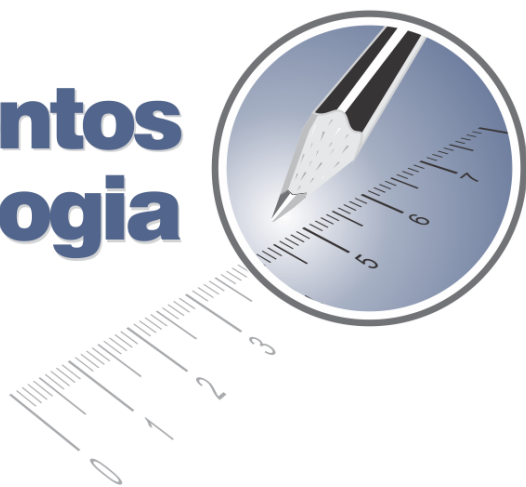


**Fundamentos
da Metrologia**



**e Avaliação da
Conformidade**

Sistemas de Medição



SUMÁRIO

Introdução

1. Medições

Método de Medição

Amostra

Condições Ambientais

Equipamento

Rastreabilidade

Operador

2. Atividades de medição

Verificação

Calibração

Síntese da aula

Glossário

Referências

“Quando você pode medir um fenômeno e descrevê-lo com números, então pode afirmar que sabe algo sobre ele. Quando não pode medi-lo e expressá-lo com números, seu conhecimento é de uma classe inferior e insatisfatória.”
(Lord Kelvin, 1883)

Introdução

Medir as propriedades de objetos faz parte da nossa necessidade de conhecer melhor os próprios objetos, suas propriedades e facilitar as trocas comerciais.

Você já observou que, quando cozinhamos, quando colocamos combustível no carro, quando compramos comidas ou roupas, estamos sempre fazendo medições em nossas atividades diárias?

A Metrologia é uma função estratégica para o desenvolvimento de uma nação e essencial para o crescimento tecnológico e comercial das organizações. Para o profissional que no dia-a-dia de suas atividades está envolvido com as técnicas de medição, é imprescindível o conhecimento dos fundamentos matemáticos, das ferramentas estatísticas, das técnicas e dos procedimentos operacionais.

O Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia – VIM, adotado no Brasil pela Portaria nº 29, de 10/03/95 emitida pelo Inmetro – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, define Metrologia como a:

ciência da medição que abrange todos os aspectos teóricos e práticos relativos às medições, qualquer que seja a incerteza, em quaisquer campos da ciência ou tecnologia.

Analisando-se esta definição, observa-se a necessidade de conhecimentos teóricos dos conceitos e das técnicas de medição, acrescidas à percepção das grandezas de influência e a obtenção de resultados práticos.

A Metrologia envolve alguns campos fundamentais do conhecimento:

- A Física, porque define grandezas e unidades;
- A Estatística, porque define processos de seleção de amostras, e os parâmetros de caracterização de populações e estimação de parâmetros.

Nesta aula, apresentaremos os problemas fundamentais envolvidos nos processos de medição. Dois termos são de extrema importância e serão a base para nosso estudo. São eles:

- valor verdadeiro; e
- incerteza da medição.

Medir uma grandeza física significa comparar o valor ou “o tamanho” dessa grandeza com algo escolhido como termo de comparação ou padrão. A medida de muitas grandezas é expressa por um valor numérico seguido de uma unidade como, por exemplo: 6.370 km para o raio médio terrestre, $1,67 \times 10^{-27}$ kg para a massa do próton, ou 127 volts para a diferença de potencial usualmente fornecida pela rede elétrica. Estas grandezas chamam-se dimensionais.

Para o Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais em Metrologia, o VIM, a dimensão é definida como:

Expressão que representa uma grandeza de um sistema de grandezas, como produto das potências dos fatores que representam as grandezas de base deste sistema.

Outras medidas constam apenas de um valor numérico desacompanhado de uma unidade, como por exemplo: o índice de refração de um vidro é aproximadamente 1,50 e a densidade relativa do mercúrio metálico é 13,6.

Nestes casos as grandezas são ditas adimensionais. Em outras palavras podemos dizer que é a grandeza em que todos os expoentes das dimensões das grandezas de base são reduzidos a zero.

Idealizamos que toda grandeza física possui um valor bem definido, ou exato, que aqui chamaremos de valor verdadeiro da grandeza. Quando se repetem várias vezes a medição de uma grandeza, na maioria das vezes, os sucessivos resultados não coincidem. Os novos valores da grandeza podem diferir muito pouco do valor inicial, mas dificilmente se consegue uma série de valores idênticos. Este fato reflete a impossibilidade de se conhecer o valor verdadeiro da grandeza em questão.

O VIM define o valor verdadeiro como:

Valor consistente com a definição de uma dada Grandeza específica.

e ressalta três observações a serem consideradas:

- É um valor que seria obtido por uma medição perfeita.
- Valores verdadeiros são, por natureza, indeterminados.
- O artigo indefinido “um” é usado, preferivelmente ao artigo definido “o” em conjunto com “valor verdadeiro”, porque pode haver muitos valores consistentes com a definição de uma dada grandeza específica. E define a incerteza da medição como um:

Parâmetro, associado ao resultado de uma medição, que caracteriza a dispersão dos valores que podem ser fundamentadamente atribuídos a um mensurando.

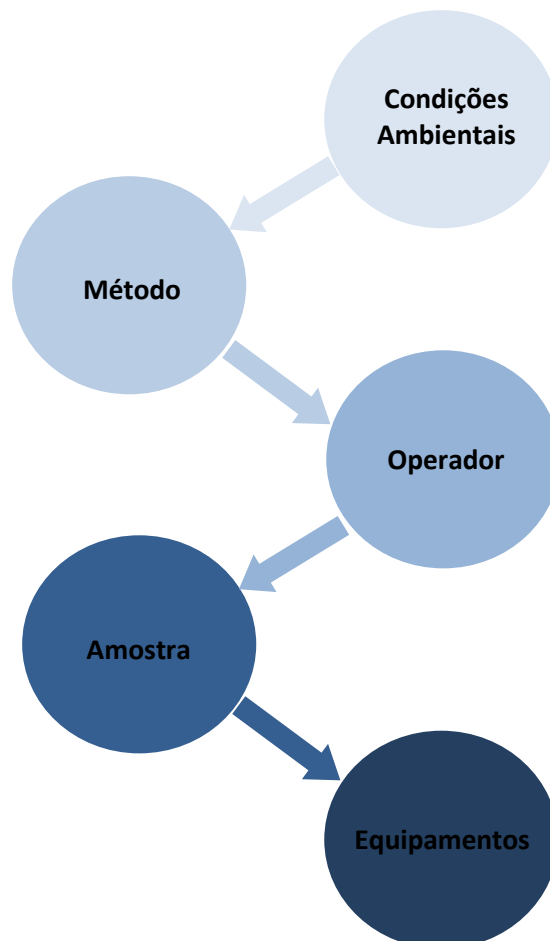
A quantificação desse parâmetro, bem como uma discussão mais aprofundada dos conceitos envolvidos virão nas aulas seguintes. Conceitos como desvio padrão, nível de confiança, distribuições de probabilidades e definições de erros serão retomados ao longo de nosso curso.

1. Medições

Em qualquer campo de atividade, as decisões são tomadas com base em informações que, em geral, são medições realizadas de forma direta ou indireta, relacionadas com o objeto em estudo. Por definição, medição é o:

Conjunto de operações que tem por objetivo determinar o valor de uma grandeza.

As medições são impactadas por agentes metrológicos, tais como: o método de medição, a amostra, o operador, o equipamento de medição, as condições ambientais e a rastreabilidade dos equipamentos e padrões. Dessa maneira, podemos entender a medida como sendo o resultado do processo de medição e, nesse sentido, sua qualidade depende de como este processo é gerenciado. Na figura a seguir, é ilustrado o procedimento de medição, com os fatores que podem intervir no resultado. A seguir, vamos aprofundar cada um deles.



Método de Medição

O método de medição, como definido no VIM é a:

“sequência lógica de operações, descritas genericamente, usadas na execução das medições”.

Os métodos de medição podem ser classificados de duas formas:

- Métodos de medição direta;
- Métodos de medição indireta;

A medição é considerada direta quando utilizamos diretamente o instrumento para obter o resultado da medição desejada.

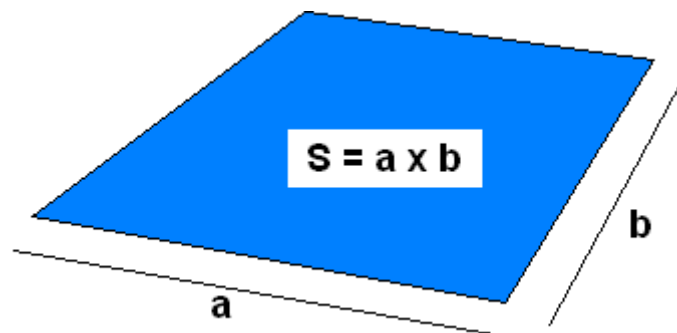
Exemplos:

1. Medição do diâmetro de uma peça com um paquímetro;
2. Pesagem de um objeto com uma balança digital ou analógica;
3. Medição da corrente elétrica de um circuito com amperímetro;
4. Indicação da temperatura usando um TLV.

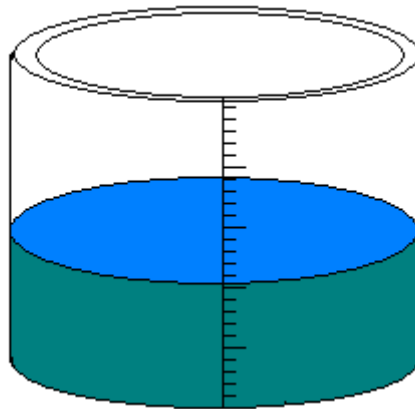
Já no segundo caso, medição indireta, as medições são efetuadas indiretamente ou por comparações com valores conhecidos.

Exemplos:

5. Cálculo da área de um terreno retangular, medindo-se o comprimento de cada um dos lados. Neste caso, utilizamos um instrumento para fazer uma medida direta de cada lado. A área é obtida como o produto dos dois comprimentos;



6. Medição de volumes utilizando uma forma geométrica com volume conhecido. Por exemplo, o volume de um líquido é medido colocando-se o líquido em um recipiente cujo volume foi previamente estabelecido;



7. Pesagem de um corpo com uma balança de pratos, comparando-se com uma massa-padrão;

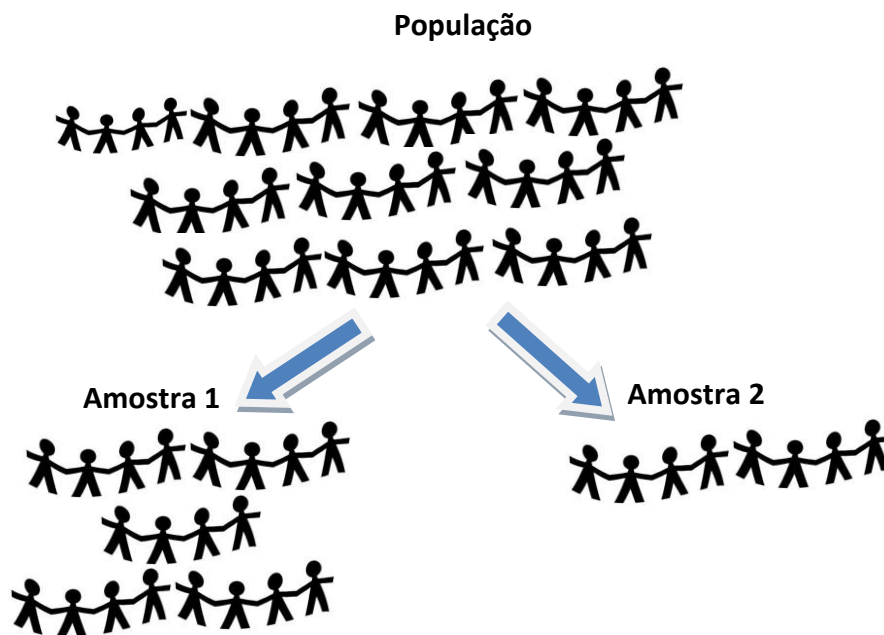


Comparativamente, cada forma de realização da medição possui características e exatidões diferentes. Na balança digital, por exemplo, a exatidão do sistema depende somente da balança, ao passo que na balança de pratos a exatidão depende também da massa-padrão.

O método de medição pode estar contido em uma norma técnica, procedimento, instrução de trabalho, regulamento, fluxograma ou qualquer outra forma de documento, desenvolvido por especialistas no assunto em questão. Este documento, em geral, será utilizado por outros profissionais com um mínimo de conhecimento e capacitação nas técnicas definidas no método. Existem, portanto, procedimentos que devem ser obedecidos e conhecidos, para que os resultados das medições sejam universalmente aceitos.

Amostra

Suponha que temos que verificar a massa de cada pacote de um lote de 5.000 pacotes de alimento (pacotes de 5 kg de arroz, por exemplo). Esse lote é conhecido como a população. Não é prático, e nem mesmo viável, medir cada um deles para saber se estão dentro da especificação e dentro da incerteza permitida. Assim, existem métodos científicos para selecionar uma parte desse lote, que nos dará, dentro de certos limites quantificáveis, as informações sobre o lote todo. Na figura abaixo, buscamos dar uma idéia desse processo.



Amostra é uma parte de um todo que, uma vez avaliada, analisada e medida possibilita que os resultados sejam aplicados ao conjunto original. Duas amostras não são iguais, mas, dentro de limites bem definidos, nos darão as mesmas informações sobre o todo.

Exemplo: Verificação do passo da rosca de um parafuso em um lote de 10.000 parafusos.

Uma alternativa seria medir todos os parafusos (processo demorado e oneroso). Outra alternativa, mais viável, seria escolher aleatoriamente um determinado número de peças como amostra, utilizando os critérios estabelecidos na norma ABNT NBR 5426¹, por exemplo. A média das medidas do passo das peças escolhidas pode ser considerada como uma boa estimativa para o total de parafusos.

¹ NBR5426: “Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos”. Como salientado pela ABNT “os planos de amostragem podem ser utilizados, além de outros, para inspeção de: produtos terminados; componentes e matéria-prima; operações; materiais em processamento; materiais estocados; operações de manutenção; procedimentos administrativos e relatórios e dados”

Devemos tomar cuidado na seleção e utilização da amostra, de modo que ela realmente represente o conjunto, caso contrário, estaremos atribuindo valores errados por uma escolha ou manuseio indevidos da amostra.

Alguns cuidados básicos são:

- tamanho adequado da amostra, isto é, o número de “indivíduos” que comporão a amostra, definido segundo procedimentos estatísticos;
- forma de seleção da amostra, que deve ser aleatória;
- lote de fabricação: todos os “indivíduos” devem ser do mesmo lote;
- forma de realização das medições, ou seja, realizadas em condições definidas em normas ou procedimentos técnicos;
 - contaminações que possam modificar as características físicas ou químicas da amostra devem ser evitadas;
 - verificação do prazo de validade da amostra.

Condições Ambientais

A influência de fatores ambientais, tais como a temperatura, umidade, poeira, vibração, flutuação na tensão de alimentação elétrica, ruído elétrico ou magnético e outros fatores existentes no local onde as medições são realizadas, devem ser considerados. Esses fatores devem ser monitorados e controlados de modo a minimizar seus efeitos no resultado final da medição.

Exemplo: Medição da concentração de um determinado ingrediente ativo que entra na composição de um remédio:

Se para isto é preciso que a temperatura do laboratório seja mantida em $(22,0 \pm 0,5) \text{ }^\circ\text{C}$ e a umidade relativa em $(50 \pm 5) \%$, um sistema condicionador de ar deve, então, controlar a temperatura e a umidade nas condições ideais. Quando qualquer anomalia surgir, seja na temperatura ou na umidade, devemos interromper as medições.

Outro exemplo: A norma ABNT NBR 14105 determina que as calibrações dos manômetros tipo Bourdon sejam efetuadas em condições controladas de temperatura na faixa de $(20 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$.

Equipamento

Instrumento de medição, segundo o VIM, é todo e qualquer:

dispositivo, utilizado sozinho ou em conjunto com outros, para realizar uma medição.

O conjunto completo de instrumentos e outros equipamentos acoplados para executar uma medição específica é denominado sistema de medição.

Podemos destacar alguns exemplos de instrumentos de medição, tais como: manômetro tipo Bourdon, paquímetro, micrômetro, termômetro de líquido em vidro (TLV), multímetro, balança analítica.

Já como exemplos de sistemas de medição, podemos citar: a bomba de gasolina de um posto de abastecimento e a aparelhagem para calibração de termômetros clínicos.

É importante salientar que há a necessidade de se utilizar equipamentos diferentes para diferentes tipos de situações, pois isto interfere no processo de medição.

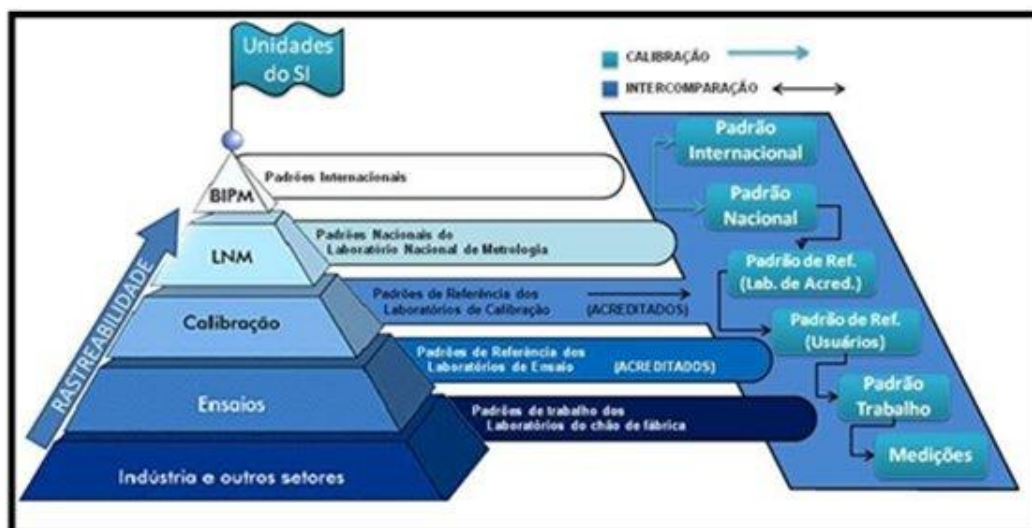
Rastreabilidade

De acordo com o VIM, a rastreabilidade é:

a propriedade de um resultado de uma medição ou do valor de um padrão estar relacionado a referências estabelecidas, geralmente a padrões nacionais ou internacionais, através de uma cadeia contínua de comparações. todas tendo incertezas estabelecidas.

Padrões e equipamentos calibrados, e com rastreabilidade garantida, transferem exatidão às medições e possibilitam uma estimativa adequada da incerteza final de medição.

A figura abaixo mostra um esquema do sistema geral que garante as medições que efetuamos.



Desta forma, antes de se efetuar e utilizar o resultado de uma medição como informação relevante para qualquer tomada de decisão, faz-se necessário analisar o processo de medição de modo a se conhecerem todas as fontes de influência associadas aos agentes metrológicos.

Operador

O operador, técnico que realiza as medições, deve conhecer o método de medição, saber avaliar as condições ambientais e decidir sobre a realização ou não de medições. Além disso, é necessário que saiba selecionar adequadamente a amostra a ser avaliada, portanto precisa ser treinado e capacitado para a utilização correta dos equipamentos que compõem o sistema. Deve ainda registrar e interpretar corretamente o resultado das medições, pois ele é a chave fundamental para uma boa manipulação.

2. Atividades de medição

Verificação

Na Metrologia Legal é comum realizar a verificação de um instrumento de medição. A definição de verificação, segundo o Vocabulário de Metrologia Legal é:

o conjunto de operações, compreendendo o exame, a marcação ou selagem e (ou) a emissão de um certificado e que constate que o instrumento de medir ou medida materializada satisfaz às exigências regulamentares.

Numa verificação, geralmente são avaliados os erros de medição em comparação com requisitos de aceitação.

Calibração

A Calibração possui uma abrangência maior que a verificação e se define como:

conjunto de operações que estabelece, sob condições especificadas, a relação entre os valores indicados por um instrumento de medição ou sistema de medição ou valores apresentados por uma medida materializada ou um material de referência, e os valores correspondentes das grandezas estabelecidos por padrões.

A calibração é, geralmente, realizada por um laboratório de calibração e seu resultado apresentado num documento denominado “certificado de calibração”.

Pela análise do certificado de calibração é possível identificar, além dos erros de indicação do instrumento, a rastreabilidade dos padrões utilizados e a Incerteza da Medição.



Síntese da Aula

Nesta aula definimos metrologia e estudamos alguns conceitos que você deve conhecer:

- Conceitos de valor verdadeiro e incerteza da medição, como eles estão relacionados à grandeza física de um “indivíduo”;
- A definição de dimensão dada pelo VIM;
- Conjunto de operações e instrumentos necessários à medição;
- Influência de fatores ambientais sobre a medição. Estes fatores devem ser monitorados e controlados.
- Medição direta e indireta
- Medição por amostragem e como se faz uma amostragem.

Além disso, você deve ter percebido a necessidade do Vocabulário Internacional de termos Fundamentais e Gerais da Metrologia, ao qual nos referimos pela sigla: VIM.



Glossário

AMOSTRA ALEATÓRIA: é aquela amostra para a formação da qual existiu um procedimento de seleção dos elementos ou grupo de elementos de um modo tal que dá a cada elemento da população uma probabilidade de inclusão na amostra calculável e diferente de zero.

Neste tipo de amostra, cada elemento da população tem uma probabilidade conhecida de ser escolhido.

AMPERÍMETRO: instrumento que serve para medir a intensidade de uma corrente elétrica, graduado em ampère.

MANÔMETROS TIPO BOURDON: instrumento para medir pressão; o princípio de funcionamento deste instrumento é bastante simples e parecido com o brinquedo “língua de sogra”, quando soprado, a “língua de sogra” se enche de ar e desenrola, por causa da pressão exercida pelo ar. No caso do manômetro, esse desenrolar gera um movimento que é transmitido ao ponteiro, que vai indicar a medida de pressão.

PAQUÍMETRO: instrumento de precisão para medir espessuras, pequenas distâncias e diâmetros.

TLV: Termômetro de líquido em vidro.