansão. Se os coeficientes de expansão térmica forem diferentes, deverá fazer-se correcção com a aplicação da mesma expressão.

² Norma ISO 1

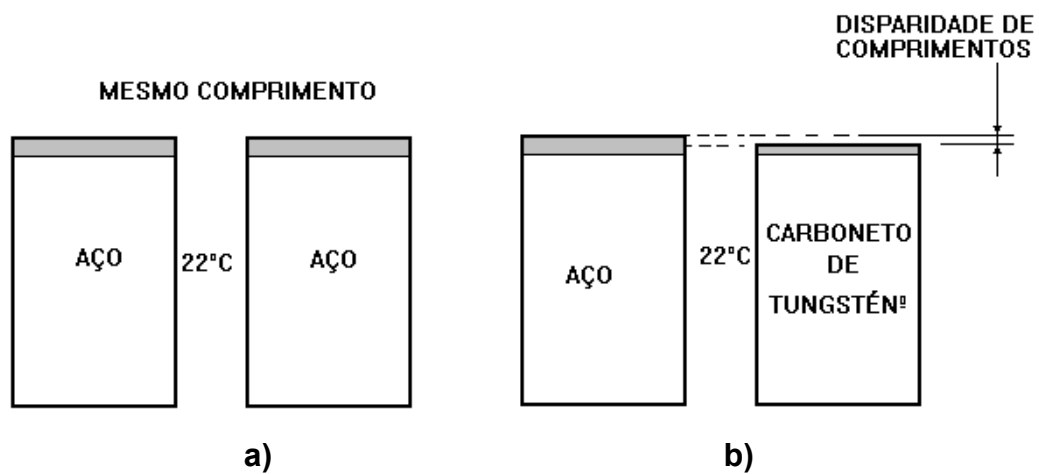


Figura 8 - Blocos padrão calibração diferencial: a) mesmo coeficiente de expansão; b) coeficientes diferentes

4.2 - Erros Indomáveis (aleatórios)

4.2.1 - Gradientes de temperatura (na peça e/ou instrumento de medição)

Este tipo de erros não permite correcções e são mesmo de muito difícil atribuição de incerteza, razão pela qual é sempre conveniente evitar tais erros. A ocorrência destes erros prende-se muitas vezes com o incorrecto manuseamento das peças ou instrumentos. É também vulgar acontecer este erro devido a condicionamento incorrecto dos locais de medição (variações térmicas rápidas, o que leva a alterações de temperatura em função da massa do corpo).

Também as lâmpadas de radiação são fonte de gradientes de temperatura. Em casos extremos de exactidão (calibração de blocos padrão) chega-se a utilizar filtros para minimizar a radiação emitida pelo corpo do operador!

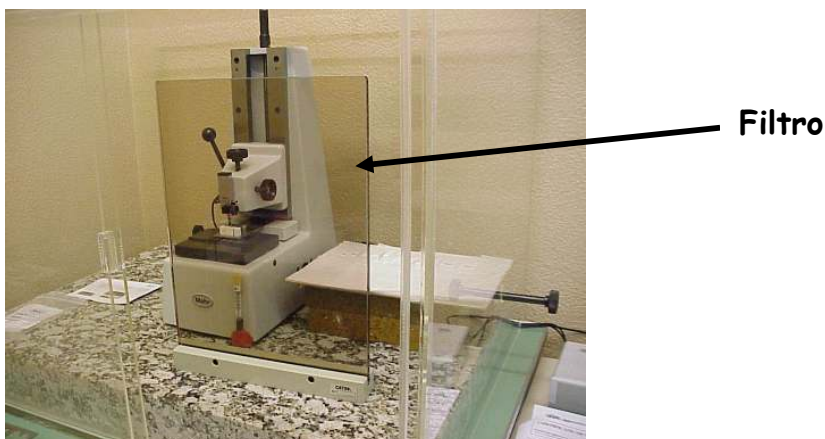


Figura 9 - Filtro utilizado em calibração de blocos-padrão para minimizar o efeito da radiação térmica do corpo do operador

Para reduzir o efeito destes erros deve evitar-se tocar com as mãos directamente nas peças, recorrendo a pinças ou luvas, evitar correntes de ar, exposição aos raios solares e manter uma temperatura estável nos locais de medição. A temperatura correcta é de 20°C, devendo a tolerância ser compatível com o nível de exactidão e incerteza pretendidos (para laboratórios de nível secundário usa-se $20 \pm 1^\circ\text{C}$). Deve ser dada atenção às variações de temperatura em função do tempo, as quais devem ser pequenas.

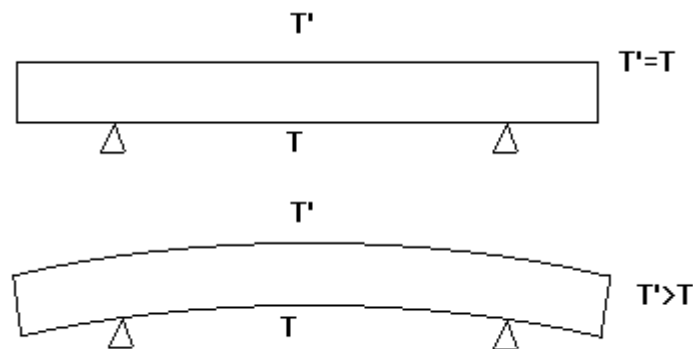


Figura 10 - Efeito de gradiente em régua geométrica

4.2.2 - Humidade relativa

Esta grandeza de influência em alguns casos de menor exactidão não é particularmente grave. As principais consequências são a corrosão que provoca quando é elevada ou a produção de electricidade estática quando é baixa. Em situações que se trabalhe com radiação *laser*, a

humidade relativa já é parâmetro importante, pois como se trabalha com velocidade da luz no ar, esta é variável em função da humidade relativa. Outra situação onde a humidade pode provocar alterações, prende-se com o uso de planos de granito, pois que este material é higroscópico e, portanto, sujeito a sofrer alterações quando a humidade relativa é alta. Quanto às peças em medição, alguns materiais também sofrem modificações dimensionais com a humidade relativa (polímeros, papel, etc.).

4.2.3 - Incorreções de leitura e cálculo

São erros directamente relacionados com o operador. Dos erros de leitura temos os exemplos do erro de paralaxe, leituras erradas em escalas analógicas (muito vulgar em comparadores, com “engano” de posição do indicador de milímetros) ou a troca de algarismos em escalas digitais.

Paralaxe: mudança aparente do ponteiro ou da indicação de escala, resultando de uma observação em ângulo incorrecto relativamente às características do instrumento.

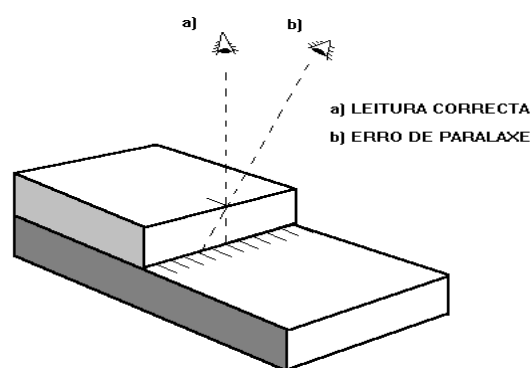


Figura 11 - Erro de paralaxe: a) leitura correcta; b) leitura incorrecta

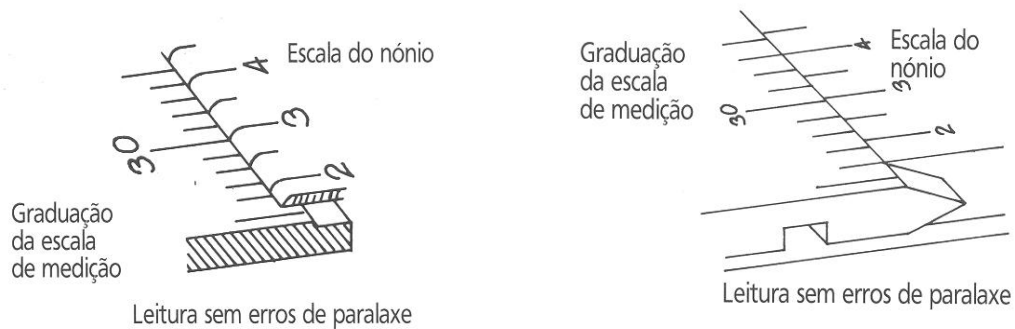


Figura 12 - Escalas que evitam o erro de paralaxe

No que respeita a erros de cálculo, estes podem incluir o acto de anotar valores de leitura, podendo ocorrer em qualquer fase da medição. Mesmo até em sistemas de cálculo automático podem ocorrer erros de programação, geralmente de fácil detecção por cálculo paralelo e exterior ao sistema. Em todo o caso, é sempre preferível o recurso a cálculo automático, evitando-se os erros humanos que ocorrem principalmente em actos muito repetitivos ou em fases de maior cansaço.

4.2.4 - Sujidade

Este tipo de erro é muito comum, embora se possa diminuir bastante com limpeza cuidada. Uma atenção particular às regras básicas de limpeza é fundamental para bem medir.

As duas principais regras básica são:

- limpar sempre antes de medir;
- se houver lugar a lubrificação após o trabalho, esta só pode ser feita após nova e correcta limpeza.

Uma superfície suja dá indicação de uma dimensão incorrecta; uma escala suja não permite boa leitura.

A limpeza de peças metálicas deve ser feita com produtos adequados, geralmente recomendados pelos fabricantes. Na falta de outra indicação pode utilizar-se benzina, devendo evitar o contacto com a pele e evitar respirar directamente. Acetona e alguns solventes são de evitar já que atacam plásticos. Álcool também não é recomendável pois, sendo um material bastante higroscópico, pode deixar uma película de água após evaporação.

Para diminuir a quantidade de poeiras nos laboratórios, utilizar sistemas de filtragem correctos, portas duplas e, sempre que possível, a existência de uma ligeira sobrepressão para evitar a entrada de poeiras. De notar que grande parte das poeiras existentes nos laboratórios são transportadas pelas pessoas que lá entram, quer no corpo, quer nos pés. Existem tapetes aderentes, que fixam a poeira que as solas dos sapatos transportam.

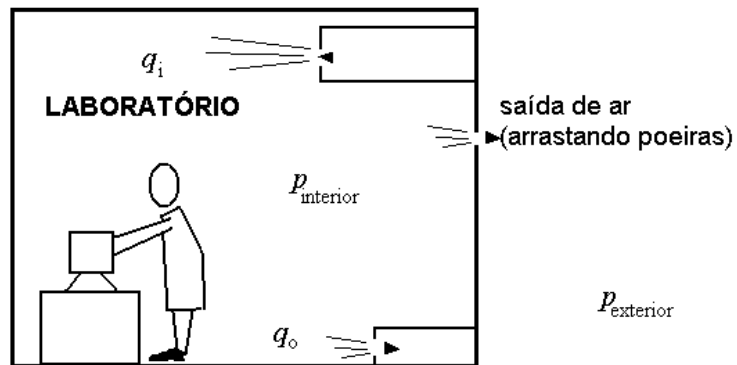


Figura 13 - A minimização de poeiras é obtida:

- pela eficiência da filtragem do caudal q_i ,
- fazendo com que $q_i > q_o$, o que provoca uma pressão interior maior que a pressão exterior ($p_{interior} > p_{exterior}$)
- fazendo com que exista sempre saída de ar pelas aberturas naturais (portas, respiros, etc.), arrastando assim muitas poeiras

Haverá lugar, nesta breve referência ao efeito de poeiras, referir que um cabelo humano normal tem o diâmetro de aproximadamente $60 \mu\text{m}$ (ver figura 14) e as poeiras menores que $10 \mu\text{m}$ não são perceptíveis a olho nu.

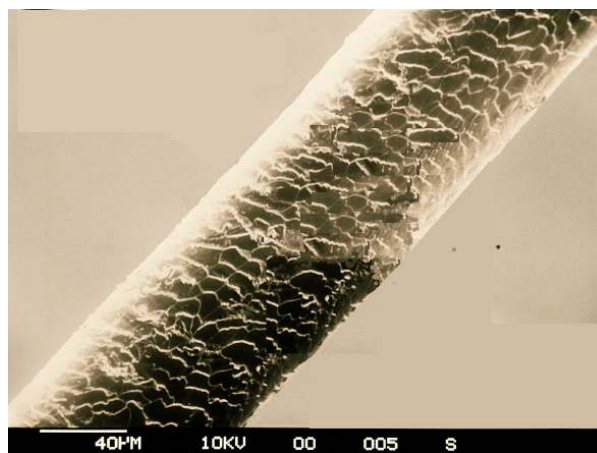


Figura 14 – Cabelo humano (imagem de microscópio electrónico)

4.2.5 - Variações mecânicas do instrumento de medição

Este tipo de erro é muitas vezes detectável com uma simples observação visual. Consiste em folgas, desgastes ou deformações. Trata-se de uma situação em que a calibração despista facilmente, sendo esta mais uma das muitas razões para que se façam calibrações periódicas.

Como medidas preventivas, devem seguir-se procedimentos adequados, quer na utilização, quer na armazenagem e na manutenção.

Os desgastes anormais podem resultar de sujidade acumulada ou de deficiente lubrificação.

4.2.6 - Vibrações

As vibrações são dos principais inimigos da Metrologia, particularmente no que se refere à Metrologia Dimensional. Não é erro que permita correcções, razão pela qual se deve procurar minimizar o efeito de vibrações. Em instalações fabris, acontece com frequência destinar para o laboratório uma área disponível perto da produção. Guilhotinas, máquinas-ferramenta e outras máquinas podem produzir vibrações suficientes para inviabilizar a utilização de um laboratório. Também pode acontecer que o laboratório tenha máquinas de ensaios, muitas vezes com choques durante a execução (ensaio de tracção, por exemplo). É portanto imperativo uma escolha cuidada do local e vizinhança dos laboratórios destinados a metrologia.

A escolha de um laboratório numa cave é recomendável em vez de ser um andar mais elevado.

4.2.7 - Instabilidade eléctrica

Estes erros são geralmente de muito difícil detecção podendo mesmo ter origem no próprio sistema de alimentação. Deverá haver atenção especial, principalmente quando se trabalha com equipamentos portáteis, evitando zonas com campos magnéticos fortes. Também é recomendável verificar periodicamente a instalação eléctrica, nomeadamente as condições de linha de terra, pois aqui residem muitos problemas de funcionamento anormal do equipamento electrónico e mesmo de avarias.

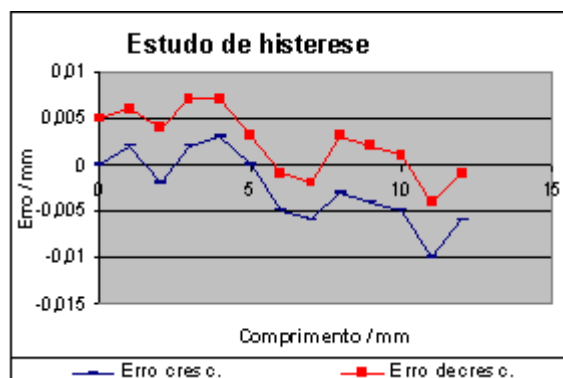
4.2.8 - Histerese

O erro de histerese é também conhecido por erro de reversibilidade. Consiste na diferença de leituras para um mesmo valor da mensuranda, conforme a medição é efectuada no sentido crescente ou no sentido decrescente da escala (ver figura 15).

As causas de histerese podem ser mecânicas (folgas, atrito), térmicas, eléctricas, etc.

A correcção deste erro não é geralmente praticável, embora possa ser feita em casos particulares de medições onde o sentido de movimento da escala seja sempre conhecido.

Figura 15 - Representação gráfica de erros em calibração de comparador de 12 mm, notando-se valores diferentes para os dois sentidos de movimento da haste. Durante a calibração o valor máximo foi intencionalmente ultrapassado



BIBLIOGRAFIA

- [1] VIM – Vocabulário Internacional de Metrologia – Conceitos Básicos – IPQ 2008
- [2] ISO 14253-1:1998 - Geometrical Product Specifications (GPS) - Inspection by measurement of workpieces and measuring equipment - Part 1: Decision rules for proving conformance or non-conformance with specifications
- [3] ISO 1:2002 - Geometrical Product Specifications (GPS) -- Standard reference temperature for geometrical product specification and verification
- [4] Recomendação CNQ 5/2001 – Condições ambientais em laboratórios de calibração.