

2 Metrologia

A Metrologia (palavra de origem grega-metron: medida e logos: ciência) é definida pelo Vocabulário de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia (conhecido como VIM), como sendo a "Ciência da medição que abrange todos os processos teóricos e práticos relativos às medições, qualquer que seja a incerteza, em quaisquer campos da ciência ou da tecnologia" (INMETRO, 2000).

Um dos aspectos importantes relacionados à Metrologia é a codificação dos conhecimentos relativos às medições e unidades de medida.

Não é somente na Física que a Metrologia ocupa um papel relevante, de uma maneira geral, ela ocupa um papel importante em todas as ciências, sendo encarada como uma ciência básica (THEISEN, 1997).

2.1. Histórico da Metrologia mundial

Na Antigüidade já era muito comum as trocas e o comércio entre os povos. Essas práticas fizeram com que fossem criadas unidades de medida para as mercadorias, isso trouxe como consequência o aparecimento de uma grande diversidade de unidades de medida e suas denominações entre uma e outra região, os valores dessas unidades também variavam de uma região para a outra.

Quando o homem conseguiu dominar o fogo e domesticar seu primeiro animal, ele passou a obter seu progresso através da fundamentação das medidas. Esse progresso ao longo da história está relacionado ao seu progresso na ciência da medição.

O homem percebeu que para a sua medição fazer sentido, ela deveria estar de acordo com as medições executadas pelos outros homens. A partir desse momento, houve um acordo universal de unidades de medida. Esse acordo trouxe a necessidade de se adotar padrões, dos quais todos os homens derivariam suas unidades de medida. A solução desse problema não foi tão fácil de ser encontrada. Através da história têm ocorrido confusões porque os padrões adotados têm sido modificados ou destruídos.

Segundo Vaz & Guimarães (2002), a necessidade de medidas-padrão passou a existir logo que os homens começara a fazer negócios em grande escala, na construção de casas, navios e utensílios em geral. Era importante que os mercadores, os artífices e os trabalhadores de uma maneira geral soubessem, por exemplo, que uma vara de tecido na babilônia deveria ter mais ou menos o mesmo comprimento que uma vara de tecido em Jerusalém.

Como os Egípcios e os Gregos, os Romanos também podem ser considerados como grandes arquitetos pela grande quantidade de obras que por eles foram realizadas, tais como estradas e aquedutos. Esses projetos foram concluídos num intervalo de tempo relativamente curto, logo estas construções provavelmente foram iniciadas simultaneamente ao longo da rota. Esse fato só pode ser alcançado com um sistema de medidas padrão que provavelmente foi usado pelos artesãos que trabalharam nessas construções.

Houve uma tendência de uniformização entre os povos Hebreus e Fenícios. Para alguns povos antigos, as medidas eram tão importantes que chegavam a ter um caráter sagrado, sendo guardadas em templos como o Capitólio em Roma.

O homem tinha apenas começado a evoluir tecnologicamente quando o grande império desmoronou, a Europa foi invadida por tribos bárbaras. A história mostra que esse acontecimento provocou um retrocesso de dez séculos, fazendo com que o conhecimento penosamente adquirido pelo homem fosse sufocado e destruído.

A entrada do homem nesse período chamado anos de escuridão fez com que vários sistemas de medida fossem esquecidos, mas nem tudo foi perdido porque existiram alguns esforços em estabelecer padrões. Esses esforços foram feitos pelos monarcas que reinaram nessa época. Somente muito tempo depois os reis saxões reintroduziram os sistemas de medida e padrões unificados.

As necessidades de medidas-padrão foram sendo mais intensas a partir do momento em que os homens passam a efetuar negócios em larga escala, na construção de casas, navios e utensílios em geral.

Outro aspecto histórico da Metrologia é a primeira idéia de noção de peso que foi provavelmente a quantidade de material que o homem podia carregar. Nesse momento o homem não media o peso dos corpos absolutamente e, sim, o tamanho dos objetos. A idéia de que o peso era uma medida absolutamente

distinta do tamanho ou da consistência foi uma idéia que levou muitos anos para se desenvolver. No início, comparava-se peso equilibrando dois corpos, um em cada mão. Muito tempo se passou até alguém pensar em uma máquina de pesar (SILVA & GUIMARÃES, 2002).

Seguem mais alguns fatos históricos sobre a metrologia (SILVA & GUIMARÃES, 2002):

- Os antigos babilônios, os egípcios, os gregos e os romanos padronizaram várias centenas de diferentes pesos e medidas para atender às necessidades de suas civilizações.

- Na Inglaterra ainda existem pessoas que usam o dígito, que é definido como sendo a largura de um dedo, ou, 1,87cm. Algumas vezes chamamos algarismos de dígitos!

- Definida como sendo a largura do polegar de um homem, a polegada começou também como sendo uma medida natural. Foi o rei da Inglaterra Eduardo II que a legalizou centenas de anos depois do uso comum, como: "o comprimento de uma polegada será igual a três grãos de cevada, secos e redondos, encostados um ao outro, ao comprimento".

- Em tempos antigos, um pé foi bem maior que os 30 cm de hoje. No tempo dos gregos, o pé ficou igual a 28,75 cm. O pé de 30 cm ficou como padrão apenas para os países de língua inglesa, já em outros países o pé podia ter o comprimento de 27,75 cm e/ ou 35 cm.

- As unidades de medida podem ser divididas segundo quatro sistemas:

- a) Decimal, que significa dizer décimos. Esse sistema originou-se dos egípcios e dos chineses.

- b) Duodecimal, que significa dizer divisão em doze partes. Esse método era utilizado pelos romanos, eles dividiam o pé em doze polegadas, a libra em doze onças e o ano em doze meses.

- c) Binário, ou seja, em metades ou quartos, oitavos e assim por diante. Esse era conhecido como o método hindu.

d) Sexagesimal, divisão por sessenta. Esse método foi utilizado pelos babilônios. O tempo é dividido dessa maneira.

- O galão é usado a tanto tempo que não se sabe ao certo quando ele começou. Tanto o galão americano que é igual a 3,785 litros, como o inglês que é de 5,546 litros.

- O barril foi um recipiente muito usado para medir vários produtos, tais como: barril de farinha igual a 88,5 kg, o barril de carne de vaca igual a 90,6 kg, o barril de petróleo igual a 158,98 litros, que é utilizado até os dias de hoje.

Uma iniciativa importante de uniformização de medidas aconteceu por volta do ano 1350, quando o rei Eduardo II da Inglaterra, decretou que fosse considerada como uma polegada a medida de três grãos secos de cevada colocados lado a lado. Essa idéia foi aceita pelos sapateiros Ingleses que passaram a fabricar sapatos na Europa pela primeira vez em tamanho padrão, tomando como base o grão de cevada. Assim, por exemplo, um sapato medindo quinze grãos de cevada passou a ser considerado como tamanho 15.

Nessa época diversas tentativas foram feitas com o objetivo de racionalizar medidas, porém nenhuma delas obteve sucesso. Como exemplo podemos citar a tentativa de padronizar uma medida de comprimento para ser utilizada no comércio de tecidos. A unidade escolhida foi o comprimento do antebraço humano até a ponta do dedo indicador. Essa escolha rapidamente apresentou insucesso porque os comerciantes, visando à obtenção de lucros maiores, passaram a contratar como vendedores pessoas que tivessem os braços curtos.

Todos esses acontecimentos históricos envolvendo a metrologia ajudam a perceber a relevância de investimentos em educação metrológica essenciais para o desenvolvimento tecnológico e industrial.

2.2. Histórico da Metrologia no Brasil

No que se refere às unidades de medida adotadas durante o período colonial, o quadro é similar ao encontrado em Portugal. A vara, a canada e o almude constituíam as medidas de uso mais comum, mesmo que seu valor variasse de região para região. Os produtos que eram importados traziam consigo suas próprias medidas e quanto mais geograficamente restrita uma atividade econômica, mais específico era o sistema de medida utilizado. Dentro desse contexto, conhecido como babel de medidas, é de pouca utilidade a busca de coerência ou a equivalência precisa. Mesmo assim, na experiência colonial, dois aspectos referentes aos padrões de pesos e medidas merecem destaque. Um deles se refere ao envolvimento da administração municipal com a fiscalização dos instrumentos usados nas transações comerciais. O outro diz respeito à diversificação dos ofícios metrológicos, ditada pela expansão do controle da Coroa sobre várias atividades econômicas (DIAS, 1998).

Desse modo, a primeira menção expressa à atividade metrológica, em documentos coloniais, refere-se precisamente à fiscalização do funcionamento dos mercados locais. Como em Portugal, o funcionário da colônia mais diretamente ligado com a fiscalização de pesos e medidas era o almotacé. Os almotacés eram eleitos em número de dois mensalmente pela Câmara Municipal, eles tinham como função básica manter o bom funcionamento dos mercados e do abastecimento de gêneros, além de fiscalizar obras e manter a cidade limpa. Como parte das atribuições dos almotacés, incluía-se verificar mensalmente, juntamente com o escrivão da almotaçaria, os pesos e medidas.

Para os gêneros submetidos a um controle mais rígido, a Coroa cuidava da melhor organização das atividades metrológicas. Um exemplo disso é o estabelecimento do monopólio do tabaco, que levou, em 1702, à criação do Juiz da Balança do Tabaco, nas alfândegas de Salvador e Recife. No caso das minas, o regimento do Intendente do Ouro, de 26 de setembro de 1735, mencionava expressamente sua obrigação de manter as balanças e marcos da intendência calibrados, pesando o ouro corretamente, sem prejuízo das partes nem da Fazenda Real, atribuição mantida no regimento de 1751.

A ampliação dos ofícios metrológicos na administração colonial ganharia seu último impulso com a vinda da família real em 1808 e o aumento das atividades comerciais no Brasil. Em 28 de janeiro de 1811, por exemplo, um decreto criava o lugar de medidor da Alfândega da Capitania de Pernambuco.

Foi através da Lei Imperial nº 1.157, 26 de junho de 1862, que D. Pedro II colocou o Brasil como uma das primeiras nações do mundo a adotar oficialmente o sistema métrico decimal.

Dez anos mais tarde, pelo Decreto nº 5.089, de 18 de setembro de 1872, foram expedidas as instruções provisórias para a execução da Lei, e o Decreto nº 5169, de 11 de dezembro do mesmo ano, regulamentou sua aplicação, cabendo às prefeituras a incumbência de calibrar e fiscalizar os pesos e medidas (THEISEN, 1997).

Esta legislação deixou de ser usada por ter-se tornado obsoleta e anacrônica diante do progresso da indústria mecânica, sempre aperfeiçoando e criando novos tipos de medida e instrumento de medição.

Dentro desse contexto surge a nova Lei Metrológica Nacional através do decreto-lei nº 592, de 4 de agosto de 1938, regulamentada pelo Decreto nº 4.257, de 16 de junho de 1939, completando, assim, a Legislação de Pesos e Medidas.

Nesse período, os assuntos referentes à Metrologia eram tratados pelo Conselho de Metrologia, que foi o responsável pela criação do Instituto Nacional de Pesos e Medidas (INPM), em 29 de dezembro de 1961, pela Lei nº 4.048.

Devido ao fato de, no início dos anos 70, o Brasil atravessar uma importante fase de desenvolvimento, a metrologia deixa de ser analisada separadamente e passa a ser analisada dentro de um contexto mais abrangente que inclui a normalização técnica e a qualidade industrial.

O papel de destaque que o Brasil possui na área da ciência básica se deve ao fato de que nos últimos quarenta anos realizaram-se esforços para desenvolver a sua ciência e tecnologia. Esses esforços fizeram com que fosse construída uma forte base científica e tecnológica. Hoje, a oferta de cientistas e engenheiros é superior à demanda do meio acadêmico, logo seria de fundamental importância que o setor industrial aproveitasse esse excedente porque nesse setor a inovação ainda continua a ser a exceção, e não a regra. Esse fato pode ser confirmado pelo

número de patentes, produtos e serviços de base tecnológica produzidos que continua muito aquém das expectativas. Uma outra questão de extrema relevância é como conduzir corretamente o necessário processo de adaptação desses profissionais para os quais o aprendizado de Metrologia é essencial (CBM, 2003). Este processo de adaptação é um grande desafio a ser superado pelo país. A existência de um elevado número de técnicos, engenheiros e cientistas que necessitam ser inseridos no processo produtivo vai requerer uma atenção especial às necessidades específicas e estratégicas da sociedade, para as quais o treinamento acadêmico precisará ser mais direcionado. Dentro desse contexto, não é difícil notar que a educação para a Metrologia desempenha um papel de extrema importância. É necessário educar para a Metrologia desde os consumidores até os especialistas, que são os responsáveis pela geração de conhecimento científico e tecnológico.

2.3.

A importância da Metrologia para a vida econômica e social brasileira

A Metrologia tem como principal objetivo prover a confiabilidade, credibilidade, universalidade e qualidade às medidas. Como as medições estão sempre presentes, direta ou indiretamente, em praticamente todos os processos de tomada de decisão, o universo de abrangência da Metrologia é enorme, e envolve a indústria, o comércio, a saúde e o meio ambiente; esses são apenas exemplos de algumas áreas onde a Metrologia está presente. Acredita-se que cerca de 3 a 4% do produto interno bruto (PIB) dos países industrializados estão destinados aos processos de medição (DIAS; FROTA, 1998).

A importância da Metrologia cresceu significativamente no Brasil e no mundo nos últimos anos. Segundo CBM (2002), esse crescimento se deve, principalmente, a cinco fatores:

- 1) A elevada complexidade e sofisticação dos modernos processos industriais, intensivos em tecnologia e comprometidos com a qualidade e a competitividade, requerendo medições de alto refinamento e confiabilidade para um grande número de grandezas.
- 2) A busca incessante por inovação, como exigência constante e crescente para competitividade, proporcionando o desenvolvimento de novos e melhores processos e produtos. É importante ressaltar que melhores medições são

capazes de levar a melhorias importantes da qualidade e novas tecnologias, fatores importantes de inovação.

- 3) O crescimento da consciência da cidadania e o reconhecimento dos direitos do consumidor e do cidadão, amparados por lei, regulamentos usos e costumes consagrados que abrem e garantem o importante acesso a informação mais detalhadas e transparentes, ferramenta de fundamental importância para que o cidadão possa conhecer os seus direitos. Outro fato de extrema relevância é a preocupação com o meio ambiente e com a saúde, fazendo com que medições confiáveis sejam fundamentais em novas e complexas áreas. É importante também ressaltar o importantíssimo papel que a Metrologia vem desempenhando nas áreas de análises clínicas e de equipamentos cirúrgicos.
- 4) O crescimento da globalização, trazendo como uma das conseqüências a grande necessidade de harmonização nas importantes relações de trocas que ficaram muito mais intensas e complexas, envolvendo um grande número de grandezas que devem ser medidas com exatidão e credibilidade.
- 5) A entrada em operação das Agências Reguladoras no Brasil, fazendo com que a demanda por Metrologia fosse intensificada em áreas que no passado não precisavam de grande rigor, como é o caso, por exemplo, da alta tensão, grandes vazões e grandes volumes de fluidos.

Como reflexo e conseqüência dos pontos mencionados anteriormente, outros desafios se colocam à Metrologia. Um fato importante que decorre da globalização é a substituição das tradicionais barreiras tarifárias pelas novas barreiras técnicas, que na maioria das vezes envolvem sutilezas na especificação de grandezas e processos de medição, colocando o papel fundamental da Metrologia mais uma vez em evidência.

No início da década de 90, começou a acontecer no mundo desenvolvido uma grande revolução nas relações entre pesquisa científica e tecnologia, os governos e a economia. As relações construídas durante o pós guerra entre a produção industrial em massa e os investimentos dos governos concentrados em pesquisa no universo das ciências naturais, quase sempre relacionadas com situações militares, em um ambiente marcado por elevadas taxas de crescimento econômico são, aos poucos, substituídos por um modelo bem diferente caracterizado por um crescimento mais estável da economia mundial, onde imperam a rápida globalização financeira e a competição nos mercados mundiais.

É dentro desse contexto que a informação e o conhecimento passam a ser partes fundamentais da pesquisa científica e tecnológica no interior das empresas. É fundamental nessa nova realidade colocar o conhecimento científico a serviço da eficiência econômica das empresas.

O desenvolvimento da Metrologia tem sido transformado rapidamente nos últimos anos pela busca da competitividade das empresas e o surgimento de outros modelos de relacionamento entre ciência e indústria. A importância das ações do governo no campo da Metrologia tem aumentado de maneira significativa devido à globalização do comércio e da atividade industrial, ao aumento da complexidade de produtos e serviços e à preocupação cada vez maior com a saúde, com a segurança no trabalho e proteção ao meio ambiente. O surgimento desses novos modelos, em um universo de constantes transformações econômicas, traz desafios e oportunidades relevantes para a organização internacional dos sistemas metrológicos.

Mesmo com todas as críticas, o ritmo da globalização econômica segue de forma acelerada e impressionante, fazendo com que a dependência internacional passe a ser baseada no comércio, para sustentar-se na produção.

Os exemplos de produção em bases mundiais estão se multiplicando. Desde automóveis a materiais esportivos ou equipamentos de telecomunicações, a produção vem sendo globalizada a partir de núcleos financeiros e estratégicos globais. A participação nesse processo não dependerá somente de absorção de tecnologia, mas sim, da capacidade dos países em estimular suas produções e adaptar tecnologia. Dentro desse processo dois fatores desempenharão um papel de extrema relevância: a formação de recursos humanos e a infra-estrutura tecnológica. Logo se pode notar que, além dos desafios da gestão econômica, a globalização impõe desafios de cunho tecnológico específicos para nações que se encontram em vias de desenvolvimento, como exemplo, pode-se citar a criação de uma infra-estrutura nacional de pesquisa tecnológica e estímulo à competitividade no setor privado.

O desenvolvimento da internacionalização do processo produtivo, juntamente com uma acelerada absorção de padrões tecnológicos modernos vai, sem dúvida, importar diretamente exigências em termos de Metrologia, qualidade e padronização. Para que as firmas participem das redes globais de fornecedores elas terão que ter a capacidade de atender a essas normas específicas.

No âmbito da Metrologia Legal existem exigências importantes para o desenvolvimento econômico. Uma boa organização da Metrologia Legal é fundamental para que ocorram transações mais justas e corretas e que os consumidores nacionais e internacionais possam ser protegidos. Dessa forma a estabilidade e a competitividade industrial, ou agrícola ficam garantidas. A Metrologia Legal também pode permitir uma tributação correta nas transações comerciais, protegendo as receitas públicas.

Todos esses benefícios que a Metrologia Legal pode trazer para a humanidade têm apresentado impacto direto sobre o desenvolvimento da mesma no mundo, exigindo uma especial atenção à uniformização das unidades de medida. Uma outra situação que vem requerendo especial atenção com a uniformização é a rastreabilidade clara dos padrões de medida utilizados nos diferentes países aos padrões internacionais aceitos. Caminha-se também no sentido da uniformização dos sistemas de acreditação de laboratórios e dos procedimentos relacionados à Metrologia Legal.

No âmbito da Metrologia Legal, o programa de expansão do controle metrológico vem abrindo novas perspectivas sobre o seu significado social. A Organização Internacional de Metrologia Legal (OIML) recomenda atentar para o desenvolvimento das práticas comerciais. A OIML também vem investindo no controle metrológico relacionado com instrumentos de medição usados na área da saúde, segurança em ambiente de trabalho e proteção a o meio ambiente. Essas ações são de grande importância porque garantem a qualidade de vida e a proteção contra riscos no trabalho e na vida urbana.

A OIML oferece um trabalho que está centrado na organização internacional e busca consolidar o sistema de certificação de instrumentos de medição, unificando as formas de controle metrológico na comunidade internacional.

Aperfeiçoar a Metrologia mundial é parte fundamental do esforço da International Standards Organization (ISO) para a padronização e desenvolvimento de sistemas da qualidade. Em 1947, quando nasceram os primeiros comitês da ISO, a mesma já investia no desenvolvimento da Metrologia dimensional. Decisões mais recentes vêm caminhando nesse mesmo sentido, como a criação do Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia (1984), a criação de um grupo específico com o objetivo de examinar a padronização de parâmetros geométricos e dimensionais (1996) a

criação de uma comissão conjunta (ISO/IEC) totalmente dedicada à Metrologia (1997).

No campo da Metrologia Científica, os impactos gerados pelas novas exigências econômicas são intensos. Com o crescimento do comércio internacional e a sofisticação dos produtos industriais, faz-se necessária uma melhora dos padrões nacionais, uma exigência que é ampliada pelas novas legislações de proteção ao meio ambiente, saúde e avanço da normalização.