

# **Aula 1 |**

## **Introdução à Metrologia**

**Curso:**

Metrologia Básica

Aula 1 - Introdução à Metrologia

**Autor:**

Luiz Vicente Gomes Tarelho

**Instituto de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – Inmetro****Presidente:**

Marcos Heleno Guerson de Oliveira Junior

**Diretor de Planejamento e Articulação Institucional:**

Paulo Henrique Lima Brito

**Coordenador-Geral do Centro de Capacitação:**

Luiz Fernando Rust da Costa Carmo

**Equipe Técnica do Centro de Capacitação:**

Edson Seiti Miyata

Kelly Fernandes Pereira

Luiz Antonio Silva dos Santos

Marcia de Souza Santos

Matheus Fernandes Cunha

**Inmetro - Outubro/2020**

# Sumário

**Apresentação**

**Objetivos da aula**

Tópico 1 | **Um pouco de história da metrologia**

p. 4

Tópico 2 | **A importância da metrologia**

p. 11

Tópico 3 | **Metrologia: a ciência da medição**

p. 14

**Síntese**

p. 17

**Referências**

p. 18



# Olá, cursista!

Nesta aula, você conhecerá um pouco sobre o conceito e a história da metrologia, assim como a sua importância para o desenvolvimento industrial e tecnológico da nossa sociedade. Também estudaremos as diversas aplicações da metrologia que podemos encontrar em nosso dia a dia.

## Objetivos da aula:

- Conhecer a história da metrologia
- Compreender a importância da metrologia para a sociedade
- Identificar as principais áreas e atividades que fazem parte da metrologia

# Tópico 1

## Um pouco de história da metrologia

**Vivemos hoje em um mundo** altamente tecnológico.

Com o avanço do número de bens produzidos e o surgimento de diversos serviços, fez-se necessário o estabelecimento da **universalização das normas e padrões** que passam a ser adotadas pelas diferentes empresas. Vejamos um exemplo: a linha de montagem de um avião é possível graças a essa **universalização** que permite que as peças necessárias para a construção de um avião sejam compatíveis entre si, independentemente do local em que foram produzidas, e possuam qualidade comprovada.

Figura 1 - Linha de montagem de um avião da Embraer



Fonte: Revista Exame 23/07/2014.

Essa capacidade produtiva é resultado de uma **evolução dos modos de produção e dos processos de medição** envolvidos nessas construções de objetos e estruturas complexas.

Para entendermos melhor a evolução dos conceitos envolvidos nos processos de construção e medição, vamos voltar ao Egito Antigo.

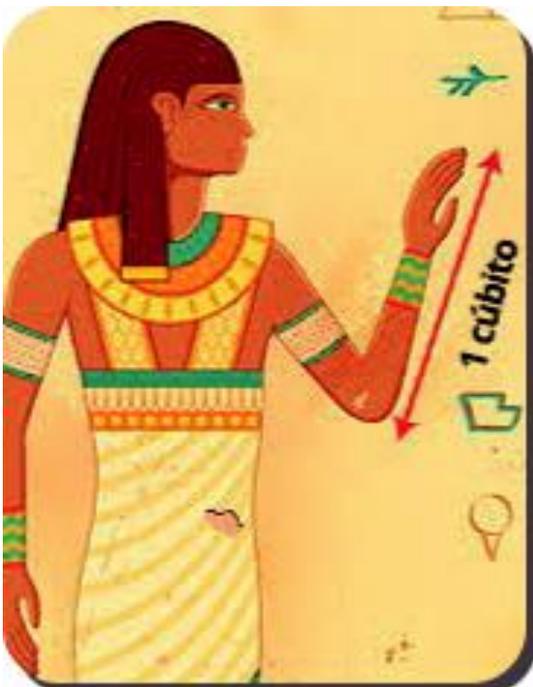
A construção de uma pirâmide envolvia um enorme número de blocos de pedra que se encaixavam. Os projetos de construção de pirâmides eram complexos e cuidadosamente feitos por arquitetos e engenheiros da época. Inúmeros trabalhadores deviam cortar, mover e encaixar as peças e os arquitetos deviam verificar se as peças cortadas correspondiam ao projeto, a fim de que o encaixe se desse conforme o planejado e a estrutura tivesse a qualidade necessária.

Figura 2 - Pirâmide de Queops



Fonte: Wikimedia

Figura 3 - Cúbito



Fonte: Wikimedia

A unidade de comprimento usada na época era chamada **cúbito ou côvado**, que correspondia à distância entre o cotovelo e a ponta do dedo do faraó, demonstrando que os primeiros artefatos criados pelo homem para padronizar as medições são baseados nas **medidas antropométricas**.

Medidas ou medições baseadas em comparações com partes do corpo humano.

**Existia um padrão de granito** que representava o cúbito real e era a referência para todas as medidas. Mas esse padrão não poderia ser movido para o canteiro de obras, pois sua perda ou dano comprometeria o processo de construção. Ele deveria ficar seguro no palácio do faraó. Então, os arquitetos usavam padrões de madeira no lugar do padrão de granito. Mas um cuidado era necessário: a medida padrão usada pelos arquitetos deveria sempre estar de acordo com o tamanho do **padrão primário** de granito. Ou seja, as medidas feitas pelos arquitetos deveriam ser rastreáveis ao padrão primário.

Dessa forma, podemos entender como a necessidade de medir e a exatidão das medidas são demandas bastante antigas. Mas, por muito tempo, cada região teve seu próprio sistema de medidas. Essas unidades eram geralmente arbitrárias e imprecisas e baseadas nos sentidos humanos, como tato e visão.

Já vimos que os primeiros padrões de medida de comprimento correspondiam a partes do corpo de pessoas nobres: o cúbito do faraó, o pé de um rei, o palmo de um soberano, etc. Isso criava muitos problemas para o comércio porque as pessoas de uma região não dominavam o sistema de medição das outras e também porque os padrões adotados eram, muitas vezes, subjetivos. As quantidades eram expressas em unidades pouco confiáveis, diferentes umas das outras e sem correspondência entre si.

Padrão de medição estabelecido com auxílio de um procedimento de medição primário ou criado como um artefato, escolhido por convenção.



**A necessidade de converter unidades de medida era tão importante quanto a necessidade de converter moedas.** Na

verdade, em muitos países, entre eles o Brasil, nos tempos do Império, a instituição que cuidava da moeda também cuidava do sistema de medidas.

**Durante a Revolução Industrial** (séc. XVIII), surgiu a necessidade da padronização dos bens produzidos pelas linhas de produção para garantir a qualidade dos produtos. A evolução dessa padronização traria a necessidade atual de controle e monitoramento das linhas de produção e **os instrumentos de medição se tornaram mais complexos para assegurar confiança à produção industrial**. Mas, nesse período, os padrões de referência para as medições ainda eram locais e cada país possuía referências diferentes entre si, adequadas para o seu desenvolvimento tecnológico.

No site a seguir você encontra mais informações acerca da história por trás da criação dos pesos e medidas.



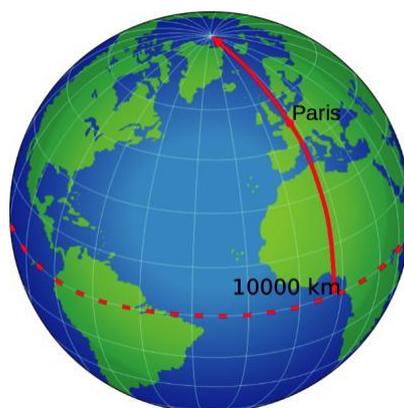
Link:

<https://super.abril.com.br/historia/pesos-e-medidas-as-dimensoes-do-metro/>

Em 1789, durante a Revolução Francesa, numa tentativa de resolver esse problema, a França criou o **sistema métrico decimal**, constituído inicialmente de três unidades básicas: o **metro**, que deu nome ao sistema por ter sido a primeira unidade a ser universalizada, o **litro** e o **quilograma**.

O metro, unidade básica de medida de comprimento, foi definido como a décima milionésima parte do comprimento do quadrante do meridiano que, passando pela cidade de Paris, ligava o Polo Norte à linha do Equador. O quilograma, unidade básica de medida de massa, foi definido como a massa de um litro de água. O litro foi definido como o volume de um decímetro cúbico.

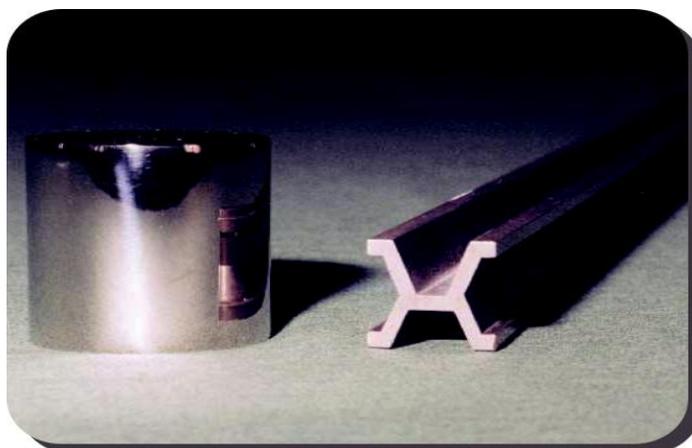
Figura 4 - Imagem do Globo, com definição do “metro”



Fonte: Wikipedia.org

Em 1799, foram criados os padrões materializados de **comprimento** e **massa**, sendo o primeiro uma barra e um cilindro de platina, depositados nos Arquivos da República, em Paris, na França. Eles ficaram conhecidos como Padrões dos Arquivos.

Figura 5 - Padrões de massa e de comprimento depositados no BIPM - França



Fonte: BIPM - França

A turbulência política do período dificultou a adoção dos padrões e do sistema métrico no país. Contudo, as exigências de padronização do século XIX, em virtude da 1ª e 2ª Revoluções Industriais, impulsionaram o aprimoramento desses padrões.

Os esforços resultaram, primeiro, na Convenção Diplomática do Metro, de 20 de maio de 1875, em que se fundou o Bureau Internacional de Pesos e Medidas (BIPM). Segundo, na realização de novos padrões, criados a partir de uma liga de platina-iridiada (90% de platina e 10% de irídio). Os novos metro e quilograma, sancionados na Primeira Conferência Geral de Pesos e Medidas (CGPM), estão até hoje sob a guarda do BIPM, em Sèvres, na França.



Para saber um pouco mais sobre o surgimento da medida denominada “metro”, assista ao vídeo “Breve história do metro” no ambiente virtual de aprendizagem do curso.

Veja, agora, outros marcos históricos importantes para a evolução da metrologia no Brasil e no mundo:

# 1875

Realizou-se a primeira Convenção Internacional do Metro, em 1875, na qual se assinou um tratado para uniformizar o sistema métrico internacional, adotando artefatos produzidos com a tecnologia do século XIX e criando o Protótipo Internacional do Metro e do Kilograma. Nesse período, criou-se o **Bureau Internacional de Pesos de Medidas (BIPM)**. Dezesete países adotaram o sistema métrico e foram signatários da Convenção do Metro, entre os quais os Brasil.

# 1960

Apesar das qualidades inegáveis do sistema métrico decimal, não foi possível torná-lo universal. Além disso, o desenvolvimento científico e tecnológico passou a exigir medições cada vez mais precisas e diversificadas. Em 1960, o sistema métrico decimal foi substituído pelo Sistema Internacional de Unidades (SI), mais complexo e sofisticado do que o anterior.

# 1961

O Brasil criou o Instituto Nacional de Pesos e Medidas (INPM). Logo depois, adotou o SI. A Resolução nº 12, de 1988, do Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Conmetro) ratificou a adoção do SI no país, tornando seu uso obrigatório em todo o território nacional.

# 1973

O INPM foi substituído pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro) que, em 2011, mudou de nome, passando a se chamar Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro).

# 2013

O Inmetro publicou a Portaria Inmetro n.º 590/2013, que estabelece o Quadro Geral de Unidades de Medida, adotado pelo Brasil atualmente.



Apesar das qualidades inegáveis do sistema métrico decimal – simplicidade, coerência e harmonia –, não foi possível torná-lo universal. Além disso, o desenvolvimento científico e tecnológico passou a exigir medições cada vez mais precisas e diversificadas.



O SI constitui a expressão moderna e atualizada do antigo sistema métrico decimal, ampliado de modo a abranger os diversos tipos de grandezas físicas, compreendendo não somente as medições que interessam ao comércio e indústria no dia a dia (domínio da metrologia legal), mas estendendo-se completamente a tudo o que diz respeito ciência da medição, atingindo maior universalização e internacionalização.

Consulte aqui o Quadro Geral de Unidades de Medida, estabelecida pelo Inmetro.

**Portaria Inmetro n.º 590/2013.**

Link: <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC002050.pdf>



Vimos, até aqui, vários aspectos da história que contribuíram para o desenvolvimento dos padrões e normas que adotamos nas atividades de medições atualmente. Na próxima seção, iremos conversar um pouco mais sobre a importância da metrologia.

# Tópico 2

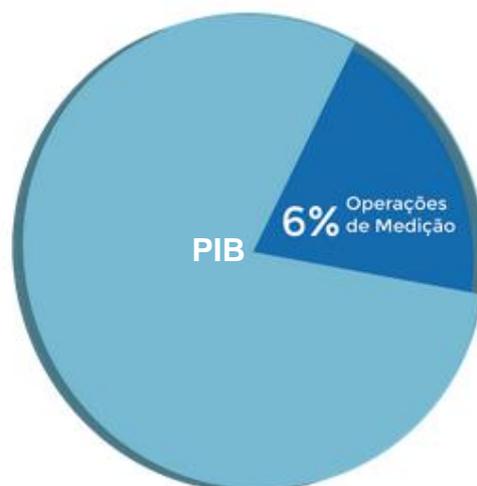
## A importância da Metrologia

No tópico anterior conhecemos um pouco da história e evolução das normas e padrões relacionados à ideia da medição. A partir disso, perguntamos: mas, afinal, o que é metrologia?

“**Metrologia é a ciência que abrange todos os aspectos teóricos e práticos relativos às medições, qualquer que seja a incerteza em qualquer campo da ciência ou tecnologia.**” (INMETRO, 2012)

A metrologia representa uma ciência estratégica para o desenvolvimento de uma nação, além de ser essencial para o desenvolvimento tecnológico e comercial das nações.

Para se ter ideia da importância da metrologia, estima-se que o custo das **operações de medição equivalha a cerca de 6% do Produto Interno Bruto** das nações industrializadas. Como exemplo, temos a comercialização de alimentos por peso e a medição do consumo de água e de eletricidade que afetam a economia de um país.





Outros exemplos de como as medições estão presentes em nosso cotidiano:



Os tamanhos das cadeiras devem ser proporcionais à altura ou peso do consumidor. Caso contrário, podem afetar nosso humor e comprometer o rendimento das pessoas na escola e no trabalho.



A velocidade dos carros nas estradas é medida por agentes do Estado e, quando excede limites legais, tem consequências financeiras para o motorista.



As quantidades de substâncias ativas em medicamentos e os exames de sangue exigem medidas cada vez mais exatas e confiáveis. O mau uso de instrumentos de medição nas áreas de saúde pode trazer consequências danosas, gerando até casos fatais, em última instância.

Fonte: Imagens de <https://www.freepik.com>

É praticamente impossível definir uma atividade de nosso dia a dia sem falar em pesos ou medidas.

Só para fazer um teste, tente desenvolver uma conversa em que não haja referências de peso ou de medida: “*Que horas são?*”; “*Quantos quilos de feijão você comprou?*”; “*Você viu a velocidade daquele carro?*”; “*Meu colesterol está acima do limite!*” etc.

Assim, todas as atividades comerciais e seus regulamentos dependem de como pesamos e medimos. O piloto do avião observa cuidadosamente a altitude, o curso, o consumo de combustível e a velocidade. O inspetor sanitário mede a população de bactérias. As indústrias adquirem matérias-primas por meio de pesos e medidas e especificam seus produtos usando as mesmas unidades.



Dê uma olhada no vídeo “Medições na vida cotidiana” para comprovar como a metrologia faz parte do nosso dia a dia. O vídeo está disponível no ambiente virtual de aprendizagem do curso.

Por fim, todas as atividades científicas são completamente dependentes da metrologia. Geólogos medem ondas sísmicas para avaliar as gigantescas forças que estão por trás dos terremotos; astrônomos medem a luz vinda de estrelas distantes para determinar sua idade; físicos comemoram quando, ao fazer experimentos de exatidão de bilionésimos de segundo, confirmam a presença de mais uma partícula infinitesimal. A disponibilidade de instrumentos de medição e a habilidade em usá-los são essenciais se os cientistas querem documentar, de forma objetiva, os resultados que alcançaram.

Como você deve ter percebido, a metrologia é provavelmente a mais velha das ciências. O conhecimento de como ela é aplicada é uma necessidade fundamental para todas as profissões baseadas no conhecimento científico e técnico. Na próxima seção, vamos explicar melhor os padrões usados na metrologia e ver como ela se desenvolve como ciência da medição.

# Tópico 3

## Metrologia: a ciência da medição

A **medição sistemática** com a correta avaliação de suas incertezas é um dos pilares do controle de qualidade industrial e, geralmente, nas indústrias modernas, os custos relativos às medições chegam a algo em torno de 10% a 15% do custo de produção. **Boas medições podem aumentar significativamente a qualidade, o valor e a efetividade de um produto.**

A metrologia cobre as atividades de medição em **três áreas principais:**

1

A definição de unidades de medida internacionalmente aceitas, como o metro.

2

A realização das unidades de medida por meio de métodos científicos, como a realização do metro por meio do uso de laser.

3

O estabelecimento de cadeias de **rastreabilidade**, determinando o valor e a exatidão de uma medição e disseminando o conhecimento. Assim, seguindo a nossa linha de exemplos, teríamos a relação documentada entre o parafuso de um **micrômetro** numa oficina de engenharia de precisão e um laboratório primário de metrologia óptica de comprimento.

Propriedade de um resultado de medição pela qual tal resultado pode ser relacionado a uma referência através de uma cadeia ininterrupta e documentada de calibrações, cada uma contribuindo para a incerteza de medição.

Instrumento utilizado para medir distâncias, espessuras ou ângulos diminutos, cujo funcionamento se vale de princípios mecânicos ou ópticos.

# A metrologia se divide

em três categorias com diferentes níveis de complexidade e exatidão:

## Metrologia científica

Trata da organização e do desenvolvimento dos padrões de medida e sua conservação e manutenção (o nível mais alto).

## Metrologia industrial

Cuida do funcionamento adequado dos instrumentos de medição usados na indústria, na produção e nos ensaios e garante, dessa forma, possibilidade de controle e monitoramento das linhas de produção, garantindo a qualidade dos produtos que são oferecidos à sociedade, aumentando a qualidade de vida para os cidadãos.

## Metrologia legal

É a prática e processo de aplicar à metrologia uma estrutura legal e regulamentadora e implementar sua execução. essa categoria da metrologia tem foco na estabelecimento de adequada transparência e confiança nos resultados das medições, com base em ensaios imparciais, nos campos econômico, saúde, segurança

**A metrologia também oferece suporte e apoio ao desenvolvimento das atividades de avaliação da conformidade dos processos produtivos.** A metrologia estabelece procedimentos para garantia da qualidade da medição e rastreabilidade das medições realizadas em uma linha de produção. Isso permite que os produtos possam ser avaliados a partir das medições das condições controladas na linha de produção e que possam ser acompanhados antes de chegarem ao mercado. A metrologia também apoia a avaliação da conformidade ao avaliar a qualidade dos produtos após a sua chegada ao mercado.

**Outra atividade importante para qual a metrologia oferece suporte é na acreditação de laboratórios**, em que a comprovação da rastreabilidade das medições realizadas para calibração e ensaios é elemento essencial para a aprovação dos laboratórios.

Para finalizar esta aula com um resumo bem interessante e divertido, assista ao vídeo “Quer saber? Metrologia”.

Link: <https://www.youtube.com/watch?v=RnMkXhNXd5g>



# | Síntese

Nesta aula, aprendemos que a metrologia sempre teve uma função essencial para a humanidade. Cada país tinha seu sistema de medidas e isso causava dificuldades no comércio internacional. Para tentar resolver o problema, foi criado, em 1789, o **Sistema Métrico Decimal**, constituído de três medidas: metro, litro e quilograma.

**No Brasil, usamos o Sistema Internacional de Unidades (SI), que facilita o entendimento de informações nas relações comerciais e científicas em todo o mundo.**

Estudamos a importância e a necessidade de medirmos as propriedades de objetos ou fenômenos para conhecê-los melhor, possibilitando, assim, seu aperfeiçoamento e a realização de trocas comerciais.

Observamos que fazem parte da metrologia as seguintes áreas: a metrologia científica, a metrologia industrial e a metrologia legal. Também estudamos que a metrologia dá suporte para as atividades de avaliação da conformidade e de acreditação.



# Referências

BRASIL. Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. **Resolução nº 12**, de outubro de 1988. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 12 de out. 1988. Seção 1, p. 20526-20531.

BRASIL. Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. **Resolução nº 4**, de 5 de dezembro de 2012. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 27 de dez. 2012. Seção 1, p. 256.

BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. **Portaria nº 590**, de 2 de dezembro de 2013. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 9 de dez. 2013. Seção 1, p. 102.

BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. **Vocabulário Internacional de Termos de Metrologia Legal (VIML 2016)**. Portaria Inmetro nº 150, de 29 de março de 2016. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 31 de mar. 2016. Seção 1, p. 80.

BRASIL. **Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia**. Site Oficial. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br>. Acesso em: mar 2019.



# Referências

CARVALHO, Julia. Conheça os bastidores da produção de um avião na Embraer. **Revista Exame** (reportagem). Disponível em: < <https://exame.abril.com.br/negocios/conheca-os-bastidores-da-producao-de-um-aviao-na-embraer/>>. Acesso em: 19 maio 2019.

DIAS, José Luciano de Mattos. **Medida, normalização e qualidade:** aspectos da história da metrologia no Brasil. Rio de Janeiro: Ilustrações, 1998.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Vocabulário internacional de metrologia:** conceitos fundamentais e gerais e termos associados (VIM 2012). Rio de Janeiro: [s. n.], 2012. Tradução de: International vocabulary of metrology – basic and general concepts and associated terms - JCGM 200:2012. 3rd ed. 2012.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. Site. **Metrologia Legal.** Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/metlegal/index.asp>>. Acesso em: 19 maio 2019.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **International standard ISO 5725-3:1994:** technical corrigendum 1: Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results: part intermediate measures of the precision of a standard measurement method. Suíça, 2001.