

MARIA DA CONCEIÇÃO SOLIIMEO

**A IMPORTÂNCIA DA QUALIDADE METROLÓGICA PARA A
INDÚSTRIA**

Monografia apresentada ao Programa de
Educação Continuada em Engenharia da Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo para
obtenção do título de Especialista em
Engenharia da Qualidade - MBA/USP.

São Paulo
2002

MARIA DA CONCEIÇÃO SOLIMEO

**A IMPORTÂNCIA DA QUALIDADE METROLÓGICA PARA A
INDÚSTRIA**

Monografia apresentada ao Programa de Educação Continuada em Engenharia da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Especialista em Engenharia da Qualidade - MBA/USP.

Orientador:

Prof. Dr. Adherbal Caminha Neto

São Paulo

2002

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Marcel e Iracema que compartilharam dos meus ideais e os alimentaram, incentivando-me a prosseguir a luta, por mais difíceis que fossem os obstáculos, lutando comigo, dedico este trabalho com a mais profunda admiração e amor.

Carinhosamente o meu abraço,

Sua filha.

AGRADECIMENTOS

Ao mestre e orientador prof. Adherbal Caminada Netto pelas diretrizes e permanente apoio.

A minha irmã Isabel pelo incansável apoio.

A todos que, direta ou indiretamente, colaboraram na execução da monografia.

RESUMO

Este trabalho descreve os conceitos de metrologia e sua importância na melhoria da qualidade do produto, na contribuição no desenvolvimento tecnológico da produção industrial e na competitividade do setor industrial. A metrologia está apresentando um grande impulso, devido às transformações causadas pela globalização e a abertura da economia, que obrigaram as indústrias a se ajustarem para se manterem competitivas e sobreviverem no mercado. Para o desenvolvimento do trabalho serão apresentadas orientações para implementar um sistema de gestão da qualidade metrológica em uma indústria, na qual, discute-se inicialmente os conceitos da gestão da qualidade, analisando-se a evolução das normas que regem a metrologia e a qualidade no país ao longo do tempo, detalhando as etapas aplicáveis no processo da produção, analisando a competitividade no sentido amplo, identificando-se os fatores determinantes como a implementação de um sistema de gestão da qualidade resultará na melhoria dos processos da produção, aumentando assim as vantagens competitivas, garantindo sua própria sobrevivência no mercado. Conseqüentemente, é fácil constatar nos dias atuais uma crescente exigência, por parte dos consumidores. O trabalho finaliza com a conclusão sobre o tema proposta, obtida a partir da pesquisa teórica e da experiência profissional da autora da monografia colhidas ao longo do desenvolvimento trabalho.

ABSTRACT

This paper describes the metrology concepts and its importance on the product improvement, the technological development contribution of the industrial production and the competitiveness of the industrial sector. The metrology is presenting a large boost, due to the transformations caused by the globalization and the opening of the economy, which obliged the industries to adjust themselves in order to keep the competitiveness and survive in the market. For the development of this paper, it will be presented orientations to implement the system of the metrology quality management in an industry, in which the concepts of the quality management are initially discussed, analyzing the evolution of the norms that rule the metrology and the quality of the country throughout time, giving details to the applicable stages on the production process, analyzing the competitiveness in a wide sense, identifying the determined factors, such as the implementation of the quality management system that will result in the improvement of the production processes, therefore increasing the competitive advantages, guaranteeing its own market survival. Consequently, it is easy to identify nowadays a strict demand from the consumers part. The paper finally concludes the proposed theme, obtained based on the theory and professional experience of monograph's author research gathered throughout the paper development.

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE TABELAS

LISTAS DE FIGURAS

LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1. INTRODUÇÃO.....	01
1.1. Objetivo	02
2. DESENVOLVIMENTO.....	04
2.1 Visão histórica e tecnológica.....	04
2.2 Desenvolvimento dos Países	06
2.3 A Importância da Padronização.....	06
2.4 Definição da Metrologia.....	07
2.5 Definição da Metrologia Científica e Industrial.....	09
2.6 Definição da Metrologia Legal.....	13
2.7 INMETRO.....	14
2.8 Rede Brasileira de Calibração (RBC).....	14
2.9 Laboratório Nacional de Metrologia (LNM).....	15
2.10 Sistema Internacional de Unidades (SI).....	16
2.11 Benefícios em Normalizar na Indústria	17
2.12 Normas ISSO.....	18
2.13 Norma NBR ISO 9001:2000.....	19
2.14 Aspectos metrológicos da qualidade.....	20
2.15 Requisitos metrológicos impostos pela Norma NBR ISO 9001.....	21
2.16 Atuais tendências metrológicas da norma ISO 9000.....	24
2.17 Norma NBR ISO/IEC 17025.....	25
2.18 Requisitos para atingir uma boa atividade metrológica.....	27
2.19 Processo de medição.....	39
2.20 Equações envolvidas no cálculo de incerteza.....	45

2.21 Processos de calibração.....	49
2.22 Como atender o requisito 7.6. da norma ISO 9001:2000	50
2.23 Técnica 5W e 1H sobre a importância da metrologia.....	52
3. CONCLUSÃO	54
4. BIBLIOGRAFIA.....	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Cadeia metrológica	10
Figura 2 – Processo produtivo na garantia da qualidade de um produto para verificação de suas propriedades / características.....	12
Figura 3 – Modelos de etiquetas de “ <i>status</i> ” de calibração.....	22
Figura 4 – Modelo de registro do histórico de dispositivo de medição.....	23
Figura 5 – Modelo de registro de dados de calibração.....	33
Figura 6 - Modelo do certificado de calibração.....	35
Figura 7 - Modelo do certificado de calibração (continuação)	36
Figura 8 - Modelo do suplemento de certificado de calibração.....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela nº 1 – Tabela de Comparação da Norma ABNT SO/IEC 17025 x Norma NBR ISO 9001:2000.....	26
Tabela nº 2 - Tabela de Distribuição de t de student para o grau de liberdades.....	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

BIPM - Bureau International de Pesos e Medidas

CGPM - Conferência Geral de Pesos e Medidas

CONMETRO - Conselho Nacional de Normatização, Metrologia e Qualidade Industrial

DIMEL - Diretoria de Metrologia Legal do INMETRO

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

IPEM's - Institutos de Pesos e Medidas

ISO - International Organization for Standardisation

LNM - Laboratório Nacional de Metrologia

MCT - Ministério da Ciência e Tecnologia

RBC - Rede Brasileira de Calibração

RBLE - Rede Brasileira de Laboratório de Ensaio

SI - Sistema Internacional de Medidas

SINMETRO - Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

SGQ - Sistema de Gestão da Qualidade

1. INTRODUÇÃO

A abertura do mercado brasileiro à competição estrangeira, na década de 90, trouxe profundas mudanças organizacionais (transformações de natureza estrutural/funcional, estratégica, cultural, tecnológica, humana) nas indústrias brasileiras e na sociedade de um modo geral. A conquista do desenvolvimento e de novas tecnologias depende de uma preparação que deve ser planejada e que envolve investimentos em pesquisas, recursos materiais e humanos. A globalização impôs uma tarefa difícil às indústrias brasileiras de como diferenciar o seu produto ou serviço do seu concorrente, visando atender o cliente com qualidade com o objetivo de atender suas necessidades. Desde então, a indústria vem atravessando desafios crescentes, buscando a padronização e a melhoria contínua da qualidade dos seus produtos e dos seus serviços. A importância da padronização da produção para o desenvolvimento industrial exigiu a criação de dispositivos de medição e controle e o estabelecimento de normas técnicas e a adoção de diversos programas da qualidade, como por exemplo, sistemas de gestão da baseados na norma ISO, pelas indústrias, que comprimidas pelos concorrentes e com recursos limitados precisavam tomar ações imediatas para garantir sua sobrevivência.

Neste cenário, a metrologia foi essencial para garantir a melhoria contínua dos produtos e serviços disponibilizados ao mercado, buscando o atendimento de níveis de competitividade adequados ao contexto em que atuam e assim assegurando o desenvolvimento econômico do país e também como elemento formador de cultura, da cidadania e da defesa dos direitos do consumidor e do cidadão. E o Brasil está assumindo isto de forma eficiente, pois as indústrias estão se esforçando no desenvolvimento de novos dispositivos de medição, métodos e procedimentos para realizar as medições ou calibrações, utilizando como um indicador de gestão necessária para desenvolver várias atividades metrológicas, garantindo assim a rastreabilidade e a confiabilidade metrológica dos resultados, atendendo uma exigência dos usuários/ consumidores.

Neste sentido, a monografia enfoca sobre os principais conceitos de metrologia e sua importância baseada em uma filosofia integrada em conjunto com a

qualidade, visando garantir uma boa atividade de qualidade metrológica para indústrias, e assim na contribuição no desenvolvimento tecnológico do país.

1.1. OBJETIVO

O objetivo desta monografia é mostrar “**A IMPORTÂNCIA DA QUALIDADE METROLÓGICA PARA A INDÚSTRIA**”, através da aplicação dos conhecimentos teóricos e práticos sobre metrologia e gestão da qualidade metrológica adquirido através da experiência profissional da autora da monografia que atuou em duas empresas de porte pequeno, sendo a primeira, uma empresa nacional de segmentos de importação e exportação de aparelhos e acessórios elétricos de medição de temperatura, automação e controles, incluindo serviços de calibração, aonde a autora da monografia trabalhou por 8 meses, desenvolvendo as seguintes atividades de execução de calibração e emissão de certificados de calibração de equipamentos como fornos calibradores, banhos calibradores, sensores de temperatura (termopares, termômetro de resistência de platina Pt-100) e entre outros serviços e na segunda empresa, também nacional de segmento de instrumentação e controle de processos, cujo o escopo de trabalho é fabricação de instrumentos e acessórios para medição e controle de sinais elétricos, temperatura, pressão, e outras grandezas físicas, também presta serviços de calibração, aonde a autora atuou por 3 anos e meio, atuando na área de engenharia da qualidade e de metrologia, desenvolvendo as seguintes atividades como o desenvolvimento , a implantação e a implementação do Sistema de Gestão da Qualidade de acordo com a norma NBR ISO 9001:2000 e o Sistema da Qualidade do laboratório de metrologia atendendo a norma NBR ISO/IEC 17025:2001, visando o credenciamento do laboratório para tornar RBC (Rede Brasileira de Calibração) nas três grandezas: sinais elétricos, temperatura e pressão, em diversos escopos de credenciamentos. Durante este desenvolvimento, a autora da monografia identificou a importância da metrologia e da gestão metrológica para reduzir retrabalhos, refugos, conseqüentemente, o desperdício, o custo de produção e aumentar a produtividade, visando a garantir que o produto final tenha as características confiáveis, a satisfazer e superar as necessidades dos clientes e dos consumidores finais, em atendimento à

norma ISO, assim mantendo a organização competitiva no mercado, em plena era da globalização.

As profundas mudanças econômicas, sociais e tecnológicas ocorridas desde o início da década de 90 e o aumento da concorrência em função da abertura de mercado brasileiro à competição estrangeira impuseram importantes mudanças nas estruturas organizacionais das indústrias, mesmo com recursos limitados, como a implementação da gestão da qualidade metrológica implicando num conjunto de ações que devem contribuir no gerenciamento da qualidade metrológica para assegurar a qualidade do produto e do serviço. É nesse sentido, a autora da monografia, tem detectado a dificuldade que a falta de uma filosofia integrada de metrologia com a qualidade causa na característica final do produto ou do serviço. Este trabalho também abordará a importância do laboratório de metrologia no gerenciamento da qualidade metrológica, com o objetivo de assegurar a confiabilidade dos dados cujas características vão determinar a qualidade do produto ou do controle de processo. Ao contrário da filosofia de muitas indústrias, o ramo de metrologia é tão importante quanto o de produção ou de controle da qualidade, e exige investimentos em recursos materiais e em treinamento de pessoal, além de comprometimento da alta direção com todas as etapas envolvidas na atividade da gestão da qualidade metrológica, para atender com eficácia o requisito 7.6 “controle de dispositivos de medição e monitorização” da norma NBR ISO 9001:2000, visando à melhoria contínua do sistema de gestão da qualidade e, principalmente, a satisfação do cliente.

Com a crescente competição mundial e a preocupação em satisfazer as necessidades dos clientes, tem despertado “um senso crítico” em relação à qualidade, onde a sociedade está mais exigente e consciente dos seus direitos de consumidor, e com isto, a importância da metrologia para a sociedade atual vem tornando mais visível nos nossos dias, assim como o conceito da garantia da qualidade metrológica vem sendo incorporado no cotidiano de todos os cidadãos, da mesma forma que o conceito de tecnologia e de energia já participam da nossa cultura.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. VISÃO HISTÓRICA E TECNOLÓGICA

Os historiadores pesquisam há muito tempo quais são fatores que promovem o desenvolvimento das nações, procurando entender porque alguns países são pobres, outros são prósperos e porque nações com condições favoráveis não conseguem superar a barreira do subdesenvolvimento. Muitas teorias atribuíam a fatores geográficos, como clima e recursos naturais, as causas do desenvolvimento, mas, posteriormente, o progresso de países pouco dotados pela natureza, fez com que se buscassem outras explicações que, se não negavam a importância desses fatores, incluía outros, como a educação e a tecnologia, como contribuições importantes para o crescimento das economias. O desenvolvimento da tecnologia depende muito da educação.

David Landes, professor de história e economia política na Universidade de Harvard fez uma análise em seu livro *“Riqueza e a pobreza das nações – por que algumas são tão ricas outras são tão pobres”*, do porquê que algumas nações, que foram prósperas no passado, não evoluíram, enquanto outras, que no mesmo período eram pobres, se desenvolveram e atualmente ostentam um elevado padrão de vida. Destaca como fatores fundamentais à educação e certos valores, como a abertura para as inovações, que conduz em ao progresso tecnológico.

“O avanço no uso da energia hidráulica, com a invenção ou aperfeiçoamento de dispositivos acessórios, como manivelas e rodas dentadas, permitindo sua utilização a uma certa distância, mudar sua direção, converter seu movimento de rotativo em alternativo, propiciou sua aplicação a uma crescente variedade de tarefas. Como a Europa se tornou uma civilização da energia e era aberta à inovação, somente lá poderia ter ocorrido à revolução industrial.” (LANDES, 1998, p.49)

Destaca duas invenções como importantes para o desenvolvimento da produção manufatureira: os óculos e o relógio não apenas por sua utilização mas, sobretudo, pelos desdobramentos delas resultantes.

“Embora os árabes conhecessem o astrolábio, foram os europeus que avançaram na invenção de “instrumentos - padrão de medição -calibradores,

aferidores, micrômetros, etc. – toda uma bateria de ferramentas ligadas à medição e ao controle da precisão. Eles criaram assim as bases para máquinas articuladas com peças ajustáveis.” (LANDES, 1998, p.50)

“Trabalho preciso: quando outras civilizações o realizaram, foi após demorada habituação. A habilidade estava na mão, não no olho e ferramenta. Eles obtiveram notáveis resultados, mas nenhuma peça era igual a qualquer outra; ao passo que a Europa já estava a caminho da replicação – primeiro a fornada ou o lote, mais tarde a produção em massa.” (LANDES, 1998, p.51)

Com relação ao relógio, cuja invenção ninguém sabe certo a origem, destaca-se que a necessidade de precisão fez com que se buscasse o aperfeiçoamento contínuo da tecnologia e do “design”, pelo que os relojoeiros lideraram o caminho para a exatidão e a precisão: mestres da miniaturização, detectores e corretores de erros, exploradores do novo e do melhor.

“O relógio forneceu os sinais de pontuação para a atividade do grupo, ao mesmo tempo que habilitava os indivíduos a ordenarem seu próprio trabalho (e o dos outros) com vistas ao aumento da produtividade. Com efeito, a própria noção de produtividade é um subproduto do relógio: a partir do momento em que se pode relacionar o desempenho com unidades de tempo uniformes, o trabalho nunca mais foi o mesmo”. (LANDES, 1998, p.53)

Ainda ressaltando a importância da “precisão” para o desenvolvimento, pode-se afirmar que grandes progressos resultaram da substituição do movimento alternativo para o rotativo. De suma importância foi o crescente recurso às medições de precisão e montagens fixas. Nessa área, os fabricantes de relógios e de instrumentos foram os pioneiros. Eles trabalhavam com peças menores e podiam mais facilmente fabricá-las para satisfazer aos elevados padrões de precisão requeridos com o uso de ferramentas para fins especiais, como rodas graduadas, denteadoras, chanfeadoras, etc. Essas ferramentas, por sua vez, ao lado de outras criadas por maquinistas, puderam então ser adaptadas para operar em formatos maiores, e não é por acaso que os donos de cotonifícios (fábrica de fio de algodão), quando procuravam artesãos qualificados para construir e conservar as máquinas, punham anúncios pedindo mestres relojoeiros. O trabalho repetitivo dessas máquinas produziu os primeiros experimentos da produção em massa baseados em peças (relógios).

2.2. DESENVOLVIMENTO DOS PAÍSES

Os Estados Unidos incorporaram todas as invenções européias, especialmente inglesas, mas se desenvolveram muito rapidamente graças às inovações que introduziram não apenas nas ferramentas e produtos mas, sobretudo, nos processos produtivos. Como um país ainda pobre (período colonial) sua população aceitava a padronização e massificação da produção.

“O sistema americano fixou normas e padrões de produtividade para o resto do mundo industrial. Cada tecnologia tornou-se um degrau para chegar a outras.” (LANDES, 1998, p.341)

E com isto promoveu a criação de uma gama de máquinas: serras, tornos, fresadoras. Partia-se para procurar fazer todos os objetos montados de tal maneira que suas peças fossem similares. Se a madeira permitia maior tolerância do que o metal, possibilitando ajustamentos na hora da montagem, um mosquete (arma), por exemplo, exigia mais precisão e um relógio de bolso menor tolerância do que um de torre. O sistema de produção padronizado requer ferramentas de precisão, capazes de repetição exata, e a organização e a preparação de tarefas de tal maneira que se colem, processem e combinem os materiais e componentes de uma forma eficiente. A padronização levou a um grande desenvolvimento dos instrumentos de controle e de medição e a América, ao contrário da Europa, ofereceu menos resistência ao avanço da técnica de rotinas.

2.3. A IMPORTÂNCIA DA PADRONIZAÇÃO

A importância da padronização da produção para o desenvolvimento industrial exigiu a criação de instrumentos ou dispositivos de medição e controle e o estabelecimento de normas técnicas. O controle de qualidade em todas as etapas do processo de produção permitiu ao Japão reduzir custos e assumir a liderança industrial durante algumas décadas, obrigando os demais países a investirem fortemente nessa área. Assim pode-se constatar que a metrologia foi, e é, parte fundamental para o desenvolvimento das nações. O Brasil está buscando aprimorar sua política de controle de qualidade com maior apoio aos órgãos

técnicos e científicos ligados a metrologia e incentivo às empresas para que possam continuar investimento em instrumentos e em qualificação do pessoal para tornar os produtos brasileiros competitivos, em preço e qualidade, tanto no mercado interno como no externo, com os produtos produzidos no exterior.

2.4. DEFINIÇÃO DA METROLOGIA

É o campo de conhecimentos científicos e tecnológicos abrangendo todos os aspectos teóricos e práticos relativos às medições ou à ciência da medição. A metrologia é importante para: garantir a conformidade dos produtos e processos, manter-se competitivo no mercado, ter um reconhecimento nacional e internacional e ajudar na promoção da cidadania.

A metrologia desempenha um papel muito importante em todos campos de atividades técnicas e econômicas. A necessidade de medições confiáveis relacionadas à qualidade do produto ou do processo, tem crescido gradativamente desde o surgimento da indústria manufatureira e, mais recentemente, pelas exigências impostas pela indústria de serviços, saúde, segurança e ambiental, após o surgimento das normas ISO 9000 nos anos 90.

"Se você medir aquilo sobre o que você fala e expressar por um número, você sabe algo sobre o assunto; mas se não puder medi-lo, seu conhecimento é pouco ou insatisfatório". (KELVIN, 1883:24)

A frase acima, nos dá uma visão bastante abrangente sobre a aplicação da metrologia (a formação desta palavra é METRO = medir; LOGIA = estudo), que é o conhecimento amplo e satisfatório sobre um processo, o qual quando deve ser medido e expresso em número. O conceito de medir traz em si uma idéia de comparação e como só se pode comparar "coisas" de uma mesma espécie, podemos definir medição como: "medir é comparar uma dada grandeza com outra de mesma espécie, tomada como unidade". A metrologia está diretamente e indiretamente, muito mais presente no cotidiano do que se imagina. Basta lembrar que todos os alimentos, bens duráveis, produtos de higiene e serviços que se consomem no dia a dia, requerem, para sua produção e comercialização, uma série de técnicas metrológicas, antes de serem consumidos. As técnicas metrológicas

envolvem aspectos da qualidade dos produtos e verificação da conformidade em relação às suas especificações, bem como, assegurar aspectos relativos à saúde, segurança, defesa do consumidor, meio-ambiente. Devido à diversidade de conceitos e tecnologias envolvidas, a atividade metrológica requer recursos materiais (infra-estrutura, procedimentos estruturados) e recursos humanos (pessoas altamente capacitadas e treinadas) sistematicamente para alcançar seus objetivos com eficácia. Atingir a eficácia requer um crescente esforço das indústrias, empresas usuárias e prestadoras de serviços, constituindo-se em desafios que se renovam com o desenvolvimento tecnológico.

Por exemplo: Resultados de exames laboratoriais nos quais os médicos se baseiam e tomam decisões importantes que poderão influenciar na vida de seus pacientes. Se o resultado dos exames for incorreto, pode induzir a erros médicos que podem provocar lesões ou a morte dos pacientes. Outro exemplo: O Brasil importa petróleo da Argentina, da Venezuela e de outros países. Se não possuir instrumentos ou dispositivos de medição precisos para medir o volume de petróleo adquirido, poderá ter grande prejuízo financeiro, porque as transações envolvem grandes quantidades.

O esforço substancial da indústria e do comércio na busca constante de maior confiabilidade dos processos de medição, promovendo a elaboração de normas técnicas e de instrumento de controle da qualidade, é fator determinante para melhorar as condições de desenvolvimento e a competitividade do país. Isto envolve os processos produtivos de um modo geral, na medida em que os parâmetros de confiabilidade e exatidão exigidos sobre as características físicas, químicas, funcionais e de desempenho de produtos, são essenciais para determinar a conformidade, ou não, com os requisitos e especificações estabelecidas em função do uso para o qual o produto se destina. Obter produtos que correspondem aos requisitos e especificações determinados é um direito do consumidor e exigir a observância das normas é exercício de cidadania.

No contexto industrial, verifica-se que há um relacionamento entre a qualidade industrial, a normalização e a metrologia, no qual são fundamentadas as atividades de controle e garantia da qualidade dos produtos e dos processos produtivos. Podemos citar vários exemplos, como:

Para ter um bom controle da qualidade é necessário conhecer as normas ou especificações do produto, ter um sistema de gestão da qualidade implantado, possuir estrutura para ensaios, testes ou calibrações dos produtos, ter instrumento de medição confiável e pessoal altamente qualificado e bem treinado.

Para ter uma produção ou processo com pouco retrabalho é necessário ter um processo de fabricação padronizado, matéria-prima de alta qualidade, instrumento ou dispositivo de medição calibrado, plano de prevenção de máquinas implantado.

Para ter uma produção ou processo com pouco refugo é necessário que tenha um processo constante de controle com instrumento de medição calibrado e confiável para diminuir problemas tanto de medição, como dimensional e, conseqüentemente, o custo.

Para ter uma produção ou processo constante, é necessário um sistema de gestão da qualidade adequada e mão de obra qualificada (com uma boa política de qualificação e um plano de treinamento implantado).

Para ter uma produção ou processo com custo de produção baixo (pouco desperdício) e tempo de produção razoável é necessário um sistema de gestão da qualidade implantado e adequado, processos de fabricação padronizados e métodos de produção corretos.

Deve-se sempre fazer um planejamento estratégico em relação aos fatores que influenciam na produção ou no processo, pensando no futuro da organização, implantando um sistema de gestão da qualidade adequado, padronizando os processos e métodos de produção, investindo em recursos humanos (melhorando a política de qualificação, investindo em treinamentos, etc) e em recursos materiais (adquirindo maquinários de última geração, implantando um laboratório de metrologia, etc.).

2.5. DEFINIÇÃO DA METROLOGIA CIENTÍFICA E INDUSTRIAL

É o campo da metrologia que visa atender às especificações técnicas ou o processo de fabricação de um produto, constituindo-se em uma tecnologia necessária para a qualidade do produto.

Todas empresas estão disputando mercados cada vez mais dinâmicos e concorridos, cada qual buscando assegurar sua posição e crescimento. Para garantir a sobrevivência no mercado, o caminho é melhorar continuamente, procurando satisfazer ou superar a expectativa dos clientes, cada vez mais exigentes e adequando os produtos à necessidade do mercado a que se destina. A medição é um fator determinante na qualidade do produto, na satisfação do cliente e na conquista de mercados.

A Metrologia Científica e Industrial tem um papel fundamental no intercâmbio comercial e tecnológico do Brasil com outros países, estabelecendo metodologias metrológicas para comparação interlaboratorial dos padrões nacionais com os padrões internacionais. A adoção da comparação internacional é essencial para aumentar a competitividade do produto brasileiro no mercado mundial e superar as barreiras técnicas impostas a esses produtos para exportação. A Metrologia Científica e Industrial se aplica no projeto, no processo de fabricação e na garantia da qualidade de um produto, como abaixo:

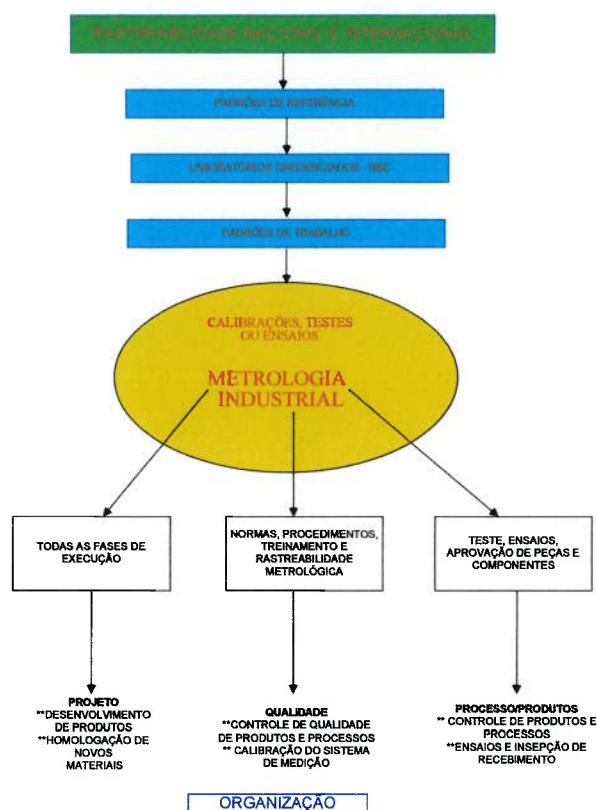


Figura 1 - “cadeia metrológica”

Seguindo normas ou regulamentações específicas para elaboração de um documento técnico, incluindo especificações técnicas claras do produto e no seu projeto, deve-se considerar todas etapas de execução do processo de fabricação e da garantia da qualidade do produto. Na etapa de processo de fabricação deve-se planejar a seqüência de operações, desde a obtenção da matéria-prima até a etapa final, sendo a Metrologia Científica e Industrial uma ferramenta importante na garantia da qualidade deste processo, ou seja, atendendo as especificações técnicas previamente determinadas no projeto de um produto. Pode-se dividir o processo de fabricação em recebimento de materiais, fabricação e liberação do produto final. No recebimento de materiais, fabricação e na liberação do produto final são avaliados sua conformidade com os requisitos estipulados pelo cliente através de medições, teste ou ensaios com instrumentos ou dispositivos de medição calibrados. Caso seja encontrada alguma divergência na conformidade em alguma etapa do processo de fabricação, é tomada uma ação corretiva/preventiva como: rejeição do lote, retrabalho no produto, ajuste dos parâmetros do processo da produção, manutenção de máquinas, etc. Antes da liberação final do produto há sempre uma aprovação prévia de todas etapas do processo. O conceito de qualidade relacionado ao produto evoluiu, passando a compreender não apenas o produto final e suas características, mas também os processos e suas características, bem como, os meios de produção, sistemas de gerenciamento e as pessoas envolvidas, como demonstrada na figura abaixo.

Com a implantação dos sistemas da qualidade, aliado à percepção de que a qualidade de produto e a qualidade de processo estão correlacionadas, sob o conceito de planejar e produzir qualidade. Isto compreende planejar, operacionalizar e controlar os processos de fabricação do produto, garantindo que a conformidade do produto seja atendida de acordo com as necessidades dos clientes. Não pode esquecer que o monitoramento constante dos processos influi diretamente na qualidade final do produto. Hoje em dia, crescem as exigências sobre o gerenciamento e a calibração dos meios de medição (máquinas, instrumentos e dispositivos de medição e máquinas e dispositivos de ensaio). Não deixa de ser um aprimoramento da qualidade a prevenção dos defeitos com constante monitoramento dos meios de medição que controlam o processo, pois se

obtem uma redução de perdas pela rapidez na detecção dos desvios no processo de fabricação, evitando o desperdício. A calibração busca a determinação de dados e parâmetros metrológicos, visando verificar se os meios da medição satisfazem ou não às prescrições previamente fixadas (dentro do limites de erros tolerados definidos no manual do fabricante), o que valida, ou não, a sua utilização.

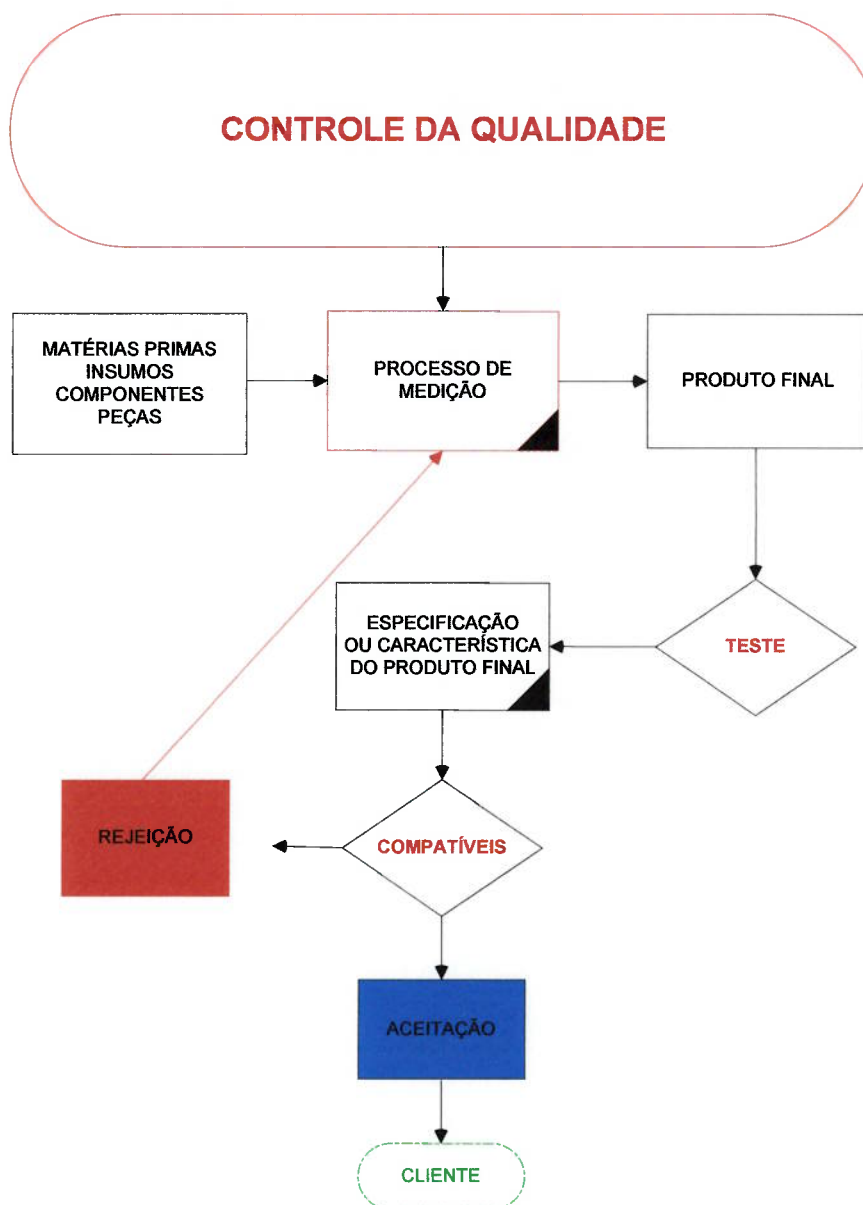


Figura 2 - “Processo produtivo na garantia da qualidade de um produto para verificação de suas propriedades / característica”

2.6. DEFINIÇÃO DA METROLOGIA LEGAL

É o ramo da metrologia que desenvolve atividades para estabelecer e assegurar o cumprimento das exigências técnicas e legais obrigatórias, relativas às unidades de medidas, métodos e instrumentos ou dispositivos de medição, que afetem os direitos básicos da sociedade e dos consumidores, sob o ponto de vista da segurança e da exatidão das medições.

A Diretoria de Metrologia Legal do INMETRO (DIMEL), é responsável por organizar e executar as atividades relacionadas à Metrologia Legal. Suas atividades se relacionam com os processos de verificação e aprovação de modelos de Instrumentos de Medidas, avaliação dos produtos pré-medidos, onde aplica-se o controle metrológico em fábricas e depósitos, controlando as grandezas de massa e volume e coordena a atuação da Rede Nacional de Metrologia Legal (RNML), através de superintendências regionais que atuam pela delegação supervisionada do INMETRO, utilizando os seus Institutos de Pesos e Medidas (IPEM's).

Através de Leis e Portarias Oficiais, estabelece e mantém um critério de Regulamentação Metrológica para fiscalizar, controlar, supervisionar e fazer a perícia metrológica necessária para proteger o consumidor contra fraude e adulteração dos produtos que estão adquirindo e consumindo, abrangendo os instrumentos ou dispositivos de medição para serem utilizadas nas atividades comerciais, oficiais, nos produtos pré-medidos, medições e exames nas áreas da saúde e segurança, que afetam diretamente a qualidade de vida das pessoas e do meio ambiente.

Produtos pré-medidos são produtos/mercadorias cuja medição é realizada sem presença do comprador em condições de comercialização (visando à padronização das quantidades, as tolerâncias admitidas), as quais devem trazer a informação da quantidade mínima de modo bem visível e inequívoca em unidades de medidas do Sistema Internacional ou outra estabelecida especificamente pelo INMETRO, através de ato normativo. Os produtos pré-medidos podem ser Alimentícios (mel, açúcar, pó de café, sal, etc.) ou Não-Alimentícios (sabonete, shampoo, tijolos, etc).

Um exemplo disso é o vidro de cerejas em calda que tem 270 gramas de cereja e 150 gramas de calda. No rótulo, deverá constar de forma clara, que a quantidade líquida de cereja é de 270 gramas. Qualquer irregularidade encontrada em relação à quantidade, identificação na embalagem, será atribuída ao fabricante do produto e será considerada uma infração.

Outro exemplo: frios fatiados e embalados na padaria e pesado em balança própria, se for constatado que suas medições estão sendo realizadas com a balança cuja data de validade da inspeção esteja vencida ou com qualquer diferença no peso (para menos do que o consumidor está adquirindo) pela fiscalização de algum órgão metrológico, será considerado infração e a padaria será punida de acordo com as penalidades previstas em lei.

As penalidades serão aplicadas de forma gradativa, considera-se o valor do prejuízo resultante da infração para o consumidor, ou a condição do infrator, se é primário ou reincidente.

2.7. INMETRO

O INMETRO, órgão gestor do Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (SINMETRO), é reconhecido pelo governo federal como o organismo oficial responsável pelo credenciamento dos laboratórios no Brasil pela Rede Brasileiro de Calibração (RBC). O INMETRO preserva os princípios básicos de imparcialidade, confidencialidade e independência, fatores importantes estabelecidos como fundamentais em normas internacionais que regulamentam a operação de um organismo credenciador e tem conquistado a credibilidade junto à sociedade brasileira e contribuído para o desenvolvimento tecnológico do país.

2.8. REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO (RBC)

A Rede Brasileira de Calibração (RBC) é uma rede formal de laboratórios credenciados, sob a supervisão metrológica do INMETRO, competentes para a execução de serviços de calibração que competem nos mercados internacional e nacional. O credenciamento é o reconhecimento formal ou a comprovação da

competência técnica de um laboratório de calibração. A Rede Brasileira de Calibração - RBC deve ser entendida pela sua atuação estruturante na coordenação do sistema metrológico brasileiro, constituindo o elo entre os Laboratórios de Referência que integram o LNM - Laboratório Nacional de Metrologia. Utilizando padrões rastreáveis a referências metrológicas mundiais de mais alta exatidão, a Rede Brasileira de Calibração (RBC) estabelece, formalmente, o vínculo com as unidades do Sistema Internacional de Medidas, constituindo a base técnica para o livre comércio nas áreas econômicas, no mercado globalizado.

A criação da Rede Brasileira de Calibração possibilitou a disseminação dos padrões nacionais das unidades de medida ao setor produtivo, através de um conjunto de laboratórios credenciados, que prestam serviços de calibração de instrumentos ou dispositivos de medição utilizados pelo comércio, indústria, serviços, etc., que são hierarquizados segundo seus níveis de exatidão. Estes serviços de calibração são identificados por uma etiqueta padronizada, nas cores amarelo e azul (cor padrão), com a logomarca da Rede Brasileira de Calibração.

2.9. LABORATÓRIO NACIONAL DE METROLOGIA (LNM)

O Laboratório Nacional de Metrologia é formado por um conjunto de Laboratórios de Metrologia de Referência, vinculados ao INMETRO, constituídos pela infra-estrutura laboratorial adequada a mais alta exatidão do país, para assegurar coerência e credibilidade ao Sistema Metrológico Brasileiro. O LNM possui a responsabilidade de realizar, manter e disseminar as unidades do Sistema Internacional - SI, garantir que os padrões metrológicos nacionais, sejam rastreáveis aos padrões internacionais e pela sua disseminação para Laboratórios de Calibração e de Ensaio Credenciados (RBC/RBLE), que são responsáveis pelos serviços de calibração ou ensaio para indústria, comércio, pesquisa, etc.

Ao se implementar um sistema de rastreabilidade que inclui laboratórios metrológicos, assegura-se um suporte metrológico eficaz, indispensável ao desenvolvimento científico e tecnológico de um país. A rastreabilidade dos padrões, associada à comparação interlaboratorial, tem uma compatibilização dos

resultados dentro de um nível de confiabilidade metrológica aceitável nacional e internacionalmente. A obtenção da confiabilidade metrológica vai garantir aos nossos produtos maior aceitação tanto no mercado interno como no externo.

2.10. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI)

É um sistema de unidades padronizado e adotado pela CGPM (Conferência Geral de Pesos e Medidas). Sua importância está relacionada à padronização internacional facilitando assim a importação e a exportação de produtos e a troca de informações técnicas, muito necessária nos dias de hoje, em plena era da globalização. A adoção do SI no Brasil começou em 1962, ratificado pela resolução nº 12 de 1988 do Conselho Nacional de Metrologia Normalização e Qualidade Industrial tornando-se de uso obrigatório em todo o Território Nacional após a realização da 11ª Conferência Geral de Pesos e Medidas (CGPM).

Até algum tempo atrás, existia no mundo uma confusão de unidades, pois muitas delas haviam sido criadas por civilizações antigas, variáveis de uma região para outra, de um país para outro. O Sistema Métrico, por exemplo, foi o primeiro sistema racional de unidades, mais perto da nossa época e fruto da Revolução Francesa, tendo a sua internacionalização aceita pela Convenção do Metro, em 20 de maio de 1875. Esta convenção foi representado por 21 países e somente 15 países aprovaram através de um tratado a criação do Bureau Internacional de Pesos e Medidas (BIPM): Alemanha, Áustria, Hungria, Bélgica, Brasil, Argentina, Espanha, EUA, França, Itália, Peru, Rússia, Suécia, Noruega, Suíça e Venezuela. Manifestaram-se contrariamente à criação da organização apenas os representantes da Grã-Bretanha e dos Países Baixos. Os representantes da Dinamarca, Grécia, Portugal e Turquia se abstiveram de votar. O BIPM situa-se desde sua criação na França, no Pavilhão de Breteuil, em Sèvres. E ficou decidido que o organismo teria caráter científico e permanente, com sede estabelecida em Paris, devendo funcionar sob supervisão de um Comitê Internacional, subordinado à Convenção do Metro.

As unidades do Sistema Internacional estão definidos no **apêndice 1**.

2.11. BENEFÍCIOS EM NORMALIZAR NA INDÚSTRIA

É cada mais difícil vender produtos e serviços no mercado concorrido, sem que a organização tenha uma estrutura para a gestão da qualidade dos produtos e dos serviços fornecidos, tanto por exigência dos clientes, como dos consumidores finais, e, ainda, por necessidade da própria organização, de tratar as insatisfações dos clientes e direcioná-las para melhoria contínua, visando padronização no processo produtivo e redução de custos. A sociedade também tem exigido um esforço substancial da indústria, particularmente na promoção e elaboração de normas técnicas como instrumento de medição para controle da qualidade, da padronização de produção e minimização dos custos. Paralelamente, a normalização da empresa foi fundamental para explicitar o nível da qualidade e o desempenho esperado de um produto final. Por sua vez, o controle da qualidade com o apoio dos laboratórios de metrologia, garantem que as características e o desempenho do produto estarão em conformidade.

Existem vários departamentos numa organização tais como: engenharia, projeto e desenvolvimento do produto, desenho, planejamento, produção, inspeção de componentes, montagem de produtos, amostragem, teste, entre outras. Em cada departamento, a normalização pode ter uma efetiva participação, permitindo que sejam atingidos os objetivos principais: fixar o conhecimento técnico (especificação e uniformização de matérias-primas), uniformizar as operações repetitivas (disciplinar a produção e as atividades, padronizando a execução das atividades), propiciar economia e redução de custos (redução do consumo e o desperdício (gestão de materiais)), produzir com qualidade, segurança e baixo custo, possibilitar a certificação dos produtos e dos sistemas de gestão (controle de produtos e processos), facilitar o treinamento e melhorar o nível técnico da mão-de-obra (aumentar a segurança do pessoal e dos equipamentos), facilitar a compra e venda de tecnologia, melhorar a comunicação das interfaces dos processos (aumento da produtividade), reduzir as variedades e

estabelecer soluções para problemas periódicos (melhora da qualidade de produtos e serviços).

2.12. NORMAS ISO

O termo 'ISO' não tem alguma relação o título oficial da organização (*International Organization for Standardization*). Na verdade, "ISO" é uma palavra de origem grega, que significa "igual" e que é à base dos prefixos gregos "iso". É um conjunto de normas internacionalmente reconhecidas especificamente desenvolvidas para diferentes aplicações, que definem os requisitos que a organização deverá adotar para ter um sistema de gestão da qualidade que garanta a qualidade de seus produtos ou serviços, abrangendo desde os estágios de recebimento até a entrega do produto final, satisfazendo às necessidades do cliente e o atendimento de suas expectativas. Para atingir a finalidade é preciso ter um processo confiável e previsível, direcionado por práticas gerenciais. As normas ISO 9000 representam a padronização internacional destas práticas que, bem implementadas, viabilizam alcançar a satisfação e a necessidade do cliente. E ter um sistema de gestão da qualidade facilita a identificação dos processos que interferem diretamente na qualidade do produto, e prover confiança aos clientes de que eles estão adquirindo produtos ou serviços com qualidade.

A ISO (*International Organization for Standardization*) é uma organização não-governamental das Nações Unidas (constituída por membros de aproximadamente 130 países, sendo sediada em Genebra, Suíça) que coordena a elaboração e a divulgação de normas técnicas internacionais, dentre elas, as normas da série ISO 9000. Pela criação dos padrões técnicos aceitos internacionalmente, minimizaram as barreiras tecnológicas que limitavam as transações comerciais em todo o mundo.

A ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) é o representante brasileiro na ISO e o órgão responsável pela distribuição da norma no País, sob o título NBR ISO.

As normas NBR ISO 9000 são resultado da evolução das normas que surgiram na década de 50, nas áreas nuclear e militar, devido às preocupações

com os aspectos de segurança e confiabilidade de artefatos militares ou instalações nucleares. O objetivo era garantir a qualidade dos produtos ou serviços prestados aos clientes, através do cumprimento dos requisitos para o sistema da qualidade dos fornecedores complementando com os requisitos dos produtos. Logo a necessidade das normas para qualidade nasceu de uma realidade em que os clientes passaram a estabelecer os requisitos mínimos para estabelecer a condução dos processos críticos. O Departamento de Defesa dos EUA, no final da década 60, passou exigir que os fornecedores das forças armadas possuíssem programa da qualidade, adotando-se a norma MIL STD Q-9858 - *Quality Program Requirements* (Requisitos para Programas de Qualidade). Esta iniciativa foi o marco inicial, passando a ser exercida da mesma forma pela indústria nuclear e outros.

Para se manter competitivo nos dias de hoje, é quase que uma obrigação que se possua um Sistema de Gestão da Qualidade. A norma NBR ISO 9001:2000 tem uma abordagem de processo para o desenvolvimento, implementação e melhoria da eficácia de um Sistema de Gestão da Qualidade para entender a necessidade e atender a satisfação do cliente, fazendo com que a organização funcione de forma integrada, organizada e padronizada.

2.13. NORMA NBR ISO 9001:2000

A norma NBR ISO 9001:2000 especifica os requisitos de Sistema de Gestão da Qualidade para a organização que necessita sistematizar a condução de suas atividades operacionais para fornecer produtos que atendam aos requisitos dos clientes e para gerenciar o processo atendendo aos requisitos regulamentares, de modo que minimize os efeitos nocivos que certas atividades poderão causar a sociedade, ao meio ambiente e aos colaboradores. Isto tudo para aumentar a satisfação do cliente por meio de processos para melhoria continua do sistema.

A norma NBR ISO 9001:2000 está dividida em 5 seções:

Seção 4 - Sistemas da Gestão da qualidade: define os requisitos para um sistema de gestão da qualidade, incluindo requisitos para documentação e registros.

Seção 5 - Responsabilidade da Administração: define as responsabilidades da alta direção em relação ao sistema de gestão da qualidade, principalmente o seu comprometimento.

Seção 6 - Gestão de recursos: define os requisitos para destinar recursos para implementar e manter o sistema de gestão da qualidade eficaz, incluindo recursos para treinamento.

Seção 7 - Realização do produto: define os requisitos para execução de diversas atividades que afetem diretamente no processo produtivo e na realização de serviços, como análise crítica do contrato, aquisição, projeto, assistência técnica e calibração.

Seção 8 - Medição, análise e melhoria: define os requisitos para atividade de medição, enfocando a medição da satisfação do cliente, visando a melhoria contínua.

As organizações que conquistaram a certificação do sistema de gestão da qualidade seguindo a norma ISO 9000 são beneficiados pelo aumento da efetividade de suas operações, pela melhoria do controle das operações, pela redução de custos através da redução de retrabalho, sucata e horas extras, pelo aumento da produtividade, pela redução de auditorias múltiplas por parte de clientes e pelo aumento da confiança dos clientes, pelo reconhecimento e credibilidade mundial e principalmente, pela sua sobrevivência no mercado competitivo.

2.14. ASPECTOS METROLÓGICOS DA QUALIDADE

A metrologia experimentou um grande desenvolvimento a partir da introdução de um sistema de gestão da qualidade normalizado internacionalmente pelas normas da ISO 9000, que passou a exigir um controle rigoroso sobre os instrumentos ou dispositivos de medição, para garantir uma inspeção confiável dos processos e produtos, assegurando sua qualidade e conformidade às especificações.

Um Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) é um conjunto de atividades planejadas, que a empresa realiza para garantir que estará sempre fornecendo um

produto ou serviço conforme foi especificado pelo cliente. A norma de Sistema de Gestão da Qualidade é a “NBR ISO 9001:2000 - Sistemas de Gestão da Qualidade - Requisitos” .

2.15. REQUISITOS METROLÓGICOS IMPOSTOS PELA NORMA NBR ISO 9001:2000

A norma estabelece procedimentos que devem ser seguidos quando na seleção, uso, calibração, controle e manutenção dos dispositivos de medição.

A organização deverá determinar e manter um sistema efetivo para o controle e calibração dos dispositivos de medição utilizados para demonstrar a conformidade do produto com os requisitos determinados.

O sistema de calibração de dispositivos de medição deve ser periodicamente e sistematicamente revisado para assegurar sua eficiência contínua.

Os dispositivos de medição devem ser utilizados de tal forma, que assegurem que a capacidade de medição (incerteza de medição) seja coerente com os requisitos especificados. A organização deve identificar as medições a serem feitas, o erro máximo admissível e selecionar o dispositivo ou instrumento de medição mais apropriado para atender os requisitos especificados.

Os procedimentos que descrevem a sistemática de calibração e de cálculos de incerteza deverão ser documentados.

Devem ser mantidas evidências objetivas sobre as ocorrências pertinentes durante o período de preparação e realização da calibração e/ou ensaio, que devem ser efetivamente controlados e demonstrados aos clientes, quando solicitados.

Onde aplicável, devem ser calibrados e ajustados periodicamente contra padrões rastreáveis; ser protegidos contra ajustes que invalidem a calibração, contra danos e deterioração nas calibrações, medições e armazenamento e identificados quanto ao “status” da calibração. Todo instrumento deverá ter etiqueta de identificação para mostrar seu “status” em relação à calibração, como por exemplo:

Logotipo	Laboratório
Nº de série: _____ Última Calibração: / / Próxima Calibração: / / Certificado de Calibração: _____	

Cor: Verde (APROVADO): *status* de calibração bom em todas as faixas.

Logotipo	Laboratório
Nº de série: _____ Última Calibração: / / Próxima Calibração: / / Certificado de Calibração: _____	

Cor: Amarelo (APROVADO CONDICIONALMENTE): Se algumas faixas não foram calibradas ou o *status* de calibração de algumas faixas não for bom.

O *status* de calibração é considerado bom quando o desvio de todos os pontos dessa faixa de calibração for menor que a exatidão declarada no manual técnico do fabricante

Logotipo	Laboratório
Nº de série: _____ DISPENSA CALIBRAÇÃO	

Cor: Azul: dispensa calibração.

Logotipo	Laboratório
Nº de série: _____ NÃO UTILIZAR	

Cor: Vermelha (REPROVADO): não utilizar e segregar em um local identificado.

Figura 3 – “modelo de etiquetas de *status* de calibração”

Um registro para cada dispositivo de medição deverá ser mantido. O registro deverá conter, no mínimo: Uma descrição do dispositivo de medição e uma identificação única, com definição dos erros limites especificados, com detalhes de manutenção e reparos (históricos) e alguma limitação de uso, quando houver. Todas as medições, quer sejam aquelas com finalidades de calibração ou controle e especificação dos produtos, deverão levar em conta todos os erros e as incertezas do processo de medição. Deve-se reajustar a periodicidade das calibrações sempre que os erros encontrados forem superiores aos permitidos.

LABORATÓRIO	HISTÓRICO DO DISPOSITIVO DE MEDIÇÃO	TAG:
DISPOSITIVO DE MEDIÇÃO: _____ FABRICANTE: _____ MODELO DO DISPOSITIVO DE MEDIÇÃO: _____ NÚMERO DE SÉRIE DO DISPOSITIVO DE MEDIÇÃO: _____ FUNÇÃO METROLÓGICA: _____ DATA DE AQUISIÇÃO: _____ FREQUÊNCIA DE CALIBRAÇÃO: _____ TÉCNICO RESPONSÁVEL: _____		
OCORRÊNCIA:		

Figura 4 – modelo do registro do histórico do dispositivo de medição

Verificar a validade das calibrações anteriores onde tiverem sido utilizados dispositivos de medição descalibrados e estabelecer uma ação quando o resultado desta análise for insatisfatório.

Todas as pessoas que desempenham as seguintes funções de executar a calibração, devem ter uma qualificação mínima desejada e um treinamento adequado para executar as respectivas funções.

Quando forem utilizados programas de computador (software – planilhas de excel) para execução de calibração e cálculo de incerteza, estes devem ser validados por responsável pelo laboratório, e verificados periodicamente, a fim de se comprovar que são capazes de mostrar a conformidade do produto.

2.16. ATUAIS TENDÊNCIAS METROLÓGICAS DA NORMA ISO

Visando ao aprimoramento contínuo, a ISO vem complementando a série 9000 com normas de gestão, planejamento, auditoria e competência metrológica. A de competência metrológica é a norma NBR ISO/IEC 17025 “requisitos gerais para competência de laboratório de ensaio e calibração”. Esta norma internacional é o resultado de uma grande experiência colhida no decorrer dos tempos desde o surgimento da primeira versão da ISO/IEC Guide 25 de 1978. Após esta primeira versão, a norma ganhou uma segunda versão em 1982 e, finalmente, sua terceira e última versão em 1990. A nova norma, que cancela e substitui a ISO/IEC Guide 25:1990, contém os requisitos necessários para que o laboratório de calibração e ensaio demonstre que tem implementado um sistema da qualidade capaz de produzir resultados confiáveis adequado às características específicas e ter capacidade para atender o volume dos trabalhos que realiza. Este sistema procura garantir que os laboratórios sejam competentes e capazes de gerar resultados tecnicamente válidos.

Os órgãos de credenciamento, organismos independentes que realizam atividades de comprovação de conformidade destes sistemas, reconhecendo a competência técnica dos laboratórios de ensaio e calibração, usam esta norma internacional como base para a realização de suas atividades. O INMETRO é o

único órgão oficial responsável pelo credenciamento do laboratório de calibração e ensaio para se tornar Rede Brasileira de Calibração (RBC) no Brasil.

A RBC é o reconhecimento formal da capacitação do laboratório para a realização de ensaios ou calibrações específicas. Através do credenciamento, além do aprimoramento técnico, os laboratórios conquistam novos mercados, a confiança dos clientes, os quais não precisam realizar auditoria e conseqüentemente reduzem os seus custos.

2.17. NORMA NBR ISO/IEC 17025:2001

A nova norma tentou incorporar todos os requisitos da norma ISO 9000/94 que são importantes para serviços de calibração, incorporados pelo sistema da qualidade. É necessário observar que com a obtenção somente da ISO 9001, o laboratório não está apto para demonstrar competência técnica e apresentar resultados de calibração e/ou ensaio confiável.

A aceitação dos resultados de calibração e de ensaio entre países será mais fácil se os laboratórios operarem de acordo com esta norma internacional e se conseguirem credenciamento dos organismos de seus países de origem, os quais possuem acordos de reconhecimento mútuo com outros países que utilizam esta norma internacional. A utilização da norma internacional vai facilitar a comercialização de produtos, auxiliando na troca de informações e de experiências, assim como na harmonização de normas e procedimentos.

Os itens que são avaliados inicialmente: competência técnica da equipe do laboratório; infra-estrutura adequada para realização das atividades (padrões, garantia da rastreabilidade, condições ambientais controladas, etc.); sistema da qualidade implementado segundo a norma NBR ISO/IEC 17025.

A tabela de comparação mostrará as principais diferenças entre a norma ISO/IEC 17025 e a norma NBR ISO 9001:2000.

ISO/IEC 17025	ISO 9000:2000
CREDENCIAMENTO * Sistema de Gestão da Qualidade. * Competência Técnica.	CERTIFICAÇÃO * Sistema de Gestão da Qualidade.
* Laboratório de Calibração; * Laboratório de Ensaios.	* Empresas em geral; * Indústria manufatureira; * Indústria não manufatureira.
* Requisitos para a elaboração de critérios, gerais e específicos, dos organismos credenciadores.	* Requisitos gerais de um Sistema de Gestão da Qualidade.

Tabela 1 – Tabela de Comparação da Norma ABNT ISO/IEC 17025 x Norma ABNT NBR ISO 9000:2000

Os Laboratórios podem conseguir credenciamentos para seguintes áreas: Dimensional, Força, Massa, Pressão, Eletricidade, Tempo e Frequência, Temperatura, Volume e Massa Específica.

A norma 17025 está contemplada em 2 requisitos:

Requisito de gerência que especifica as exigências que o laboratório deve cumprir para demonstrar que obedece aos requisitos de sistema da qualidade exigidos para a gerência.

Requisito Técnico que especifica as exigências que o laboratório deve cumprir para demonstrar competência técnica para a atividade de ensaios e/ou calibração que ele realiza.

Os requisitos técnicos são descritos detalhadamente, mas não é novidade para os laboratórios credenciados, em fase de credenciamento a RBC ou laboratórios de calibração ou ensaio que já atuam com esta finalidade.

Para orientação referente ao cálculo de incerteza de medição os laboratórios que são credenciados, ou os que pretendem se credenciar pelo INMETRO, deverão utilizar a versão brasileira do documento de referência EA-4/02 “Expressão da Incerteza de Medição na Calibração”.

2.18. REQUISITOS PARA ATINGIR UMA BOA ATIVIDADE METROLÓGICA

Para atingir uma boa atividade metrológica, é necessário seguir alguns requisitos básicos como implantar um sistema da garantia da qualidade visando à manutenção do seu funcionamento, de acordo com os procedimentos definidos, com o objetivo de atender no mínimo os requisitos exigidos pela norma NBR ISO/IEC 17025.

Deve ter uma estrutura organizacional, com a capacidade e recursos para: treinamento e qualificação necessária para a realização dos serviços de calibração e/ou ensaio, conhecimentos de normas, metodologias existentes no que se refere à calibração e manutenção de dispositivos de medição, procedimentos documentados para planejar, controlar e realizar as atividades do sistema da qualidade. E as condições físicas do laboratório devem seguir os níveis exigidos pelo órgão credenciador, que é o INMETRO.

Para garantir uma boa atividade metrológica é necessário também que haja uma interligação entre os principais componentes para garantia da qualidade: planejamento, implementação e desenvolvimento, manutenção e operação, auditoria e revisão, deve-se definir e implementar:

1. Procedimentos de todos métodos de ensaios ou de calibração, que sejam compreendidos por todos colaboradores que atuam diretamente nos ensaios ou calibrações,
2. Procedimento para análise crítica de todos os novos trabalhos ou solicitações dos seus clientes, inclusive verificando se o laboratório possui capacidade e condições (instalações e recursos apropriados) antes de iniciar tais trabalhos;
3. Procedimento para manuseio dos itens a serem calibrados ou ensaiados;
4. Procedimento para tratamento de identificação, guarda e devolução dos instrumentos a serem calibrados ou a serem ensaiados, de modo a assegurar que

não haja equívoco em qualquer momento em relação à identidade do instrumento e sua adequada conservação, a fim de não prejudicar os resultados de calibração ou ensaio;

5. Procedimentos de proteção contra adulteração ou desajuste inadvertido dos instrumentos de medição (dispositivo de medição),

6. Procedimento para controle de instrumento de medição não conforme, evitando seu uso e definindo uma sistemática para reparo ou substituição;

7. Procedimentos para obter e comprovar as rastreabilidades das medições;

8. Procedimento descrevendo uma sistemática para emissão de certificados de calibração ou relatórios de ensaio dos instrumentos, objetivando os registros dos resultados dos serviços de calibração ou de ensaio executados, e a garantia da adequação dos dados neles contidos, evitando margem para interpretação dúbia;

9. Procedimento para subcontratação de ensaio ou de calibração, arquivando os dados e documentos coletados durante a fase de investigação sobre a competência e a conformidade dos subcontratados.

10. Procedimento definido para proteção das informações confidenciais e dos direitos de propriedade;

11. Procedimento para definição da responsabilidade pela comprovação metrológica e autoridade outorgada;

12. Procedimento com definição de uma sistemática documentada para análise crítica e auditoria interna do sistema da qualidade, garantindo o registro das atividades, descrição clara dos participantes, registros das observações e ações tratadas estabelecendo responsabilidades e prazos;

13. Procedimento para tomada de ações para tratamento de trabalho não conforme detectado;

14. Procedimento para tratamento das reclamações dos clientes internos e externos;

15. Procedimento para tratamento de registros da qualidade quanto aos seus cuidados, de forma a garantir a identificação, coleta, indexação, acesso, manutenção, disposição e arquivo;

A parte mais importante é a escolha do instrumento de medição (dispositivo de medição) para executar uma atividade de calibração ou ensaio, que muitas vezes, não obedece a um critério, pois o uso de determinado instrumento de medição (dispositivo de medição) pode ser imposto por algum procedimento ou instrução do processo ou mesmo o operador “achar” que aquele instrumento de medição (dispositivo de medição) é o adequado para aquela atividade. O critério coerente para escolha de instrumento de medição (dispositivo de medição) é primeiramente conhecer: os dados nominais sobre a exatidão do instrumento de medição (dispositivo de medição), normalmente obtidos pelo manual do fabricante; o erro aceitável do instrumento a ser calibrado, após a calibração do instrumento de medição (dispositivo de medição), e com o certificado de calibração obtém-se o erro e a incerteza de medição, onde deve ser analisada para aprovar a utilização deste instrumento de medição (dispositivo de medição), sempre levando em consideração a comparação do erro máximo admissível (dados em normas ou manuais do fabricante) com o erro encontrado e declarado no certificado de calibração. Porém a exatidão do instrumento de medição (dispositivos de medição) não é suficiente para garantir a medição do instrumento a calibrar, devendo analisar outros fatores como o valor de uma divisão, a resolução e dependendo do processo, outras características do instrumento, como a incerteza de medição (se os erros estão dentro dos limites especificados). Deve-se também considerar uma comparação da incerteza de medição com um critério pré-definido e registrado que define um parâmetro podendo ser um valor máximo de incerteza, ou a soma da incerteza com o erro máximo admissível para definir o limite do erro aceitável. Após aprovação dos instrumentos de medição (dispositivos de medição) para realização dos serviços de calibração, estes devem ser mantidos sob condições controladas de identificação, manutenção, manuseio e

tomando-se o cuidado com as condições externas de suas especificações (ex: altas temperaturas, vibrações, etc.). As condições de armazenamento são compatíveis com aquelas especificadas pelos fabricantes, ou seja, os locais de armazenamento devem ser suficientemente limpos, livre de incidência solar, vibrações e outros fatores relevantes, de modo a assegurar a proteção contra corrosão ou outros danos que são prejudiciais aos instrumentos de medição (dispositivo de medição). Qualquer instrumento de medição (dispositivo de medição) suspeito é retirado de sua função normal, e segregado por tempo suficiente para garantir um diagnóstico seguro. Caso seja constatado algum defeito, o mesmo é identificado como não conforme e encaminhado para conserto. Conforme o caso, o instrumento é substituído por outro previamente calibrado. Todas as irregularidades são registradas na ficha de histórico destes instrumentos (dispositivo de medição) e as últimas calibrações executadas com o instrumento (dispositivo de medição) deverão ser rastreadas para averiguação, como no modelo demonstrado acima v. fig.4.

A calibração e o ajuste do instrumento de medição (dispositivo de medição) é necessário para estabelecer um valor correspondente entre a sua indicação com um valor padrão (geralmente de mais alta qualidade metrológica) para determinar no processo de medição, as correções necessárias. Nem todos instrumentos de medição (dispositivos de medição) necessitam de calibração, quando são utilizados como apoio para uma calibração em conjunto com instrumento de medição (dispositivo de medição). De modo geral, deve-se calibrar aqueles instrumentos ou dispositivos que são utilizados para controlar a qualidade do produto final. O laboratório para efetuar as calibrações deve sempre obedecer aos requisitos da norma ISO IEC 17025 quanto a rastreabilidade das medidas. Os ajustes efetuados devem ser registrados e, de preferência, o certificado de calibração conter os resultados de antes e após o ajuste.

A exatidão do instrumento de medição pode ser afetada pelo tempo, pelo uso e pelas condições de utilização e armazenagem. É necessário, portanto um programa de calibração e ajuste dos instrumentos de medição (dispositivos de medição), seguindo as recomendações descritas em procedimentos ou instruções

para esta função. Deve ser definido o responsável pelo programa de calibração e ajuste eficaz.

A periodicidade da calibração deve ser definida por meio de um procedimento que estabeleça os critérios para esse fim, levando em consideração as características do instrumento e as recomendações do fabricante, a análise da tendência conforme os resultados obtidos nas calibrações anteriores, o histórico do seu uso e manutenção. Quando nenhum dado está disponível, convém pelo menos, analisar qual o grau de utilização do instrumento e qual a exatidão requerida. Quanto mais intenso o uso, menor deve ser a periodicidade de calibração.

A frequência da calibração deve ser submetida a uma verificação periódica, sem o qual o sistema da atividade metrológica não pode ser considerado confiável. A frequência pode ser reduzida em função dos históricos das calibrações anteriores e quando houver uma tendência de não conformidades do instrumento de medição (dispositivo de medição), ou aumentada, se o histórico demonstrar que não haverá alteração da confiança da exatidão.

Ao ser colocado em uso, o instrumento de medição deve receber uma identificação e uma ficha relatando sua descrição, número de série, localização, data da aquisição e da colocação em uso, histórico de manutenção, de calibração (registrar o número do certificado de calibração, data da calibração) e outras informações que se julgar necessárias.

O laboratório deve manter seus instrumentos de medição (dispositivos de medição) calibrados dentro do prazo de validade, tomando como orientação às recomendações do fabricante e seguir o programa de calibração, calibrando-os periodicamente. A calibração de instrumento de medição (dispositivo de medição) é o único meio para mostrar se o mesmo está conforme para executar suas atividades ou demonstrar o *status* da calibração. Há diversas maneiras para se identificar o "*status*" do instrumento, por exemplo, através da utilização de etiquetas contendo as seguintes informações: Número de identificação, número do último certificado, a data da calibração e a data da próxima calibração. Observações ou restrições do uso devem ser identificadas no instrumento por meio de etiquetas devidamente sinalizadas, indicando o que deve ser utilizado ou não. Aqueles instrumentos

considerados como apoios, que não necessitam de calibração, devem conter uma identificação clara dizendo que dispensa calibração, como demonstrada acima, v. fig.3.

As condições ambientais na qual os serviços de calibração ou de ensaio são realizados, podem influir na calibração ou no ensaio. Por isso é preciso dispor de temperatura, umidade e ventilação apropriadas, para não invalidar ou interferir nos resultados das calibrações. Deve-se atender às recomendações do fabricante, sendo conveniente estreitar a margem especificada, mas nunca aumentá-las. Fatores que influenciam na calibração e que devem ser considerados: temperatura ambiente, umidade relativa do ar, iluminação na área de trabalho além de eletricidade estática, vibração, interferência eletromagnética. As condições de temperatura e umidade do Laboratório devem ser controladas e devidamente anotadas em um registro apropriado, para garantir a eficácia das atividades realizadas.

As condições de armazenamento devem ser compatíveis com aquelas especificadas pelos fabricantes, ou seja, os locais de armazenamento devem ser suficientemente limpos, livre de incidência solar, vibrações e outros fatores relevantes, de modo que se assegure a proteção contra corrosão e danos que são prejudiciais ao instrumento.

A preservação deve ser descrita em um procedimento específico para evitar o dano ou a deterioração dos instrumentos a serem calibrados. Os cuidados com os instrumentos a serem calibrados devem se estender ao recebimento, armazenamento, manuseio, calibração e devolução, de modo a assegurar que não haja equívoco, em qualquer momento, em relação à identidade do instrumento e sua adequada conservação, a fim de não prejudicar os resultados de calibração.

Os registros são evidências objetivas para garantir o cumprimento do planejamento da boa atividade metrológica, quanto à disponibilidade, arquivo, controle, indexação, manutenção, etc.

Os registros de calibração ou registros técnicos, devem conter as seguintes informações: Identificação do laboratório; identificação atribuída ao serviço no recebimento (por exemplo: ordem de serviço); identificação do instrumento (por exemplo: identificação fornecida pelo cliente, n.º de série, n.º do instrumento,

etc.); identificação da norma ou procedimento utilizado, incluindo revisão, versão, etc; identificação dos padrões e instrumentos ou dispositivos de medição utilizados nas calibrações; dados originais obtidos (leituras); condições ambientais relevantes; resultado da medição e sua incerteza (geradas pelas planilhas de Excel); data e assinatura da pessoa que executou o trabalho.

[illegible]

Figura 5 – “Modelo de registro de dados da calibração”

Os registros devem ser legíveis, prontamente recuperáveis e armazenados em ambiente adequado disponíveis para consulta dos clientes.

Um certificado de calibração deve atender aos requisitos descritos na norma NBR ISO/IEC 17025 “Requisitos gerais para competência de laboratórios de ensaio e calibração”.

O resultado de calibração deve ser expresso em um certificado de calibração de maneira clara e objetiva, cujo conteúdo mínimo é estabelecido pela norma 17025: Título ("Relatório de ensaio" ou "Certificado de calibração"); nome e endereço do laboratório onde foram realizados as calibrações e ensaios; identificação única do certificado de calibração e/ou relatório de ensaio em todas as páginas; número de cada página e o total de páginas; nome e endereço do cliente; descrição e identificação do instrumento sob calibração / ensaio (nome, fabricante, modelo, número de série e TAG, quando houver) ; uma descrição da condição do instrumento a ser calibrado ou ensaiado bem como as características do instrumento sob calibração / ensaio (digital/analógico, portátil, etc.); a data de recebimento do instrumento a ser calibrado ou ensaiado; data da realização da calibração ou ensaio; condições ambientais da realização da calibração ou ensaio; identificação do método de calibração ou ensaio utilizado; referência aos procedimentos de calibração ou ensaio, quando for pertinente; quaisquer desvios, adições ou exclusões de método de calibração e qualquer outra informação pertinente a uma calibração específica, tal como condições ambientais; nome, assinatura e cargo do responsável pelo conteúdo do certificado ou relatório; data da emissão do certificado ou do relatório. Onde pertinente, declaração de que os resultados apresentados no certificado ou no relatório referem-se exclusivamente ao instrumento submetido à calibração ou ao ensaio, nas condições especificadas; os resultados do ensaio ou calibração com as unidades de medida, onde apropriado; declaração da incerteza expandida do resultado da calibração; evidência de que as medições são rastreáveis, como demonstrado abaixo:

LABORATÓRIO	CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO	Nº: _____																																														
CLIENTE: _____																																																
ENDEREÇO: _____																																																
INSTRUMENTO: _____	FABRICANTE: _____																																															
NÚMERO DE SÉRIE: _____	TAG: _____																																															
CONDIÇÕES AMBIENTAIS DO LABORATÓRIO: UMIDADE RELATIVA: $50 \pm 10 \%$ TEMPERATURA : $23 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$																																																
DESCRIÇÃO DO PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO UTILIZADO: _____ _____ _____																																																
RASTREABILIDADE DOS PADRÕES UTILIZADOS NA CALIBRAÇÃO:																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">PADRÃO</th> <th style="width: 10%;">FABRICANTE</th> <th style="width: 10%;">Nº SÉRIE</th> <th style="width: 10%;">MODELO</th> <th style="width: 10%;">DESCRIÇÃO</th> <th style="width: 10%;">PRÓX. CAL.</th> <th style="width: 10%;">CERTIFICADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>							PADRÃO	FABRICANTE	Nº SÉRIE	MODELO	DESCRIÇÃO	PRÓX. CAL.	CERTIFICADO																																			
PADRÃO	FABRICANTE	Nº SÉRIE	MODELO	DESCRIÇÃO	PRÓX. CAL.	CERTIFICADO																																										
DATA DE CALIBRAÇÃO: ____/____/____				DATA DE EMISSÃO: ____/____/____																																												
SIGNATÁRIO AUTORIZADO: _____																																																
Os resultados apresentados referem-se exclusivamente ao instrumento calibrado, nas condições especificadas, não sendo extensivos a quaisquer lotes, mesmo que similares. A utilização do documento para outros fins depende de prévia autorização do Laboratório. A reprodução do mesmo para outros fins só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.																																																
PÁG / PÁG TOT																																																

Figura 6 – “Modelo de certificado de calibração”

O certificado de calibração ou relatório de ensaio deve se referir somente a grandezas e a resultados funcionais. Se for feita uma declaração de conformidade a uma dada especificação, ela deve indicar claramente as seções da especificação que são ou não atendidas, a incerteza de medição deve ser considerada. Se omitir os resultados da medição obtida e suas incertezas associadas, o laboratório deve registrar esses resultados e mantê-los para uma possível consulta.

O certificado de calibração ou mesmo a etiqueta não devem conter qualquer informação em relação ao intervalo de calibração, pois isto quem determina é o cliente.

De acordo com NBR ISO/IEC 17025 no relatório de ensaio podem ser inclusos opiniões ou interpretações com base na documentação que contém os dados para justificar as opiniões e interpretações feitas as quais e devem ser claramente destacadas. Não podem ser confundidas com inspeções e certificação do produto.

LABORATÓRIO	CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO		Nº: _____		
RESULTADOS DAA CALIBRAÇÃO					
FAIXA DE CALIBRAÇÃO	VVC	VI	ERRO	INCERTEZA	k
FAIXA DE CALIBRAÇÃO	VVC	VI	ERRO	INCERTEZA	k
OBSERVAÇÃO: A incerteza expandida foi calculada para um nível de confiança de aproximadamente de 95%.					
PÁG / PÁG TOT					

Figura 7 – “ modelo de certificado de calibração (continuação)”

Quando um ensaio ou uma calibração for subcontratado, deverá ter a aprovação formal do cliente em relação ao laboratório subcontratado. O laboratório subcontratado deve emitir o certificado de calibração para o

laboratório contratante. Este repassa os resultados de calibrações realizados por subcontratadas. Estes resultados são claramente identificados, como sendo de subcontratadas.

Emenda do certificado de calibração após a emissão, deve ser feita unicamente sob forma de um documento posterior, ou de um novo documento, que inclua a declaração “Suplemento do Certificado de Calibração ou Suplemento do Relatório de Ensaio” incluindo a declaração do número do certificado em questão; data da calibração e data da emissão do suplemento; assinatura e título, ou identificação de pessoa (s), responsável (eis) pelo conteúdo do suplemento; declaração de que a incerteza estimada foi calculada para um nível de confiança de 95,45%; Declaração de que os resultados apresentados no certificado de calibração referem-se exclusivamente ao instrumento submetido à calibração, nas condições especificadas; número de cada página e o total de páginas, como modelo abaixo), v. fig. 7.

Quando for necessário emitir um novo certificado ou relatório completo, este deve ter uma nova identificação (ou seja um novo número) e deve conter a informação que este certificado ou relatório cancela o certificado ou relatório que está sendo substituído.

Antes da aprovação do certificado ou relatório, deve ser realizada uma análise crítica dos dados e dos resultados obtidos pelo responsável pela assinatura do certificado. Inicialmente, analisa-se se o certificado está atendendo aos requisitos da norma ISO/IEC 17025 , ou ao menos possua o conteúdo estabelecido acima. O conteúdo deve ser claro e de fácil entendimento utilizando os termos técnicos definidos no VIM (Vocabulário Internacional de Metrologia). Após esta verificação, devemos conferir se os dados relacionados ao cliente estão corretas, inclusive a identificação e características do instrumento a ser calibrado ou ensaiado. Após esta análise inicial, deve-se verificar se os valores do instrumento de medição e da incerteza de medição estão compatíveis conforme regras de arredondamento e se o resultado do instrumento a calibrar está compatível (se o erro obtido está dentro da tolerância dada pelo fabricante do mesmo).

LABORATÓRIO	SUPLEMENTO DO CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO Nº: _____		
CLIENTE: _____			
ENDEREÇO: _____			
INSTRUMENTO: _____		FABRICANTE: _____	
NÚMERO DE SÉRIE: _____		TAG: _____	
CORREÇÃO:			
DATA DE CALIBRAÇÃO: ____ / ____ / ____		DATA DE EMISSÃO: ____ / ____ / ____	
SIGNATÁRIO AUTORIZADO: _____			
A incerteza expandida foi calculada para um nível de confiança de aproximadamente de 95%. Os resultados apresentados referem-se exclusivamente ao instrumento calibrado, nas condições especificadas, não sendo extensivos a quaisquer lotes, mesmo que similares. A utilização do documento para outros fins depende de prévia autorização do Laboratório A reprodução do mesmo para outros fins só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.			
PÁG / PÁG TOT			

Figura 8 – modelo do suplemento do certificado de calibração

A norma é bem clara e exige que o laboratório deva assegurar a confidencialidade de informações e dos dados que transitam no laboratório, que os certificados sejam guardados em lugar reservado e de acesso apenas aos

colaboradores responsáveis pelas atividades de calibração e ensaio. Todos os certificados ou relatórios emitidos pelo laboratório, assim como qualquer informação relativa ao cliente, somente pode ter sua divulgação liberada com prévia autorização por escrito do cliente.

2.19. PROCESSO DE MEDIÇÃO

Medição é o procedimento experimental pelo qual se executa um conjunto de operações manuais ou automatizadas que visa determinar um valor momentâneo de uma grandeza física (grandeza a medir ou mesurando).

Método de medição é uma seqüência lógica de operações, descritas genericamente em um processo, aplicada na execução das medições.

Processo de medição é um processo que sistematiza a operação realizada por um instrumento de medição, ou por um sistema medição, que envolve, fundamentalmente, o conceito sobre o fenômeno, a infra-estrutura técnica básica; capacidade de medição comprovada, rastreabilidade metrológica comprovada e conhecimentos técnicos destinados à execução destas atividades.

A medição pode ser empregada para acompanhar, monitorar, controlar e investigar qualquer processo produtivo, de forma a garantir a qualidade dos produtos e dos processos de fabricação, visando o atendimento das exigências da Metrologia Legal ou Industrial, evitando aprovação de produto ruim ou reprovação de produto bom, visando à redução de custos e desperdícios.

Ao fazer medições, as leituras que se obtém nunca são idênticas devido a inúmeros fatores como a falta de treinamento ou experiência do operador, as condições ambientais, entre outros. Para garantir a confiabilidade do resultado final das operações de medição de modo é preciso descobrir meios de reduzir alguns dos fatores que possam influenciar no resultado, como erros de medições, fontes de erros, regras de arredondamento, exatidão, incerteza de medição, etc.

Por exemplo, supondo que a balança de um açougue “X” foi calibrado com um peso padrão de 1,000 kg e a balança indicou 0,987 kg, logo o consumidor

adquirindo qualquer produto deste açougue “X” 0,013 kg a menos do que está comprando.

Erro de medição = valor indicado - valor verdadeiro convencional

Erro de medição = 0,987 kg - 1,000 kg = 0,013 kg

Será que o açougue “X” está agindo de “má fé” ? Nem sempre. Daí a necessidade se ter conhecimento sobre a natureza de um erro de medição, assim como a influência de alguns fatores (o erro sistemático, o erro aleatório e o erro grosseiro) para a garantia de uma medição confiável.

Logo o erro de medição é a diferença entre o valor indicado ou nominal (Resultado da medição) e o valor verdadeiro convencional ou padrão (valor verdadeiro) e é estabelecido em unidades de engenharia definidas como mA, V, Ω , °C, kg, psi, etc.

Como nenhuma medida é realizada com exatidão total, é necessário fazer um estudo dos possíveis erros que podem ocorrer para investigarmos os possíveis efeitos perturbadores que possam afetar uma medição, de modo se possa atingir um resultado com grau de exatidão razoável através de uma adequação das condições para a medição. Se não tivermos conhecimentos sobre os diferentes tipos de erros e o que fazer com relação a cada um deles, não conseguiremos chegar ao um grau de exatidão razoável. Se não tiver uma boa adequação das condições para a medição obteremos diversos tipos de erros, que são classificadas em três categorias: erros grosseiros, erros sistemáticos e erros aleatórios.

Erros grosseiros (erro do operador) correspondem aos possíveis erros de leituras e ao registro nos dados na folha de registro devido ao cansaço, ou descuido do operador. Erros destes tipos são comuns, podendo ser tomadas algumas medidas para evitá-los. Primeiramente, treinar e conscientizar o operador sobre a importância do grande cuidado necessário para fazer a leitura e registrar os dados. Outra medida, seria fazer três ou mais leituras em cada ponto de medição, em sentido descendente e ascendente. Desta forma, fica mais fácil detectar discrepância nos valores obtidos pelas leituras e, assim, fazer uma análise crítica

sobre estes valores e, com isso, a má leitura poderá ser eliminada. A principal vantagem de fazer três leituras por ponto de medição não é para determinar a média destas leituras, mas sim, para adquirir a confiança de não estar cometendo erros grosseiros quando os valores concordam. Não existe a definição do erro grosseiro no VIM, uma vez que a causa deste tipo de erro foi devido a fatores externos e não ao instrumento.

Erro sistemático é a diferença entre a média de um infinito número de medições do mesmo mensurando (objeto da medição ou grandeza específica submetida à medição), efetuadas sob condições de repetitividade, menos o valor verdadeiro do mensurando. Os erros sistemáticos são causados por influências de alguns fatores como a imperfeição dos instrumentos ou dispositivos de medição, dos métodos utilizados, das condições ambientais, etc. Portanto, o erro deve ser compensado e eliminado por meios de medições apropriadas, como a correção do valor indicado pelo instrumento ou dispositivo de medição, o qual é adicionado algebricamente ao resultado não corrigido (valor indicado) o erro sistemático com o sinal trocado. Logo, o valor verdadeiro passará a ser o valor indicado (resultado de medição) mais a correção (erro sistemático).

Para determinar o erro sistemático do instrumento ou dispositivo de medição é subtraído o resultado da medição do valor verdadeiro convencional do mensurando, ambos expressos no certificado de calibração do instrumento ou dispositivo de medição.

Erro sistemático do instrumento ou dispositivo de medição = média das medidas (valor indicado ou resultado da medição) - valor verdadeiro.

Existem casos que o ponto de medição não é o mesmo ponto expresso no certificado de calibração do instrumento ou dispositivo de medição, o erro sistemático deve ser calculado através da forma de Lagrange ou seja por interpolação linear entre dois pontos expressos no mesmo certificado:

$$E = E_1 \cdot \frac{(V_L - V_S)}{(V_I - V_S)} + E_S \cdot \frac{(V_L - V_I)}{(V_S - V_I)}$$

E = valor do erro no ponto de medição.

V_L = valor indicado no ponto de medição obtido através de um instrumento ou dispositivo de medição.

E_I = valor do erro conhecido no ponto inferior obtido através do certificado de calibração.

E_S = valor do erro conhecido no ponto superior obtido através do certificado de calibração.

V_I = valor indicado conhecido no ponto inferior obtido através do certificado de calibração.

V_S = valor indicado conhecido no ponto superior obtido através do certificado de calibração.

“Repetitividade (5.27 do VIM) : Aptidão de um instrumento de medição em fornecer indicações muito próximas, em repetidas aplicações do mesmo mensurando, sob as mesmas condições de medição.” (VIM, 2000, p.57)

“Erro sistemático (3.14 do VIM) : Média que resultaria de um infinito número de medições do mesmo mensurando, efetuadas sob condições de repetitividade, menos o valor verdadeiro do mensurando.” (VIM, 2000, p.33)

Erros sistemáticos são subclassificadas em “:erros instrumentais” (devido à ineficácia do instrumento ou dispositivo de medição, ou que o mesmo tenha sido submetido à sobrecarga de trabalho ou manipulado inadequadamente), em “erros ambientais” (devido às condições externas), e em “erros de observação” (devido ao despreparo do operador).

Erros instrumentais correspondem à ineficácia ou imperfeição do instrumento de medição, que possui inexactidões de alguma espécie. Sempre existe uma tolerância proveniente das calibrações e inexactidões adicionais, que podem advir com o tempo e o uso conforme é garantido pelo fabricante. Este tipo de erro fica mais fácil de eliminar ou, pelo menos, minimizar, adotando alguns métodos preventivos tais como: um planejamento cuidadoso, fazendo sempre uma comparação deste instrumento com outro instrumento da mesma exatidão, recalibrando. Podem ocorrer erros devidos à sobrecarga dos instrumentos. Qualquer descuido, ou uso anormal dos mesmos, pode provocar sobrecargas ou superaquecimento. Neste caso, as leituras realizadas pelo instrumento não são tão confiáveis, até que seja detectado o defeito, e reparado ou, como meio preventivo,

deve-se considerar o efeito da sobrecarga ao planejar os sistemas de medição, de modo que as correções possam ser realizadas.

Erros Ambientais, entendidos como erros ocorridos devido às condições externas, como, por exemplo, qualquer variação de temperatura interna do instrumento de medição, que pode afetar também a resistividade, elasticidade, entre outros. Deve-se tomar um cuidado para reduzir ou eliminar estes distúrbios indesejáveis tais como: manter o ambiente e suas condições em uma temperatura e umidade relativa do ar controlada.

Erro observacional, corresponde ao erro do observador que pode tender as leituras para menos ou mais do valor correto, por causa da posição ou do ângulo em que se encontra. Pode-se tomar algumas medidas para evitar este tipo de erro. Primeiramente treinar e conscientizar o operador sobre a importância de ter grande cuidado para fazer a leitura ou ter mais observadores para executar as leituras, a fim de minimizar a possibilidade de um desvio constante.

Erros aleatórios ou residuais, se referem a erros desconhecidos (residual ou aleatório) causados por um grande número de pequenos efeitos (evento físico que é afetado por muitos acontecimentos que ocorrem no universo) que são variáveis, pelo que não se consegue apontar uma causa conhecida. Podem ser tomadas algumas medidas para amenizar este tipo de erro, fazendo primeiro um estudo analítico sobre as discrepâncias o que permite uma correlação com as leis matemáticas de probabilidade.

“Erro aleatório (3.13 do VIM) : Resultado de uma medição menos a média que resultaria de um infinito número de medições do mensurando efetuadas sob condições de repetitividade ” (VIM, 2000, p.33)

Exemplos de erro sistemático, erro grosseiro e erro aleatório:

Um exemplo seria a realização de uma medição de uma dimensão de 50 mm de um bloco padrão numa série de 5 leituras, utilizando um paquímetro digital do fabricante “X” com valor de uma divisão de 0,01 mm, foram obtidas as seguintes medidas:

50,01 mm 50,02 mm 50,01 mm 50,00 mm 50,02 mm

Logo a média é 50,012 mm, portanto o erro é de 0,012 mm

Sob condições de repetitividade, o erro é o erro sistemático, pois nem sempre a causa deste erro é identificável. Talvez seja necessária a calibração de mais blocos ou submeter o mesmo bloco a mais leituras para obter mais dados para uma análise mais profunda. Por exemplo, se levarmos em conta que a indicação do zero do paquímetro esteja correta, pode estar ocorrendo um problema no paralelismo das pontas.

Outro exemplo que podemos citar é onde uma calibração de uma década de $100\text{k}\Omega$ conectado ao um multímetro digital. Qual o valor do erro aleatório para esta calibração, se o valor indicado para resistência pelo multímetro digital varia entre 99.999Ω e 100.002Ω , mantendo-se a condição de repetitividade.

Sabemos que o multímetro é um instrumento instável, e sob a condição de repetitividade, determinar um erro nestas condições é inviável, pois gerará um resultado não confiável e uma incerteza muito alta. Por isto, consideramos o erro aleatório como fonte de incerteza de medição.

Como exemplo, ainda podemos tomar uma medição cujo valor é se numa medição, o valor de referência seja 1,00 m utilizando uma trena digital calibrada e os resultados obtidos foram 1,20 m, 1,25m, 1,35m. Este tipo erro é fácil de identificar. É o erro grosseiro, cuja causas poderão ser diversas: leitura errônea, mau preparo ou falta de atenção do operador, manipulação indevida da trena, etc. Este tipo de erro é impossível de eliminar, mas a sua causa deve ser analisada e tratada, através de treinamento dos operadores envolvidos.

Como sabemos, ao fazer medições, as leituras que são obtidas nunca são idênticas, por isto podemos afirmar que qualquer instrumento de medição não é exato, sempre cometerá um erro de medição, por menor que seja. Portanto estima-se uma incerteza de medição. O que seria incerteza? Incerteza quer dizer que não tenho certeza ou não estou certo. A própria palavra não inspira confiança. Portanto incerteza de medição é uma indicação quantitativa associada ao resultado da medição (somatória dos efeitos aleatórios desconhecidos e limites de correção dos efeitos sistemáticos) em questão, que é expressa em um determinado intervalo atribuído àquela medição realizada. A incerteza de medição é avaliada pela combinação de diversas componentes de incertezas, indicando o nível de

confiança em que a esta incerteza cai dentro de uma amplitude definida pelo intervalo de incerteza.

“Incerteza de Medição (3.9 do VIM) : Parâmetro, associado ao resultado de uma medição, que caracteriza a dispersão dos valores que podem ser fundamentadamente atribuídos a um mensurando.” (VIM, 2000, p.31)

2.20. EQUAÇÕES ENVOLVIDAS NO CÁLCULO DE INCERTEZA DE MEDIÇÃO

Equações envolvidas no cálculo de incerteza de medição permite reconhecer a existência dos erros aleatórios e sistemáticos. Consideramos como erro aleatório à própria incerteza de medição, compensando os erros sistemáticos com a aplicação da correção adequada no sentido de compensar o seu efeito no resultado da medição.

Incerteza Padronizada Tipo A : Método de avaliação da incerteza pela análise estatística de uma série de leituras da medição (como média e desvio padrão):

$$u_1 = \frac{S}{\sqrt{n}}, \text{ onde:}$$

S = Desvio Padrão.

n = número de leituras da medição, geralmente igual a 3 ou mais que 3.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_k - \bar{X})^2}{n-1}}, \text{ onde: } k = 1, 2, \dots, n$$

X_k = VALOR LIDO NO PONTO K .

$\bar{X}$ = VALOR DA MÉDIA DAS LEITURAS.

Incerteza Padronizada Tipo B: Método de avaliação da incerteza por outros meios que não a análise estatística de uma série de leituras da medição (incerteza da resolução de instrumento digital, incerteza associada às condições ambientais, dados fornecidos em certificados de calibração do padrão utilizado, etc.):

Incerteza em função da resolução de instrumento digital (Incerteza do tipo B):

$u_2 = \frac{R}{\sqrt{3}}$, (para instrumentos digitais); $u_2 = \frac{R}{\sqrt{6}}$, (para instrumentos analógicos);

onde: R = resolução do instrumento/2

Incerteza em função da especificação declarada no manual ou pelo fabricante (Incerteza do tipo B):

$$u_3 = \frac{E}{\sqrt{3}}, \text{ onde:}$$

E = Especificação declarada em norma, manual, etc.

Incerteza em função do certificado de calibração do padrão (Incerteza do tipo B):

$$u_4 = \frac{u_{cert}}{k}, \text{ onde:}$$

u_{cert} = Incerteza declarada no Certificado de Calibração do Padrão utilizado.

k = Fator de abrangência declarado no Certificado de Calibração do Padrão utilizado.

Incerteza Padronizada Combinada: Incerteza padronizada combinada de um resultado de medição tomando como base diversos cálculos de incerteza previamente calculados.

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2}, \text{ onde:}$$

u_c = Incerteza combinada.

u_1 = Incerteza Tipo A.

$u_2 ; u_3 ; u_4$ = Incertezas do Tipo B.

Incerteza Expandida : Grandeza definindo um intervalo em torno do resultado de uma medição com o qual se espera abranger uma grande fração do nível da confiança do intervalo.

Graus de liberdade efetivos:

$$v_{eff} = \frac{u_c^4}{\sum_{i=1}^n \frac{u_i^4}{v_i}}, \text{ onde:}$$

u_c = Incerteza combinada.

u_i = Incerteza Tipo A, pois as incertezas do Tipo B têm graus de liberdade tendendo a infinito, o que leva estas contribuições a zero.

v_i = número de medidas – 1.

Incerteza da Medida: $u = k \cdot u_c$

k = Fator de abrangência.

u_c = Incerteza combinada.

O fator de abrangência k é obtido na tabela de distribuição “t de Student”, para um determinado nível de confiança.

Aplicando-se o valor de v_{eff} na tabela de “t de Student” na coluna graus de liberdade “v”, obtém-se o valor de k no nível de confiança adotado pelo laboratório. No caso do valor de v_{eff} não pertencer à tabela, aplica-se regra de 3 simples a partir dos pontos imediatamente anterior e posterior existentes na tabela para calcular k . Quando v_{eff} for maior que 100, considerar $k = 2$.

Graus de Liberdade v	Fração p da distribuição em porcentagem				
	68,27	90	95	95,45	99
1	1,84	6,31	12,71	13,97	63,66
2	1,32	2,92	4,30	4,53	9,92
3	1,20	2,35	3,18	3,31	5,84
4	1,14	2,13	2,78	2,87	4,60
5	1,11	2,02	2,57	2,65	4,03
6	1,09	1,94	2,45	2,52	3,71
7	1,08	1,89	2,36	2,43	3,50
8	1,07	1,86	2,31	2,37	3,36
9	1,06	1,83	2,26	2,32	3,25
10	1,05	1,81	2,23	2,28	3,17
11	1,05	1,80	2,20	2,25	3,11
12	1,04	1,7	2,18	2,23	3,05
13	1,04	1,77	2,16	2,21	3,01
14	1,04	1,76	2,14	2,20	2,98
15	1,03	1,75	2,13	2,18	2,95
16	1,03	1,75	2,12	2,17	2,92
17	1,03	1,74	2,11	2,16	2,90
18	1,03	1,73	2,10	2,15	2,88
19	1,03	1,73	2,09	2,14	2,86
20	1,03	1,72	2,09	2,13	2,85
25	1,02	1,71	2,06	2,11	2,79
30	1,02	1,70	2,04	2,09	2,75
35	1,01	1,70	2,03	2,07	2,72
40	1,01	1,68	2,02	2,06	2,70
45	1,01	1,68	2,01	2,06	2,69
50	1,01	1,68	2,01	2,05	2,68
100	1,005	1,660	1,984	2,025	2,626
∞	1,00	1,645	1,960	2,000	2,576

Tabela 2 – “Tabela da distribuição – t de student para o graus de liberdade”

2.21. PROCESSO DE CALIBRAÇÃO

Processo de calibração é o procedimento que documenta o conjunto de operações estabelecidas sob condições especificadas, a relação entre os valores indicados por um instrumento de medição, e os valores correspondentes das grandezas estabelecidas por padrões.

São diversos os benefícios que a calibração pode trazer : a garantia da rastreabilidade das medidas; confiabilidade nos resultados medidos para seleção adequada do instrumento gerando redução de custos; possibilidade de melhoria da qualidade do processo de fabricação ou do produto final; evitar aprovação de peças ruins ou reprovação de peças boas.

Todos instrumentos ou dispositivos de medição devem ser periodicamente calibrados, visando avaliar a adequação de suas características metrológicas às suas aplicações em um processo produtivo. Recomenda-se que a incerteza do padrão (instrumento de medição) seja, no mínimo, três vezes menor que a incerteza especificada pelo fabricante para o instrumento a calibrar e deve ter uma resolução que permita estabelecer a relação acima.

A escolha adequada do padrão (instrumento de medição) a ser utilizado implicará na confiabilidade, produtividade e no custo das calibrações executadas. Determinar a validade do certificado de calibração do padrão (instrumento de medição) e garantir que o seu uso esteja dentro desta validade para garantir sua rastreabilidade aos padrões primários. O certificado de calibração do padrão deve indicar as correções dos erros sistemáticos para o padrão e também a incerteza de medição do mesmo. A calibração deve ser feita por meio de comparação direta entre a leitura do Multímetro Padrão e a indicação do instrumento a ser calibrado.

O número de pontos a serem calibrados na faixa de operação do instrumento a ser calibrado é determinado de acordo com o procedimento de calibração específico. O número de pontos ou o valor dos pontos de calibração também podem ser determinados conforme a solicitação do cliente que refletirá na melhor relação com a incerteza e confiabilidade dos resultados.

Por isto, nos dias de hoje, em plena era da globalização, discute-se muito a padronização dos métodos de calibração, visando o intercâmbio dos resultados

com adequada confiabilidade e baixo custo. Portanto, podemos afirmar que não existe uma regra única que possa ser amplamente aplicada a todos os tipos de instrumentos para todas grandezas.

Deve-se executar no mínimo 3 (três) ou mais leituras em cada ponto de medição seguindo os procedimentos de calibração. A operação seqüencial a partir do ponto inicial até o ponto final programado para a calibração realizando o 1º ciclo. Repetir novamente mais duas vezes esta operação no sentido descendente e ascendente, totalizando assim 3 ou mais ciclos. Os valores devem ser ajustados pela indicação do instrumento padrão ou pela indicação do instrumento a ser calibrado. Deve ser utilizada a melhor resolução possível.

Os valores das leituras já arredondados deverão ser anotados no “Registro das Calibrações ou Registro Técnico”. Durante a obtenção das leituras, as mesmas devem ser arredondadas conforme regras descritas a seguir:

Se o algarismo posterior àquele a ser arredondado for menor que 5, mantém-se o algarismo inalterado.

3,744750 → 3,74 (valor arredondado).

Se o algarismo posterior àquele a ser arredondado for maior que 5, adiciona-se uma unidade ao algarismo.

4,76850 → 4,77 (valor arredondado).

Se o algarismo posterior àquele a ser arredondado for exatamente 5, adotam-se os seguintes critérios:

Se o algarismo a arredondar for par, ele é mantido:

4,5565000 → 4,556 (valor arredondado);

Se o algarismo a arredondar for ímpar, adiciona-se uma unidade a ele:

4,5755000 → 4,576 (valor arredondado).

A cada faixa da medição deve corresponder um registro individual de leituras. O preenchimento completo e correto da planilha de leitura, bem como, o seu adequado arquivamento, é muito importante para a futura rastreabilidade do processo, sendo uma exigência das auditorias de qualidade.

2.22. COMO ATENDER O REQUISITO 7.6 DA NORMA ISO 9001:2000

Para atender ao requisito 7.6. “Controle de dispositivos de medição e monitoramento” da NBR ISO 9001:2000, a organização precisa ter procedimentos documentados e implementados com objetivo de assegurar que os dispositivos de medição estejam aptos a serem utilizados, para evidenciar a conformidade com os requisitos detalhados abaixo:

“a) calibrado ou verificado a intervalos especificados ou antes do uso, contra padrões de medição rastreáveis a padrões de medição internacionais ou nacionais; quando esse padrão não existir, a base usada para calibração ou verificação deve ser registrada,;

b) ajustado ou reajustado, quando necessário;

c) identificado para possibilitar que a situação da calibração seja determinada;

d) protegido contra ajustes que possam invalidar o resultado da medição, e;

e) protegido de dano e deterioração durante o manuseio, manutenção e armazenamento.” (NBR ISO 9001:2000,2000, p.14)

Em relação ao item a, na aquisição de um dispositivo de medição, este não estando calibrado, deve ser providenciado a calibração do mesmo antes do uso. Devido a outros fatores como o ambiente, a falta de treinamento do operador, entre outros, se faz necessária à calibração do instrumento em tempos especificados, conforme o uso e condições ambientais. Recomendações do manual do fabricante poderão ser utilizados para avaliar a periodicidade de calibração dos instrumentos ou dispositivos de medição. Deverá ser garantida a rastreabilidade a padrões nacionais ou internacionais. Para o atendimento a este item, é necessário solicitar aos laboratórios de calibração o Certificado de Calibração ou Relatório de Medição dos padrões utilizados na calibração dos instrumentos e assim por diante até que se chegue ao Padrão Nacional ou Internacional.

Em relação ao item b, antes da realização da calibração do dispositivo de medição, seja na indústria ou laboratórios de calibração, este deverá ser ajustado para posteriormente ser calibrado. Caso o dispositivo seja calibrado em um determinado laboratório e ao retornar para a indústria, e o mesmo for ajustado,

deverá ser calibrado novamente. pois os valores do certificado poderão estar sem validade. Motivo pelo qual a norma NBR ISO/IEC 17025 pede que todos os pontos de ajuste do instrumento estejam travados ou protegidos contra ajustes.

Em relação ao item c, todos os dispositivos de medição deverão ser identificados para que haja a possibilidade de acompanhamento da situação do mesmo: define-se se o instrumento está calibrado ou se é necessária à calibração do mesmo; deve-se ter cuidado de observar que os dispositivos de medição cuja função não exija calibração, estejam identificados com esta informação. Em função do levantamento do histórico das calibrações, ou das recomendações do fabricante, deve-se determinar o período de calibração de acordo com o seu uso, por exemplo: 01 ano, 03 meses, 06 meses, 09 meses. Deve-se calibrar em laboratório reconhecido pelo INMETRO ou, então se tiver condições de calibrar, deve fazê-lo dentro da periodicidade, de acordo com os procedimentos e critérios estabelecidos. Ao encaminhar para laboratório externo, define-se o critério de aceitação para a calibração. Ao receber um dispositivo calibrado, verifique as leituras iniciais, confirme ou não se o dispositivo estava dentro da tolerância da medição. Se estiver fora, avalie os produtos e serviços medidos, registre o resultado desta avaliação e comunique ao cliente. Arquive os certificados com registro de verificação confirmando ou não a disponibilização do dispositivo. Caso não esteja conforme as tolerâncias e critérios de aceitação, segregue o dispositivo e identifique esta segregação, indisponibilizando para uso. Preserve os dispositivos, manuseando e armazenando de forma adequada, para preservar a condição de uso. Para cada dispositivo calibrado, identifique a situação da calibração, podendo ser feita mediante uso de etiquetas coladas ao dispositivo indicando a data da calibração atual e a data da próxima calibração. Não permita que os colaboradores tentem calibrar de forma inadequada os dispositivos. Quando houver dúvida, este dispositivo deve ser encaminhado para o laboratório.

Em relação ao item d, conforme comentado no item b, este requisito protege os dispositivos de medição de possíveis ajustes, que possam levar a erros durante a medição e a “não validade” do certificado.

Em relação ao item e, deve-se verificar se os dispositivos estão sendo manuseados e armazenados de forma adequada e verificar, também, se existe um programa de manutenção dos dispositivos de medição.

2.23. TÉCNICA 5W e 1H SOBRE A IMPORTÂNCIA DA METROLOGIA

WHY – Porque a metrologia é importante?

A metrologia é importante para garantir que o produto final esteja com as características e propriedades (especificação de parâmetros para aceitação) confiáveis, para o que é necessário realizar medições e comparações. Por esta razão a metrologia é importante, pois garante que o produto esteja em conformidade aos requisitos especificados.

WHAT – O que garante a importância da metrologia?

A metrologia garante que todos os dispositivos de medição que possam afetar na qualidade final do produto estão adequados para esta finalidade.

WHEN – Quando a metrologia é importante?

A metrologia é importante para monitorar os processos de fabricação do produto, garantindo que a conformidade do produto seja atendida de acordo com as necessidades dos clientes. Não deixa de ser um aprimoramento da qualidade a prevenção dos defeitos, com constante monitoramento dos meios de medição que controlam o processo, pois obtém-se uma redução de perdas, pela rapidez na detecção dos desvios no processo de fabricação, evitando o desperdício.

WHERE – Onde a metrologia é importante?

A metrologia é importante no gerenciamento da qualidade, com o objetivo de assegurar a confiabilidade dos dados cujas características vão determinar a qualidade do produto ou do controle de processo. Ao contrário da filosofia de muitas indústrias, o laboratório de metrologia é tão importante quanto à área de produção ou de controle da qualidade. Exige investimento em recursos materiais e em treinamento de pessoal, comprometimento da alta direção com todas as etapas

envolvidas na atividade metrológica, para garantir sua eficácia e a satisfação do cliente.

WHO – Quem é importante na metrologia?

A alta direção e os colaboradores devidamente qualificados que atuam nesta finalidade de garantir que o produto final esteja com as características e propriedades (especificação de parâmetros para aceitação) confiáveis.

HOW MUCH – Quanto custa implantar o setor de metrologia?

O custo da implantação do setor de metrologia deve incluir: o custo da instalação necessária para montar um laboratório de metrologia quanto à estrutura organizacional, cujas condições físicas devem seguir os níveis exigidos pelo órgão credenciador, que é o INMETRO. Deve –se incluir o custo para aquisição, calibração e manutenção de dispositivos de medição e outros insumos importantes para garantir a confiança das atividades do laboratório, visando assegurar que a medição e o monitoramento possam ser realizados e executados de uma maneira coerente com o requisito imposto pela norma NBR ISO 9001:2000 (item 7.6 - “controle de disposição de medição e monitorização”), custo para destinar recursos para a capacitação do colaborador, incluindo treinamentos e qualificação necessárias para estas atividades, incluindo conhecimento de normas, metodologias e procedimentos documentados para planejar, controlar e realizar as atividades do sistema da qualidade.

3. CONCLUSÃO

Antes da abertura do mercado brasileiro à competição estrangeira, na década de 90, a metrologia e a qualidade metrológica eram um diferencial da qualidade. Mais que um diferencial da qualidade, hoje a metrologia e a gestão da qualidade vem desempenhando um papel estratégico importante no desenvolvimento de novas tecnologias para novos produtos e serviços, que envolve investimentos em pesquisas, recursos materiais e humanos e busca constante da melhoria.

Assim, a monografia foi desenvolvida com intuito de desmonstrar os conceitos importantes que auxiliem as indústrias a obterem sucesso e aplicarem a gestão metrológica de forma coerente visando obter vantagens diferenciadas para satisfazer as necessidades dos clientes, sejam eles, internos ou externos.

Verificou-se, através dos levantamentos bibliográficos, e dos dados obtidos pela experiência profissional da autora da monografia, que a metrologia e gestão da qualidade metrológica tem grande importância no desenvolvimento tecnológico da produção industrial e na competitividade do setor industrial.

Na monografia foram apresentados os passos fundamentais e os fatores determinantes para que as indústrias que possam adotar um sistema de gestão da qualidade metrológica, influenciada por seus objetivos e práticas específicas, promovendo à melhoria contínua dos sistemas e processos, para obter a qualidade requerida, atendendo às expectativas dos clientes e da sociedade.

Conclui-se que a adoção da gestão da qualidade metrológica, quando aplicada com o objetivo de agregar valor à organização, pode beneficiá-la na busca do objetivo, da melhoria dos processos, produtos e serviços, da redução do retrabalho e do custo e, principalmente, à satisfação do cliente, visando o sucesso da indústria em um mercado competitivo.

4. BIBLIOGRAFIA

- AFONSO, Edson; et al. *Metrologia Elétrica*. Apostila elaborada pelo INMETRO.
- ANDRADE, Maria Margarida de. *Como preparar trabalhos para curso de Pós graduação*. 3.ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- CERQUEIRA NETO, Edgard Pedreira. *Gerenciando a qualidade metrológica*. Rio de Janeiro: Imagem, 1993.
- INMETRO, “*Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia*” - Brasília - 2000 - 2ª edição.
- LANDES, David S.. *Riqueza e as Pobrezas das Nações* - Campus Ltda 1998.
- LINK, Walter. *Metrologia Mecânica* – Livro publicado pelo programa RH – Metrologia e da Sociedade Brasileira de Metrologia, São Paulo ,1997 .
- LIRA, Francisco Adval de. *Metrologia na Indústria*. 1.ed. São Paulo: Érica Ltda, 2001.
- MELLO, SILVA, TURRIONO, SOUZA. *ISO 9001:2000 Sistema de Gestão da Qualidade para Operações de Produção e Serviços*. 1.ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- NBR ISO 9001:2000 - “*Sistema de Gestão da Qualidade – requisitos*”. Norma publicada pela ABNT –2001.
- NBR ISO/IEC 17025 - “*requisitos gerais para competência de laboratório de ensaio e calibração*”. Norma publicada pela ABNT –2001.
- PALADINI, Edson Pacheco. *Gestão da Qualidade: Teoria e Prática*. 1.ed. São Paulo: Atlas, 2000.
- RIBEIRO, Marco Antônio. *Metrologia Industrial*. Apostila elaborado pelo INMETRO em conjunto com Tek treinamento & Consultoria : Salvador, 1993.
- THEISEN, Álvaro Medeiros de Farias, *Fundamentos da metrologia industrial – aplicação de processo de certificação ISO 9000*. Porto Alegre: Suliani Editografia Ltda, 1997.
- USP; *Diretrizes para apresentação de dissertações e teses*. São Paulo, 2001.
- ZACHARIAS, Oceano. *ISO 9000:2000 Conhecendo e implementando*. 1.ed. São Paulo: Associação Religiosa Imprensa da Fé, 2001.

INTERNET:

INMETRO. Rio de Janeiro. Apresenta conceitos sobre as atividades do INMETRO. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br>>. Acesso em: 20 de dez. 2001.

MARIANTE, Armando. INMETRO. [Depoimento ao Maurício Cardoso]. Notícias no MCT - Ministério da Ciência e Tecnologia. Brasília. 10 de abr. de 2002. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/comunicação/textos.htm>>. Acesso em 15 de set. de 2002.

SEBRAE. Santa Catarina. Apresenta conceitos sobre metrologia. Disponível em: <<http://www.sebrae-sc.com.br/sebraetib/conceitos/metrologia.htm>>. acesso em: 20 de dez. 2001.

Apêndice 1 – Unidades do Sistema Internacional

O Sistema Internacional possui 28 unidades: 7 unidades de base, 2 derivadas adimensionais e 19 unidades derivadas.

Unidades de base:

metro (m) - é o comprimento do trajeto percorrido pela luz no vácuo durante um intervalo de tempo igual a $1 / 299\,792\,458$ de segundo.

quilograma (kg) - é a unidade de massa : é a massa do protótipo internacional do quilograma.

segundo (s) - é a unidade de tempo.

ampère (A) - é a intensidade de uma corrente elétrica invariável que mantida em dois condutores retilíneos, paralelos, de comprimento infinito e de área de seção transversal desprezível e situados no vácuo a 1 metro de distância um do outro, produz entre esses condutores uma força igual a $2 \cdot 10^{-7}$ newton, por metro de comprimento desses condutores.

kelvin (K) - unidade de temperatura termodinâmica, é a fração $1/273,16$ da temperatura do ponto triplo da água.

candela (cd) - é a intensidade luminosa, numa direção dada, de uma fonte que emite uma radiação monocromática de frequência $540 \cdot 10^{12}$ hertz e cuja intensidade energética naquela direção é $1/683$ watt por esterradiano.

mol (mol) - é a quantidade de matéria de um sistema contendo tantas quantidades elementares quantos átomos existem em $0,012$ quilograma de carbono 12.

Unidades adimensionais:

radiano (rad) - é o ângulo central que subtende um arco de círculo de comprimento igual ao do respectivo raio.

esterradiano (sr) - é o ângulo sólido que, tendo vértice no centro de uma esfera, subtende na superfície uma área igual ao quadrado do raio da esfera.

Unidades Derivadas:

newton (N) - é a força que comunica à massa de 1 quilograma, a aceleração de 1 metro por segundo, por segundo.

pascal (Pa) - é a pressão exercida por uma força de 1 newton, uniformemente distribuída sobre uma superfície plana de 1 metro quadrado de área, perpendicular à direção da força.

joule (J) - é o trabalho realizado por uma força constante de 1 newton que desloca seu ponto de aplicação de 1 metro na sua direção.

watt (W) - é a potência desenvolvida quando se realiza, de maneira contínua e uniforme, o trabalho de 1 joule em segundo.

Farad (F) - é a capacitância de um elemento passivo de circuito entre cujos terminais a tensão elétrica varia uniformemente à razão de 1 volt por segundo, quando percorrido por uma corrente invariável de 1 ampère.

ohm (Ω) - é a resistência elétrica de um elemento passivo de circuito que é percorrido por uma corrente invariável de 1 ampere, quando uma tensão elétrica de 1 volt é aplicada aos seus terminais.

volt (V) - é a tensão elétrica entre os terminais de um elemento passivo de circuito, que dissipa a potência de 1 watt quando percorrido por uma corrente invariável de 1 ampère.

henry (H) - é a indutância de um elemento passivo de circuito, entre cujos terminais se induz uma tensão constante de 1 volt, quando percorrido por uma corrente que varia uniformemente à razão de 1 ampere por segundo.

coulomb (C) - é a carga elétrica que atravessa em 1 segundo, uma seção transversal de um condutor percorrido por uma corrente invariável de 1 ampere.

weber (Wb) - é o fluxo magnético uniforme através de uma superfície plana de área igual a 1 metro quadrado, perpendicular à direção de uma indução magnética uniforme de 1 tesla.

tesla (T) - é a indução magnética uniforme que produz uma força constante de 1 newton por metro de um condutor retilíneo situado no vácuo e percorrido por uma corrente invariável de 1 ampere, sendo perpendiculares entre si às direções da indução magnética, da força e da corrente.

lúmen (lm) - é o fluxo luminoso emitido por uma fonte puntiforme e invariável de uma candela, de mesmo valor em todas as direções, no interior de um ângulo sólido de 1 esterradiano.

lux (lx) - é o iluminamento de uma superfície plana de 1 metro quadrado de área, sobre a qual incide perpendicularmente um fluxo luminoso de um lúmen, uniformemente distribuído.

candela por metro quadrado (cd.m^{-2}) - é a luminância de uma fonte com 1 metro quadrado de área e com intensidade luminosa de 1 candela.

becquerel (Bq) - é a atividade de um material radiativo no qual se produz uma desintegração nuclear por segundo.

gray (Gy) - é a dose de radiação ionizante absorvida uniformemente por uma porção de matéria, à razão de 1 joule por quilograma de sua massa ($1 \text{ Gy} = 1 \text{ J.kg}^{-1}$)

Sievert (Sv) - é igual à dose absorvida em um tecido multiplicada por um fator de ponderação que é a função da eficácia biológica da radiação considerada.
(1Sv = 1J.kg⁻¹)