

## **2**

### **Fundamentação Teórica: Metrologia**

#### **2.1**

##### **O papel da metrologia para a inovação e fornecedores do setor elétrico**

O presente capítulo, primeiro, apresenta a metrologia, descrevendo suas principais funções no que tange o desenvolvimento da indústria e sua competitividade baseada na inovação. Em seguida, descreve as estruturas da metrologia, global e nacional. O capítulo finaliza mostrando sua importância no segmento de distribuição de energia elétrica, ressaltando o papel do fornecedor, que é o ponto focal da dissertação.

##### **2.1.1.**

###### **A importância de se medir**

A medição está presente no nosso dia a dia, a velocidade do automóvel, a pressão dos pneus, o volume dos combustíveis que colocamos nos postos, as contas de água e luz, etc. E são feitas com muita naturalidade em praticamente, todos os ramos da atividade humana. (Albertazzi e Sousa, 2008)

As áreas de agricultura, a pecuária, o comércio, a indústria e o setor de serviços não seriam o que são hoje sem as medições confiáveis. Para ilustrar a importância da medição temos como exemplo o medidor de energia em nossas casas, que quando não está de acordo com a legislação pode lesar o consumidor ou também gerar prejuízos para as distribuidoras de energia elétrica. (Albertazzi e Sousa, 2008)

Assim, a metrologia tem que se fazer presente para que isso não ocorra. Assim os Institutos Nacionais de Metrologia - INMs são fundamentais para prover meios nos quais são utilizados para essa verificação, como será abordado na seção confiabilidade metrológica deste capítulo.

##### **2.1.2.**

###### **Fundamentos da Metrologia**

Etimologicamente, a palavra Metrologia vem do grego metro (medida) e logos (tratado), e é definida como a ciência da medição e suas aplicações. Ela abrange todos os aspectos teóricos e práticos relativos às medições, qualquer que seja a

incerteza, em quaisquer campos da ciência e da tecnologia (VIM, 2008), e tem como foco principal prover confiabilidade, credibilidade e uniformidade aos resultados das medições. Como as medições estão presentes, direta ou indiretamente, em praticamente todos os processos de tomada de decisão, a abrangência da metrologia é imensa, envolvendo a indústria, o comércio, a saúde e o meio ambiente, entre outras.

A metrologia traz muitos benefícios para a economia e para a sociedade, tais como: i) suporte para tecnologia e métodos de produção eficiente; ii) quantificação e avaliação de transações comerciais; iii) transferência de tecnologia e inovação; iv) intercambialidade de serviços e produtos; v) proteção ao consumidor; e vi) saúde e segurança para a sociedade. Medidas imprecisas acarretam desperdício, baixa qualidade e alto custo.

No comércio a Metrologia segundo Pereira (2006), garante a qualidade do produto final, contribuindo para ganhar a confiança do cliente, sendo também um diferenciador tecnológico e comercial para as empresas. Ela contribui para redução do consumo e o desperdício de matéria-prima pela calibração de componentes e equipamentos, aumentando a produtividade. E, finalmente, a metrologia ainda colabora para diminuir a possibilidade de rejeição do produto, resguardando os princípios éticos e morais da empresa no atendimento das necessidades da sociedade em que está inserida, evitando desgastes que podem comprometer a sua imagem no mercado.

### **2.1.3. Estrutura Funcional**

Nessa seção serão apresentadas as principais funções da metrologia, que são: i) Prover Rastreabilidade; ii) Garantir Confiabilidade Metrológica; iii) Normalização; e iv) Controle de Qualidade.

Dentro do objetivo da dissertação que tem como ponto focal os fornecedores e inovação, observa-se ao decorrer do capítulo que essas funções são peças fundamentais para o sucesso no desenvolvimento da inovação.

#### **2.1.3.1. Prover Rastreabilidade**

A confiabilidade das medições está fortemente associada à rastreabilidade que, segundo o VIM (2008) é definida como “propriedade de um resultado de medição pela

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

A rastreabilidade é o pré-requisito para comparabilidade e uniformidade das medições. Ela visa à comparabilidade dos resultados de medição entre os diversos níveis hierárquicos.

A pirâmide da Figura 1 representa a cadeia de padrões que possibilita rastrear as medições usadas nas indústrias (seus laboratórios, em geral) de acordo com as definições das unidades do Sistema Internacional (SI). As relações hierárquicas dessa cadeia são estabelecidas com base nos níveis de incerteza envolvidos. Assim, o topo é constituído pelas definições fundamentais das unidades de medida do SI. No segundo nível estão os padrões internacionais, mantidos pelo BIPM, nível mais alto na hierarquia da Metrologia e de mais alta exatidão. Esta estrutura piramidal se estende aos padrões nacionais mantidos pelos INM, os quais comparam-se entre si no âmbito do BIPM, inclusive com os padrões nacionais deste assimilado como ‘padrão nacional’ para fins dessa intercomparação. Isto visa a assegurar que todos os países possuem a mesma competência para uma determinada medição dos padrões de referência de laboratórios de calibração e ensaios e nos padrões de trabalho, chegando inclusive às medições realizadas por usuários finais. (Albertazzi e Sousa, 2008)



Figura 1: Cadeia de Rastreabilidade

### 2.1.3.2. Garantir Confiabilidade Metrológica

De acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005, os laboratórios devem assegurar a rastreabilidade metrológica das medições ao Sistema Internacional - SI. Quando não for possível, eles devem fornecer confiança nas medições pelo estabelecimento da rastreabilidade a padrões apropriados, tais como, o uso de materiais de referência certificados (MRC), uso de métodos especificados e/ou padrões consensados (claramente descritos e acordados).

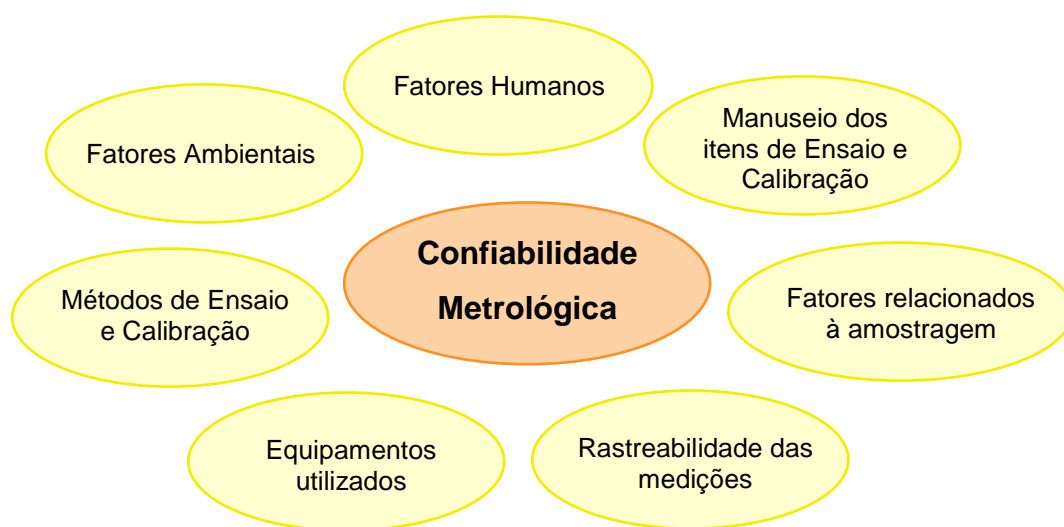


Figura 2: Esquema dos diversos fatores que determinam a confiabilidade metrológica em laboratórios de ensaio e calibração.

A obtenção de resultados confiáveis requer uma série de ações e decisões que, se tratadas em conjunto, nos levam ao resultado esperado e, conseqüentemente, ao atendimento dos requisitos do cliente. A esse conjunto de ações e decisões chamamos de confiabilidade metrológica. (Mendes, 2007). O objetivo de um sistema de confiabilidade metrológica (também chamado de sistema de comprovação metrológica) é obter confiança nos resultados de medição.

Para a garantia da confiabilidade metrológica é imprescindível a realização de um processo de comparação com os padrões, processo este por sua vez chamado de calibração.



Figura 3: Confiabilidade Metrológica

### 2.1.3.3. Normalização

Dentre outros, a normalização tem um papel importante na inovação. Assim, aqui se analisa a normalização como forma de disseminação e regulamentação de produtos inovadores perante o mercado.

A normalização é definida como o conjunto de critérios estabelecidos entre as partes interessadas: técnicos, engenheiros, fabricantes, e consumidores, que visam padronizar produtos, simplificar processos produtivos e garantir um produto confiável para atender as necessidades de todos os interessados.

No marco da normalização existem as normas e os regulamentos técnicos. As normas são documentos que contém informações técnicas para uso de fabricantes e consumidores. Uma norma é estabelecida por consenso e aprovada por um organismo reconhecido, que fornece, para uso comum e repetitivo, regras, diretrizes ou características para atividades ou seus resultados, visando à obtenção de um grau ótimo de ordenação em um dado contexto.

Já o regulamento técnico contém regras de caráter obrigatório e é adotado por uma autoridade, a qual estabelece requisitos técnicos, seja diretamente, seja pela referência ou incorporação do conteúdo de uma norma, de uma especificação técnica ou de um código de prática. Em geral, regulamentos técnicos visam assegurar aspectos relativos à saúde, segurança ou meio ambiente.

Observa-se que a normalização facilita o avanço da tecnologia, a comercialização entre países e auxilia na execução da maioria das atividades, tendo como objetivo a comunicação, simplificação, proteção do consumidor, segurança, economia e eliminação de barreiras comerciais.

Quando se compra alguma coisa, o comprador quer se assegurar que o que recebeu é o que foi pedido. Isto pode ser feito comparando-se o recebido com a especificação do que foi pedido. O ato de fazer esta verificação é chamado de

avaliação da conformidade. Ou seja, qualquer atividade com objetivo de determinar, direta ou indiretamente, que os requisitos aplicáveis são atendidos.

Portanto, a partir das funções da metrologia ressaltadas acima, foi feita uma análise das necessidades da metrologia para as empresas e/ou indústrias, conforme mostrado na Figura 4.

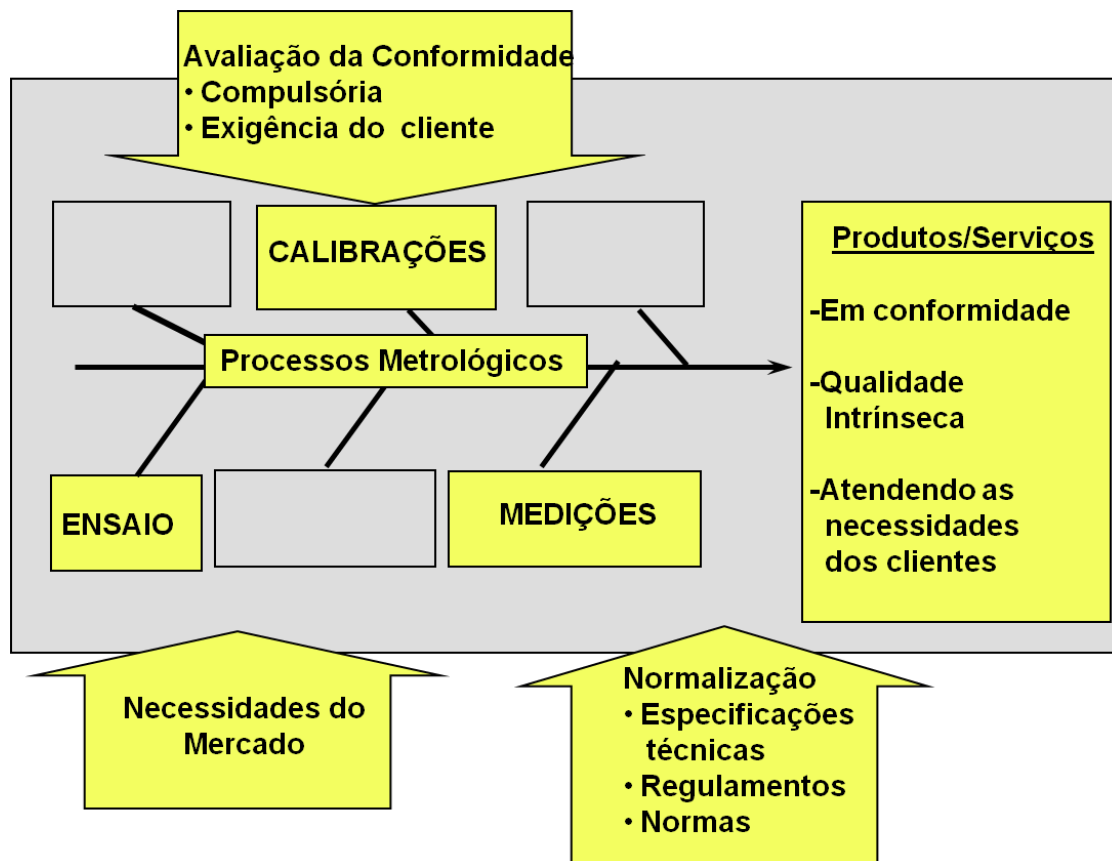


Figura 4: Necessidades da metrologia para as empresas e/ou indústrias.

#### 2.1.3.4. Controle de Qualidade

Uma das operações mais importantes da metrologia industrial é o controle de qualidade. A qualidade de produtos e serviços é um requisito fundamental para a sobrevivência de qualquer empresa. Cada produto deve atender plenamente as especificações técnicas definidas, de forma que possa cumprir com qualidade suas funções. O controle de qualidade, cada vez mais, se torna uma “ferramenta” imprescindível a indústria, contribuindo para que ela atinja seus objetivos.

O controle de qualidade envolve um conjunto de operações de medição desenhadas para assegurar que apenas os produtos que atendam plenamente as especificações técnicas sejam comercializados.

#### **2.1.4. Estrutura da Metrologia Mundial**

Quando se observa a metrologia nas grandes economias do mundo, identifica-se uma estrutura básica com três principais componentes (Wikipédia,2008):

- sistema de controle metrológico de caráter compulsório, em áreas sujeitas à regulamentação do Estado - a metrologia legal;
- redes de laboratórios de calibração e de ensaios, compostas por entidades privadas e públicas. Essas redes possuem uma grande capilaridade, e são organizadas em função das necessidades do mercado, no que se refere aos serviços demandados pelos diversos setores da economia, e das demandas sociais, no que se refere aos setores sob a responsabilidade do Estado. Em qualquer dos casos, esses serviços devem operar dentro de regras que assegurem sua credibilidade e sua qualidade e que garantam as condições de concorrência e os direitos do cliente final. Nessa linha a existência de um sólido sistema de acreditação é fundamental;
- instituto metrológico nacional de direito público (em alguns poucos países é uma instituição privada, mas com controle e subvenção do Estado), que se responsabiliza pelos padrões nacionais e pela gestão e operação das funções estratégicas inerentes ao início da cadeia de rastreabilidade no País.

Essa instituição metrológica é responsável por manter e conservar os padrões metrológicos de referência nacional, bem como pela realização ou reprodução e disseminação (disseminação é o processo de provimento de rastreabilidade a um grande número de usuários, via uma cadeia metrológica) das unidades de medida do SI, e sua harmonização em nível mundial. A realização dessas tarefas, por sua vez, requer elevado conhecimento científico e tecnológico, além de reconhecimento internacional, o que implica em permanente atividade de pesquisa científica e tecnológica, na fronteira do conhecimento.

#### **2.1.5. Estrutura da Metrologia Nacional**

O Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro) é uma autarquia federal, vinculada ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), que atua como Secretaria Executiva do Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Conmetro), colegiado interministerial, que é o órgão normativo do Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Sinmetro). (Inmetro,2009)

O Sinmetro, o Conmetro e o Inmetro foram criados pela Lei 5.966, de 11 de dezembro de 1973, com o objetivo de integrar uma estrutura sistêmica articulada, cabendo ao Inmetro substituir o então Instituto Nacional de Pesos e Medidas (INPM) e ampliar significativamente o seu raio de atuação a serviço da sociedade brasileira.

O Conmetro é responsável por traçar as políticas e diretrizes nacionais da metrologia, normalização e qualidade industrial no País. Integram o Conmetro os ministros do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior; da Ciência e Tecnologia; da Saúde; do Trabalho e Emprego; do Meio Ambiente; das Relações Exteriores; da Justiça; da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento; da Defesa; o Presidente do Inmetro e os Presidentes da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, da Confederação Nacional da Indústria - CNI e do Instituto de Defesa do Consumidor - IDEC.

Entre as competências do Conmetro, de interesse para este estudo, destacam-se:

- Formular, coordenar e supervisionar a política nacional de metrologia, normalização industrial e certificação da qualidade de produtos, serviços e pessoal, prevendo mecanismos de consulta que harmonizem os interesses públicos, das empresas industriais e dos consumidores;

- Assegurar a uniformidade e a racionalização das unidades de medida utilizadas em todo o território nacional;

- Estabelecer regulamentos técnicos referentes a materiais e produtos industriais;

- Fixar critérios e procedimentos para certificação da qualidade de materiais e produtos industriais;

- Coordenar a participação nacional nas atividades internacionais de metrologia, normalização e certificação da qualidade.

O Inmetro, por sua vez, no âmbito de sua ampla missão institucional, objetiva fortalecer as empresas nacionais, principalmente, quanto a sua competitividade por meio da adoção de mecanismos destinados à melhoria da qualidade de produtos e serviços, bem como promover a qualidade de vida do cidadão. Dentre as competências e atribuições do Inmetro, também de interesse para este estudo, ressaltam-se:

- Executar as políticas nacionais de metrologia e da qualidade;

- Verificar a observância das normas técnicas e legais, no que se refere às unidades de medida, métodos de medição, medidas materializadas, instrumentos de medição e produtos pré-medidos;



- Manter e conservar os padrões das unidades de medida, assim como implantar e manter a cadeia de rastreabilidade dos padrões das unidades de medida no País, de forma a torná-las harmônicas internamente e compatíveis no plano internacional, visando, em nível primário, à sua aceitação universal e, em nível secundário, à sua utilização como suporte ao setor produtivo, com vistas à qualidade de bens e serviços;

- Fortalecer a participação do País nas atividades internacionais relacionadas com metrologia e qualidade, além de promover o intercâmbio com entidades e organismos estrangeiros e internacionais;

- Planejar e executar as atividades de acreditação de laboratórios de calibração e de ensaios, de provedores de ensaios de proficiência, de organismos de certificação, de inspeção, de treinamento e de outros, necessários ao desenvolvimento da infraestrutura de serviços tecnológicos no País;

- Coordenar, no âmbito do Sinmetro, a certificação compulsória e voluntária de produtos, de processos, de serviços e a certificação voluntária de pessoal.

As três componentes da metrologia no Inmetro estão divididas em duas diretorias: Metrologia Legal e Metrologia Científica e Industrial. A metrologia científica trata dos padrões de medição internacionais e nacionais, dos instrumentos laboratoriais e das pesquisas e metodologias científicas relacionadas ao mais alto nível de qualidade metrológica. (Albertazzi e Sousa, 2008)

A metrologia industrial trata da aplicação da metrologia no controle dos processos produtivos e na garantia da qualidade dos produtos finais. (Albertazzi e Sousa, 2008) Esse segundo componente está ligado diretamente ao objetivo da dissertação, pois, os fornecedores utilizam desta parte da metrologia no desenvolvimento de seus produtos, assim, garantindo a qualidade do mesmo perante o mercado.

A metrologia legal tem como objetivo principal proteger o consumidor, tratando das unidades de medida, métodos e instrumentos de medição de acordo com as exigências técnicas e obrigatórias. Com a supervisão do governo, o controle metrológico estabelece adequada transparência e confiança com base em ensaios imparciais. A exatidão dos instrumentos de medição garante a credibilidade nos campos da economia, saúde, segurança e meio ambiente. (Albertazzi e Sousa, 2008). Esse terceiro componente, também tem uma ligação com os fornecedores, como iremos observar na seção 2.1.8, uma vez que os regulamentos técnicos por vezes são fundamentais para o sucesso de uma inovação no mercado.

### 2.1.6. A Metrologia na Empresa

Segundo Pereira (2006), atualmente para que as empresas mantenham e principalmente conquistem uma posição de destaque em um mercado altamente competitivo, é imprescindível ter como parte integrante da sua estratégia a incorporação da metrologia, uma vez que, necessitam manter um ótimo padrão de qualidade de seus produtos.

Devido a essa busca constante pelas empresas por um padrão de qualidade, aumentou-se visivelmente o esforço para a obtenção de resultados confiáveis. A utilização de metodologias normalizadas e a busca de referências são tendências observadas nos dias de hoje. Quando a questão é analisada do ponto de vista econômico, a diminuição da porcentagem de erros e o ganho de credibilidade junto aos clientes são fatores que pesam tanto para a empresa que presta serviços quanto para a indústria que coloca seu produto no mercado. Por conseguinte, o atendimento às exigências formalizadas através de normas e regulamentos tem se constituído em um fator relevante nas relações comerciais entre empresas e frente ao consumidor.

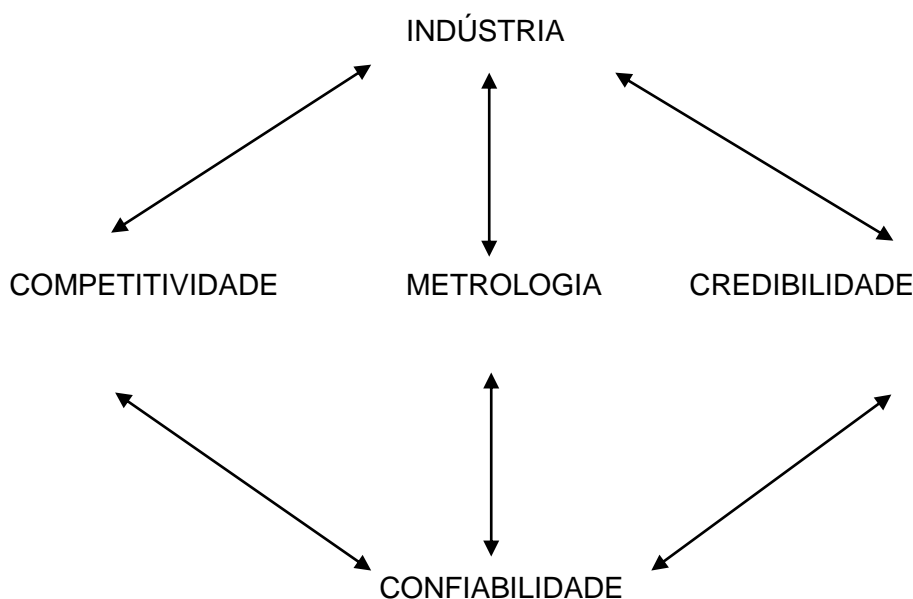


Figura 5: Importância da Metrologia  
Fonte: Pereira, 2006

A adoção de práticas adequadas de gestão da qualidade, normalização, metrologia e avaliação da conformidade, representam para o país um diferencial na economia globalizada e, portanto, de fundamental importância para aperfeiçoar os esforços de geração de divisas.

### **2.1.7. Metrologia como Ferramenta Estratégica para Inovação**

No ano de 2008 o Comitê Brasileiro de Metrologia (CBM) elaborou um documento intitulado “Diretrizes Estratégicas para a Metrologia Brasileira” que contempla um universo de quatro anos. O documento tem por objetivo atualizar conceitos e estratégias bem como explicitar os desafios e as orientações alinhadas às novas demandas para a metrologia brasileira. Uma das estratégias aí apresentadas é a contribuição do Sistema Brasileiro de Metrologia (SBM) para o esforço de inovação das empresas onde se destaca o papel estruturante da metrologia. Pois a infraestrutura laboratorial metrológica existente, organizada em suas diversas redes, com a qualidade exigida pelo mercado, pode contribuir para a competitividade do setor empresarial, reduzindo o custo e o tempo do desenvolvimento e de avaliação das inovações pelas empresas.

Atualmente, a metrologia nacional está fortalecida e é reconhecida a nível internacional por sua competência. Pode assim, ofertar serviços metrológicos que permitam apoiar, de forma diferenciada, o setor produtivo, agilizando os processos de inovação nas empresas, além de validar etapas do processo de desenvolvimento e minimizar riscos para as empresas. Mas para isso, é necessário que o setor produtivo reconheça a capacidade instalada dos serviços metrológicos no País. Por sua vez, esse reconhecimento irá ajudar na formulação de políticas e instrumentos públicos que fortaleçam o Sistema Brasileiro de Metrologia, dentro de um compromisso de mecanismo de apoio efetivo à competitividade do setor produtivo brasileiro.

Em relação às metas da estratégia mencionada acima, o documento também prevê que o Sistema Brasileiro de Metrologia contribuirá para atingi-las da seguinte forma:

- 1- Conhecer adequadamente a demanda empresarial por ensaios e calibrações, e sua distribuição geográfica e setorial;
- 2- Organizar as redes de laboratórios metrológicos para atender de forma adequada às demandas empresariais, do ponto de vista dos desafios tecnológicos, de informação/ comunicação, da qualidade dos serviços, dos custos, entre outros aspectos;
- 3- Ampliar esforços de intercomparação e ensaios de proficiência entre laboratórios;
- 4- Complementar e fortalecer a capacidade laboratorial metrológica de forma a atender às demandas do setor produtivo, observando as especificidades setoriais e territoriais;

5- Construir mecanismos para as empresas de menor porte disporem de acesso e uso de serviços metrológicos pelas empresas de menor porte;

6- Ampliar a capacitação e qualificação de profissionais para atuar nas questões metrológicas nos laboratórios, redes e empresas;

7- Ampliar a disseminação de informações sobre o potencial prestador de serviços metrológicos do Sistema Brasileiro de Metrologia;

8- Avaliar dentro dos preceitos de resultado, os investimentos e os serviços do Sistema Brasileiro de Metrologia;

9- Apoiar a SBM nas suas atividades de: i) difusão da cultura metrológica e (ii) na promoção e estímulo da pesquisa científica e inovação tecnológica no âmbito da metrologia científica, industrial e legal.

Assim, observamos que a competência metrológica por parte do fornecedor é fundamental para acelerar a inovação. Como iremos demonstrar na próxima seção, onde será apresentado um estudo de caso.

### **2.1.8.**

#### **Metrologia na Inovação: estudo de caso “chip da Ampla”**

Esse estudo de caso irá demonstrar a importância da competência metrológica no processo de inovação dos produtos desenvolvidos no marco do programa de P&D Aneel, por parte da distribuidora de energia elétrica e o fornecedor envolvido, o qual é o foco da dissertação.

A distribuidora de energia elétrica localizada no estado do Rio de Janeiro, Ampla Energia e Serviço S.A., desenvolveu no marco do programa de P&D Aneel um sistema inédito de medição de energia (Ampla Chip), cuja comercialização foi autorizada pelo Inmetro, conforme o documento de consulta pública nº15 / 2009, pág. 31. Entretanto, ainda, segundo esse documento, o mesmo órgão modificou as regras aí estabelecidas, lançando a portaria nº371 que substituiu as autorizações concedidas pelas portarias Nº 262, de 30 de dezembro de 2002, Nº. 149, de 06 de agosto de 2004, Nº.162, de 30 de junho de 2006 e Nº. 287, de 16 de novembro de 2006. Pela portaria Nº 371, somente seria permitido a colocação de novas unidades consumidoras no sistema de faturamento eletrônico (Ampla Chip), após o cumprimento de algumas exigências. Para atendê-las, a Ampla teve que mobilizar 450 funcionários durante um período de 6 meses para realizar a instalação de 300.000 “displays” individuais de consulta de consumo nas residências de todos os clientes que já possuíam a medição eletrônica, com o custo unitário de instalação de R\$ 112,00. Com isso, além do alto custo para concessionária, aconteceram várias reações negativas por parte da sociedade, desde protestos a processos jurídicos.

Daí, podemos tirar o exemplo da importância da metrologia, nesse caso legal. Uma vez que, o fornecedor desenvolva um produto inovador, ele deverá seguir o regulamento técnico vigente, caso seja necessário. Caso contrário, ele não conseguirá comercializar tal produto e, conseqüentemente, ao invés de lucros terá prejuízos. O que podemos visualizar melhor na Figura 6 abaixo, onde observamos os obstáculos técnicos de acesso ao mercado para os fornecedores que não cumprem com os regulamentos técnicos, ou seja, eles não conseguem entrar no mercado ou produto dele não tem boa aceitação.



Figura 6: Obstáculos para entrada de produtos no mercado  
Fonte: Manuel Lousada, 2008

Nesse mesmo estudo de caso, poderíamos identificar outras questões de natureza mais técnica que ressaltam a importância da metrologia. Entretanto, para o objetivo desse estudo, o exemplo analisado supre a necessidade do capítulo<sup>1</sup>.

### 2.3. Conclusão do capítulo

O objetivo do capítulo foi demonstrar a importância da metrologia na inovação, particularmente no processo de inovação no setor elétrico brasileiro. É importante destacar que a metrologia faz-se presente não somente no início da cadeia de

<sup>1</sup> Caso seja de interesse, pode-se consultar documentos disponíveis, tanto no órgão metrológico (Inmetro) quanto na concessionária de energia elétrica (Ampla Energia e Serviços S.A.), consultando os sites: [www.inmetro.gov.br](http://www.inmetro.gov.br) e [www.ampla.com.br](http://www.ampla.com.br).

inovação quando se especifica o produto, mas também de forma crítica nas etapas finais desta, como vimos no caso apresentado acima. Desta forma, podemos entender que a metrologia é importante para o desenvolvimento da inovação pelas empresas fornecedoras do segmento de distribuição de energia elétrica. Já que, sem atentar-se para a metrologia, a empresa não será capaz de fazer seu produto chegar ao mercado, logo não realizando uma inovação. Além de sua importância legal, a metrologia influencia diretamente na qualidade do produto e logo no atendimento das necessidades do cliente e no seu grau de satisfação. Como vimos acima na seção 3.3 (A Metrologia na Empresa), a atenção da empresa para com as atividades e procedimentos da metrologia também é significativa para a redução de custo e para o aumento de sua a competitividade.

Finalmente, no que diz respeito à estrutura lógica da dissertação, o presente capítulo constitui um importante subsídio para a seção “Competências de P&D e Metrológicas” da pesquisa que será apresentada no capítulo 5 desta dissertação.